

Книга посвящена 100 великим изобретениям. В ста очерках автор правдиво и детально рассказывает о нелегком пути, который прошла пытливая человеческая мысль. «100 великих изобретений» — уникальная книга, в которой развитие человечества показано через историю великих изобретений: от первых примитивных орудий труда до современных компьютерных сетей. В ста очерках автор правдиво и детально рассказал о нелегком пути, который прошла пытливая человеческая мысль. В книге также помещена подробная технологическая таблица, которая содержит все упомянутые в книге открытия и изобретения.

100 великих #0

100 великих изобретений

Константин Рыжов
100 великих изобретений
ПРЕДИСЛОВИЕ

Драматический путь, пройденный человечеством с глубокой древности до наших дней, можно представить различным образом, можно описать его как вереницу великих событий, как серию биографий выдающихся деятелей, можно отразить этот путь через историю философии, литературы или искусства, через историю войн и еще многими другими способами. И каждый из них будет по-своему увлекателен и поучителен. Читатели и поклонники серии «100 великих», выпускаемой издательством «Вече», уже имели много случаев убедиться в этом.

В данной книге развитие человечества показано через историю его великих изобретений. В ста небольших очерках, каждый из которых посвящен какой-то яркой страничке человеческой изобретательности, мы постарались правдиво и увлекательно рассказать о нелегком пути, который прошла пытливая человеческая мысль от первого примитивного орудия труда — ручного рубила — до мира современных компьютерных сетей. Каждому, кто захочет теперь вместе с нами повторить это замечательное путешествие, мы постараемся в небольшом предисловии кратко поведать о том, что его ожидает.

Прежде всего, наверное, надо ответить на вопрос: какие изобретения и почему следует считать великими. Признаемся сразу — мы стояли перед трудным выбором, решая, какой из многочисленных образцов человеческого гения достоин занять место в списке «самых-самых», а какой — остаться за его пределами. В конце концов был избран следующий критерий: открытие только тогда следует считать величайшим, когда последствия от его внедрения сопровождались видимыми и значительными изменениями в жизни человеческого общества. При таком подходе самый большой удельный вес в нашей книге получили изобретения в сфере транспорта (18 изобретений). Им посвящены главы: «Весло и лодка», «Колесо и повозка», «Парус и корабль», «Каравелла», «Аэростат», «Пароход», «Паровоз», «Нефтепровод», «Велосипед», «Автомобиль», «Теплоход», «Аэроплан», «Подводная лодка», «Турбореактивный самолет», «Вертолет», «Баллистическая ракета», «Космический корабль» и «Орбитальная станция». Несколько уступают «транспортным достижениям» открытия, которые можно условно объединить темой «орудия труда» (14 изобретений) Рассказы об этих выдающихся, на наш взгляд, достижениях можно найти в главах: «Рубило», «Рукоятка», «Прялка и ткацкий станок», «Гончарный круг», «Рычаг, блок и наклонная плоскость», «Мельница», «Механические часы», «Прядильная машина», «Суппорт», «Паровой молот», «Прокатный стан», «Гидравлический пресс», «Бутылочный автомат» и «Робот» На третьем месте (10 изобретений) оказались достижения в сфере освоения новых материалов (главы «Сверление, пиление и шлифовка камня», «Бронза», «Железо», «Бумага», «Доменная печь», «Литая сталь», «Железобетон», «Электролиз алюминия», «Синтетический каучук» и «Пластмассы»), а на четвертом 8

изобретений в сфере энергетики (главы «Паровая машина», «Электрогенератор», «Гидротурбина», «Паровая турбина», «Газовый и бензиновый двигатель», «Электродвигатель», «Дизель» и «Атомная электростанция»). Не забыты нами военное дело (главы «Порох», «Винтовка», «Атомная бомба» и пр.); сфера информации (главы «Книгопечатанье», «Линотип», «Интернет» и др.); связь (главы «Телеграф», «Телефон», «Телевидение» и пр.); электроника (главы «Электронная лампа», «Транзистор», «Интегральная микросхема», «Персональный компьютер» и др.); приборы (главы «Компас», «Телескоп», «Микроскоп»); электротехника («Электрическая лампочка», «Трансформатор», «Аккумулятор»); звукозапись («Граммофон» и «Магнитофон»); фото — и киносъемка (главы «Фотография» и «Кинематограф»); сельское хозяйство («Мотыжное земледелие», «Плуг», «Трактор»). Кроме того, читатель найдет в этой книге очерки «Радар», «Лазер», «Вычислительная машина», «Автопилот», «Динамит», «Спички», «Бурение на нефть» и некоторые другие, на наш взгляд, охватившие основные области человеческой деятельности. Мы, впрочем, не собирались сводить все достижения изобретательской мысли только к технократическим открытиям. Две главы в книге («Оспопрививание» и «Пенициллин») относятся к медицине. В главе «Поточное производство» речь идет о научной организации труда. Есть и некоторые другие «нетехнические» главы (например, «Письменность»).

Второй немаловажный вопрос: что, собственно, надо считать «изобретением»? Согласитесь, что ответить на него можно по-разному. Одни скажут, что изобретение — это выдвижение самой идеи, изложение принципа. Другие подразумевают под изобретением создание работающей модели. Третьи — внедрение этой модели в производство. Делая разные акценты, можно по-разному рассказывать историю любого изобретения. Близок к этому и другой извечный вопрос: кто является автором изобретения? Ибо нет, наверное, такого великого изобретателя, который не имел бы своих предшественников, потому что ничего, как известно, не рождается на пустом месте. Наконец, еще одна немаловажная деталь — до какой степени должны мы углубляться в рассказ об изобретении, то есть где кончается «изобретение» и начинается то, что зовется «усовершенствованием». Прежде чем изложить принципы, которыми мы руководствовались в нашем изложении, позволим сослаться на слова одного из самых выдающихся изобретателей конца XIX и начала XX века — Томаса Альвы Эдисона. В одном из своих интервью Эдисон признался: «Легко делать удивительные открытия, но трудность состоит в усовершенствовании их настолько, чтобы они получили практическую ценность». Всякий, знакомый с историей техники, согласится, что это именно так. И пусть никого не вводят в заблуждение рассказы о внезапных озарениях, чудесных совпадениях и удивительных удачах, которые будто бы случались с некоторыми великими изобретателями. Все это не более, чем досужие домыслы. Да, мы знаем, что Уатт будто бы «изобрел» свою паровую машину во время прогулки, увидев, по его собственным словам, «как пар вырывался из окна прачечной». Но мы так же знаем, что он потратил потом более десяти лет каждодневного упорного труда, прежде чем сумел наладить серийный выпуск этих машин. Потому что одного

«принципа действия» еще мало. И когда дело дошло до реального пара, реального металла и реальных машин, все оказалось совсем не так просто, как могло показаться вначале. Мы знаем также, что Морзе изобрел все части своего знаменитого телеграфного аппарата всего за две недели, пока плыл на корабле из Европы в Америку. Но сколько неудач и разочарований ожидало его в последующие годы, пока он сумел воплотить свою идею в реальную схему! И сколько еще сил и средств пришлось ему потратить, прежде чем он сумел доказать, что его телеграфный аппарат — не игрушка, а нужная и полезная вещь. Мы знаем, как удивительно повезло изобретателю телефона Беллу, когда из-за ошибки его помощника, чинившего контакт, ему открылся простой способ преобразования звуковых волн в электрические, и наоборот. Но не стоит забывать, что это произошло ни с кем-нибудь другим, а именно с Беллом после многолетней работы над проблемой телефонной связи. Эти примеры можно продолжать и продолжать, вывод будет один: изобретателем по праву должен считаться не тот, кто сделал «удивительное открытие», а тот, кто придал ему «практическую ценность». Мы, кстати, невольно признаем это: говоря, что такое-то изобретение сделано тем-то или тем-то, мы тем самым переносим на одного человека достижения его предшественников и современников (а этих последних мы, увы, забываем; справедливо или не справедливо — это другой вопрос). У всех на языке имена Галилея, Уатта, Модсли, Стефенсона, Фултона, Морзе, Маркони, Зворыкина, Сикорского, Брауна или Королева. Эти люди по праву считаются величайшими изобретателями, хотя прекрасно известно, что зрительными трубами пользовались до Галилея, что паровые машины работали до Уатта, что суппорт применяли до Модсли. Ни для кого не секрет, что паровозы (и очень неплохие) строили до Стефенсона, а пароходы — до Фултона. Мы знаем, что телеграфы функционировали до Морзе, что принцип радио был уже известен до Маркони, что телевизоры показывали до Зворыкина, вертолеты летали до Сикорского, а ракеты брали старт до Брауна и Королева (и что их собственные ракеты никогда бы не стартовали без усилий подчиненных им мощных научных коллективов). И тем не менее это ничего не меняет. Огромная заслуга конкретно этих и многих других «признанных великими» изобретателей перед человечеством заключается в том, что, взявшись за какую-то (быть может, даже чужую) неразработанную идею, они упорным трудом, преодолев множество затруднений, довели ее до такого состояния, когда для всех стала очевидна ее «практическая ценность». Именно этот акт мы и принимаем в дальнейшем за «изобретение» в подлинном смысле этого слова. Что же касается вопроса о том, до какой «степени совершенства» того или иного изобретения следует доводить рассказ, то мы обычно останавливались на той стадии, когда дело доходило до серийного выпуска и начала массового применения. После этого, на наш взгляд, изобретение уже перестает быть изобретением, а делается объектом «усовершенствования». (Так, например, историю кинематографа мы доводим до возникновения первых кинотеатров, историю радио — до начала коммерческого использования радиотелеграфа для связи через Атлантический океан, историю телевидения — до возникновения первых систем центрального вещания, историю аэроплана — до перелета Блерио через Ла-Манш, историю ракет

— до полетов первых спутников, хотя, разумеется, история кино, радио, телевидения, ракетостроения или авиации этим периодом не исчерпывается, она продолжается и сопровождается многими новыми замечательными изобретениями, вот только к числу величайших их уже отнести нельзя.)

Наконец, последнее, о чем хотелось сказать — это о принципах самого изложения и отбора материала. Понятно, что, взявшись описывать, по сути дела, всю историю техники, мы имели дело с огромным объемом материала, которого с избытком хватило бы на несколько книг. Поневоле приходилось от чего-то отказываться, о чем-то говорить короче, о чем-то лишь упоминать по ходу дела. Однако при всем этом во всех очерках четко и последовательно выдержана главная цель этой книги: ясно, понятно, доходчиво, но без упрощений рассказать о действии и устройстве каждого из описываемых изобретений. Если у кого-то есть желание и потребность лучше понять логику и красоту окружающей нас техногенной цивилизации, то эта книга (мы надеемся на это) послужит для него хорошим руководством. Почему загорается спичка? Каким образом стреляет пулемет? Как парусный корабль может плыть против ветра? Почему не падает самолет? Как наводится на цель ракета? Что такое пластмасса? Как работают часы? Как устроены роботы? Что такое Интернет? Почему телескоп приближает, а микроскоп увеличивает? Как действует прививка против оспы? Как работает атомный реактор? Как записывается звук на пластинку и как на магнитную ленту? Как считает ЭВМ? Обо всем этом и о многом, многом другом можно узнать из этой книги. Мы предвидели, что нашими читателями могут стать люди далекие от техники и несколько подзабывшие о том, что было написано в школьных учебниках. Поскольку без понимания некоторых физических или химических процессов невозможно разобраться в принципе действия многих устройств и механизмов, мы постарались ясно и сжато изложить необходимые сведения там, где это требовалось. А так как наша главная задача состояла в объяснении главных принципов устройства без излишней детализации, нам удалось обойтись минимальным количеством формул, притом самых простых. В конце книги приложена подробная хронологическая таблица, в которой отмечены все упомянутые в книги изобретения и открытия.

Вот и все, о чем мы хотели предупредить. Остается пожелать только приятного и познавательного чтения.

1. РУБИЛО

На протяжении многих тысячелетий своей начальной истории люди не знали употребления металлов. Основным материалом для изготовления первых орудий труда служил камень, и именно с обработкой камня связаны первые великие открытия в истории человечества. Не из каждого камня можно сделать хорошее орудие труда. Самые ранние были изготовлены из гальки, значительно позже человек освоил кремни. Берега морей, русла рек, особенно русла горных потоков, богаты галькой разных размеров, форм, цветов и пород. Обкатанная форма этих камней очень удобна для захвата их рукой. Поэтому именно овальные уплощенные гальки послужили древнему человеку материалом для изготовления его первого рабочего инструмента — ручного рубила. Для работы требовалось два камня: один

(более мягкий) служил заготовкой, а другой (из более твердых пород) — для нанесения ударов. Обивка начиналась с узкого конца. После первого удара на поверхности заготовки образовывалось углубление в виде раковины. Оно служило как бы ударной площадкой для дальнейшей обработки. Мастер продолжал оббивать грани скола то с одной, то с другой стороны камня. С каждым новым ударом возрастало число ударных площадок, и заготовка постепенно принимала необходимую форму.

Работа эта требовала большого терпения, сосредоточенности и сноровки. Любой удар был своего рода творческим актом. Всякий неправильно сделанный скол приводил к тому, что заготовка портилась, и обработку надо было начинать сначала. Естественным желанием человека было избежать этого неприятного результата. Поэтому техника обработки камня постепенно усложнялась. Важный шаг на этом пути был сделан, когда в употребление вошел новый инструмент — отбойник, игравший роль современного долота или тесла. В качестве него использовался острый твердый камень или рог благородного оленя, отличавшийся большой твердостью. Приложив отбойник к нужной точке заготовки и ударяя по нему другим камнем или деревянной колотушкой, мастер мог гораздо точнее координировать силу и направление удара. При этом скол получался длинным и тонким, а изделие принимало более правильную форму.

Но чтобы окончательно подчинить себе материал, человек должен был освоить технику, которая позволяла снимать лишние слои камня буквально по миллиметрам. При такой точности можно было придать заготовке любую задуманную форму. Это сделалось возможным, когда ударную технику стали дополнять отжимной. Придав несколькими ударами камню подходящий вид, мастер откладывал колотушку и начинал действовать отбойником как стамеской, снимая лишний материал тонкими слоями. Любопытно, что эта работа совершенно не под силу современному человеку, который выжимает на динамометре в среднем не более 60 кг. Для того чтобы успешно справляться с отжимной техникой, рука человека должна была быть по крайней мере в шесть раз сильнее. Именно такова была мощь неандертальца, который, по расчетам ученых, не уступал в силе нынешней горилле.

Ручное рубило было первым великим изобретением древнего человека, значительно облегчившим его жизнь. При помощи рубила, держа его различно, то за тупой, то за острый конец, можно было растирать и размельчать растительную пищу, соскабливать и очищать кору, раздроблять орехи, отделять корни и ветви, взрыхлять землю в поисках корнеплодов, убивать мелких животных. Оно представляло из себя универсальный инструмент со множеством разнообразных функций. Одновременно с рубилом на службе человека оказались отщепы от кремня — различные острия, проколки, древнейшие скребла. Этот нехитрый инструмент позволял человеку освежевать тушу, разрезать шкуру, разделить мясо на куски.

2. ОГОНЬ

Люди рано открыли полезные свойства огня — его способность освещать и согревать, изменять к лучшему растительную и животную пищу. «Дикий огонь», который вспыхивал во время лесных пожаров или

извержений вулканов, был страшен и опасен для человека, но, принеся огонь в свою пещеру, человек «приручил» его и «поставил» себе на службу. С этого времени огонь стал постоянным спутником человека и основой его хозяйства. В древние времена он был незаменимым источником тепла, света, средством для приготовления пищи, орудием охоты. Однако и дальнейшие завоевания культуры (керамика, металлургия, сталеварение, паровые машины и т.п.) обязаны комплексному использованию огня.

Долгие тысячелетия люди пользовались «домашним огнем», поддерживали его из года в год в своих пещерах, прежде чем научились добывать его сами при помощи трения. Вероятно, это открытие произошло случайно, после того как наши предки научились сверлить дерево. Во время этой операции происходило нагревание древесины и при благоприятных условиях могло произойти воспламенение. Обратив на это внимание, люди стали широко пользоваться трением для добывания огня.

Простейший способ состоял в том, что брались две палочки сухого дерева, в одной из которых делали лунку. Первая палочка клалась на землю и прижималась коленом. Вторую вставляли в лунку, а затем начинали быстро-быстро вращать между ладонями. В то же время необходимо было с силой давить на палочку. Неудобство такого способа заключалось в том, что ладони постепенно сползали вниз. Приходилось то и дело поднимать их вверх и снова продолжать вращение. Хотя, при известной сноровке, это можно делать быстро, все же из-за постоянных остановок процесс сильно затягивался. Гораздо проще добыть огонь трением, работая вдвоем. При этом один человек удерживал горизонтальную палочку и давил сверху на вертикальную, а второй — быстро-быстро вращал ее между ладонями. Позже вертикальную палочку стали обхватывать ремешком, двигая который вправо и влево можно ускорить движение, а на верхний конец для удобства стали накладывать костяной колпачок. Таким образом, все устройство для добывания огня стало состоять из четырех частей: двух палочек (неподвижной и вращающейся), ремешка и верхнего колпачка. Таким способом можно было добывать огонь и в одиночку, если прижимать нижнюю палочку коленом к земле, а колпачок — зубами.

3. РУКОЯТКА

Важным достижением человека стало освоение составных орудий. Их появление произвело настоящую революцию в технике каменного века.

Долгое время ручное рубило и палка существовали и использовались раздельно. Соединив их с помощью жил или ремешков кожи, люди получили принципиально новое орудие — каменный топор, сделавшийся вскоре важнейшей принадлежностью первобытной жизни. Топор позволял в несколько раз увеличить силу удара камнем. Многие производственные операции, представлявшие до этого значительную трудность (прежде всего, валка деревьев, заготовка дров и все работы, связанные с обработкой дерева), стали теперь сравнительно простыми. Конечно, первому топору было еще очень далеко до современного, но прогресс по сравнению с бытовавшим до этого ручным рубилом был огромен. Известный специалист по технике каменного века профессор Семенов установил, что при замене рубила примитивным каменным топором скорость рубки возрастала в десять раз. Поэтому нисколько не

преувеличивают те, кто утверждают, что появление рукоятки составило эпоху в истории человечества. Может показаться, что мысль о соединении камня с палкой очень проста. Однако это не так. Рукоятка представляла собой довольно сложное и трудное для человека изобретение. Поэтому составные орудия появились достаточно поздно.

После изобретения топора идея составного орудия нашла себе самое широкое применение в других инструментах. Соединив острый каменный наконечник с длинной палкой, человек получил копье — мощное оружие первобытных времен. Имея в руках копье, он мог смело выходить на бой даже с самым сильным зверем. Уже на ранней своей истории копья стали делиться на тяжелые и легкие. Последние использовали для метания (для легкости каменный наконечник на них обычно заменяли костяным) Наряду с топором копье сделалось важнейшим, хотя и не единственным орудием первобытного человека. Особым родом составных орудий стали так называемые вкладышевые инструменты. К их изготовлению человека подтолкнуло наблюдение за тем, что в работе всегда принимает участие лишь незначительная (ее так и называют — рабочая) часть инструмента. Поэтому вовсе не обязательно делать орудие целиком каменным. Соединяя различным способом каменные пластинки с деревянной ручкой, древний человек получил многие прообразы современных режущих, колющих и строгающих инструментов. Они были намного удобнее и практичнее прежних и к тому же позволяли экономить кремний, который был распространен далеко не везде и из-за своей твердости тяжело поддавался обработке. Новые инструменты имели и то важное преимущество, что после износа рабочей части достаточно было только заменить кремневую пластинку, а не изготовлять все орудие целиком.

4. ЛУК И СТРЕЛЫ

К важнейшим составным вкладышевым орудиям относятся лук и стрелы. Их изобретение тоже составило эпоху в истории человеческой мысли. По меркам каменного века лук был очень сложным орудием, и его создание сродни гениальному озарению. Действительно, все предшествовавшие усовершенствования орудий труда происходили в результате каждодневной деятельности человека и самым непосредственным образом проистекали из нее. Другое дело лук и стрелы. Связь между распрямляющейся веткой и смертоносной стрелой, стремительно уносящейся вдаль, вообще говоря, не очевидна и не лежит на поверхности. Создание лука требовало значительных умственных способностей, острой наблюдательности и большого технического опыта.

Основные элементы лука были известны задолго до его изобретения. Человек уже пользовался стрелой, которая представляла собой вариант предельно облегченного копья, используемого для охоты на мелкую дичь и птицу. С другой стороны, люди постоянно наблюдали за тем, как при сгибании веток или молодых деревьев накапливалась энергия, а при разгибании — освобождалась. (Предполагают, что это свойство широко использовалось для устройства примитивных ловушек.) Однако лук появился лишь после того, как древний мастер придумал стягивать согнутую ветку с помощью тетивы — крепкого шнура, свитого из жил или волос. Посредством тетивы стало возможным передать стреле энергию разгибающейся ветки. Этим был достигнут колоссальный прогресс в сфере

охоты. Пущенная с помощью лука стрела летела значительно дальше, чем даже при самом сильном броске рукой, и попадала в цель с исключительной точностью. Появилась возможность охотиться на таких животных, которые прежде были совершенно недоступны для первобытного охотника. Его добычей сделались и быстроногие пугливые олени, и птицы, и мелкие пушные зверьки. С изобретением лука охота надолго стала основной отраслью хозяйства древнего человека. Однако лук стал применяться не только как метательное орудие. Способность натянутой тетивы издавать звук определенного тона была подмечена и использована при изготовлении первых струнных инструментов. Важно было и другое принципиальное открытие, с помощью лука оказалось возможным передавать и преобразовывать движение. Так лук стал частью примитивного сверлильного приспособления, получившего широкое распространение и сыгравшего очень важную роль в технике каменного века.

5. ВЕСЛО И ЛОДКА

Можно назвать несколько причин, подтолкнувших человека к освоению водной стихии. Древние люди часто переходили с одного места на другое и должны были во время своих странствований тащить на себе свои пожитки. Стараясь облегчить эту непростую работу, они стали задумываться о средствах передвижения и прежде всего научились использовать в своих интересах силу воды. Кроме того, в местах, которые находились на берегу морей или больших рек, богатых рыбой, плавательные средства были необходимы для рыбалки.

Первым плавательным средством древних был плот. Люди давно заметили, что стволы деревьев не тонут в воде. Связав их между собой и вооружившись длинным шестом они отважились на первые плаванья вдоль берега. Плот был неповоротливым и тяжеловесным сооружением, но он вполне годился для транспортировки больших грузов, особенно если плаванье происходило вниз по течению. На глубоких местах, где шест не доставал до дна, люди научились управлять плотом с помощью гребной доски (возможно, эту идею подсказали наблюдения за водоплавающими птицами).

Однако плот не мог удовлетворить все потребности человека, который очень часто испытывал нужду в небольшом, легком и маневренном плавательном средстве. Таким в конце концов стала деревянная долбленая лодка. Ее прообразом также было бревно. Исследуя способы преодоления водных преград отсталыми австралийскими племенами, ученые в общих чертах восстановили основные этапы превращения бревна в лодку. Так, если туземцу требовалось переправиться через реку, он отрубал каменным топором часть ствола легкого дерева, очищал его от ветвей, потом ложился на бревно и плыл, работая ногами. Некоторым усовершенствованием этого простейшего плавательного снаряда было заострение бревна. Следующим шагом может считаться стесывание горбыля, ведь на плоской стороне было удобнее лежать пловцу. Собственно лодкой бревно стало после того, как люди начали выдалбливать или выжигать в нем углубление для гребца. Одновременно шло развитие гребли. Для перемещения вдоль берега человек мог пользоваться шестом, но для того чтобы плавать по глубоким местам, ему потребовалось особое приспособление — весло. Оно развилось

постепенно из гребной доски и уже в очень древние времена приняло современный лопатообразный вид.

Изготовление даже небольшой долбленой лодки с помощью каменных инструментов требовало значительных и напряженных усилий. Поэтому в тех местах, где от лодки не требовалось большой прочности и грузоподъемности, долбленки были совершенно вытеснены из употребления легкими лодками, сшитыми из коры. Построить такую лодку было намного проще. Аккуратно отделив кору от дерева, мастер тщательно выскабливал и конопатил ее. Потом концы куска сшивались и связывались корнями, швы обрабатывались смолой. Для жесткости внутри корпуса устанавливали несколько распорок. Умелый мастер мог изготовить такую лодку всего за несколько часов. На севере, где не было дерева, подобные лодки научились делать из шкур, а в качестве остова применяли жесткий китовый ус.

Таким образом около 12 тысяч лет назад в обиход наших предков вошла весельная лодка. Человек стал осваивать водную среду и получил в свое распоряжение первое в истории транспортное средствопередвижения.

6. СВЕРЛЕНИЕ, ПИЛЕНИЕ И ШЛИФОВКА КАМНЯ

По мере усложнения хозяйственной деятельности человек стал испытывать нужду в более совершенных инструментах с тщательно отделанными лезвиями. Изготовление их требовало новых приемов в обработке камня. Около восьми тысяч лет назад люди освоили технику пиления, сверления и шлифовки. Эти открытия были настолько важны, что вызвали настоящую революцию в развитии общества, названную неолитической революцией.

Пилить человек научился тогда, когда заметил, что зазубренный нож режет лучше, чем гладкий. Как известно, действие пилы основано на том, что ее резцы, или зубья, при движении полосы последовательно проникают в материал и снимают в нем слой определенной глубины. Получается как бы система ножей. Древнейшая дошедшая до нас примитивная пила была целиком изготовлена из кремня. Работа на ней требовала больших физических усилий, но позволяла успешно справляться с распилкой дерева и кости. Пиление камня отнимало еще больше времени и сил. Оно развивалось постепенно, однако только в эпоху неолита эта техника получила широкое распространение. Пилой обычно служила кремневая зубчатая пластинка, под которую подсыпали смоченный водой кварцевый песок. Пиление редко было сквозным. Обычно мастер делал только глубокий надпил, а затем рассчитанным ударом деревянной колотушки разламывал камень на две части. Благодаря пилению людям стали доступны правильные геометрические формы изделий, что было очень существенно при изготовлении инструментов.

Одновременно с пилением развивалась техника сверления камня. Этот прием был очень важным при изготовлении составных инструментов. Люди давно заметили, что самые удобные и прочные топоры получаются тогда, когда рукоятка плотно забивается в отверстие самого топора, а не привязывается к нему. Но как сделать правильное отверстие в твердом камне? Ответ на этот важный вопрос был многие тысячелетия скрыт от человека. Как и в случае с пилением, древние мастера освоили сначала сверление мягких материалов. В древнейшие времена, когда человеку

нужно было сделать отверстие в дереве или кости, он прибегал к выбиванию. По крайней мере, именно таким способом еще недавно делали отверстия некоторые примитивные народы. Возможно, что именно при этой операции, вращая в отверстии каменный пробойник, древний мастер обнаружил, что высверливание требует гораздо меньших усилий. Сверление имело еще и то важное преимущество, что позволяло делать отверстие в твердых и хрупких материалах. Первое сверло, по-видимому, представляло собой обыкновенную палку, к концу которой было приделано каменное острие. Мастер просто катал ее между ладоней.

Значительный сдвиг в сверлении произошел после того, как в неолитическую эпоху был изобретен лучковый способ, при котором вращение сверла достигалось за счет поворота лука. Одной рукой мастер покачивал лук, а другой прижимал сверло сверху. Затем каменное сверло стали заменять полой костью животного крупного диаметра. Внутрь нее засыпался кварцевый песок, игравший роль абразива. Это было принципиальное и очень важное усовершенствование, значительно расширившее возможности сверления. В ходе работы песок постепенно просыпался из полости сверла под края коронки и медленно истирал просверливаемый камень. Поскольку успех сверления во многом зависел от силы нажима, позже стали применять искусственные утяжелители.

Когда же пиление и сверление было дополнено шлифовкой, древний человек полностью овладел всей технологией обработки камня. Отныне для него не было ничего невозможного — он мог придавать изделию любую желательную форму и при этом грани всегда оставались гладкими и ровными. Существенное отличие шлифовки камня от других способов обработки заключалось в том, что можно было удалять материал очень малыми и ровными слоями, причем одновременно со всей поверхности заготовки. Благодаря этому открылась возможность создавать инструменты правильных геометрических форм с гладкой поверхностью. Шлифовка позволяла обрабатывать материал любой формы, строения и твердости. На ранних этапах заготовку, видимо, просто шлифовали о шершавый камень. Затем между заготовкой и шлифовальным камнем стали подсыпать кварцевый песок. Это заметно ускорило процесс обработки. Наконец, был освоен процесс мокрой шлифовки, когда шлифовальную плиту обильно и часто поливали водой. Таким образом время шлифовки даже очень твердой заготовки сократилось до нескольких часов (так, по наблюдениям Семенова, на изготовление шлифованного топора из нефрита уходило до 25 часов непрерывной работы). Для окончательной отделки и полировки древние мастера в некоторых местах применяли очень мелкий пемзовый порошок, который наносили с помощью кусочка кожи. Искусство полировки доходило до такой высоты, что в некоторых местах практиковалось производство каменных зеркал, вполне пригодных для употребления (на Гавайях такие зеркала делали из базальта, в доколумбовской Мексике — из обсидиана). Шлифование и полирование явились последними звеньями в длинной цепи истории обработки камня.

Новые приемы обработки позволили человеку освоить более твердые породы камня: нефрит, жадеит, яшму, базальт, диорит и т.д. Эти материалы были более удобны для изготовления инструментов, в которых

использовалась сила удара (например, топоров), чем хрупкий кремень. К тому же кремень был совершенно непригоден для сверления и плохо поддавался шлифовке.

7. МОТЫЖНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

С древнейших времен одним из основных занятий человека было собирательство. Под этим словом современные ученые подразумевают сбор съедобных семян, орехов, фруктов, корней, личинок, яиц и т.п. Основным орудием при собирательстве была толстая палка-копалка, один конец которой был заострен и обожжен на огне для прочности. Но уже в очень древние времена наряду с ней стала употребляться палка с поперечным сучком, более удобная для копания земли. В этом орудии можно видеть прообраз мотыги. Позже рабочую часть такой палки стали делать из рога или кости. Наконец появились каменные мотыги, насаженные на деревянную ручку. Этим орудием можно было вскапывать землю, переворачивать ее и разбивать комья. Когда люди перешли к культурному возделыванию растений, мотыга на протяжении нескольких тысячелетий оставалась главным сельскохозяйственным инструментом земледельца.

Однако путь от простого сбора съедобных растений и плодов до сознательного возделывания земли и выращивания культурных растений был несказанно долгим и растянулся на сотни тысяч лет. Одна из наиболее ранних земледельческих культур на земле сложилась около 9-8 тысяч лет до Р.Х. на территории Палестины. Раскопки в горах Кармел дают основание утверждать, что местные жители не только систематически собирали дикий ячмень, но и производили посевы. Однако можно предположить, что в тропической зоне сознательное земледелие возникло еще раньше. Изучение таких культурных растений, как бананы, заставляет думать, что культурное возделывание их началось около 15 тысяч лет до Р.Х. Вместе с земледелием началась новая эра в истории человечества. С этого времени люди стали не только присваивать плоды природы, но и сознательно производить их. Их жизнь стала зависеть не столько от капризов природы, сколько от результатов собственной деятельности.

8. КОЛЕСО И ПОВОЗКА

Одним из величайших открытий в истории человечества было изобретение колеса. Считается, что его прообразом, возможно, стали катки, которые подкладывались под тяжелые стволы деревьев, лодки и камни при их перетаскивании с места на место. Возможно, тогда же были сделаны первые наблюдения над свойствами вращающихся тел. Например, если бревно-каток по какой-то причине в центре было тоньше, чем по краям, оно передвигалось под грузом более равномерно и его не заносило в сторону. Заметив это, люди стали умышленно обжигать катки таким образом, что средняя часть становилась тоньше, а боковые оставались неизменными. Таким образом получилось приспособление, которое теперь называется «скатом». В ходе дальнейших усовершенствований в этом направлении от цельного бревна остались только два валика на его концах, а между ними появилась ось. Позднее их стали изготовлять отдельно, а затем жестко скреплять между собой. Так было открыто колесо в собственном смысле этого слова и появилась первая повозка. В последующие века множество поколений мастеров потрудились над

усовершенствованием этого изобретения. Первоначально сплошные колеса жестко скреплялись с осью и вращались вместе с ней. При передвижении по ровной дороге такие повозки были вполне пригодны для использования. Но на повороте, когда колеса должны вращаться с разной скоростью, это соединение создает большие неудобства, так как тяжелогруженная повозка может легко сломаться или перевернуться. Сами колеса были еще очень несовершенны. Их делали из цельного куска дерева. Поэтому повозки были тяжелыми и неповоротливыми. Передвигались они медленно, и обычно в них запрягали неторопливых, но могучих волов. Одна из древнейших повозок описываемой конструкции найдена при раскопках в Мохенджо-Даро.

Крупным шагом вперед в развитии техники передвижения стало изобретение колеса со ступицей, насаживающегося на неподвижную ось. В этом случае колеса вращались независимо друг от друга. А чтобы колесо меньше терлось об ось, ее стали смазывать жиром или дегтем. Ради уменьшения веса колеса в нем выпиливали вырезы, а для жесткости укрепляли поперечными скрепами. Ничего лучшего в эпоху каменного века придумать было нельзя. Но после открытия металлов стали изготавливать колеса с металлическим ободом и спицами. Такое колесо могло вращаться в десятки раз быстрее и не боялось ударов о камни. Запрягая в повозку быстроногих лошадей, человек значительно увеличил скорость своего передвижения.

Пожалуй, трудно найти другое открытие, которое дало бы такой мощный толчок развитию техники. Повозка, гончарный круг, мельница, водяное колесо и блок — вот далеко не полный перечень устройств, в основе которых лежит колесо. Каждое из этих изобретений составило эпоху в жизни человечества. Их совокупное воздействие на жизнь людей было так велико, что без всякого преувеличения можно сказать: колесо сдвинуло историю с мертвой точки и заставило ее мчаться в несколько раз быстрее.

9. ПРЯЛКА И ТКАЦКИЙ СТАНОК

Ткачество кардинальным образом изменило жизнь и облик человека. Вместо звериных шкур люди облачились в одежду, сшитую из льняных, шерстяных или хлопчатых тканей, которые с тех пор стали нашими неизменными спутниками. Однако прежде чем наши предки научились ткать, они должны были в совершенстве освоить технику плетения. Только выучившись плести циновки из веток и камыша, люди могли приступить к «переплетению» нитей.

Процесс производства ткани распадается на две основные операции — получение пряжи (прядение) и получение холста (собственно ткачество). Наблюдая за свойствами растений, люди заметили, что многие из них имеют в своем составе упругие и гибкие волокна. К числу таких волокнистых растений, использовавшихся человеком уже в глубокой древности, относятся лен, конопля, крапива, ксанф, хлопчатник и другие. После приручения животных наши предки получили вместе с мясом и молоком большое количество шерсти, также используемой для производства тканей. Перед началом прядения надо было подготовить сырье. Исходным материалом для пряжи служит прядильное волокно. Не вдаваясь в подробности, отметим, что мастеру надо немало потрудиться,

прежде чем шерсть, лен или хлопок превратятся в прядильное волокно (наиболее это касается льна: процесс извлечения волокон из стебля растений здесь особенно трудоемок; но даже шерсть, которая, по сути, является уже готовым волокном, требует целого ряда предварительных операций по очистке, обезжириванию, просушке и т.п.). Но когда прядильное волокно получено, для мастера безразлично, шерсть это, лен или хлопок — процесс прядения и ткачества для всех видов волокон одинаковый.

Древнейшим и простейшим приспособлением для производства пряжи была ручная прялка, состоявшая из веретена, пряслицы и собственно прялки. Перед началом работы прядильное волокно прикрепляли на какой-нибудь воткнутый сук или палку с развилкой (позже этот сучок заменили доской, которая и получила название прялки). Затем мастер вытягивал из клубка пучок волокон и присоединял к особому приспособлению для скручивания нити. Оно состояло из палочки (веретена) и пряслицы (в качестве которой служил круглый камешек с дырочкой посередине). Пряслица насаживалась на веретено. Веретено вместе с прикрученным к нему началом нити приводили в быстрое вращение и тотчас отпускали. Повиснув в воздухе, оно продолжало вращаться, постепенно вытягивая и скручивая нить. Пряслица служила для того, чтобы усилить и сохранить вращение, которое иначе прекратилось бы через несколько мгновений. Когда нить становилась достаточно длинной, мастерица наматывала ее на веретено, а пряслица не давала растущему клубку соскользнуть. Затем вся операция повторялась. Несмотря на свою простоту, прялка была удивительным завоеванием человеческого ума. Три операции — вытягивание, кручение и наматывание нити объединились в единый производственный процесс. Человек получил возможность быстро и легко превращать волокно в нить. Заметим, что в позднейшие времена в этот процесс не было внесено ничего принципиально нового; он только был переложен на машины.

После получения пряжи мастер приступал к тканью. Первые ткацкие станки были вертикальными. Они представляли собой два вилообразно расщепленных вставленных в землю бруска, на вилообразные концы которых поперечно укладывался деревянный стержень. К этой поперечине, помещавшейся настолько высоко, чтоб можно было стоя доставать до нее, привязывали одну возле другой нити, составлявшие основу. Нижние концы этих нитей свободно свисали почти до земли. Чтобы они не спутывались, их натягивали подвесами. Начиная работу ткачиха брала в руку уток с привязанной к нему ниткой (в качестве утка могло служить веретено) и пропускала его сквозь основу таким образом, чтобы одна висящая нить оставалась по одну сторону утка, а другая — по другую. Поперечная нитка, например, могла проходить поверх первой, третьей, пятой и т.д. и под низом второй, четвертой, шестой и т.д. нитей основы, или наоборот. Такой способ тканья буквально повторял технику плетения и требовал очень много времени для пропускания нити утка то поверх, то под низ соответствующей нити основы. Для каждой из этих нитей необходимо было особое движение. Если в основе было сто нитей, то нужно было сделать сто движений для продевания утка только в одном ряду. Вскоре древние мастера заметили, что технику тканья можно упростить.

Действительно, если бы можно было сразу поднимать все четные или нечетные нити основы, мастер был бы избавлен от необходимости подсовывать уток под каждую нить, а мог сразу протянуть ее через всю основу: сто движений были бы заменены одним! Примитивное устройство для разделения нитей — ремез было придумано уже в древности. Поначалу ремезом служил простой деревянный стержень, к которому через один крепились нижние концы нитей основы (так, если четные привязывались к ремезу, то нечетные продолжали свободно висеть). Потянув на себя ремез, мастер сразу отделял все четные нити от нечетных и одним броском прокидывал уток через всю основу. Правда, при обратном движении утка вновь приходилось поодиночке проходить все четные нити. Работа ускорилась в два раза, но по-прежнему оставалась трудоемкой. Однако стало понятным, в каком направлении вести поиск: необходимо было найти способ попеременно отделять то четные, то нечетные нити. При этом нельзя было просто ввести второй ремез, потому что первый становился бы у него на пути. Тут остроумная идея привела к важному изобретению — к грузикам на нижних концах нитей стали привязывать шнурки. Вторые концы шнурков крепились к дощечкам-ремезам (к одному — четные, к другому — нечетные). Теперь ремезы не мешали взаимной работе. Потянув то за один ремез, то за другой, мастер последовательно отделял то четные, то нечетные нити и перебрасывал уток через основу. Работа ускорилась в десятки раз. Изготовление тканей перестало быть плетением и сделалось собственно ткачеством. Легко видеть, что при описанном выше способе крепления концов нитей основы к ремезам с помощью шнурков можно использовать не два, а больше ремезов. Например, можно было привязывать к особой дощечке каждую третью или каждую четвертую нить. Способы переплетения нитей при этом могли получаться самые разнообразные. На таком станке можно было ткать не только миткаль, но и киперную или атласную ткань.

В последующие века в ткацкий станок вносились различные усовершенствования (например, движением ремезов стали управлять с помощью педали ногами, оставляя руки ткача свободными), однако принципиально техника тканья не менялась вплоть до XVIII века. Важным недостатком описываемых станков было то, что, продергивая уток то вправо, то влево, мастер был ограничен длиной своей руки. Обычно ширина полотна не превышала полуметра, и для того чтобы получить более широкие полосы, их приходилось сшивать.

10. ГОНЧАРНЫЙ КРУГ. КЕРАМИКА ДЛЯ ОБЖИГА. НАЧАЛО

Пластические свойства глины были известны человеку уже в глубокой древности. Она легко мялась и под умелыми руками быстро принимала такую форму, которую было очень трудно или даже невозможно придать другим известным материалам. Тогда же было обнаружено, что глиняные изделия после обжига их в огне удивительным образом меняют свои свойства — обретают твердость камня, водонепроницаемость и огнестойкость. Все это сделало глину наиболее удобным сырьем для изготовления посуды и кухонной утвари.

Как и все ремесла, техника керамики прошла долгий и сложный путь. Тысячелетия ушли на изучение достоинств и недостатков

разнообразных глин. Из множества их видов древние мастера научились выбирать те, которые отличались наибольшей пластичностью, связанностью и влагоемкостью. В глиняную массу стали примешивать различные добавки, улучшающие качество изделий (например, крупный или мелкий песок). Одновременно древние гончары осваивали различные способы лепки. Придать куску сырой глины форму кувшина или хотя бы простого горшка было нелегко. Обычно гончар, взяв комочек глины, путем выдавливания средней его части и осторожного сдавливания боков вылеплял днище. Затем к краю днища мастер начинал прилеплять раскатанные полоски глины и так постепенно получал стенки. В конце концов выходил грубый сосуд, пригодный после обжига на костре к приготовлению в нем пищи.

Важным шагом в развитии гончарного производства стало освоение приема вращения. В этом случае мастер прилеплял к готовому днищу кусочек глины и, вращая днище левой рукой, правой обводил кусочком по спирали, постепенно вылепляя грани горшка. При этом способе изделие выходило более ровным. Позже для удобства работы под заготовку стали подкладывать деревянный диск. Потом пришли к мысли, что процесс лепки значительно упростится, если заставить этот диск вращаться вместе с заготовкой — так был изобретен простейший ручной гончарный круг. Он представлял собой диск, углубленный посередине примерно на половину своей толщины. Своим углублением диск насаживался на выступавший и несколько закругленный конец деревянного стержня, плотно укреплявшегося в земле. Для того чтобы стержень не шатался и удерживал вертикальное положение, между ним и кругом помещали неподвижную деревянную доску с отверстием посередине. Получалось хорошо прилаженное устройство. Одной рукой мастер приводил круг в плавное равномерное вращение, а другой начинал лепку. Это несложное приспособление произвело настоящий переворот в гончарном деле, подняв его до уровня искусства. Благодаря ему работа заметно ускорилась и улучшилась. При вращении изделия выходили гораздо более плотными и однородными. Их форма получалась правильной и изящной.

Новым шагом на пути совершенствования гончарного искусства стало изобретение ножного круга, который вошел в употребление во 2-м тысячелетии до Р.Х. Главные его преимущества заключались в том, что он позволил в несколько раз увеличить скорость вращения и освободил мастеру для работы обе руки. Основные отличия нового круга были следующие. Веретено (ось вращения) было удлинено. Вращающийся диск был жестко соединен с ним. Для укрепления веретена служили две доски. Нижняя была основой всего устройства (в ней было вырезано углубление, куда вставлялся конец веретена). Верхняя доска со сквозным отверстием поддерживала веретено в вертикальном положении. Наконец, к нижней части веретена было жестко присоединено ножное колесо. Усевшись рядом с кругом, гончар опирался ногой в нижний круг и приводил его в плавное движение. Благодаря тому, что нижнее колесо было тяжелее и больше диаметром, чем рабочее верхнее, оно выполняло роль маховика: сохраняло вращение некоторое время и после того, как нога с него была снята.

Одновременно с усовершенствованием гончарного круга шло усложнение техники обжига глины. В древности обжиг производился прямо

на открытом огне при температуре в 300-400 градусов. Позже его стали производить в специальных печах. Уже первые примитивные печи позволяли вдвое увеличить температуру нагрева. Частички глины стали лучше сплавляться друг с другом, прочность изделий заметно возрастала. На смену прежним толстостенным сосудам приходят сосуды с тонкими как яичная скорлупа стенками (до 3 мм). Изобретение печей имело огромное значение для истории техники, так как положило начало сооружению высокотемпературных устройств, получивших затем распространение и в других отраслях хозяйства (прежде всего, в металлургии). Печь делалась следующим образом: из тонких стволов делали деревянный каркас, который обмазывался толстым слоем глины, только местами оставляя небольшие отверстия. Этот каркас ставили над углублением, представлявшим собой место для разжигания костра. От сильного огня деревянные части сгорали, а глина обжигалась и образовывала плотный под с отверстиями. При обжиге под и стенки печи раскалялись докрасна и тоже начинали излучать жар. Благодаря концентрации тепла внутри печи температура в ней могла подниматься до 800 и даже до 900 градусов.

11. ПИСЬМЕННОСТЬ

Нет нужды говорить о том, какое великое значение в истории человечества имело изобретение письменности. Невозможно даже представить себе, каким путем могло пойти развитие цивилизации, если бы на определенном этапе своего развития люди не научились фиксировать с помощью определенных символов нужную им информацию и таким образом передавать и сохранять ее. Очевидно, что человеческое общество в таком виде, в каком оно существует сегодня, просто не могло бы появиться.

Первые формы письменности в виде особым образом начертанных знаков появились около 4 тысяч лет до Р.Х. Но уже задолго до этого существовали различные способы передачи и хранения информации: с помощью определенным образом сложенных ветвей, стрел, дыма костров и тому подобных сигналов. Из этих примитивных систем оповещения позже появились более сложные способы фиксирования информации. Например, древние инки изобрели оригинальную систему «записи» с помощью узелков. Для этого использовались шнурки шерсти разного цвета. Их связывали разнообразными узелками и крепили на палочку В таком виде «письмо» посылалось адресату.

Существует мнение, что инки с помощью такого «узелкового письма» фиксировали свои законы, записывали хроники и стихи. «Узелковое письмо» отмечено и у других народов — им пользовались в древнем Китае и Монголии.

Однако письменность в собственном смысле слова появилась лишь после того, как люди для фиксации и передачи информации изобрели особые графические знаки. Самым древним видом письма считается пиктографическое. Пиктограмма представляет собой схематический рисунок, который непосредственно изображает вещи, события и явления, о которых идет речь.

Предполагается, что пиктография была широко распространена у различных народов на последней стадии каменного века. Это письмо очень наглядно, и поэтому ему не надо специально учиться. Оно вполне пригодно для передачи небольших сообщений и для записи несложных рассказов. Но

когда возникала потребность передать какую-нибудь сложную абстрактную мысль или понятие, сразу ощущались ограниченные возможности пиктограммы, которая совершенно не приспособлена к записи того, что не поддается рисунчатому изображению (например, таких понятий, как бодрость, храбрость, зоркость, хороший сон, небесная лазурь и т.п.). Поэтому уже на ранней стадии истории письма в число пиктограмм стали входить особые условные значки, обозначающие определенные понятия (например, знак скрещенных рук символизировал обмен) Такие значки называются идеограммами.

Идеографическое письмо возникло из пиктографического, причем можно вполне отчетливо представить себе, как это произошло: каждый изобразительный знак пиктограммы стал все более обособляться от других и связываться с определенным словом или понятием, обозначая его. Постепенно этот процесс настолько развился, что примитивные пиктограммы утратили свою прежнюю наглядность, но зато обрели четкость и определенность. Процесс этот занял долгое время, быть может, несколько тысячелетий. Высшей формой идеограммы стало иероглифическое письмо. Впервые оно возникло в Древнем Египте. Позже иероглифическая письменность получила широкое распространение на Дальнем Востоке — в Китае, Японии и Корее. С помощью идеограмм можно было отразить любую, даже самую сложную и отвлеченную мысль. Однако для не посвященных в тайну иероглифов смысл написанного был совершенно непонятен. Каждый, кто хотел научиться писать, должен был запомнить несколько тысяч значков. Реально на это уходило несколько лет постоянных упражнений. Поэтому писать и читать в древности умели немногие.

Впрочем, надо сразу отметить, что в чистом виде идеография не существовала никогда. Например, в Древнем Египте наряду со значками, обозначавшими целые понятия и слова, существовали и другие знаки, обозначавшие слоги и даже отдельные звуки. Потребность в таких знаках очевидна, так как не все можно выразить в виде изображений (прежде всего, это касается личных имен).

В этих случаях египтяне превращали слова-иероглифы в буквы-иероглифы, из которых и составлялись слова, подлежащие передаче на письме согласно их звучанию. Например иероглиф «хт» — изображение дома — сделался двухбуквенным иероглифом, обозначающим звук[хт], иероглиф «мн» — изображение шахматной доски — стал иероглифом, обозначающим два звука[мн] и т.д. На первых порах значение фонетических иероглифов было вспомогательным, но со временем их роль все более возрастала, и в последние века существования египетской письменности значение фонетических иероглифов стало господствующим. Но к чисто фонографическому письму (то есть такому, где каждый знак обозначает отдельный звук или букву) египтяне так и не перешли. Это важное усовершенствование было сделано в письме других народов.

Люди далеко не сразу научились членить свою речь на простые элементы — звуки (фонемы). Гораздо легче речь делится на отдельные слоги. Поэтому во 2-м тысячелетии до Р.Х. сложилось несколько видов письма, в которых каждый знак обозначал отдельный слог (это письмо называется слоговым, классические примеры его — критское (минойское)

письмо и письмо майя). Только в конце 2-го тысячелетия до Р.Х. древние финикийцы изобрели буквенно-звуковой алфавит, который послужил образцом для алфавитов многих других народов. Финикийский алфавит состоял из 22 согласных букв, каждая из которых обозначала отдельный звук. Изобретение этого алфавита стало для человечества большим шагом вперед. При помощи нового письма легко было передать графически любое слово, не прибегая к идеограммам. Обучиться ему было очень просто. Искусство письма перестало быть привилегией просвещенных. Оно стало достоянием всего общества или, по крайней мере, большей его части. Это послужило одной из причин быстрого распространения финикийского алфавита по всему миру. Как считают, четыре пятых всех известных ныне алфавитов возникло из финикийского. Так из разновидности финикийского письма (пунического) развилось ливийское. Непосредственно от финикийского произошло древнееврейское, арамейское и греческое письмо. В свою очередь, на основе арамейского письма сложились арабская, набатейская, сирийская, персидская и другие письменности. Греки внесли в финикийский алфавит последнее важное усовершенствование — они стали обозначать буквами не только согласные, но и гласные звуки. Греческий алфавит лег в основу большинства европейских алфавитов: латинского (от которого в свою очередь произошли французский, немецкий, английский, итальянский, испанский и др. алфавиты), коптского, армянского, грузинского и славянского (сербского, русского, болгарского и др.).

12. ПАРУС И КОРАБЛЬ

Считается, что прообраз паруса появился в глубокой древности, когда человек только начал строить лодки и отважился выйти в море. В начале парусом служила просто натянутая звериная шкура. Стоявшему в лодке человеку приходилось обеими руками держать и ориентировать ее относительно ветра. Когда люди придумали укреплять парус с помощью мачты и рей, неизвестно, но уже на древнейших дошедших до нас изображениях кораблей египетской царицы Хатшепсут можно видеть деревянные мачты и реи, а также штаги (тросы, удерживающие от падения назад мачту), фалы (снасти для подъема и спуска парусов) и другой такелаж. Следовательно, появление парусного судна надо отнести к доисторическим временам.

Многое свидетельствует о том, что первые большие парусные корабли появились в Египте, и Нил был первой многоводной рекой, на которой стало развиваться речное судоходство. Каждый год с июля по ноябрь могучая река выходила из берегов, заливая своими водами всю страну. Селения и города оказывались отрезанными друг от друга подобно островам. Поэтому суда были для египтян жизненной необходимостью. В хозяйственной жизни страны и в общении между людьми они играли гораздо большую роль, чем колесные повозки. Одной из ранних разновидностей египетских кораблей, появившихся около 5 тысяч лет до Р.Х., была барка. Она известна современным ученым по нескольким моделям, установленным в древних храмах. Поскольку Египет очень беден лесом, для строительства первых кораблей широко применялся папирус Особенности этого материала определили конструкцию и форму древнеегипетских судов. Это была серповидная, связанная из пучков

папируса ладья с изогнутыми кверху носом и кормой. Для предания кораблю прочности корпус стягивался тросами. Позже, когда наладилась регулярная торговля с финикийцами и в Египет начал поступать в большом количестве ливанский кедр, дерево стало широко применяться при кораблестроении. Представление о том, какие типы судов строились тогда, дают настенные рельефы некрополя близ Саккары, относящиеся к середине 3-го тысячелетия до Р.Х. В этих композициях реалистически отображены отдельные стадии постройки дощатого корабля. Корпуса кораблей, не имевшие ни киля (в древности это была балка, лежащая в основании днища судна), ни шпангоутов (поперечных кривых брусьев, обеспечивающих прочность бортов и днища), набирались из простых плашек и конопатились папирусом. Укреплялся корпус посредством канатов, обтягивавших судно по периметру верхнего пояса обшивки. Такие суда едва ли обладали хорошими мореходными качествами. Однако для плаванья по реке они вполне годились. Используемый египтянами прямой парус позволял им плыть только по ветру. Такелаж крепился на двуногой мачте, обе ноги которой устанавливались перпендикулярно средней линии судна. В верхней части они плотно связывались. Степсом (гнездом) для мачты служило балочное устройство в корпусе судна. В рабочем положении эту мачту удерживали штаги — толстые тросы, шедшие от кормы и носа, а в сторону бортов ее поддерживали ноги. Прямоугольный парус крепился на двух реях. При боковом ветре мачту поспешно убирали. Позднее, примерно к 2600 году до Р.Х., на смену двуногой мачте пришла применяемая и поныне одноногая. Одноногая мачта облегчала хождение под парусами и впервые дала судну возможность маневрировать. Однако прямоугольный парус был ненадежным средством, которым можно было пользоваться только при попутном ветре. Основным двигателем корабля оставалась мускульная сила гребцов. По-видимому, египтянам принадлежит важное усовершенствование весла — изобретение уключин. Их еще не было в Древнем царстве, но затем весло стали крепить с помощью веревочных петель. Это сразу позволило увеличить силу гребка и скорость судна. Известно, что отборные гребцы на судах фараонов делали 26 гребков в минуту, что позволяло развивать скорость 12 км/ч. Управляли такими кораблями с помощью двух рулевых весел, расположенных на корме. Позднее их стали крепить к балке на палубе, вращая которую можно было выбирать нужное направление (этот принцип управления судном с помощью поворота пера руля остается неизменным по сей день). Древние египтяне не были хорошими мореходами. На своих кораблях они не решались выходить в открытое море. Однако вдоль берега их торговые суда совершали далекие путешествия. Так, в храме царицы Хатшепсут есть надпись, сообщающая о морском походе, совершенном египтянами около 1490 года до Р.Х. в таинственную страну благовоний Пунт, находившуюся в районе современного Сомали.

Следующий шаг в развитии кораблестроения был сделан финикийцами. В отличие от египтян, финикийцы в избытке имели для своих судов прекрасный строительный материал. Их страна тянулась узкой полосой вдоль восточных берегов Средиземного моря. Обширные кедровые леса росли здесь почти у самого берега. Уже в древности финикийцы научились делать из их стволов высококачественные долбленные

лодки-однодревки и смело выходили на них в море. В начале 3-го тысячелетия до Р.Х., когда стала развиваться морская торговля, финикийцы начали строить корабли. Морское судно значительно отличается от лодки, для его сооружения необходимы свои конструкционные решения. Важнейшие открытия на этом пути, определившие всю дальнейшую историю судостроения, принадлежат финикийцам. Может быть, скелеты животных навели их на мысль установить на однодревках ребра жесткости, которые покрывали сверху досками. Так впервые в истории кораблестроения были применены шпангоуты, до сих пор имеющие широкое использование. Точно так же финикийцы впервые построили килевое судно (первоначально килем служили два ствола, соединенные под углом). Киль сразу придал корпусу устойчивость и позволил установить продольные и поперечные связи. К ним крепились доски обшивки. Все эти новшества явились решающей основой для быстрого развития судостроения и определили облик всех последующих кораблей.

С середины 2-го тысячелетия до Р.Х. начался бурный расцвет финикийских городов, обязанных своим процветанием средиземноморской торговле. Пузатые финикийские корабли стали мостом между странами. Во всех направлениях они пересекали море и возвращались назад, нагруженные сокровищами. Громадные богатства, которые извлекали финикийцы из своих предприятий, делали их все решительнее и храбрее. В далеких землях они основывали свои фактории и колонии, со временем также превращавшиеся в цветущие города. Их торговые пути простирались от Индии до Африки и Британии. За шесть веков до Р.Х. несколько финикийских кораблей, отплыв из Красного моря, обогнули Африку и вернулись в Средиземное море со стороны Гибралтарского пролива.

Кроме торговых судов, финикийцы строили много боевых кораблей, оснащенных мощными таранами. Они первые задумались над тем, каким образом можно увеличить скорость судна. В то время, когда парус играл лишь вспомогательную роль, в бою и во время погони приходилось рассчитывать прежде всего на весла. Таким образом, скорость корабля прямо зависела от числа гребцов. Сначала длину корабля выбирали, исходя из нужного числа весел. Однако беспредельно увеличивать ее было невозможно. Выход был найден в строительстве кораблей с несколькими рядами весел. Сначала стали строить корабли, у которых весла располагались друг над другом в два яруса. Самое раннее изображение двухъярусного корабля обнаружено во дворце ассирийского царя Саннахериба. Нижний ряд гребцов на нем скрыт под палубой, а верхний располагался прямо на ней. Позже появились трехъярусные корабли — триремы. По свидетельству Климента Александрийского, именно финикийцы построили первые триремы, которые, как показала история, оказались наиболее оптимальным вариантом гребного судна. Это были корабли весьма значительных размеров, имевшие три ряда весел, расположенных один над другим в шахматном порядке. Весла были различной длины, в зависимости от того, в каком ряду находились гребцы. Самые сильные сидели на верхней палубе, так как им приходилось управлять самыми длинными веслами. Триремы были очень легки на ходу, маневренны и обладали хорошей скоростью. По примеру финикийцев их

стали строить все морские народы Средиземного моря.

Разумеется, не раз делались попытки увеличить число гребных ярусов. У македонского царя Деметрия Полиоркета были корабли с 6-ю и 7-ю рядами гребцов. У египетского царя Птолемея Филадельфа было два корабля с 30-ю рядами весел, а другой египетский царь Птолемей Филопатр имел корабль с 40-а рядами весел. По размерам он не уступал большому современному лайнеру, имел 4 тысячи гребцов, 3 тысячи человек экипажа и 400 человек прислуги. Но все подобные корабли были громоздкими и неповоротливыми. Позже римляне вернулись к хорошо зарекомендовавшим себя триремам, которые и оставались основным типом морского судна на протяжении всей античности.

13. БРОНЗА

В 3— м тысячелетии до Р.Х. люди начали широко применять в своей хозяйственной деятельности металлы. Переход от каменных орудий к металлическим имел колоссальное значение в истории человечества. Пожалуй, никакое другое открытие не привело к таким значительным общественным сдвигам.

Первым металлом, получившим широкое распространение, была медь. Постоянно разыскивая необходимые им камни, наши предки, надо думать, уже в древности обратили внимание на красновато-зеленые или зеленовато-серые куски самородной меди. В обрывах берегов и скал им попадались медный колчедан, медный блеск и красная медная руда (куприт). Поначалу люди использовали их как обыкновенные камни и обрабатывали соответствующим способом. Вскоре они открыли, что при обработке меди ударами каменного молотка ее твердость значительно возрастает и она делается пригодной для изготовления инструментов. Таким образом вошли в употребление приемы холодной обработки металла или примитивной ковки. Затем было сделано другое важное открытие — кусок самородной меди или поверхностной породы, содержавшей металл, попадая в огонь костра, обнаруживал новые, не свойственные камню особенности: от сильного нагрева металл расплавлялся и, остывая, приобретал новую форму. Если форму делали искусственно, то получалось необходимое человеку изделие. Это свойство меди древние мастера использовали сначала для отливки украшений, а потом и для производства медных орудий труда. Так зародилась металлургия. Плавку стали осуществлять в специальных высокотемпературных печах, представлявших собой несколько измененную конструкцию хорошо известных людям гончарных печей. Вообще говоря, медь — мягкий металл, сильно уступающий в твердости камню. Но медные инструменты можно было быстро и легко затачивать. (По наблюдениям С.А. Семенова, при замене каменного топора на медный скорость рубки увеличивалась примерно в три раза.) Спрос на металлические инструменты стал быстро расти. Люди начали настоящую «охоту» за медной рудой. Оказалось, что она встречается далеко не везде. В тех местах, где обнаруживались богатые залежи меди, возникала их интенсивная разработка, появлялось рудное и шахтное дело. Как показывают открытия археологов, уже в древности процесс добычи руды был поставлен с большим размахом. Например, вблизи Зальцбурга, где добыча меди началась около 1600 года до Р.Х., шахты достигали глубины 100 метров, а общая длина отходящих от каждой

шахты штреков составляла несколько километров. Древним рудокопам приходилось решать все те задачи, которые стоят и перед современными шахтерами: укрепление сводов, вентиляция, освещение, подъем на гора добытой руды. Штольни укрепляли деревянными подпорками. Добытую руду плавили неподалеку в невысоких глиняных печах с толстыми стенками. Подобные центры металлургии существовали и в других местах.

В конце 3-го тысячелетия до Р.Х. древние мастера начали использовать свойства сплавов, первым из которых стала бронза. На открытие бронзы людей должна была натолкнуть случайность, неизбежная при массовом производстве меди. Некоторые сорта медных руд содержат незначительную (до 2%) примесь олова. Выплавляя такую руду, мастера заметили, что медь, полученная из нее, намного тверже обычной. Оловянная руда могла попасть в медеплавильные печи и по другой причине. Как бы то ни было, наблюдения за свойствами руд привели к освоению значения олова, которое и стали добавлять к меди, образуя искусственный сплав бронзу. При нагревании с оловом медь плавилась лучше и легче подвергалась отливке, так как становилась более текучей. Бронзовые инструменты были тверже медных, хорошо и легко затачивались. Металлургия бронзы позволила в несколько раз повысить производительность труда во всех отраслях человеческой деятельности. Само производство инструментов намного упростилось: вместо того чтобы долгим и упорным трудом оббивать и шлифовать камень, люди наполняли готовые формы жидким металлом и получали результаты, которые и во сне не снились их предшественникам. Техника литья постепенно совершенствовалась. Сначала отливку производили в открытых глиняных или песчаных формах, представлявших собой просто углубление. Их сменили открытые формы, вырезанные из камня, которые можно было использовать многократно. Однако большим недостатком открытых форм было то, что в них получались только плоские изделия. Для отливки изделий сложной формы они не годились. Выход был найден, когда изобрели закрытые разъемные формы. Перед литьем две половинки формы крепко соединялись между собой. Затем через отверстие заливалась расплавленная бронза. Когда металл остывал и затвердевал, форму разбирали и получали готовое изделие. Такой способ позволял отливать изделия сложной формы, но он не годился для фигурного литья. Но и это затруднение было преодолено, когда изобрели закрытую форму. При этом способе литья сначала лепилась из воска точная модель будущего изделия. Затем ее обмазывали глиной и обжигали в печи. Воск плавился и испарялся, а глина принимала точный слепок модели. В образовавшуюся таким образом пустоту заливали бронзу. Когда она остывала, форму разбивали. Благодаря всем этим операциям мастера получили возможность отливать даже пустотелые предметы очень сложной формы. Постепенно были открыты новые технические приемы работы с металлами, такие как волочение, клепка, пайка и сварка, дополнявшие уже известные ковку и литье.

С развитием металлургии бронзовые изделия повсюду стала вытеснять каменные. Но не нужно думать, что это произошло очень быстро. Руды цветных металлов имелись далеко не везде. Причем олово встречалось гораздо реже, чем медь. Металлы приходилось

транспортировать на далекие расстояния. Стоимость металлических инструментов оставалась высокой. Все это мешало их широкому распространению. Бронза не могла до конца заменить каменные инструменты. Это оказалось под силу только железу.

14. ЖЕЛЕЗО

Свободное самородное железо в земной коре, в отличие от меди, почти не встречается. Но оно входит в состав многих минералов и распространено гораздо шире цветных металлов. В древности его можно было добывать буквально повсюду — из озерных, болотистых, луговых и других руд. Однако, по сравнению с металлургией меди, металлургия железа является достаточно сложным процессом. Железо плавится при температуре 1539 градусов. Такая высокая температура была совершенно недоступна древним мастерам. Поэтому железо вошло в обиход человека значительно позже меди. Его широкое применение в качестве материала для изготовления оружия и инструментов началось только в 1-м тысячелетии до Р.Х., когда стал известен сыродутный способ восстановления железа (впрочем, некоторые народы научились металлургии железа значительно раньше; например, племена, населявшие территорию современной Армении, умели получать железо из руд уже в начале 3-го тысячелетия до Р.Х.).

Наиболее распространенные железные руды (магнитный железняк, красный железняк и бурый железняк) представляют собой либо соединение железа с кислородом (оксид железа), либо гидрат окиси железа. Для того чтобы выделить металлическое железо из этих соединений, необходимо восстановить его — то есть отнять у него кислород. Разумеется, древние мастера не имели понятия о сложных химических процессах, которые происходили при восстановлении железа. Однако, наблюдая за «плавкой» руды, они в конце концов установили несколько важных закономерностей, которые и легли в основу простейших методов производства железа. Прежде всего, наши предки заметили, что для получения железа вовсе не обязательно доводить его до температуры плавления. Металлическое железо можно получать и при гораздо меньших температурах, но при этом должно быть больше топлива, чем при выплавке меди, и это топливо должно быть лучшего качества. Необходимо также, чтобы огонь был как можно более «горячим». Все это требовало особого устройства печи и условий плавки.

Как правило, приступая к «плавке» железа, мастера сначала выкапывали круглую яму, стенки которой изнутри обмазывались толстым слоем глины. С наружной стороны к этой яме подводилось отверстие для нагнетания воздуха. Затем над округлой нижней частью сооружали верхнюю в виде конуса. В качестве топлива использовался древесный уголь. Его засыпали в самый низ печи — в яму. Сверху на него укладывали слоями шихту — измельченную руду и уголь. На самый верх засыпали толстый слой угля. После того как топливо внизу поджигалось, начинался сильный разогрев руды. При этом шла химическая реакция окисления углерода (угля) и восстановления железа. В виде мельчайших лепестков тестообразное железо, которое было в три раза тяжелее шлака, опускалось вниз и оседало в нижней части печи. В результате на дне ямы собирался ком мягкого сварного железа — крица, весом от 1 до 8 кг. Она

состояла из мягкого металла с пустотами, заполненными твердыми шлаками. Когда «плавка» заканчивалась, печь разламывали и извлекали из нее крицу. Дальнейшая обработка происходила в кузнице, где крицу снова разогревали в горне и обрабатывали ударами молота, чтобы удалить шлак. В металлургии железа ковка на многие века сделалась основным видом обработки металла, а кузнечное дело стало важнейшей отраслью производства. Только после ковки железо приобретало удовлетворительные качества. Чистое железо, впрочем, невозможно использовать из-за его мягкости. Хозяйственное значение имел только сплав железа с углеродом. Если полученный металл содержал от 0, 3 до 1, 7% углерода, получалась сталь, то есть железо, которое приобрело новое свойство — способность к закалке. Для этого изготовленный инструмент нагревали докрасна, а затем охлаждали в воде. После закалки он становился очень твердым и приобретал замечательные режущиекачества.

При естественном притоке воздуха температура в печи поднималась не выше 1000 градусов. Уже в древности было замечено, что из той же руды можно получить больше железа и лучшего качества, если в печь искусственно нагнетать воздух с помощью мехов. Меха делались из шкур, снабжались дульцами и приводились в движение вручную. С помощью сопел и мехов в печь нагнетали сырой неподогретый воздух, откуда и пошло название всего процесса. Однако и при этом способе температура могла подниматься только до 1200 градусов, и из руды извлекалось не более половины содержавшегося в ней железа.

Являясь общедоступным и дешевым материалом, железо очень скоро проникло во все отрасли производства, быта и военного дела и произвело переворот во всех сферах жизни. Железный топор и соха с железным лемехом позволили освоить земледелие тем народам, которым до этого оно было совершенно недоступно. Только после распространения железа земледелие у большинства народов превратилось в важнейшую отрасль производства. Железо дало ремесленнику инструменты такой твердости и остроты, которым не могли противостоять ни камень, ни бронза. Они явились той основой, на которой стали бурно развиваться другие ремесла. Эти крупные сдвиги положили конец первобытному обществу. На смену ему пришло более развитое — классовое общество.

15. ПЛУГ

На протяжении нескольких тысячелетий земледелие оставалось мотыжным. В тех областях, где почвы были мягкими (например, в долине Нила или Месопотамии), мотыгой можно было хорошо возделывать поле. Поэтому земледелие здесь стало бурно развиваться еще в глубокой древности. Однако производительность труда земледельца была незначительной. К тому же столь благоприятные условия являлись редким исключением. Обычно крестьянам приходилось поднимать целинные луга, поросшие многолетними травами, с мощным переплетением корней. Для человека, вооруженного одной мотыгой, эти почвы были трудным, часто непреодолимым препятствием. Ощущалась нужда в таком орудии обработки земли, с помощью которого можно было бы не вскапывать, а подрезать пласты дерна снизу. Этим орудием и стал плуг.

Плуг развился из особого инструмента древних земледельцев, который современные ученые окрестили «бороздовой палкой». С помощью

этой палки земледелец прокладывал в поле борозды, делящие его на гряды. Отличительной чертой этих палок была рабочая часть, направленная под острым углом к рукоятке. Использование их подало мысль древним земледельцам, что почву можно обрабатывать не копанием, как это делалось раньше, а волочением. Тогда, видимо, и появился прообраз плуга — раздвоенная палка с заостренным концом (здесь уже видны в зародыше дышла и лемех). Впрягшись в такое устройство, земледелец тащил его за собой, проделывая борозду. Конечно, использовать такое орудие можно было лишь на очень мягких почвах, уже взрыхленных многолетней обработкой, где не было ни камней, ни дерна. Для того чтобы пахать более твердые почвы, необходимо было усилить давление на лемех. Так была изобретена рукоятка. Дальнейшее усовершенствование этого пахотного орудия можно наблюдать в одном древнеассирийском памятнике. Это был уже в полном смысле плуг, имевший все три его основные части: дышло, лемех и рукоятку. В такой форме он требовал двух работников: один тащил плуг, а другой направлял его и держал в земле. Все первые плуги приводились в движение силой человека. Разумеется, крестьянина тяготила такая работа, и спустя некоторое время он стал запрягать в плуг быков. Поначалу люди просто привязывали плуг к рогам волов, позже появились ярмо и примитивная упряжь. Скорость обработки земли сразу возросла в несколько раз, а сама работа облегчилась.

Первые плуги изготовлялись из корневищ дуба, бука, клена и некоторых других деревьев и представляли собой цельные куски дерева. Затем лемех стали укреплять железом. Прошло много лет, прежде чем в плуге были сделаны дальнейшие усовершенствования. В сочинениях Плиния — римского писателя I века нашей эры — мы находим описание плуга, который, в отличие от предшествующих, снабжен колесом, ножом и отвальными досками. Колесо не давало плугу входить слишком глубоко в землю, нож служил для того, чтобы взрезывать дерн. Важным новшеством был отвал. Назначение отвала — переворачивать дерн, который срезали нож и лемех. Плуг без отвала при движении только разрыхлял землю. Отвал переворачивал дерн таким образом, что сорная трава оказывалась под землей. Изобретение отвала было огромным событием в истории плуга. В таком виде плуг просуществовал вплоть до конца средних веков, когда в него были внесены новые усовершенствования.

Распространение плуга с железным лемехом произвело кардинальный переворот в земледелии. Плужное земледелие преобразовало сельское хозяйство, явилось его высшим достижением и в немалой степени способствовало возникновению многих цивилизаций Старого Света. Преимущество плужного земледелия перед мотыжным настолько очевидно, что в представлении древних людей его изобретение было делом богов. Египтяне считали плуг даром Осириса, греки — Афины-Паллады, индийцы — Агни, а жители Китая — божественного Шенпунгу.

16. РЫЧАГ, БЛОК И НАКЛОННАЯ ПЛОСКОСТЬ

Уже в глубокой древности для подъема тяжестей человек стал применять простые механизмы: рычаг, ворот и наклонную плоскость. Позже к ним прибавились еще блок и винт. Эти несложные приспособления

позволяли многократно увеличить мускульные усилия человека и справиться с такими тяжестями, которые при других обстоятельствах были бы совершенно неподъемными. Принцип действия простых механизмов хорошо известен. Например, если нужно втащить груз на определенную высоту, всегда легче воспользоваться пологим подъемом, чем крутым. Причем, чем положе уклон, тем легче выполнить эту работу. Эта связь имеет четкое математическое выражение. Если наклонная плоскость имеет угол d, то втащить груз по ней будет в 1/sin d раз легче, чем поднять его вертикально. Если угол составляет 45 градусов, наше усилие будет в 1, 5 раза меньше, если 30 градусов — в 2 раза меньше, при угле в 5 градусов мы потратим в 11 раз меньше усилий, а при угле в 1 градус — в 57 раз! Правда, все, что выигрывается в силе, теряется в расстоянии, ибо во сколько раз уменьшается наше усилие, во столько же раз возрастает расстояние, на которое придется тащить груз. Однако в тех случаях, когда время и расстояние не играют большой роли, а важна сама цель — поднять груз с наименьшим усилием, наклонная плоскость оказывается незаменимым помощником. Другим простым механизмом — рычагом — наши далекие предки постоянно пользовались для того, чтобы приподнимать и сдвигать с места тяжелые камни и бревна. Рычаг позволяет достигнуть многократного выигрыша в силе самыми простыми и доступными средствами. Положив длинный и крепкий шест на обрубок полена (опору) и подсунув второй конец его под камень, человек превращал шест в простейший рычаг. В этой ситуации на камень начинали действовать два вращающих момента, один от веса камня, а другой — от руки человека. Для того чтобы камень сдвинулся с места, «подталкивающий» момент от мускульной силы человека должен быть больше «прижимающего» от веса камня. Момент, как известно, равен произведению приложенной силы на длину плеча рычага (в данном случае плечо — это расстояние от конца шеста (точки приложения силы) до полена (точки опоры)). Легко подсчитать, что если плечо, на которое давит человек в 15-20 раз длиннее того, которое подсунуто под камень, то сила человека соответственно тоже возрастает в 15-20 раз. То есть человек, не очень напрягаясь, может сдвинуть камень весом в тонну! Неподвижный блок — третий механизм, получивший распространение в древности — представляет собой колесо с желобом, ось которого жестко прикреплена к стене или потолочной балке. Перекинув через колесо веревку и прикрепив ее противоположный конец к грузу, можно поднять его на высоту крепления блока. Неподвижный блок не дает выигрыша в силе, но зато предоставляет возможность изменить ее направление, что зачастую при подъеме тяжестей тоже имеет огромное значение.

При всей своей примитивности простые механизмы многократно расширяли возможности древнего человека. Для того чтобы убедиться в этом, достаточно вспомнить о гигантских постройках древних египтян. Например, пирамида Хеопса имела высоту 146 м. Подсчитано, что для ее возведения потребовалось 23300000 каменных глыб, каждая из которых весила в среднем около 2, 5 тонн. Но и это был не предел — при строительстве храмов египтяне транспортировали, поднимали и устанавливали колоссальные обелиски и статуи, вес которых составлял десятки и сотни тонн! Какие же механизмы использовали эти древние

строители для того, чтобы поднимать на огромную высоту исполинские глыбы и статуи? Оказывается, все это можно сделать с помощью тех же простых устройств — блока, рычагов и наклонной плоскости. Колоссальные статуи и каменные глыбы перетаскивались на массивных салазках, которые тянуло большое количество людей. Каждый из работавших имел веревку, переброшенную через плечо. Под салазки подкладывались катки, которые после протаскивания груза подбирались и снова подкладывались под полозья. Для преодоления препятствий салазки приподнимались с помощью рычагов. В качестве них употребляли стесанные бревна. Упорами служили специально изготовленные клинья разного размера. Работа сопровождалась музыкой. Главным подъемным приспособлением египтян была наклонная плоскость — рампа. Остов рампы, то есть ее боковые стороны и перегородки, на небольшом расстоянии друг от друга пересекавшие рампу, строились из кирпича; пустоты заполнялись тростником и ветвями. По мере роста пирамиды рампа надстраивалась. По этим рампам камни тащили на салазках таким же образом, как и по земле, помогая себе при этом рычагами. Угол наклона рампы был очень незначительным — 5 или 6 градусов. Таким образом, например, наклонная дорога к пирамиде Хафра при высоте подъема в 46 метров имела длину около полукилометра. Соответственно для сооружения более высоких пирамид приходилось строить рампу еще длиннее.

К иным приемам прибегали при подъеме длинных каменных глыб и статуй. Для этого применяли блоки. Однако поднять с помощью блоков огромные камни, какими являлись обелиски до 300 тонн весом и гигантские статуи царей, достигавшие 1000 тонн веса, невозможно. Для установки таких статуй и обелисков приходилось проводить значительную подготовительную работу. В качестве подъемного приспособления здесь опять выступала наклонная плоскость — рампа. Прежде всего по обе стороны пьедестала возводились каменные стены. К одной из них пристраивалась наклонная плоскость, высотой несколько меньше, чем высота устанавливаемого обелиска. Все четыре стены рампы образовывали как бы кирпичный колодец. В одной из его стен на уровне земли делался сквозной коридор. Все пространство внутри засыпалось песком. Затем по наклонной плоскости втаскивали основанием вперед законченный обелиск. После этого через коридор в стене начинали выносить песок, и обелиск под собственной тяжестью начинал плавно опускаться на пьедестал, постепенно принимая вертикальное положение. После установки стена и рампа разбирались.

Широко применяя наклонную плоскость и рычаг, древние египтяне, кажется, не задумывались о законах, которые лежат в основе простых механизмов. По крайней мере, до нас не дошло ни одного вавилонского или египетского текста с описанием их действия. Эту работу провели только ученые Древней Греции. Классические расчеты действия рычага, наклонной плоскости и блока принадлежат выдающемуся античному механику Архимеду из Сиракуз. Архимед изучил механические свойства подвижного блока и применил его на практике. По свидетельству Афинея, «для спуска на воду исполинского корабля, построенного сиракузским тираном Гиероном, придумывали много способов, но механик Архимед один сумел сдвинуть корабль с помощью немногих людей; Архимед устроил блок

и посредством него спустил на воду громадный корабль; он первый придумал устройство блока». Из этого свидетельства видно, что Архимед не только изучил свойства простых механизмов, но и сделал следующий шаг — стал сооружать на их основе более сложные машины, преобразующие и усиливающие движение. Возможно, что корабль ему удалось сдвинуть с помощью системы подвижных и неподвижных блоков (подобной современным талям), используя которые можно многократно увеличить прилагаемое усилие. Когда на родной город Архимеда напали римляне, он применил свои знания в военной технике. По его чертежам сиракузяне построили множество самых разнообразных боевых машин. Среди них были метательные орудия; поворотные краны, низвергавшие на римские корабли огромные камни; привязанные к цепям железные лапы, которые захватывали и переворачивали вражеские корабли.

17. МЕЛЬНИЦА

Первыми инструментами для измельчения зерна в муку были каменная ступка и пестик. Некоторым шагом вперед по сравнению с ними явился метод перетирания зерна вместо толчения. Люди очень скоро убедились, что при перетирании мука получается гораздо лучше. Однако это также была крайне утомительная работа. Большим усовершенствованием стал переход от движения терки вперед и назад к вращению. Пестик сменился плоским камнем, который двигался по плоскому каменному блюду. От камня, который перетирает зерно, было уже легко перейти к жернову, то есть заставить один камень скользить при вращении по другому. Зерно понемногу подсыпалось в отверстие в середине верхнего камня жернова, попадало в пространство между верхним и нижним камнем и растиралось в муку. Эта ручная мельница получила самое широкое распространение в Древней Греции и Риме. Конструкция ее очень проста. Основанием мельницы служил камень, выпуклый посередине. На его вершине располагался железный штифт. Второй, вращающийся камень имел два колоколообразных углубления, соединенных между собой отверстием. Внешне он напоминал песочные часы и был внутри пустой. Этот камень насаживали на основание. В отверстие вставлялась железная полоса. При вращении мельницы зерно, попадая между камнями, перетиралось. Мука собирались у основания нижнего камня. Подобные мельницы были самых разных размеров: от маленьких, вроде современных кофемолок, до больших, которые приводили во вращение два раба или осел. С изобретением ручной мельницы процесс размалывания зерна облегчился, но по-прежнему оставался трудоемким и тяжелым делом. Не случайно, именно в мукомольном деле возникла первая в истории машина, работавшая без использования мускульной силы человека или животного. Речь идет о водяной мельнице. Но сначала древние мастера должны были изобрести водяной двигатель.

Древние водяные машины-двигатели развились, по-видимому, из поливальных машин чадуфонов, при помощи которых поднимали из реки воду для орошения берегов. Чадуфон представлял собой ряд черпаков, которые насаживались на обод большого колеса с горизонтальной осью. При повороте колеса нижние черпаки погружались в воду реки, затем поднимались к верхней точке колеса и опрокидывались в желоб. Сначала

такие колеса вращались вручную, но там, где воды мало, а бежит она по крутому руслу быстро, колесо стали снабжать специальными лопатками. Под напором течения колесо вращалось и само черпало воду. Получился простейший насос-автомат, не требующий для своей работы присутствия человека. Изобретение водяного колеса имело огромное значение для истории техники. Впервые человек получил в свое распоряжение надежный, универсальный и очень простой в своем изготовлении двигатель. Вскоре стало очевидным, что движение, создаваемое водяным колесом, можно использовать не только для качания воды, но и для других надобностей, например, для перемалывания зерна. В равнинных местностях скорость течения рек мала для того, чтобы вращать колесо силой удара струи. Для создания нужного напора стали запруживать реку, искусственно поднимать уровень воды и направлять струю по желобу на лопатки колеса.

Однако изобретение двигателя сразу породило другую задачу: каким образом передать движение от водяного колеса тому устройству, которое должно совершать полезную для человека работу? Для этих целей был необходим специальный передаточный механизм, который мог бы не только передавать, но и преобразовывать вращательное движение. Разрешая эту проблему, древние механики опять обратились к идее колеса. Простейшая колесная передача работает следующим образом. Представим себе два колеса с параллельными осями вращения, которые плотно соприкасаются своими ободьями. Если теперь одно из колес начинает вращаться (его называют ведущим), то благодаря трению между ободьями начнет вращаться и другое (ведомое). Причем пути, проходимые точками, лежащими на их ободьях, равны. Это справедливо при всех диаметрах колес.

Стало быть, большее колесо будет делать по сравнению со связанным с ним меньшим во столько же раз меньше оборотов, во сколько раз его диаметр превышает диаметр последнего. Если мы разделим диаметр одного колеса на диаметр другого, то получим число, которое называется передаточным отношением данной колесной передачи. Представим себе передачу из двух колес, в которой диаметр одного колеса в два раза больше, чем диаметр второго. Если ведомым будет большее колесо, мы можем с помощью этой передачи в два раза увеличить скорость движения, но при этом в два раза уменьшится крутящий момент. Такое сочетание колес будет удобно в том случае, когда важно получить на выходе большую скорость, чем на входе. Если, напротив, ведомым будет меньшее колесо, мы потеряем на выходе в скорости, но зато крутящий момент этой передачи увеличится в два раза. Эта передача удобна там, где требуется «усилить движение» (например, при подъеме тяжестей). Таким образом, применяя систему из двух колес разного диаметра, можно не только передавать, но и преобразовывать движение. В реальной практике передаточные колеса с гладким ободом почти не используются, так как сцепления между ними недостаточно жесткие, и колеса проскальзывают. Этот недостаток можно устранить, если вместо гладких колес использовать зубчатые. Первые колесные зубчатые передачи появились около двух тысяч лет назад, однако широкое распространение они получили значительно позже. Дело в том, что нарезка зубьев требует большой

точности. Для того чтобы при равномерном вращении одного колеса второе вращалось тоже равномерно, без рывков и остановок, зубцам необходимо придавать особое очертание, при котором взаимное движение колес совершалось бы так, как будто они перемещаются друг по другу без скольжения, тогда зубцы одного колеса будут попадать во впадины другого. Если зазор между зубьями колес будет слишком велик, они станут ударяться друг о друга и быстро обломаются. Если же зазор слишком мал — зубья врезаются друг в друга и крошатся. Расчет и изготовление зубчатых передач представляли собой сложную задачу для древних механиков, но уже они оценили их удобство. Ведь различные комбинации зубчатых колес, а также их соединение с некоторыми другими передачами давали огромные возможности для преобразования движения. Например, после соединения зубчатого колеса с винтом, получалась червячная передача, передающая вращение из одной плоскости в другую. Применяя конические колеса, можно передать вращение под любым углом к плоскости ведущего колеса. Соединив колесо с зубчатой линейкой, можно преобразовать вращательное движение в поступательное, и наоборот, а присоединив к колесу шатун, получают возвратно-поступательное движение. Для расчета зубчатых передач обычно берут отношение не диаметров колес, а отношение числа зубьев ведущего и ведомого колес. Часто в передаче используется несколько колес. В таком случае передаточное отношение всей передачи будет равно произведению передаточных отношений отдельных пар.

Когда все затруднения, связанные с получением и преобразованием движения, были благополучно преодолены, появилась водяная мельница. Впервые ее детальное устройство описано древнеримским механиком и архитектором Витрувием. Мельница в античную эпоху имела три основные составные части, соединенные между собой в единое устройство: 1) двигательный механизм в виде вертикального колеса с лопатками, вращаемого водой; 2) передаточный механизм или трансмиссию в виде второго вертикального зубчатого колеса; второе зубчатое колесо вращало третье горизонтальное зубчатое колесо — шестерню; 3) исполнительный механизм в виде жерновов, верхнего и нижнего, причем верхний жернов был насажен на вертикальный вал шестерни, при помощи которого и приводился в движение. Зерно сыпалось из воронкообразного ковша над верхним жерновом.

Создание водяной мельницы считается важной вехой в истории техники. Она стала первой машиной, получившей применение в производстве, своего рода вершиной, которую достигла античная механика, и исходной точкой для технических поисков механики Возрождения. Ее изобретение было первым робким шагом на пути к машинному производству.

18. БУМАГА

Изобретателями бумаги были китайцы. И это не случайно. Во-первых, Китай уже в глубокой древности славился своей книжной премудростью и сложной системой бюрократического управления, требовавшей от чиновников постоянной отчетности. Поэтому здесь всегда ощущалась потребность в недорогом и компактном материале для письма. До изобретения бумаги в Китае писали или на бамбуковых дощечках, или

на шелке. Но шелк был всегда очень дорогим, а бамбук — очень громоздким и тяжелым. (На одной дощечке помещалось в среднем 30 иероглифов. Легко представить, сколько места должна была занимать такая бамбуковая «книга». Не случайно пишут, что для перевозки некоторых сочинений требовалась целая телега.) Во-вторых, одни только китайцы долгое время знали секрет производства шелка, а бумажное дело как раз и развилось из одной технической операции обработки шелковых коконов. Эта операция заключалась в следующем. Женщины, занимавшиеся шелководством, варили коконы шелкопряда, затем, разложив их на циновку, опускали в воду и перетирали до образования однородной массы. Когда массу вынимали и отцеживали воду, получалась шелковая вата. Однако после такой механической и тепловой обработки на циновках оставался тонкий волокнистый слой, превращавшийся после просушки в лист очень тонкой бумаги, пригодной для письма. Позже работницы стали использовать бракованные коконы шелкопряда для целенаправленного изготовления бумаги. При этом они повторяли уже знакомый им процесс: варили коконы, промывали и измельчали до получения бумажной массы, наконец, высушивали получившиеся листы. Такая бумага называлась «ватной» и стоила достаточно дорого, так как дорого было само сырье.

Естественно, что в конце концов возник вопрос: можно ли бумагу делать только из шелка или для приготовления бумажной массы может подойти любое волокнистое сырье, в том числе растительного происхождения? В 105 г. некто Цай Лунь, важный чиновник при дворе ханьского императора, приготовил новый сорт бумаги из старых рыболовных сетей. По качеству она не уступала шелковой, но была значительно дешевле. Это важное открытие имело огромные последствия не только для Китая, но и для всего мира — впервые в истории люди получили первоклассный и доступный материал для письма, равноценной замены которому нет и по сей день. Имя Цай Луня поэтому по праву входит в число имен величайших изобретателей в истории человечества.

В последующие века в процесс изготовления бумаги было внесено несколько важных усовершенствований, благодаря чему оно стало быстро развиваться. В IV веке бумага совершенно вытеснила из употребления бамбуковые дощечки. Новые опыты показали, что бумагу можно делать из дешевого растительного сырья древесной коры, тростника и бамбука. Последнее было особенно важно, так как бамбук произрастает в Китае в огромном количестве. Бамбук расщепляли на тонкие лучинки, замачивали с известью, а полученную массу вываривали затем в течение нескольких суток. Отцеженную гущу выдерживали в специальных ямах, тщательно размалывали специальными билами и разбавляли водой до образования клейкой, кашицеобразной массы. Эту массу зачерпывали с помощью специальной формы бамбукового сита, укрепленного на подрамнике. Тонкий слой массы вместе с формой клали под пресс. Затем форма вытаскивалась и под прессом оставался только бумажный лист. Спрессованные листы снимали с сита, складывали в кипу, сушили, разглаживали и резали по формату.

С течением времени китайцы достигли высочайшего искусства в изготовлении бумаги. На протяжении нескольких веков они, по своему

обыкновению, тщательно хранили секреты бумажного производства. Но в 751 году во время столкновения с арабами в предгорьях Тянь-Шаня несколько китайских мастеров попали в плен. От них арабы научились сами делать бумагу и в течение пяти веков очень выгодно сбывали ее в Европу. Европейцы были последними из цивилизованных народов, которые научились сами изготавливать бумагу. Первыми это искусство переняли от арабов испанцы. В 1154 году бумажное производство было налажено в Италии, в 1228-м — в Германии, в 1309-м — в Англии. В последующие века бумага получила во всем мире широчайшее распространение, постепенно завоевывая все новые и новые сферы применения. Значение ее в нашей жизни столь велико, что, по мнению известного французского библиографа А. Сима, нашу эпоху можно с полным правом назвать «бумажной эрой».

19. МЕХАНИЧЕСКИЕ ЧАСЫ

Создание механических часов имело огромное значение для истории техники. Дело даже не столько в том, что люди получили в свое распоряжение удобный прибор для измерения времени. Влияние этого изобретения было несравненно шире. Часы стали первым автоматом, созданным для практических целей и получившим повсеместное распространение. Целых три столетия они оставались самым сложным техническим устройством и, наподобие магнита, притягивали к себе творческую мысль механиков. Не было другой такой области техники, где было бы приложено столько гениальной изобретательности, знания и остроумия, как при создании и усовершенствовании часового механизма. Поэтому не будет большим преувеличением сказать, что XIV-XVII века в истории техники прошли под знаком часов. Для самой техники и ее творцов это было время возмужания. По сравнению с прежними примитивными устройствами часы стали как бы большим качественным шагом вперед. Создание их требовало сложных расчетов и кропотливого труда, особых инструментов и новых материалов, они давали прекрасную возможность для соединения науки и практики. Многие конструкторские идеи, получившие потом распространение в других отраслях техники, были поначалу опробованы в часах, а для многих механизмов, созданных в последующие времена, часы послужили образцом. Они явились как бы опытной моделью всего механического искусства вообще. Трудно назвать еще какое-либо устройство, давшее столь богатое поле для работы человеческой мысли.

Различные устройства для измерения времени создавались уже в глубокой древности. Непосредственными предшественниками механических часов, подготовившими их изобретение, были водяные часы. В сложных водяных часах уже использовались циферблат с перемещающейся по нему стрелкой, груз в качестве движущей силы, колесные передачи, механизм боя и марионетки, разыгрывавшие различные сцены. Так, например, настоящим техническим шедевром своего времени были водяные часы, подаренные Карлу Великому халифом Гаруном-аль-Рашидом. Богато украшенные, они имели часовой циферблат и каждый час провозглашали звуковым ударом металлического шара, который выскакивал на декоративную решетку. В полдень у этих часов открывались ворота и из них выезжали рыцари. В средневековых хрониках есть много упоминаний и о других остроумных конструкциях водяных часов.

Однако подлинный переворот в технике и хронометрии произошел, как уже говорилось, только после появления колесных механических часов.

Первые упоминания о башенных колесных часах в Европе приходятся на границу XIII и XIV веков. Могли ли такие часы появиться раньше? Чтобы ответить на этот вопрос, посмотрим, из каких основных компонентов состоит часовой механизм. Таких главных узлов можно выделить шесть: 1) двигатель; 2) передаточный механизм из зубчатых колес; 3) регулятор, создающий равномерное движение; 4) распределитель, или спуск; 5) стрелочный механизм и 6) механизм перевода и заводкичасов.

Первые часовые механизмы приводились в движение энергией опускающегося груза. Приводной механизм состоял из гладкого деревянного вала и намотанного на него пенькового каната с каменной, а позднее металлической гирей на конце. Благодаря силе тяжести гири, канат начинал разматываться и вращал вал. На вал было насажено большое или главное зубчатое колесо, находившееся в сцеплении с зубчатыми колесами передаточного механизма. Таким образом, вращение от вала передавалось механизму часов.

Уже прежде мы упоминали, что период вращения колес в зубчатой передаче зависит от отношения диаметров входящих в нее колес (или, что то же самое, отношения числа зубьев). Подбирая колеса с разным количеством зубьев, несложно добиться, например, чтобы одно из них совершало оборот ровно за 12 часов. Если насадить на вал этого колеса стрелку, то она будет совершать полный оборот за то же время. Понятно, что так же можно подобрать колеса, делающие полный оборот за минуту или за час; с ними можно соединить секундную и минутные стрелки. Но такие часы появились значительно позже — только в XVIII веке, а до этого использовалась единственная часовая стрелка. Назначение передаточного механизма в таких часах состояло в том, чтобы передать и преобразовать соответствующим образом движение от главного зубчатого колеса к часовому колесу.

Однако, чтобы часы могли служить для измерения времени, стрелка должна совершать свои обороты с одной и той же периодичностью. Между тем груз, как это всем хорошо известно, движется под действием сил притяжения с ускорением. Если бы гиря опускалась свободно, то вал вращался бы ускоренно, соответственно стрелка делала бы каждый следующий оборот за более короткое время, чем предыдущий. Столкнувшись с этой проблемой, средневековые механики (хотя они и не имели понятия об ускорении) сообразили, что ход часов не может зависеть только от движения груза. Механизм необходимо было дополнить еще одним устройством. Это устройство должно было обладать собственным, независимым «чувством времени» и в соответствии с этим управлять движением всего механизма. Так родилась идея регулятора.

Если современного человека спросить, какое простейшее приспособление целесообразнее всего использовать в качестве регулятора, он, скорее всего, назовет маятник. Действительно, маятник лучше всего удовлетворяет поставленным условиям. В этом можно убедиться, сделав простой опыт. Если шарик, привязанный к достаточно длинной нити, отклонить на небольшой угол и отпустить, он начнет колебаться. Вооружившись секундомером, можно посчитать, сколько колебаний

совершит маятник, к примеру, за каждые пятнадцать секунд. Продолжая наблюдения в течение полутора-двух минут, легко заметить, что все измерения совпадают. Из-за трения о воздух размах колебаний шарика будет постепенно уменьшаться, но (и это очень важно!) длительность колебания будет при этом оставаться неизменной. Другими словами, маятник обладает прекрасным «чувством времени». Однако очень долго эти замечательные свойства маятника были неизвестны механикам, и маятниковые часы появились только во второй половине XVII века. В первых механических часах регулятором служило коромысло (билянец). Коромысло с древних времен применялось в таком широко распространенном устройстве, как весы. Если на каждое плечо таких коромысловых весов поместить равные грузы, а потом вывести весы из состояния равновесия, коромысло будет совершать достаточно равные колебания наподобие маятника. Хотя эта колебательная система уступает во многих отношениях маятнику, она вполне может использоваться в часах. Но любой регулятор, если постоянно не поддерживать его колебания, рано или поздно остановится. Для того чтобы часы работали, необходимо, чтобы часть двигательной энергии от главного колеса постоянно поступала к маятнику или билянцу. Эту задачу в часах выполняет устройство, которое называется распределителем, или спуском.

Спуск всегда был и остается самым сложным узлом в механических часах. Через него осуществляется связь между регулятором и передаточным механизмом. С одной стороны, спуск передает толчки от двигателя к регулятору, необходимые для поддержания колебаний последнего, а с другой стороны, подчиняет движение передаточного механизма (а следовательно, и действие двигателя) закономерности движения регулятора. Правильный ход часов зависит главным образом от спуска. Именно над его конструкцией больше всего ломали голову изобретатели. Самый первый спуск представлял собой шпиндель с налетами, поэтому его называют шпиндельным. О принципах его действия будет подробно рассказано ниже.

В первых часах не было специального механизма заводки. Вследствие этого подготовка часов к работе требовала очень больших усилий. Мало того, что по несколько раз в день приходилось поднимать на значительную высоту очень тяжелую гирю, надо было еще и преодолевать огромное сопротивление всех зубчатых колес передаточного механизма. (Понятно, что главное колесо, если оно жестко сидит на валу двигателя, при подъеме гири будет вращаться вместе с валом, а с ним будут вращаться и остальные колеса.) Поэтому уже во второй половине XIV века главное колесо стали крепить таким образом, что при обратном вращении вала (против часовой стрелки) оно оставалось неподвижным.

Из шести описанных нами главных узлов часового механизма большая часть по отдельности уже использовалась в античности. Новыми были только два изобретения: идея подвешивать груз в качестве двигателя для часов и идея использовать шпиндель в качестве спуска. Любопытно, что обе эти технические находки средневековая легенда приписывает одному человеку — ученому монаху Герберту Аврилакскому, который позже сделался римским папой под именем Сильвестра II. Известно, что Герберт всю жизнь очень интересовался часами и в 996 году собрал первые

в истории башенные часы для города Магдебурга. Так как эти часы не сохранились, по сей день остается открытым вопрос — какой принцип действия они имели. Большинство современных исследователей уверены, что они были водяными. В пользу этого говорит также то обстоятельство, что следующие башенные часы, которые с большим или меньшим основанием можно считать механическими, появились в Европе только через триста лет. Однако, с другой стороны, если Герберт действительно был такой хороший механик, как о нем пишут, если он действительно изобрел шпиндельный спуск и если он действительно много думал над схемой механических часов, совершенно непонятно, что могло помешать ему собрать такие часы, поскольку он имел для этого все необходимое.

Но, как бы то ни было, эра механических часов началась в Европе только в конце XIII века. В 1288 году башенные часы были установлены в Вестминстерском аббатстве в Англии. В 1292 году часами обзавелся храм в Кентербери. В 1300 году встречается сообщение о том, что башенные часы сооружены во Флоренции (упоминание об этих часах сохранилось в «Божественной комедии» Данте). В 1314 году часы были уже во французских Каннах. Ни один из этих ранних механизмов не сохранился до наших дней, имена их создателей тоже неизвестны. Однако мы можем достаточно точно представить себе их устройство. Самый простой часовой механизм (если не брать во внимание механизм боя) может включать в себя всего три зубчатых колеса. Очевидно, что все упомянутые выше часы представляли собой пример простого трехколесного механизма с однострелочным циферблатом.

От главного колеса, посаженного на вал двигателя, движение передавалось на маленькую шестерню, находившуюся на одной оси с коронным (или ходовым) колесом, которое было снабжено зубцами, имеющими форму зубьев пилы и расположенных перпендикулярно оси колеса. Это колесо было неотъемлемой частью спускового устройства, или шпиндельного спуска, имевшего своей задачей регулирование скорости движения зубчатой передачи. Коронное колесо, получая энергию от зубчатой передачи, затрачивало ее на вращение шпинделя, с которым оно находилось в постоянной связи. Шпиндель был снабжен двумя палетами, размещенными на нем против нижнего и верхнего зуба коронного колеса. Палеты по отношению друг к другу располагались под углом 90 градусов и поочередно зацепляли зубцы коронного колеса, вызывая вращение шпинделя с палетами то в одну, то в другую сторону. Когда, например, выступающий зуб колеса сталкивался с нижней палетой и ударялся о нее, это приводило к вращению шпинделя на его оси и, следовательно, к тому, что верхняя палета через некоторое время входила в промежуток между зубьями, находящимися в верхней части колеса. Давление, оказываемое верхним зубом, изменяло вращение шпинделя на обратное. Зуб ходового колеса при каждом таком повороте шпинделя освобождался. Но колесо сразу попадало в контакт с другой палетой, и так весь процесс повторялся снова. При каждом повороте шпинделя колесо успевало повернуться только на один зубец. Скорость поворота шпинделя определялась регулятором, который представлял собой, как уже говорилось, коромысло с передвигающимися по нему грузами. Если грузы перемещали ближе к оси, шпиндель начинал поворачиваться быстрее, и часы ускоряли свой ход.

Если грузы перемещали ближе к краю — ход часов замедлялся.

Такой была концепция ранних механических часов. Но уже очень скоро устройство их заметно усложнилось. Прежде всего, увеличилось число колес передаточного механизма. Вызвано это было тем, что при значительной разнице в числе зубьев между ведущим и ведомым колесами получались очень большие передаточные отношения, механизм испытывал сильную нагрузку и быстро изнашивался. Груз в таких часах опускался очень быстро и его приходилось подымать по пять-шесть раз в сутки. К тому же для создания больших передаточных отношений требовались колеса слишком большого диаметра, что увеличивало габариты часов. Поэтому стали вводить промежуточные дополнительные колеса, в задачу которых входило плавно увеличивать передаточные отношения.

Посмотрим, например, на устройство часов де Вика, установленных в 1370 году в королевском дворце в Париже. Вокруг деревянного вала A, диаметром около 30 см, был намотан канат с гирей B на конце. Гиря весом около 500 фунтов (200 кг) падала с высоты 10 м в течение 24 часов. Гири большого веса требовались в связи со значительным трением в колесном зацеплении и наличием тяжеловесного регулятора-билянца. Все детали часов изготавливались кузнецами на наковальне. На валу A располагалось главное колесо E, которое передавало вращение остальным колесам механизма. Для облегчения заводки оно соединялось с валом не жестко, а посредством собачки F и храпового колеса G. Таким образом, вращаясь по часовой стрелке, вал приводил в движение колесо E, а вращаясь против часовой стрелки, оставлял его свободным. Для заводки часов служило зубчатое колесо C, сцепленное с шестерней D. Оно облегчало поворот рукоятки. Большое колесо приводило в движение шестерню, сидящую на оси, где находилось второе колесо — H, а это последнее приводило в движение шестерню, находящуюся на оси, где сидело третье, или ходовое, колесо I. Шпиндельный спуск J с коромыслом N и палетами K действовал здесь так же, как описанный выше.

Башенные часы были довольно капризным механизмом, требующим постоянного наблюдения. В течение дня несколько раз приходилось подымать груз. Ход часов зависел от силы трения, поэтому они нуждались в постоянной смазке. Погрешность их суточного хода по современным меркам была очень велика. Но, несмотря на это, они долгое время оставались самым точным и распространенным прибором для измерения времени. С каждым десятилетием механизм часов усложнялся. С часами стали связывать множество других приспособлений, выполнявших самые разные функции. В конце концов, башенные часы превратились в сложное устройство со многими стрелками, автоматическими подвижными фигурами, разнообразной системой боя и великолепными украшениями. Это были шедевры техники и искусства одновременно. Например, известному мастеру Джунелло Турриано потребовалось 1800 колес для создания башенных часов, которые воспроизводили дневное движение Сатурна, часы дня, годичное движение Солнца, движение Луны, а также всех планет в соответствии с птолемеевской системой мироздания. В других часах марионетки разыгрывали настоящие театральные представления. Так, в Пражских башенных часах (сооруженных в 1402 году) перед боем раскрывались два оконца над циферблатом и из них выходило

12 апостолов. Страшная фигура Смерти, стоявшая на правой стороне циферблата, при каждом бое часов поворачивала косу, а затем песочные часы, напоминая о конце жизни. Человек, стоявший рядом, кивал головой, как бы подчеркивая роковую неизбежность. На другой стороне циферблата находились еще две фигуры. Одна изображала человека с кошельком в руках; каждый час он звенел лежавшими там монетами, показывая, что время — деньги. Другая фигура изображала путника, мерно ударявшего посохом в землю. Она показывала, как с течением времени движется по жизненной дороге человек, или суетность жизни. После боя часов появлялся петух и три раза кричал. Последним в оконце появлялся Христос и благословлял всех стоявших внизу зрителей. Создание таких автоматов требовало особых программных устройств. Их приводил в движение большой диск, управляемый часовым механизмом. Все подвижные части фигур имели свои рычаги. Во время вращения круга они то поднимались, то опускались, когда рычаги попадали в особые вырезы и зубцы вращающегося диска. Помимо этого башенные часы имели отдельный механизм для боя (многие часы по-разному отбивали четверть часа, час, полдень и полночь), приводимый в движение собственной гирей, и четыре циферблата (на каждой стороне башни).

Ко второй половине XV века относятся самые первые упоминания об изготовлении часов с пружинным двигателем, который открыл путь к созданию миниатюрных часов. Источником движущей энергии в пружинных часах служила заведенная и стремящаяся развернуться пружина, которая представляла собой эластичную, тщательным образом закаленную стальную ленту, свернутую вокруг вала внутри барабана. Внешний конец пружины закреплялся за крючок в стенке барабана, внутренний — соединялся с валом барабана. Стремясь развернуться, пружина приводила во вращение барабан и связанное с ним зубчатое колесо, которое в свою очередь передавало это движение системе зубчатых колес до регулятора включительно. Конструируя такие часы, мастера должны были разрешить несколько сложных технических задач. Главная из них касалась работы самого двигателя. Ведь для правильного хода часов пружина должна на протяжении длительного времени воздействовать на колесный механизм с одной и той же силой. Для этого необходимо заставить ее разворачиваться медленно и равномерно. Толчком к созданию пружинных часов послужило изобретение запора, не позволявшего пружине распрямляться сразу. Он представлял собой маленькую щеколду, помещавшуюся в зубья колес и позволявшую пружине раскручиваться только так, что одновременно поворачивался весь ее корпус, а вместе с ним колеса часового механизма. Так как пружина имеет неодинаковую силу упругости на разных стадиях своего разворачивания, первым часовщикам приходилось прибегать к различным хитроумным ухищрениям, чтобы сделать ее ход более равномерным. Позже, когда научились изготовлять высококачественную сталь для часовых пружин, в них отпала необходимость. (Сейчас в недорогих часах пружину просто делают достаточно длинной, рассчитанной примерно на 30-36 часов работы, но при этом рекомендуют заводить часы раз в сутки в одно и то же время. Специальное приспособление мешает пружине при заводе свернуться до конца. В результате ход пружины используется только в средней части, когда сила ее упругости более

равномерна.)

Самые значительные усовершенствования в механизм часов были внесены во второй половине XVII века знаменитым голландским физиком Гюйгенсом, создавшим новые регуляторы как для пружинных, так и для гиревых часов. Использовавшееся до этого в течение нескольких веков коромысло имело много недостатков. Его даже трудно назвать регулятором в собственном смысле этого слова. Ведь регулятор должен быть способен к самостоятельным колебаниям с собственной частотой. Коромысло же было, вообще говоря, только маховиком. Множество посторонних факторов влияло на его работу, что отражалось на точности хода часов. Механизм стал гораздо совершеннее, когда в качестве регулятора начали использовать маятник.

Впервые мысль применить маятник в простейших приборах для измерения времени пришла великому итальянскому ученому Галилео Галилею. Сохранилось предание, что в 1583 году девятнадцатилетний Галилей, находясь в Пизанском соборе, обратил внимание на раскачивание люстры. Он заметил, отсчитывая удары пульса, что время одного колебания люстры остается постоянным, хотя размах делается все меньше и меньше. Позже, приступив к серьезному изучению маятников, Галилей установил, что при малом размахе (амплитуде) раскачивания (всего несколько градусов) период колебания маятника зависит только от его длины и имеет постоянную длительность. Такие колебания стали называть изохронными. Очень важно, что при изохронных колебаниях период колебания маятника не зависит от его массы. Благодаря этому свойству маятник оказался очень удобным прибором для измерения небольших отрезков времени На его основе Галилей разработал несколько простых счетчиков, которые использовал при проведении своих экспериментов. Но из-за постепенного затухания колебаний маятник не мог служить для измерения длительных промежутков времени.

Создание маятниковых часов состояло в соединении маятника с устройством для поддержания его колебаний и их отсчета. В конце жизни Галилей стал конструировать такие часы, но дальше разработок дело не пошло. Первые маятниковые часы были созданы уже после смерти великого ученого его сыном. Однако устройство этих часов держалось в строгом секрете, поэтому они не оказали никакого влияния на развитие техники. Независимо от Галилея в 1657 году механические часы с маятником собрал Гюйгенс. При замене коромысла на маятник первые конструкторы столкнулись со сложной проблемой: как уже говорилось, маятник создает изохронные колебания только при малой амплитуде, между тем шпиндельный спуск требовал большого размаха. В первых часах Гюйгенса размах маятника достигал 40-50 градусов, что неблагоприятно сказывалось на точности хода. Чтобы компенсировать этот недостаток, Гюйгенсу пришлось проявить чудеса изобретательности. В конце концов он создал особый маятник, который в ходе качания изменял свою длину и колебался по циклоидной кривой. Часы Гюйгенса обладали несравнимо большей точностью, чем часы с коромыслом. Их суточная погрешность не превышала 10 секунд (в часах с коромысловым регулятором погрешность колебалась от 15 до 60 минут).

Около 1676 года английский часовщик Клемент изобрел якорно-анкерный спуск, который очень удачно подходил к маятниковым часам, имевшим небольшую амплитуду колебания. В этой конструкции спуска на ось маятника насаживался якорь с палетами. Раскачиваясь вместе с маятником, палеты попеременно внедрялись в ходовое колесо, подчиняя его вращение периоду колебания маятника. При каждом колебании колесо успевало повернуться на один зуб. Благодаря такому спусковому механизму маятник получал периодические толчки, которые не давали ему остановиться. Толчок происходил всякий раз, когда ходовое колесо, освободившись от одного из зубьев якоря, ударялось с определенной силой о другой зуб. Этот толчок передавался от якоря к маятнику.

Маятниковый регулятор Гюйгенса произвел подлинный переворот в технике часового дела. Позже Гюйгенс немало потрудился над усовершенствованием карманных пружинных часов. Главная проблема, которая стояла в то время перед часовщиками, заключалась в создании собственного регулятора для карманных часов. Если и в стационарных башенных часах коромысло считалось недостаточно подходящим, то что можно было сказать про карманные часы, которые постоянно находились в движении, покачивались, тряслись и меняли свое положение? Все эти колебания оказывали воздействие на ход часов. В XVI веке часовщики стали заменять двуплечный билянец в виде коромысла круглым колесиком-маховиком. Это улучшило работу часов, но она осталась неудовлетворительной. Важное усовершенствование регулятора произошло в 1674 году, когда Гюйгенс присоединил к колесику-маховику спиральную пружинку — волосок. Теперь при отклонении колесика от нейтрального положения волосок воздействовал на него и старался возвратить на место. Однако массивное колесико проскакивало через точку равновесия и раскручивалось в другую сторону до тех пор, пока волосок снова не возвращал его назад. Таким образом был создан первый балансовый регулятор или балансир со свойствами, подобными свойствам маятника. Выведенное из состояния равновесия, колесико балансира начинало совершать колебательные движения вокруг своей оси. Балансир имел постоянный период колебания но в отличие от маятника мог работать в любом положении, что очень важно для карманных и ручных часов. Усовершенствование Гюйгенса произвело среди пружинных часов такой же переворот, как введение маятника в стационарные настенные часы.

Новый регулятор потребовал новой конструкции спуска. В последующие десятилетия разные часовщики разработали несколько остроумных спусковых устройств. Наиболее простой цилиндрический спуск для пружинных часов был изобретен в 1695 году Томасом Томпионом. Спусковое колесо Томпиона было снабжено 15-ю особой формы зубьями «на ножках». Сам цилиндр представлял собой полую трубку, верхний и нижний концы которой были плотно забиты двумя тампонами. На нижнем тампоне был насажен балансир с волоском. При колебании балансира вправо и влево в соответствующую сторону вращался и цилиндр. На цилиндре находился вырез в 150 градусов, проходящий на уровне зубцов спускового колеса. Когда колесо двигалось, его зубья попеременно одно за другим входили в вырез цилиндра. Благодаря этому изохронное движение

цилиндра передавалось спусковому колесу и через него — всему механизму, а балансир получал импульсы, поддерживающие его колебания.

20. ЛИНЗА И ОЧКИ

Прежде чем рассказать об изобретении очков, напомним кратко, что такое линза и почему ее можно использовать для исправления дефектов зрения.

Линзой обычно называют прозрачное тело, ограниченное сферическими поверхностями. (Встречаются линзы, у которых только одна поверхность сферическая, а другая — плоская. Однако и плоскую поверхность можно рассматривать как сферическую, если считать, что она имеет бесконечно большой радиус кривизны.) Хорошо известным свойством линзы является ее способность изменять определенным образом направление падающих на нее лучей света. Почему это происходит? Еще в древности люди заметили, что свет, переходя из одной прозрачной среды в другую (например из воздуха в воду или стекло), меняет свое направление или, как говорят, преломляется. Примеры преломления света легко может наблюдать каждый. Например, если мы опустим карандаш в стакан с водой, так что половина его будет в воде, а половина в воздухе, а потом посмотрим на стакан сбоку, нам покажется, что карандаш надломлен в той части, которая приходится на границу воздуха и воды. В линзах луч преломляется дважды один раз входя в нее, а второй раз — выходя. Меняя различным образом кривизну линзы, можно добиться разных эффектов преломления. Так, одни линзы могут собирать свет в точку, а другие, наоборот, рассеивать его. Причем линзы, у которых середина толще, чем края, являются собирающими, а те, у которых середина тоньше краев — рассеивающими.

Точка, в которой лучи света сходятся после преломления в собирающей линзе, называется фокусом, а расстояние от центра линзы до фокуса — ее фокусным расстоянием. Чем больше кривизна линзы, то есть чем меньше радиус сферических поверхностей, образующих линзу, тем короче ее фокусное расстояние. Рассеивающая линза тоже имеет свой фокус — им называют ту точку, в которой сходятся продолжения рассеиваемых линзой лучей. Самая важная особенность линзы, на которой основаны все ее оптические свойства — это способность фокусировать свет, то есть собирать лучи света, исходящие из какой-либо точки снова в одну точку. А поскольку любой предмет можно себе представить как совокупность бесконечного множества точек, линза создает не только изображение любой точки предмета, но и всего предмета в целом. Однако изображение в линзе не будет точным повторением предмета — оно, во-первых, будет перевернутым и, во-вторых, будет отличаться размерами. Причина заключается в том, что расстояние от линзы до предмета и расстояние от изображения до линзы не равны друг другу. Если, например, расстояние от линзы до изображения в пять раз больше, чем расстояние от линзы до предмета, то изображение будет в пять раз больше, чем сам предмет. Этим объясняется хорошо известная всем способность линзы увеличивать изображения предмета, делать его более удобным для рассмотрения. Причем, чем больше кривизна линзы (чем меньше ее фокусное расстояние), тем сильнее она увеличивает. Если же, наоборот, расстояние до предмета больше, чем расстояние до изображения, то

изображение получается уменьшенным.

Четкие изображения предметов получаются только тогда, когда они проецируются на плоскость, проходящую через фокус линзы и перпендикулярную ее главной оптической оси (главной оптической осью линзы называют прямую, проходящую через центры сферических поверхностей, ограничивающих линзу). Известно, что глаз человека представляет собой оптическую систему. Лучи света, попадающие в глаз, преломляются на поверхности роговицы и хрусталика. Хрусталик — это прозрачное слоистое тело, похожее на линзу. Особая мышца может менять форму хрусталика, делая его то менее, то более выпуклым. Благодаря этому хрусталик то увеличивает, то уменьшает свою кривизну и вместе с ней фокусное расстояние. В целом оптическую систему глаза можно рассматривать как собирающую линзу с переменным фокусным расстоянием, проецирующую изображение на сетчатку. Если предмет находится очень далеко, изображение получается на сетчатке нормального глаза без какого бы то ни было напряжения мышцы хрусталика. Когда же предмет приближается, происходит сжатие хрусталика и уменьшение фокусного расстояния настолько, что плоскость изображения снова совмещается с сетчаткой. Таким образом, глаз находится в нормальном (расслабленном) состоянии, когда он смотрит вдаль. Однако у многих людей глаза создают в ненапряженном состоянии изображение удаленного предмета не на сетчатке, а перед ней. В результате изображение каждой точки предмета проецируется на сетчатку не в виде точки, а в виде кружочка. Предмет расплывается. Такие люди не могут видеть четко удаленные предметы, но зато хорошо видят те, что находятся вблизи. Этот дефект зрения называется близорукостью. Аналогичная ситуация возникает тогда, когда изображение удаленных предметов получается за сетчаткой. Этот дефект называется дальнозоркостью. Дальнозоркий человек хорошо видит далекие предметы, но не может различить те, что находятся вблизи. Оба эти недостатка исправляются с помощью очков. При близорукости нужны очки с рассеивающими линзами. Пройдя через такую линзу, лучи света фокусируются хрусталиком точно на сетчатку. Поэтому близорукий человек, вооруженный очками, может рассматривать удаленные предметы, как и человек с нормальным зрением. Дальнозоркость тоже исправляется очками, но только с собирающими линзами. Очки, являясь очень простым оптическим прибором, приносят людям, имеющим дефекты зрения, огромное облегчение в повседневной жизни. Не имея очков, эти люди постоянно ощущали бы свою ущербность, а при сильно развитой близорукости или дальнозоркости могли бы оказаться на положении инвалидов. В последние десятилетия, когда дефекты зрения (особенно близорукость) стали чрезвычайно распространенным явлением, очками в том или ином возрасте начинает пользоваться едва ли не каждый человек. Поэтому очевидно, что очки должны быть отнесены к числу величайших технических изобретений. Хотя конструкция их очень проста, появились очки сравнительно поздно — только во времена средневековья, когда научились производить высококачественное, прозрачное и однородное стекло. Между тем со свойствами линз люди познакомились намного раньше — еще на заре цивилизации.

В древности линзы изготовляли из прозрачных камней — прежде всего, из горного хрусталя и берилла. Много таких линз было обнаружено при раскопках в Египте, Греции, Месопотамии, Италии. Несколько линз нашли при раскопках легендарной Трои (возраст этих последних определяют примерно в 2500 лет до Р.Х.). Небольшая линза из хрусталя, изготовленная около 1600 года до Р.Х., найдена в развалинах Кносского дворца на Крите. Самые первые линзы из стекла, датируемые приблизительно V-IV веками до Р.Х., обнаружены в Саргоне (Месопотамия). В более поздние времена стеклянные линзы стали изготовлять чаще. Однако нет ни одного упоминания, что линзу уже тогда использовали как оптический инструмент. Хотя до нас дошло несколько древних сочинений по оптике, ни в одном из них нет сообщения, что линзы применялись для исправления дефектов зрения. Нет даже ни одного свидетельства, что линзы использовались в качестве увеличительного стекла (лупы) при выполнении каких-нибудь мелких работ (например, изготовления гемм), несмотря на то что способность линз увеличивать изображения предметов была, конечно же, хорошо известна. Но для чего же тогда были сделаны те древние линзы, о которых шла речь выше? По всей видимости, они служили только в качестве украшения.

Первые очки появились в XIII веке в Италии. В это время итальянские стеклянные мастера считались искуснейшими в мире изготовителями, шлифовальщиками и полировщиками стекла. Особенно славилось венецианское стекло, изделия из которого часто имели очень сложную, замысловатую форму. Постоянно обрабатывая сферические, изогнутые и выпуклые поверхности, то и дело поднося их к глазам, мастера в конце концов заметили оптические возможности стекла. Гениальная мысль соединить две линзы с помощью оправы пришла, согласно легенде, в 1285 году стеклянному мастеру Сальвино Армати из Флоренции. Он же наладил первое производство очков. Ничего более об этом человеке не известно. Однако придуманное им устройство, позволявшее легко и быстро сглаживать дефекты зрения, сейчас же получило распространение. В самые первые очки вставляли длиннофокусные выпуклые, собирающие линзы, и служили они для исправления дальнозоркости. Гораздо позже было открыто, что с помощью тех же очков, вставив в них вогнутые рассеивающие линзы, можно исправлять близорукость. Первые описания таких очков относятся только к XVI веку.

21. КОМПАС

Компас, как и бумагу, еще в глубокой древности изобрели китайцы. В III веке до Р.Х. китайский философ Хэнь Фэй-цзы так описывал устройство современного ему компаса: он имел вид разливательной ложки из магнетита с тонким черенком и шарообразной, тщательно отполированной выпуклой частью. Этой выпуклой частью ложка устанавливалась на столь же тщательно отполированной медной или деревянной пластине, так что черенок не касался пластины, а свободно висел над ней, и при этом ложка легко могла вращаться вокруг оси своего выпуклого основания. На пластине были нанесены обозначения стран света в виде циклических зодиакальных знаков. Подтолкнув черенок ложки, ее приводили во вращательное движение. Успокоившись, компас указывал черенком (который играл роль магнитной стрелки) точно на юг. Таким был

самый древний прибор для определения сторон света.

В XI веке в Китае впервые появилась плавающая стрелка компаса, изготовленная из искусственного магнита. Обычно она делалась в форме рыбки. Эту рыбку опускали в сосуд с водой. Здесь она свободно плавала, указывая своей головой в ту сторону, где находился юг. Несколько разновидностей компаса придумал в том же XI веке китайский ученый Шэнь Гуа, который много работал над исследованием свойств магнитной стрелки. Он предлагал, например, намагнитить о природный магнит обычную швейную иглу, затем прикрепить ее с помощью воска в центре корпуса к свободно висящей шелковой нити. Этот компас указывал направление более точно, чем плавающий, так как испытывал гораздо меньшее сопротивление при своем повороте. Другая конструкция компаса, предложенная Шэнь Гуа, была еще ближе к современной: намагниченная иголка здесь насаживалась на шпильку. Во время своих опытов Шэнь Гуа установил, что стрелка компаса показывает не точно на юг, а с некоторым отклонением, и правильно объяснил причину этого явления тем, что магнитный и географический меридианы не совпадают между собой, а образуют угол. Ученые, которые жили после Шэнь Гуа, уже умели вычислять этот угол (его называют магнитным склонением) для различных районов Китая. В XI веке многие китайские корабли были оснащены плавающими компасами. Они устанавливались обычно на носу и на корме кораблей, так что капитаны в любую погоду могли держать правильный курс, сообразуясь с их указаниями.

В таком виде китайский компас в XII веке заимствовали арабы. В начале XIII века «плавающая игла» стала известна европейцам. Первыми ее переняли у арабов итальянские моряки. От них компас перешел к испанцам, португальцам и французам, а позднее — к немцам и англичанам. Поначалу компас состоял из намагниченной иголки и кусочка дерева (пробки), плававшего в сосуде с водой. Вскоре догадались закрывать этот сосуд стеклом, чтобы защитить поплавок от действия ветра. В середине XIV века придумали помещать магнитную стрелку на острие в середине бумажного круга (картушки). Затем итальянец Флавио Джойя усовершенствовал компас, снабдив его картушкой, разделенной на 16 частей (румбов) по четыре на каждую часть света. Это нехитрое приспособление стало большим шагом в усовершенствовании компаса. Позже круг был разделен на 32 равных сектора. В XVI веке для уменьшения воздействия качки стрелку стали крепить на кардановый подвес, а век спустя компас снабдили вращающейся линейкой с визирами на концах, что позволило точнее отсчитывать направления.

Компас произвел такой же переворот в мореплавании, какой порох — в военном деле, а переделочный процесс — в металлургии. Он был первым навигационным прибором, позволившим прокладывать курс в открытом море. Вооружившись компасом, испанские и португальские моряки в конце XV века отважились на далекие плавания. Они оставили морские берега (к которым мореплавание было привязано на протяжении нескольких тысячелетий) и пустились в плавание через океан.

22. ПОРОХ

Изобретение пороха и распространение его в Европе имело огромные последствия для всей дальнейшей истории человечества. Хотя

европейцы последними из цивилизованных народов научились делать эту взрывчатую смесь, именно они сумели извлечь из ее открытия наибольшую практическую пользу. Бурное развитие огнестрельного оружия и революция в военном деле были первыми следствиями распространения пороха. Это в свою очередь повлекло за собой глубочайшие социальные сдвиги: закованные в латы рыцари и их неприступные замки оказались бессильны перед огнем пушек и аркебуз. Феодальному обществу был нанесен такой удар, от которого оно уже не смогло оправиться. В короткое время многие европейские державы преодолели феодальную раздробленность и превратились в могущественные централизованные государства. В истории техники найдется мало изобретений, которые привели бы к таким грандиозным и далеко идущим изменениям.

До того как порох стал известен на западе, он уже имел многовековую историю на востоке, а изобрели его китайцы. Важнейшей составной частью пороха является селитра. В некоторых областях Китая она встречалась в самородном виде и была похожа на хлопья снега, припорошившего землю. Позже открыли, что селитра образуется в местностях, богатых щелочами и гниющими (доставляющими азот) веществами. Разжигая огонь, китайцы могли наблюдать вспышки, возникавшие при горении селитры с углем. Впервые свойства селитры описал китайский медик Тао Хун-цзин, живший на рубеже V и VI столетий. С этого времени она применялась как составная часть некоторых лекарств. Алхимики часто пользовались ей, проводя свои опыты. В VII веке один из них, Сунь Сы-мяо, приготовил смесь из серы и селитры, добавив к ним несколько долей локустового дерева. Нагревая эту смесь в тигле, он вдруг получил сильнейшую вспышку пламени. Этот опыт он описал в своем трактате «Дань цзин». Считается, что Сунь Сы-мяо приготовил один из первых образцов пороха, который, правда, не обладал еще сильным взрывчатым эффектом. В дальнейшем состав пороха был усовершенствован другими алхимиками, установившими опытным путем три его основных компонента: уголь, серу и калиевую селитру.

Средневековые китайцы не могли научно объяснить, что за взрывная реакция происходит при воспламенении пороха, но они очень скоро научились использовать ее в военных целях. Правда, в их жизни порох вовсе не имел того революционного влияния, которое оказал позже на европейское общество. Объясняется это тем, что мастера долгое время готовили пороховую смесь из неочищенных компонентов. Между тем неочищенная селитра и сера, содержащая посторонние примеси, не давали сильного взрывного эффекта. Несколько веков порох использовался исключительно в качестве зажигательного средства. Позднее, когда его качество улучшилось, порох стали применять как взрывчатое вещество при изготовлении фугасов, ручных гранат и взрывпакетов. Но и после этого долгое время не догадывались использовать силу возникавших при горении пороха газов для метания пуль или ядер. Только в XII-XIII веках китайцы стали пользоваться оружием, очень отдаленно напоминавшем огнестрельное, но зато они изобрели петарду и ракету.

От китайцев секрет пороха узнали арабы и монголы. В первой трети XIII века арабы достигли большого искусства в пиротехнике. Они употребляли селитру во многих соединениях, мешая ее с серой и углем,

добавляли к ним другие компоненты и устраивали фейерверки удивительной красоты. От арабов состав пороховой смеси стал известен европейским алхимикам. Один из них, Марк Грек, уже в 1220 году записал в своем трактате рецепт пороха. 6 частей селитры на 1 часть серы и 1 часть угля. Позже достаточно точно о составе пороха писал Роджер Бэкон. Однако прошло еще около ста лет, прежде чем рецепт этот перестал быть тайной. Это вторичное открытие пороха связывают с именем другого алхимика, фрейбургского монаха Бертольда Шварца. Однажды он стал толочь в ступке измельченную смесь из селитры, серы и угля, в результате чего произошел взрыв, опаливший Бертольду бороду. Этот или другой опыт подал Бертольду мысль использовать силу пороховых газов для метания камней. Считается, что он изготовил одно из первых в Европе артиллерийских орудий.

Чтобы понять принцип действия огнестрельного оружия, надо хотя бы в общих чертах представлять себе, какие химические реакции происходят в пороховой массе. Если порох был хорошо промешан и правильно приготовлен, достаточно было одной искры, чтобы воспламенить его. Дело в том, что при нагревании свыше 300 градусов селитра начинала выделять свой кислород и отдавала его смешанным с ней веществам, то есть окисляла или сжигала их. Уголь в порохе играл роль топлива, доставляющего требуемый объем газообразных продуктов высокой температуры. Ввиду этого селитра и уголь сами по себе уже образовывали взрывчатое вещество. Серу добавляли потому, что она способствовала образованию большего количества теплоты и облегчала воспламенение пороха (сера загоралась уже при 250 градусах, а уголь только при 350). Как только огонь появлялся в какой-нибудь части этой смеси, горение распространялось с необыкновенной быстротой, потому что, раз начавшись, оно не требовало больше доступа воздуха и образовывало большое количество газов, имеющих высокую температуру. Газы с большой силой расширялись во все стороны, образуя взрывной эффект. Таким образом, горение распространялось одинаково и внутри смеси, и по ее поверхности. Реакцию, происходящую при горении пороха, можно приблизительно описать следующей формулой:

$2KNO_3 + 3C + S = K_2S + 3CO_2 + N_2$,

где K_2S — твердый остаток горения, а CO_2 и N_2 — газы.

Классический состав пороха: селитры — 75%, угля — 15%, серы — 10%. Этот состав давал наибольший выход газов. Но и здесь в них обращалось только около 40% пороховой массы. Остальное составляли твердые продукты горения. Они осаждались в виде копоти или вырывались при выстреле в виде густых клубов дыма.

Вскоре после открытия Бертольда Шварца порох получил уже самое широкое распространение, и его изготавливали в самых отдаленных уголках Европы. Каждый из компонентов смеси требовал особой подготовки. Уголь для пороха получали, обжигая ольховое дерево в особых железных ретортах без доступа воздуха. Самородную серу путем плавки освобождали от посторонних примесей. Селитру некоторое время ввозили с востока. Потом открыли, что ее можно получать искусственно, если создать соответствующие условия. С конца XIV века выпуск селитры наладили в Италии и Германии. Ее добывали со стен погребов,

предварительно смоченных раствором селитры, или из труб, наполненных винным камнем, известью, солью и мочой людей, пьющих вино. Полученную селитру осаждали с помощью вина и уксуса. Это был наиболее дорогой компонент. Поэтому селитру старались извлечь даже из порченного подмоченного пороха. Для этого порох кипятили в уксусе. В ходе этой операции уголь всплывал вверх, сера осаждалась, а селитра растворялась. Затем ее выпаривали из раствора.

Качество пороха во многом зависело от того, насколько полно и равномерно происходило смешение его составных частей. Для того чтобы вещества лучше смешивались, их подвергали сильному измельчению. Первоначально порох представлял собой тонкий мукообразный порошок. Пользоваться им было неудобно, так как при зарядке орудий и аркебузов пороховая мякоть липла к стенкам ствола. Наконец заметили, что порох в виде комочков гораздо удобнее — он легко заряжался и при воспламенении давал больше газов (2 фунта пороха в комьях давали больший эффект, чем 3 фунта в мякоти). В первой четверти XV века для удобства стали употреблять зерновой порох, получавшийся путем раскатывания пороховой мякоти (со спиртом и другими примесями) в тесто, которое затем пропускали через решето. Чтобы зерна не перетирались при транспортировке, их научились полировать. Для этого их помещали в специальный барабан, при раскручивании которого зерна ударялись и терлись друг о друга и уплотнялись. После обработки их поверхность становилась гладкой и блестящей.

23. ДОМЕННАЯ ПЕЧЬ

На протяжении многих веков железо добывалось в сыродутных печах способом, открытым еще в глубокой древности. Пока на поверхности земли в изобилии встречались легкоплавкие руды, этот способ вполне удовлетворял потребности производства. Но в средние века, когда спрос на железо стал возрастать, в металлургии все чаще пришлось использовать тугоплавкие руды. Для извлечения из них железа требовалась более высокая температура «плавки». В то время знали только два способа ее повышения: 1) увеличение высоты печи; 2) усиление дутья.

Так постепенно к XIII веку из сыродутной печи образовалась более высокая и более усовершенствованная плавильная печь, получившая название штукофена, то есть «печи, выделывающей крицу». Штукофены были первой ступенью на пути к доменной печи. Впервые они появились в богатой железом Штирии, затем в Чехии и других горнопромышленных районах. В этих печах можно было достичь более высокой температуры и обрабатывать более тугоплавкие руды. Шахта штукофена имела форму двойного усеченного конуса, суживавшегося по направлению к колошнику (так называли верхнюю, открытую часть печи, через которую порциями (колошами) загружались руда и уголь) и ко дну. В стенке имелось одно отверстие для фурмы (трубы, через которую в печь с помощью мехов нагнетался воздух) и для вытаскивания крицы. Процесс переделки руды в железо происходил в штукофенах совершенно так же, как в сыродутных печах, но налицо был прогресс: закрытая шахта хорошо концентрировала тепло, а благодаря ее высоте (до 3, 5 м) плавка шла равномернее, медленнее и полнее, так что руда оказывалась более использованной. Независимо от намерений плавильщиков, в штукофенах получались сразу

все три вида железного сырья: чугун, который стекал как отброс вместе со шлаком, ковкое железо в крицах и сталь, тонким слоем покрывавшая крицу. (Напомним, что железом, сталью и чугуном в металлургии называют собственно сплав химического железа с углеродом. Разница между ними заключается в количестве углерода: так, в мягком кричном (сварном) железе его не более 0, 04%, в стали — до 1, 7%, в чугуне — более 1, 7%. Несмотря на то, что количество углерода варьируется в таких незначительных пределах, по своим свойствам железо, сталь и чугун очень отличаются друг от друга: железо представляет собой мягкий металл, хорошо поддающийся ковке, сталь, напротив, очень твердый материал, прекрасно сохраняющий режущие качества; чугун — твердый и хрупкий металл, совершенно не поддающийся ковке. Количество углерода заметно влияет и на другие свойства металла. В частности, чем больше его в железе, тем легче оно плавится. Чистое железо — достаточно тугоплавкий металл, а чугун плавится при гораздо более низких температурах.)

Преимущества штукофена были, однако, недостаточны для всех тугоплавких руд. Требовалось более сильное дутье. Человеческих сил для поддержания температуры оказалось уже недостаточно, и для приведения в действие мехов стали употреблять водяное колесо. Вал водяного колеса снабжали посаженными на него в разбивку кулачками, которые оттягивали крышки клинчатых кожаных мехов. Для каждой плавильной печи имелось два меха, работавших попеременно. Появление гидравлических двигателей и мехов надо относить к концу XIV века, так как уже в XV веке многие плавильни в связи с этим передвинулись с гор и холмов вниз — в долины и на берега рек. Это усовершенствование явилось исходным моментом для крупнейшего сдвига в технике металлургии, так как привело к открытию чугуна, его литейных и переделочных свойств.

Действительно, усиление дутья сказалось на всем ходе процесса. Теперь в печи развилась такая высокая температура, что восстановление металла из руды происходило раньше, чем образовывался шлак. Железо начинало сплавляться с углеродом и превращаться в чугун, который, как отмечалось выше, имеет более низкую температуру плавления, так что в печи вместо обычной вязкой крицы стала появляться совершенно расплавленная масса (чугун). Сначала эта метаморфоза очень неприятно поразила средневековых металлургов. Застывший чугун был лишен всех природных свойств железа, он не ковался, не сваривался, из него нельзя было сделать прочных инструментов, гибкого и острого оружия. Поэтому чугун долгое время считали отбросом производства и плавильщики весьма враждебно относились к нему. Однако что же было с ним делать? При восстановлении железа из тугоплавких руд изрядная его часть уходила в чугун Не выбрасывать же все это железо вместе со шлаком! Постепенно негодный чугун стали выбирать из остывшего шлака и пускать во вторую переплавку, сначала добавляя его к руде, а потом сам по себе. При этом неожиданно обнаружилось, что чугун быстро плавится в горне и после усиленного дутья легко превращается в кричное железо, которое по своему качеству не только не уступает, но даже по многим показателям лучше того железа, которое получали из руды. А так как чугун плавится при более низкой температуре, передел этот требовал меньше топлива и занимал меньше времени. Так в течение XV века, сначала бессознательно и ощупью,

а затем вполне осознано, было сделано величайшее в металлургии открытие — переделочный процесс. Широкое применение он нашел уже в XVI веке в связи с распространением доменных печей.

Вскоре в чугуне открыли и другие положительные свойства. Твердую крицу было нелегко достать из печи. На это обычно уходило несколько часов. Между тем печь остывала, на разогрев ее шло дополнительное топливо, тратилось лишнее время. Выпустить из печи расплавленный чугун было намного проще. Печь не успевала остыть и ее можно было сразу загружать новой порцией руды и угля. Процесс мог происходить беспрерывно. Кроме того, чугун обладал прекрасными литейными качествами. (Напомним, что на протяжении многих веков единственным способом обработки железа была ковка.) К середине XIV века относят первые грубые отливки из него. С развитием артиллерии применение чугуна расширилось. Сначала его стали употреблять на отливку ядер, а затем на литье отдельных частей самих пушек. Впрочем, вплоть до конца XV века чугун был еще низкого качества — неоднородный, недостаточно жидкий, со следами шлака. Из него выходили грубые и незатейливые изделия надгробия, молоты, печные котлы и прочая незамысловатая продукция.

Литье чугуна требовало некоторых изменений в устройстве печи; появились так называемые блауофены (поддувные печи), представлявшие собой следующий шаг к доменной печи. Они отличались большей высотой (5-6 м), чем штукофены, и допускали непрерывность плавки при весьма высокой температуре. Правда, мысль о том, что процесс выделки железа можно разделить на две стадии (то есть в одной печи непрерывно выплавлять чугун, а в другой — переделывать этот чугун в железо), пришла не сразу. В блауофенах получали одновременно и железо, и чугун. Когда плавка заканчивалась, шлак выпускали через отверстие, расположенное ниже фурмы. После охлаждения его измельчали и отделяли корольки чугуна. Крицу вытаскивали большими клещами и ломом, а затем обрабатывали молотом. Наиболее крупные крицы весили до 40 пудов. Кроме того, из печи вытаскивали до 20 пудов чугуна. Одна плавка длилась 15 часов. На извлечение крицы требовалось 3 часа, на подготовку печи к плавке — 4-5 часов.

Наконец пришли к идее двухступенчатого процесса плавки. Усовершенствованные блауофены превратились в печь нового типа — доменную, которая предназначалась исключительно для получения чугуна. Вместе с ними был окончательно признан переделочный процесс. Сыродутный процесс стал повсеместно вытесняться двухступенчатым способом обработки железа. Сначала из руды получали чугун, потом, при вторичной переплавке чугуна, — железо. Первая стадия получила название доменного процесса, вторая — кричного передела. Древнейшие домны появились в Зигерланде (Вестфалия) во второй половине XV века. Конструкции их отличались от блауофенов тремя чертами: большей высотой шахты, более сильным воздуходувным аппаратом и увеличенным объемом верхней части шахты. В этих печах достигалось значительное повышение температуры и еще более длительная ровная плавка руды. Сначала строили домны с закрытой грудью, но вскоре открыли переднюю стенку и расширили горн, получив домну с открытой грудью. Такая

доменная печь при высоте 4, 5 м давала в день до 1600 кг чугуна.

Перерабатывали чугун в железо в кричном горне, сходном по устройству с сыродутной печью. Операция начиналась с загрузки древесного угля и подачи дутья. После того как древесный уголь разгорался вблизи сопла, клали чугунные чушки. Под действием высокой температуры чугун плавился, капля за каплей стекал вниз, проходил через область против фурм и терял здесь часть углерода. В результате металл загустевал и из расплавленного состояния переходил в тестообразную массу малоуглеродистого железа. Эту массу ломами подымали к соплу. Под воздействием дутья происходило дальнейшее выгорание углерода, и вновь осевший на дно горна металл быстро делался мягким, легко сваривающимся. Постепенно на дне образовывался ком — крица весом 50-100 кг и больше, которая извлекалась из горна для проковки под молотом с целью уплотнения его и выдавливания жидкого шлака. Весь процесс занимал от 1 до 2 часов. В сутки в кричном горне можно было получить около 1 т металла, причем выход готового кричного железа составлял 90-92% веса чугуна. Качество кричного железа было выше сыродутного, так как в нем содержалось меньше шлака.

Переход от одноступенчатого (сыродутного) процесса к двухступенчатому (доменному и кричному) позволил в несколько раз поднять производительность труда. Возросший спрос на металл был удовлетворен. Но вскоре металлургия встретилась с затруднениями другого рода. Выплавка железа требовала огромного количества топлива. За несколько веков в Европе было срублено множество деревьев и уничтожены тысячи гектаров леса. В некоторых государствах были приняты законы, запрещавшие бесконтрольную рубку леса. Особенно остро этот вопрос стоял в Англии. Из-за нехватки древесного угля англичане принуждены были большую часть необходимого им железа ввозить из-за границы. В 1619 году Додлей впервые применил в плавке каменный уголь. Однако широкому применению каменного угля препятствовало присутствие в нем серы, мешающей хорошей выделке железа. Очищать каменный уголь от серы научились только в 1735 году, когда Дерби нашел способ поглощать серу с помощью негашеной извести при термической обработке угля в закрытых тиглях. Так был получен новый восстановитель — кокс.

24. АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ ОРУДИЕ

Возникновение и распространение артиллерии, как уже говорилось, имело огромные последствия для мировой истории. Поскольку европейцы раньше других оценили достоинства огнестрельного оружия и стали его энергично совершенствовать, они получили военный перевес над другими народами и постепенно утвердили свое господствующее положение на всем земном шаре.

Между тем европейцы ни в коей мере не могут считаться изобретателями пушки. Первые образцы огнестрельного оружия были созданы китайцами. Прообразом его послужило особое орудие «хоцян», изобретенное в 1132 году неким Чэнь Гуем. Хоцян представлял собой подобие огнемета: пустотелый ствол бамбука, забитый с одной стороны, набивали порохом, при поджигании которого огонь с силой вылетал из ствола и поражал противника. Очень важной в этом изобретении была идея ствола — глухой камеры, имеющей только один выход. В дальнейшем

ствол стал неотъемлемой частью любого огнестрельного оружия. Следующий важный шаг был сделан спустя несколько лет — один из оружейников города Чоу-чуньфу придумал «тухоцян» — бамбуковое ружье, из которого силой пороховых газов выбрасывалась пуля. От китайцев это оружие заимствовали чжурчжэни, а потом — монголы. Когда после 1260 года в Сирии началась длительная война между монголами и арабами, образцы огнестрельного оружия (в это время стволы делали уже не из бамбука, а отливали из меди) попали в руки арабов, которые вскоре научились делать его сами. Первое арабское огнестрельное оружие (модфа) имело вид железной тонкостенной трубки с деревянным наконечником или стержнем, за который его держали при стрельбе. Трубку набивали порохом, вставляли пулю, а затем поджигали заряд раскаленным прутом. В последней четверти XIII века арабы уже широко применяли порох для метания стрел и пуль. Почти все хроники, описывающие борьбу испанцев с маврами, сообщают об использовании последними орудий, с шумом и треском метавших снаряды. От арабов это изобретение перешло к европейским народам.

Когда же впервые возникла артиллерия в подлинном смысле этого слова? Одна из средневековых хроник утверждает, что пушки были впервые употреблены в Германии в 1313 году, и приписывает это изобретение монаху Бертольду Шварцу. Хорошо известно, что в 1326 году во Флоренции уже изготавливались металлические пули и железные пушки. Это нововведение быстро распространилось по Западной Европе. Впрочем, современники упоминали о первых опытах применения пушек вскользь, без подробностей — явное свидетельство того, что влияние их на исход боя было тогда совершенно ничтожно. Сражение при Креси в 1346 году между англичанами и французами можно считать первой большой битвой, где широко применялась артиллерия. Первые орудия были невелики. До середины XIV века вес снаряда редко достигал 2 кг. В то время арабы обладали более совершенными пушками. Упоминается, что в 1342 году они обстреливали испанский лагерь со стен Альджезираса железными ядрами величиной с яблоко. Разрушительное действие снарядов первых орудий почти не превосходило, а иной раз и уступало действию стрельбы из метательных машин.

Но постепенно артиллерия становилась все более грозным оружием. Во второй половине XIV века на вооружении у всех европейских армий уже находились тяжелые бомбарды, метавшие ядра до 200 фунтов и более (например, бомбарда герцога Бургундского в 1377 году метала снаряды весом 437 фунтов). Такие орудия могли сокрушать своим огнем стены городов и замков. Стреляли они каменными ядрами, которым была придана грубая шаровая форма. Вследствие малой поперечной нагрузки эти ядра быстро теряли свою скорость. Для увеличения разрушительной силы снарядов приходилось увеличивать размеры ядер и калибр ствола, который вскоре стал доходить до огромных размеров. Пишут, что в стволах некоторых крупных бомбард мог, не сгибая головы, сидеть взрослый человек. При таких размерах ствола бомбарды выходили чрезмерно тяжелыми и требовали для перевозки до 70 пар волов. Стрельба из таких огромных орудий была настолько затруднительна и медленна, что в день из них удавалось сделать не более четырех выстрелов. При осаде в 1370 году

Пизы осаждавшие имели бомбарду, для заряжения и выстрела из которой требовались целые сутки. В полевых боях тяжелые орудия употреблялись редко, они доставлялись на позицию с трудом и покинуть эту позицию уже не могли. Часто орудия попадали в руки противника, не успев сделать ни одного выстрела. Впрочем, при удачном попадании, потери врага бывали очень велики, так как пехота наступала в те времена плотно сомкнутыми рядами. Кроме того, выстрелы орудий, сопровождавшие их дым и треск оказывали на врага подавляющее моральное воздействие.

К концу XIV столетия огнестрельные орудия не уступали в мощности другим метательным машинам, но все же долго не могли их вытеснить. Катапульты и баллисты действовали вернее и были менее опасны в употреблении, в то время как пушки часто оказывались настолько непрочными, что разрывались при выстреле. Перед каждым выстрелом прислуга пряталась за бруствер или в ямы, вырытые около батареи. Однако порох имел перед баллистами и катапультами важное преимущество. Метательная машина требовала для каждого выстрела огромной подготовительной механической работы, много превосходящей работу снаряда. А сила, метавшая снаряд из орудия, появлялась в ходе химической реакции. Выстрел не требовал от человека никаких физических усилий, а эффект от него был такой же.

Практический опыт определил лучшее отношение для размеров бомбард. Заряд должен был весить 1/9 от веса каменного ядра. Длина каморы должна была в пять раз превосходить ее диаметр. Порох, уложенный на дне каморы, занимал 3/5 ее длины. Над зарядом оставляли пустоту в 1/5 длины каморы. Затем закрывали камору хорошо прилаженным пыжом из мягкого дерева. Он занимал последнюю пятую часть длины. Каменный снаряд округляли, чтобы он плотно закрывал дно канала; после зарядки он удерживался четырьмя маленькими клиньями из крепкого дерева. Иной раз даже законопачивали пространство вокруг ядра для уничтожения зазора и для того, чтобы уменьшить потерю газов. Дальность полета таких ядер достигала 2000 шагов. Иногда поверх пыжа вместо каменного ядра клали несколько мелких камней. Это был прообраз картечи. Чтобы разрушить башню или пробить стену, следовали особенным правилам. Каждое ядро скрепляли накрест двумя железными кольцами для увеличения его прочности; стреляли же таким образом, чтобы ядра пробивали борозду на высоте двойного роста человека от подошвы стены. Для зажигания городов применяли особые зажигательные снаряды. С этой целью каждое каменное ядро обмакивали в смесь растопленной серы, смолы и извести. Первый слой состава обматывали материей, снова пропитывали снаряд горючим составом и снова обматывали материей. Так делали несколько слоев.

Орудия прикреплялись к станку или посредством веревок, или железных скреп почти горизонтально земле. Этим достигалось смягчение отдачи, но зато ухудшалось наведение. Прицела и наводки поначалу не было вовсе, а углы возвышения не менялись. Потом стволы стали помещать в специальные желоба, которым при помощи простых приспособлений можно было придать несколько различных положений. Для изменения угла возвышения на станках устраивались деревянные дуги с дырочками, в которые вставляли чеки, поддерживавшие казенную часть орудия на

большей или меньшей высоте. Но все равно прицельность выстрелов была очень небольшой.

Подлинный расцвет артиллерия пережила в XV и XVI веках. В эти два столетия было найдено несколько принципиальных решений, значительно увеличивших эффективность орудийного огня. Наиболее крупными шагами на этом пути стали: 1) распространение чугунного производства; 2) усовершенствование техники отливки орудий; 3) зернение пороха; 4) изготовление колесных лафетов; 5) распределение орудий по калибрам и установление связи между калибром ствола и весом ядра. Рассмотрим подробнее каждое из этих нововведений.

Металлические ядра (бронзовые и свинцовые) в XIV веке употребляли редко из-за их высокой стоимости. Но вскоре успехи металлургии представили в распоряжение пушкарей в большом количестве дешевый чугун. Когда к концу XIV века начали получать и приготовлять чугун, то первыми чугунными отливками стали массивные ядра. В середине XV века чугунные ядра начали лить во Фландрии, затем это искусство получило широкое распространение во Франции. Постепенно чугунные ядра полностью вытеснили из употребления каменные. Это повлекло за собой большие изменения во всем артиллерийском деле. Благодаря большой плотности чугуна вес ядер возрос, а объем их уменьшился (чугун в 2, 5 раза плотнее камня). Отпала нужда выделывать огромные стволы. Калибр пушек уменьшился, а толщина стенок ствола увеличилась. Появилась также возможность увеличить длину ствола (раньше стволы приходилось делать короткими, чтобы еще больше не увеличивать вес орудий). С достижением большей прочности смогли существенно увеличить силу заряда. Чугунные ядра получили такую начальную скорость полета, какой каменные никогда не имели. Они летели дальше и поражали с большей силой. Огромные бомбарды постепенно исчезают. Основным типом орудия становится собственно «пушка». (В средние века было три основных вида артиллерийских орудий, различавшихся по типу огня. Мортиры вели навесный огонь, при котором снаряды описывали крутую дугу, поражая противника сверху. Собственно пушки стреляли так, что ядра летели по пологой траектории, почти параллельно поверхности земли. Гаубицы занимали промежуточное положение.) Пушки имели наиболее простое устройство, были значительно легче бомбард, удобны в употреблении и обладали значительной скорострельностью. Большое распространение получили мелкокалиберные пушки, стрелявшие свинцовыми ядрами весом от 1/4 до 2 фунтов. Благодаря легкости такие пушки можно было легко перевозить и переносить с места на место, они быстро наводились и без труда пробивали насквозь даже самые прочные рыцарские латы. В XIV веке кроме литых бронзовых были также кованые железные орудия. Последним отдавали предпочтение, так как бронза была недостаточно крепким и довольно дорогим материалом. Железные пушки ковались из продольных сваренных между собой полос, составлявших ствол, на который нагонялись для прочности непрерывным рядом железные кольца, так что пушка имела ребристую поверхность. Потом вслед за ядрами стали лить из чугуна сами пушки. Чугун оказался очень удобным материалом, так как был прочнее бронзы и обрабатывался легче, чем ковкое железо. Сначала отливали только зарядные каморы. Ствол еще

некоторое время оставался сварным из железных полос и колец. В начале XV века появились небольшие пушки, целиком отлитые из чугуна, а во второй половине этого столетия пушечное литье уже переживало расцвет. Первые чугунные пушки еще были неудовлетворительного качества, и их часто разрывало на куски после первого же выстрела, но постепенно научились делать высококачественный чугун. Стволы отливали в формах из глины, сделанных по особым шаблонам, а канал ствола высверливали на специальных станках.

Параллельно шло совершенствование орудийных станков-лафетов. К лафету предъявлялось сразу несколько требований. Он должен был способствовать изменению направления и угла возвышения орудий, обладать достаточной прочностью, чтобы противостоять отдаче, и, наконец, облегчать перевозку орудий во время похода. Средневековые мастера претерпели множество неудач, прежде чем нашли конструкцию лафета, удовлетворявшую всем этим условиям. Отдача особенно досаждала первым пушкарям. Самые прочные лафеты разваливались после нескольких выстрелов, так как принимали на себя основную силу удара. Для сохранения их приходилось жертвовать мощностью выстрела и употреблять небольшие заряды. Кроме того, нельзя было изготовить сносных приспособлений для наводки — они ослабляли прочность орудия. Швейцарцы во второй половине XV века первые придумали установить пушку на колеса и тем сразу решили несколько проблем. Орудие стало более подвижно и маневренно, а после выстрела оно откатывалось без всякого вреда для лафета. Затем усовершенствовался механизм наводки. Пушку посадили на ось лафета и позволили ей свободно вращаться в разные стороны. Для изменения углового возвышения вместо клиньев стали употреблять подъемный винт.

Чугунные ядра и колесные лафеты сразу превратили артиллерию в опасное оружие. Она быстро перемещалась по полю боя, легко и скоро наводилась и бросала ядра, разрушавшие самые крепкие стены. В то время, когда укрепления замков и городов на каждом шагу представляли пушкам свои стены и башни, артиллерийское орудие сделалось подлинным «богом войны». Пушки стали применяться повсюду — на суше и на море, при осаде городов и на поле боя. Батареи тяжелых орудий издали поддерживали наступление своих войск, а мелкая артиллерия находилась в самой гуще сражения. Важное значение усовершенствованной артиллерии продемонстрировал знаменитый поход французского короля Карла VIII в Италию в 1494 году. В этой войне французы имели при себе множество разнообразных орудий и поэтому без труда захватывали один город за другим. Пишут, что под Неаполем они после четырехчасовой бомбардировки взяли крепость на горе св. Иоанна, которая в прежние времена считалась неприступной (во время предыдущей войны, которую вели испанцы, эта крепость сдалась только после семилетней осады).

В XVI веке заметно шагнула вперед артиллерийская наука. Мастера стали уделять большое внимание калибру ствола и унификации снарядов. Ядра стали отливать с таким расчетом, чтобы они точно соответствовали ширине ствола. Очень важным в этом отношении были работы итальянского математика Николая Тартальи, который впервые установил способ определения калибров орудий по пропорциональности веса

чугунного снаряда к кубу его диаметра. На современный взгляд в этих вычислениях нет ничего особенного, но для того времени они имели огромное значение, так как установили наконец связь между орудием и ядром. Кроме того, Тартальи изобрел квадрант и первым попытался вычислить траекторию снаряда. Его с полным основанием называют создателем артиллерийской науки.

Стрельба в XVI веке производилась так. Перед каждым выстрелом прочищали канал орудия банником, колодка которого была обита овчиною, подносили к орудию бочонок с порохом, брали из него часть заряда и досылали ее шуфлой до дна, потом шуфлу переворачивали, вкладывали в канал прибойник и прибивали заряд прибойником до тех пор, пока порох не попадал в запальный канал на казенной части. Затем брали остальную часть заряда и снова поступали подобным же образом. Дославши весь заряд, досылали пыж, собиравший весь порох со стен канала, снова чистили канал банником и вкладывали ядро, обернутое несколькими слоями пакли. Прицела еще не существовало, но на стволе уже устраивали несколько мушек, имевших вид возвышенных площадок. Воспламенение заряда производили с помощью фитиля.

Ручное огнестрельное оружие — аркебуз — вплоть до конца XV века не имело такого значения, как артиллерия. Оно было тяжело, капризно, уступало в скорострельности и убойной силе арбалету (в то время как из аркебуза делали один выстрел, арбалетчик успевал пустить три стрелы, а лучник — шесть). Порох в аркебузе перед каждым выстрелом поджигался, как и у пушек, фитилем, что было очень неудобно. Однако после того как в конце XV века изобрели сначала фитильный, а потом кремневый замок и появился мушкет, пехота, вооруженная огнестрельным оружием, стала оказывать все большее влияние на исход боя.

25. КАРАВЕЛЛА

Эпоха Великих географических открытий была одной из переломных в истории человечества. Буквально за несколько десятилетий границы известного человеку мира небывало раздвинулись. Европейцы вступили в контакт с далекими, прежде неведомыми им народами, открыли множество новых земель, на их картах появились неизвестные до этого материки и океаны. Понятно, что великие географические открытия были вызваны самыми разнообразными политическими, социальными и экономическими причинами. Однако не последнюю роль сыграли здесь и выдающиеся технические достижения средневековья в мореходном деле. Для того чтобы мореплаватели могли отважиться на далекие экспедиции, они должны были иметь в своем распоряжении ходкие, прочные и вместительные корабли. Известно, что таким судном стала каравелла, само имя которой сделалось синонимом эпохи географических открытий. Все выдающиеся экспедиции этого времени: плавания Колумба через Атлантический океан (начиная с 1492 г.), путешествие Васко да Гамы вокруг Африки и через Индийский океан (в 1497-1498 гг.), плавания Кабрала (в 1500 г.) и Америго Веспуччи (в 1498-1502 гг.), а также беспримерное кругосветное путешествие Магеллана (в 1519-1522 гг.) были совершены на каравеллах. Эти корабли как бы вобрали в себя все лучшее, что успели накопить за предшествующие века искусства судостроения и кораблевождения.

Сравнивая между собой типовые корабли начала и конца средневековья, сразу можно отметить их главное отличие: если в конце античности морское судно было по преимуществу весельным, а парус играл только вспомогательную роль, то в начале нового времени судно стало исключительно парусным и совершенно лишилось весел. Над развитием и совершенствованием парусного вооружения корабля прежде всего работала творческая мысль средневековых мастеров. (Это, впрочем, вовсе не означает, что большие гребные суда — галеры — исчезли совершенно. Нет, галеры широко использовались (главным образом как боевые корабли) еще в первой четверти XVIII века, но конструктивно они очень мало отличались от тех образцов, которые были созданы еще в античности.)

Первое изменение в парусном вооружении средиземноморских судов касалось формы самого паруса: на место широко распространенного в прежние времена прямоугольного пришел треугольный или косой парус. Этот парус, получивший название «латинского», был заимствован европейцами от арабов. Однако сами арабы едва ли были его изобретателями, поскольку косой парус издревле использовался мореплавателями Индийского океана. Сначала при вооружении судна треугольным парусом передний конец рея подтягивался к форштевню (носовой оконечности судна); к мачте рей прикреплялся в нижней его трети и не под прямым углом, а наклонно. Угол наклона рея в зависимости от силы и направления ветра можно было менять. Позднее отказались и от длинного наклонного рея, а стали вверх на короткой мачте поднимать гафель (специальный рей, укреплявшийся наклонно в задней части мачты (сзади нее) и поднимаемый вверх по мачте). К гафелю крепилась верхняя шкаторина косого паруса. Использование косого паруса сразу облегчило управление кораблем, поскольку он чувствовал дуновения даже самого легкого бриза. Второе изменение касалось числа парусов. Уже в поздней античности помимо мачты с главным парусом появилась вторая мачта с носовым парусом — артемоном. Изобретение артемона явилось серьезным шагом вперед в мореходном деле, поскольку благодаря ему появилась возможность ходить не только при попутном, но и при боковом ветре, что раньше было совершенно невозможно. Однако два этих усовершенствования не могли серьезно повлиять на конструкцию судов. Хорошо известная с древних времен галера продолжала оставаться основным типом судна на протяжении всего раннего средневековья.

Следующие важные перемены в судостроении произошли в эпоху крестовых походов. В это время начался бурный расцвет средиземноморской и балтийской торговли. Содержать корабли с большим количеством гребцов стало невыгодно. Купцы все чаще и чаще отдавали предпочтение парусным кораблям. Основными типами транспортных судов в XII-XIV веках стали неф и когг, причем когг использовался на севере народами Прибалтики, а неф на юге — народами Средиземноморья. И нефы, и когги были очень вместительными судами. Их появление послужило началом к переходу от весельно-парусных судов к чисто парусным.

Парусное вооружения нефа быстро совершенствовалось. Сначала переднюю мачту с артемоном заменили сильно наклоненным к носу брусом,

выступающим впереди форштевня — бушпритом, причем на обоих — носовой и главной мачтах — ставились треугольные паруса. Поскольку увеличить скорость судна можно было прежде всего за счет увеличения общей площади парусов, то для размещения дополнительных парусов в XIV веке стали устанавливать сначала две, а потом три и даже четыре мачты. На двухмачтовом корабле передняя мачта ставилась посредине корабля и имела высоту, равную приблизительно длине киля, а задняя находилась на кормовой оконечности киля. Каждую мачту снабжали треугольным рейковым парусом. Длина реи передней мачты равнялась длине киля, на задней она была короче. Установка кормовой мачты привела к уменьшению давления воды на руль, возникающего при уваливании судна под действием носового паруса. Благодаря этому судно стало более маневренным.

Между тем прямоугольный парус продолжал использоваться в северной Европе. Обслуживать парус с такой значительной поверхностью было трудно. Постепенно главный парус стали удлинять снизу. При этом появились рифы — завязки, продетые сквозь парус, при помощи которых можно было менять площадь паруса (зарифить его). Соревнование между прямым и косым парусом закончилось в конце концов тем, что стали использовать оба паруса, поскольку прямой парус был незаменим при сильных попутных ветрах, а второй — хорошо брал слабые боковые и встречные ветры. Сочетанием прямых и косых парусов была достигнута одновременно высокая скорость и хорошая маневренность судна. Различные концепции парусного вооружения соединились в типе трехмачтового нефа. Его передняя мачта — фок-мачта — несла прямой парус, площадь которого составляла лишь третью часть поверхности грота — прямого паруса на второй, грот-мачте. Третьей была бизань-мачта, несущая на косом рее парус, называвшийся, как и мачта, бизанью. (На четырехмачтовом судне задняя мачта называлась бенавентур-мачтой и тоже несла латинский парус.) Такая оснастка позволяла использовать большой парус — грот — для приведения судна в движение. За счет энергии ветра с помощью меньших парусов можно было маневрировать. Такие трехмачтовые корабли были распространены уже в XII веке.

Во второй половине XV века было осуществлено дробление парусов. Выше грота поставили меньший парус — марсель. Замена одного паруса несколькими уменьшила опасность для судна во время шторма и облегчила управление ими. Меньшими по объему парусами мог управлять меньший по числу экипаж. Дальнейшим нововведением в парусном вооружении явился блинд-парус над бушпритом. С увеличением парусного вооружения на мачты стала оказываться значительная нагрузка, поэтому их стали укреплять к бортам специальными снастями — вантами и фордунами. Во второй половине XV века ванты были снабжены выбленками, которые стали выполнять роль веревочных лестниц, укрепленных между вантами.

Искусство плавания при встречном и боковом ветре было освоено в начале раннего средневековья. С помощью шкотов — тросов, прикрепленных к нижним кромкам парусов, натягивали тот или другой конец паруса, поворачивали его, и ветер гнал судно в нужном направлении. Когда ветер дул в корму, он ударял в паруса перпендикулярно и действовал на них с полной силой. В этом случае паруса ставили поперек

судна. Если ветер не совсем совпадал с курсом судна, дул сзади, но несколько под углом, паруса оставляли в том же положении (поперек судна). В этом случае сила дующего ветра фактически распадалась на две — одна действовала перпендикулярно парусу, как и в первом случае, и двигала судно вперед, другая — скользила вдоль паруса и потому не действовала на него. Чем круче было направление ветра к курсу судна, тем меньше становилась составляющая, двигавшая корабль вперед. В том случае, когда ветер дул непосредственно в борт корабля, то есть перпендикулярно курсу судна, плоскость парусов несколько разворачивали навстречу ветру так, чтобы она составляла с ним острый угол. Тогда сила ветра опять разлагалась на две составляющие: одна двигала судно вперед, а другая действовала в борт судна. Но теперь поперечная составляющая приходилась не только на корпус судна, но и на паруса. Если бы корабль имел круглую форму, он бы всегда двигался по направлению прямого угла к парусам, но так как корпус судна был продолговатый, то движение вперед и движение вбок были далеко не равны между собой. Сопротивление движению вбок было несравненно больше, чем движению вперед, вследствие большой длины подводной части, а сопротивление движению вперед было очень мало. Поэтому судно в гораздо большей степени двигалось в нужном направлении, чем сносилось (дрейфовало) в сторону. Таким образом, поворачивая паруса навстречу ветру, можно было идти в нужном направлении не только при боковом, но и, до определенного момента, при боковом встречном ветре. Если же ветер дул почти или прямо навстречу судну, разлагать ветер описанным выше способом из-за сильной боковой составляющей было уже невозможно. В этом случае кораблю приходилось лавировать: паруса ставили так, что судно двигалось то вперед и влево, то вперед и вправо, имея ветер то с правой, то с левой стороны, и плыло вперед зигзагообразно по ломаной линии, части которой составляют более или менее острые углы с направлением ветра. При этом оно все-таки больше продвигалось по курсу, чем отклонялось от него. Из всего сказанного становится ясно, что управление парусами в конце средневековья сделалось большим и сложным искусством.

Одновременно с парусами шло совершенствование руля. В первое время в кормовой части нефа по обеим сторонам имелись отверстия для коротких с широкими лопастями весел, которыми судно управлялось. В XIII веке рулевое весло стали располагать не по правому борту, а непосредственно за кормой. Это была вынужденная мера. Пока под парусами ходили только при попутном ветре, бортовое весло вполне отвечало своему назначению. Но когда мореплаватели освоили технику судовождения при бортовых ветрах, возникли серьезные осложнения. Под действием этих ветров корпус судна наклонялся в направлении приложения ветровой нагрузки. Если судно кренилось на левый борт, рулевое весло выходило из воды, если же на правый — весло, наоборот, так глубоко уходило в воду, что кормчий не мог сдвинуть его с места. Расположенное позади кормы рулевое весло уже не подвергалось действию качки и исправно выполняло свои функции. Руль, напоминающий современный, впервые появился в начале XIV века. Он состоял из лопасти, или пера, соединенной с древком, на которое одевали рукоятку — румпель. Румпель располагался перпендикулярно древку на высоте верхней палубы.

Сначала руль поворачивался непосредственно за румпель. Впоследствии было изобретено штурвальное колесо, на барабан которого наматывались тросы, прикрепленные к румпелю. Благодаря использованию зубчатой передачи значительно облегчилось усилие по перекладке руля.

На протяжении многих веков доски обшивки корабля крепили внахлестку друг на друга. К исходу XIV века на Средиземноморье стали применять обшивку вгладь, когда пояса досок обшивки прилегали друг к другу боковыми гранями заподлицо. Такой способ сборки позволил уменьшить сопротивление корпуса при движении в воде. Кроме того, так было легче обеспечить герметичность стыков и крепить доски обшивки к шпангоутам. Через Португалию и Испанию этот способ стал известен во Франции, а в середине XV века его переняли у бретонских судостроителей голландцы. В 1459 году первый корабль подобной конструкции появился на Балтике. В Англии суда с обшивкой вгладь стали строить только с начала XVI века. Все корабли с таким креплением обшивки в просторечье стали называться «каравеллами» от итальянского cara bella («красивая форма»).

Можно заключить, что каравеллы как особого типа судов (вроде шхуны, барка или фрегата) в строгом смысле этого слова никогда не существовало. Это понятие всегда было несколько размыто. До XV века каравеллами назывались маленькие беспалубные суда. Во времена Колумба они уже были значительно крупнее. Каравеллой, между прочим, могли окрестить неф, если он имел гладкую обшивку. Судя по всему, именно так и обстояло дело с самой знаменитой каравеллой — флагманским кораблем Колумба «Санта-Марией», которую сам адмирал называл нао (неф). По свидетельству Пантеро-Пантера, каравелла — «очень легкое и ходкое судно. Она сравнительно невелика, имеет четыре мачты…» Вместе с тем, каравелла была очень прочным и вместительным судном. Обычными для каравеллы были высокие борта при глубокой прогиби палубы в средней части судна и великолепное парусное вооружение. Вначале на них ставили исключительно латинские паруса, но во времена Колумба все большее распространение стали получать прямые паруса, которые при попутном ветре позволяли достичь большей скорости. Выбирая суда для своей первой экспедиции, Колумб сознательно предпочел каравеллу, хотя мог бы найти корабли большего размера. «Санта-Мария» имела водоизмещение около 130 тонн. Высота грот-мачты составляла 28 метров. Она несла четыре паруса: фок, грот, бизань и блинд. Два других корабля Колумба — «Пинта» и «Нинья» были каравеллами малого тоннажа, из числа судов, обеспечивающих прибрежные перевозки. Позже корабли Колумба послужили образцом для других исследователей, отправлявшихся к неведомым землям. По их образцу стали строить множество аналогичных судов, предназначенных в первую очередь для океанских плаваний и открытия новых земель.

26. КНИГОПЕЧАТАНИЕ

Идею печатания книг, скорее всего, подали штампы. Уже в VII-VIII веках в Европе вырабатывалась материя с тисненными украшениями. При печатании многих повторяющихся фигур здесь применялись штампы. Средневековые переписчики в XIII веке также прибегали к помощи штемпелей для инициалов (крупных украшенных букв, помещаемых в начале абзаца). Причина этого понятна — если текст писали сравнительно

быстро, то на рисование крупных инициалов уходило много времени. Переписчику было очень удобно прибегнуть к штампу, тем более что в крупных рукописях одни и те же миниатюры повторялись по несколько раз. Оттиски широко применялись при изготовлении игральных карт и дешевых картин (в частности, с изображениями святых). Эти гравюры сначала представляли собой только картинки, но потом их стали сопровождать несколькими строчками текста. От гравюр оставался только шаг до производства книг. Видимо, эволюция здесь была такая же. Сначала с досок печатали только картинки, а текст писали от руки. Затем перешли к вырезанию на доске (в обратном виде) и текста, поясняющего рисунок. В дальнейшем дошло до вырезания одного текста без иллюстраций.

Первые книги, напечатанные таким образом, были невелики по объему (мы бы назвали их брошюрами) и рассчитаны на небогатого покупателя, у которого не хватало денег на то, чтобы купить настоящую книгу. Однако тираж таких дешевых изданий был, видимо, достаточно велик для того, чтобы оправдать первоначальные издержки на вырезание текста на досках. Среди первых печатных книг была, например, «Библия бедных», содержащая несколько десятков листов из Ветхого и Нового завета с картинками. Или «Зеркало человеческого спасения» с гравюрами, изображавшими грехопадение Адама и Евы, а также некоторыми выдержками из Нового завета, относящимися к спасению души. Третья книга, имевшая большую популярность, — «Жизнь и страсти Христа». Наряду с этими душеспасительными сочинениями ходко шли небольшие учебные книги: латинская грамматика Элия Доната, грамматика Александра Галла и другие.

Техника изготовления всех этих первых творений печатного дела была следующей. Бралась прямоугольная пластина твердого дерева — ореха, груши или пальмы — толщиною около 2 см. На ней после тщательной шлифовки и проверки правильности плоскости рисовались или наклеивались нарисованные на бумаге картинка и текст, похожий на рукописный. В первое время рисовали грубыми штрихами — для облегчения работы, — позже техника улучшилась, и рисунки стали выходить красивее и изящнее. Затем острыми на конце и твердыми ножичками вырезали вглубь все те части, которые не нужны. В результате этой работы получался выпуклый, лежащий весь на одной плоскости рисунок, который оставалось намазать краской (она представляла собой смесь сажи с растительным маслом, например, олифой). Краска налагалась при помощи тампона, сделанного из кожи или крепкой плотной материи, набитой шерстью. На покрытую краской поверхность накладывали влажный (чтобы краска лучше приставала) лист бумаги. Когда лист принимал весь рисунок с деревянной колодки, его осторожно снимали и вешали сушить. Затем снова мазали доску краской, и процесс повторялся. Сначала печатали только с одной стороны листа. Затем техника улучшилась, и стали использовать обе стороны.

Дешевизна новых книг породила устойчивый спрос на них, а это привело к тому, что к печатанию стало обращаться все больше ремесленников. Очевидно, что вырезание текста на доске было трудоемким и кропотливым делом. К тому же каждая доска могла быть использована для печатания только одной определенной книги. У многих

мастеров, занимавшихся этим непростым делом, наверное, возникала мысль: можно ли ускорить и упростить процесс печатания? Между тем существовал только один способ облегчить работу — создание подвижных букв, которые могли бы служить многие годы для набора совершенно разных книг. Впервые эта идея была воплощена в жизнь Иоганном Гутенбергом. Он родился в Майнце и происходил из старого дворянского рода Гонцфлейшей. В 1420 году Иоганн покинул Майнц, стал заниматься ремеслом и принял фамилию своей матери — Гутенберг. Около 1440 года, живя в Страсбурге, Гутенберг изготовил свой первый печатный станок. В 1448 году он вернулся в свой родной Майнц и всецело посвятил себя книгопечатанию. Умер он в 1468 году.

Сам Гутенберг тщательно скрывал суть своего изобретения, поэтому путь, которым он пришел к нему, можно восстановить лишь предположительно. Есть известия, что первый набор Гутенберга был деревянным. Уверяют, что еще в начале XVI века видели остатки его первого деревянного шрифта. Причем он делал в теле каждой литеры отверстие и связывал набранные строки продетой сквозь отверстия веревкой. Однако дерево малоподходящий материал для вырезания отдельных мелких букв. К тому же оно набухает, высыхает — и отдельные слова получаются неодинаковыми по высоте и ширине. Это мешало печатанию. Стараясь преодолеть этот недостаток, Гутенберг, видимо, стал вырезать литеры из мягкого металла — свинца или олова. Очевидно, вскоре (если не сразу) пришла мысль, что литеры можно отливать — это будет и быстрее и легче. В конечном итоге процесс изготовления литер принял следующий вид: из твердого металла (железа) вырезали в зеркальном виде пунсоны (точные модели) всех используемых букв. Затем, ударяя по ним молотком, получали оттиски букв на медной пластинке (матрице). В этой форме отливали то количество букв, которое было нужно. Такие литеры можно было использовать многократно, причем для печатания самых разных книг. Отлитые буквы набирались в линейку с бортиками (верстатку), которая представляла собой готовую строку.

Первыми книгами Гуттенберга были календари и грамматика Доната (всего он выпустил 13 таких изданий). Но в 1455 году он отважился на более сложное дело — выпустил первую печатную Библию общим объемом в 1286 страниц (3400000 печатных знаков). В этом издании типографской краской был набран только основной текст. Заглавные буквы и рисунки рисовал от руки художник.

Открытый Гутенбергом способ книгопечатания оставался фактически неизменным до конца XVIII века. Редко какое открытие бывало так кстати, как изобретение печатного станка. Насколько книгопечатание отвечало насущным потребностям человечества, показали уже первые годы после раскрытия тайны Гутенберга. Сотни типографий, одна за другой, возникли в разных городах Европы. К 1500 году было выпущено по всей Европе до 30 тысяч различных названий книг. Стараясь сделать свои издания более привлекательными, мастера снабжали свои книги иллюстрациями — сначала черно-белыми, а потом и цветными (сам Гутенберг печатал книги без иллюстраций), оформляли их прекрасными заглавными листами. В 1516 году венецианский художник Уго да Карпи довел способ печатания цветных иллюстраций до совершенства. Он

разлагал картину на несколько тонов (обычно 3-4), для каждого тона делал отдельную доску и вырезал на ней только те места, которые должны были данными цветами отпечататься на бумаге. Сначала печатались на листе места одного цвета, потом — другого. Сам Уго да Карпи был прекрасным копировальщиком и напечатал таким образом копии многих картин, главным образом Рафаэля.

Печатание текстов происходило следующим образом. Сначала наборщик набирал текст из свинцовых литер. Строками, как уже говорилось, служили специальные линейки — верстатки. Они представляли собой продолговатую коробочку, открытую сверху и с одного бока. Когда набирался один ряд нужной длины, наборщик выравнивал строку с помощью заключки — уменьшал или увеличивал пробелы между словами вынимая или вставляя шпации — тонкие кусочки словолитного металла без литер, имевшие определенную ширину. После заполнения верстатки ее устанавливали на наборную доску. Когда набор страницы заканчивался, доску брали в рамку, чтобы литеры не рассыпались.

Печатный станок являл собой массивное сооружение, прикрепленное брусьями к полу и потолку. Главной его частью был пресс с рычагом, под которым находился плоский стол — талер. Этот талер был устроен так, что мог выдвигаться из-под пресса. На талер ставили набор двух или нескольких страниц (до 32), сколько их помещалось в зависимости от размера. Краской смазывали все выпуклые части набора. Чтобы бумага при печатании не соскальзывала с набора, использовали специальное приспособление — декель, снабженный двумя или тремя остриями (графейками). Он прикреплялся к передней части талера на шарнирах. Перед началом печатания мастер брал несколько листов бумаги (10-20), тщательно выравнивал их по краям и нанизывал на графейки. Сверху эти листы прикрывались рамкой (рашкетом), которая крепилась к декелю также на шарнирах. Рашкет закрывал поля бумаги и середину листа, то есть все части, которые должны были оставаться чистыми. После этого декель опускался на набор, так что нижний лист плотно прижимался к набору. Талер подвигали под пресс и при помощи рычага прижимали пиан (верхнюю доску) к декелю. Затем пресс поднимали, выдвигали весь аппарат с бумагой, поднимали рашкет и снимали с графеек напечатанный лист. Для того чтобы получить лучший оттиск, бумагу слегка смачивали водой. Поэтому готовые листы просушивали на веревке. После сушки делали оттиск на другой стороне листа. Затем листы поступали к переплетчику.

27. ТЕЛЕСКОП

Подобно очкам, зрительная труба была создана человеком, далеким от науки. Декарт в своей «Диоптрике» так повествует об этом важном изобретении: «К стыду истории наших наук столь замечательное изобретение было впервые сделано чисто опытным путем и притом благодаря случаю. Около тридцати лет тому назад Яков Мециус, „человек, никогда не изучавший наук“, полюбивший устраивать зеркала и зажигательные стекла, имея для этого различной формы линзы, вздумал посмотреть через комбинацию выпуклого и вогнутого стекла, а затем так удачно установил их на двух концах трубы, что совершенно неожиданно получил первую зрительную трубу». Говорят, что на это его подтолкнули

дети, игравшие со стеклами.

Таким образом, первая зрительная труба появилась в Нидерландах в начале XVII века. Причем ее изобрели, кроме Мециуса, независимо друг от друга сразу несколько человек. Все они были не ученые-оптики, а обычные ремесленники. Один из них — очковый мастер из Миддельбурга Иоанн Лепперсгей — в 1608 году представил созданную им трубу Генеральным Штатам. Услышав об этой новинке, знаменитый итальянский ученый Галилео Галилей писал в 1610 году: «Месяцев десять тому назад дошел до наших ушей слух, что некий бельгиец построил перспективу (так Галилей называл телескоп), при помощи которой видимые предметы, далеко расположенные от глаз, становятся отчетливо различимы, как будто они были близко». Принципа работы телескопа Галилей не знал, но он был хорошо осведомлен в законах оптики и вскоре догадался о его устройстве и сам сконструировал зрительную трубу. «Сначала я изготовил свинцовую трубку, — писал он, — на концах которой я поместил два очковых стекла, оба плоские с одной стороны, с другой стороны одно было выпукло-сферическим, другое же вогнутым. Помещая глаз у вогнутого стекла, я видел предметы достаточно большими и близкими. Именно, они казались в три раза ближе и в десять раз больше, чем при рассмотрении естественным глазом. После этого я разработал более точную трубу, которая представляла предметы увеличенными больше чем в шестьдесят раз. За этим, не жалея никакого труда и никаких средств, я достиг того, что построил себе орган настолько превосходный, что вещи казались через него при взгляде в тысячу раз крупнее и более чем в тридцать раз приближенными, чем при рассмотрении с помощью естественных способностей». Галилей первым понял, что качество изготовления линз для очков и для зрительных труб должно быть совершенно различно. Из десяти очковых лишь одна годилась для использования в зрительной трубе. Он усовершенствовал технологию изготовления линз до такой степени, какой она еще никогда не достигала. Это позволило ему изготовить трубу с тридцатикратным увеличением, в то время как зрительные трубы очковых мастеров увеличивали всего в три раза.

Галилеева зрительная труба состояла из двух стекол, из которых обращенное к предмету (объектив) было выпуклое, то есть собирающее световые лучи, а обращенное к глазу (окуляр) — вогнутое, рассеивающее стекло. Лучи, идущие от предмета, преломлялись в объективе, но прежде, чем дать изображение, они падали на окуляр, который их рассеивал. При таком расположении стекол лучи не делали действительного изображения, оно составлялось уже самим глазом, который составлял здесь как бы оптическую часть самой трубы.

Объектив О давал в своем фокусе действительное изображение ba наблюдаемого предмета (это изображение обратное, в чем можно было бы убедиться, приняв его на экран). Однако вогнутый окуляр О1, установленный между изображением и объективом, рассеивал лучи, идущие от объектива, не давал им пересечься и тем препятствовал образованию действительного изображения ba. Рассеивающая линза образовывала мнимое изображение предмета в точках А1 и В1, которое находилось на расстоянии наилучшего зрения. В результате Галилей получал мнимое, увеличенное, прямое изображение предмета. Увеличение

телескопа равно отношению фокусных расстояний объектива к фокусному расстоянию окуляра. Казалось бы, можно получать сколь угодно большие увеличения. Однако предел сильному увеличению кладут технические возможности: очень трудно отшлифовать стекла большого диаметра. Кроме того, для слишком больших фокусных расстояний требовалась чрезмерно длинная труба, с которой было невозможно работать. Изучение зрительных труб Галилея, которые хранятся в музее истории науки во Флоренции, показывает, что его первый телескоп давал увеличение в 14 раз, второй — в 19, 5 раза, а третий — в 34, 6 раза.

Несмотря на то что Галилея нельзя считать изобретателем зрительной трубы, он, несомненно, был первым, кто создал ее на научной основе, пользуясь теми знаниями, которые были известны оптике к началу XVII века, и превратил ее в мощный инструмент для научных исследований. Он был первым человеком, посмотревшим на ночное небо сквозь телескоп. Поэтому он увидел то, что до него еще не видел никто. Прежде всего, Галилей постарался рассмотреть Луну. На ее поверхности оказались горы и долины. Вершины гор и цирков серебрились в солнечных лучах, а длинные тени чернели в долинах. Измерение длины теней позволило Галилею вычислить высоту лунных гор. На ночном небе он обнаружил множество новых звезд. Например, в созвездии Плеяд оказалось более 30 звезд, в то время как прежде числилось всего семь. В созвездии Ориона — 80 вместо 8. Млечный Путь, который рассматривали раньше как светящиеся пары, рассыпался в телескопе на громадное количество отдельных звезд. К великому удивлению Галилея звезды в телескопе казались меньше по размерам, чем при наблюдении простым глазом, так как они лишились своих ореолов. Зато планеты представлялись крошечными дисками, подобными Луне. Направив трубу на Юпитер, Галилей заметил четыре небольших светила, перемещающихся в пространстве вместе с планетой и изменяющих относительно нее свои положения. Через два месяца наблюдений Галилей догадался, что это — спутники Юпитера, и предположил, что Юпитер своими размерами во много раз превосходит Землю. Рассматривая Венеру, Галилей открыл, что она имеет фазы, подобные лунным, и потому должна вращаться вокруг Солнца. Наконец, наблюдая сквозь фиолетовое стекло Солнце, он обнаружил на его поверхности пятна, а по их движению установил, что Солнце вращается вокруг своей оси.

Все эти поразительные открытия были сделаны Галилеем за сравнительно короткий промежуток времени благодаря телескопу. На современников они произвели ошеломляющее впечатление. Казалось, что покров тайны спал с мироздания, и оно готово открыть перед человеком свои сокровенные глубины. Насколько велик был в то время интерес к астрономии, видно из того, что только в Италии Галилей сразу получил заказ на сто инструментов своей системы. Одним из первых оценил открытия Галилея другой выдающийся астроном того времени Иоганн Кеплер. В 1610 году Кеплер придумал принципиально новую конструкцию зрительной трубы, состоявшую из двух двояковыпуклых линз. В следующем году он выпустил капитальный труд «Диоптрика», где подробно рассматривалась теория зрительных труб и вообще оптических приборов. Сам Кеплер не мог собрать телескоп — для этого у него не было ни

средств, ни квалифицированных помощников. Однако в 1613 году по схеме Кеплера построил свой телескоп другой астроном — Шейнер.

Множество ученых принялись сами сооружать телескопы, причем более мощные, чем у Галилея. Некоторым удалось достичь увеличения в сто раз, при этом длина трубки достигала 30, 40 и более метров. Рекорд принадлежит, видимо, астроному Озу, которому удалось в 1664 году соорудить телескоп с увеличением в 600 раз. При этом длина трубки была 98 метров. Легко догадаться о затруднениях, которые пришлось претерпеть Озу, ведя наблюдения с помощью такого неуклюжего приспособления. В 1672 году Исааку Ньютону удалось отчасти разрешить это затруднение он предложил новую конструкцию телескопа (получившую название рефлектор), в котором объективом было вогнутое металлическое зеркало.

Из всего сказанного видно, что создание телескопа ознаменовало собой подлинную революцию в науке вообще и в оптике в частности. Точная оптика вошла в науку как новое средство познания мира.

28. МИКРОСКОП

Приблизительно в то же время, когда началось исследование космоса с помощью телескопов, были сделаны первые попытки раскрыть с помощью линз тайны микромира.

Известно, что мелкие предметы, даже если они хорошо освещены, посылают глазу слишком слабый пучок световых лучей, недостаточно интенсивный для того, чтобы разрешение, производимое им на сетчатке глаза, дало нам отчетливое изображение. Простейший способ увеличить изображение небольшого предмета — это наблюдать его с помощью лупы. Лупой называют собирающую линзу с малым фокусным расстоянием (как правило, не более 10 см), вставленную в рукоятку.

Наблюдение с помощью лупы происходит следующим образом. Предмет АВ помещается от стекла на расстоянии ОС, меньшим фокусного расстояния Of, тогда глазу, находящемуся в точке пересечения лучей F, покажется, будто лучи исходят из точки пересечения A1B1 продолженных лучей, так что получается мнимое, прямое увеличенное изображение A1B1 предмета АВ. Для того чтобы изображение это было совершенно отчетливо, необходимо, чтобы расстояние C1F было равно расстоянию наилучшего зрения наблюдателя. Увеличением лупы будет считаться отношение A1B1 к АВ или ОС1 к ОС.

Более совершенным инструментом для наблюдения микроскопических предметов является простой микроскоп. Когда появились эти приборы, в точности неизвестно. В самом начале XVII века несколько таких микроскопов изготовил очковый мастер Захария Янсен из Миддельбурга. В сочинении А. Кирхера, вышедшем в 1646 году, содержится описание простейшего микроскопа, названного им «блошиным стеклом». Он состоял из лупы, вделанной в медную основу, на которой укрепляли предметный столик, служивший для помещения рассматриваемого объекта; внизу находилось плоское или вогнутое зеркало, отражающее солнечные лучи на предмет и таким образом освещающее его снизу. Лупу передвигали посредством винта к предметному столику, пока изображение не становилось отчетливым и ясным.

Первые выдающиеся открытия были сделаны как раз с помощью простого микроскопа. В середине XVII века блестящих успехов добился

голландский естествоиспытатель Антони ван Левенгук. В течение многих лет Левенгук совершенствовался в изготовлении крохотных (иногда меньше 1 мм в диаметре) двояковыпуклых линзочек, которые он изготавливал из маленького стеклянного шарика, в свою очередь получавшегося в результате расплавления стеклянной палочки в пламени. Затем этот стеклянный шарик подвергался шлифовке на примитивном шлифовальном станке. На протяжении своей жизни Левенгук изготовил не менее 400 подобных микроскопов. Один из них, хранящийся в университетском музее в Утрехте, дает более чем 300-кратное увеличение, что для XVII века было огромным успехом.

Без определенного плана Левенгук исследовал все, что попадалось под руку, и, подобно Галилею в космосе, делал одно великое открытие за другим. Впервые применив микроскоп в зоологических исследованиях, он был подлинным первооткрывателем микромира. Так, Левенгук первым наблюдал движение крови в кровеносных сосудах и открыл красные кровяные тельца; он обнаружил, что глаз у насекомых устроен совершенно не так, как у человека, и имеет фасеточное строение; он открыл поперечную полосатость мышц, трубочки зубного вещества, волокна хрусталика, чешуйки кожи и многое другое. Еще более важное значение имело то, что Левенгук обнаружил огромный мир микроорганизмов, о существовании которых до этого даже не подозревали. Он описал почкование гидр и множество форм инфузорий. Наконец он обнаружил сперматозоиды в семенной жидкости человека и животных и показал, что развитие крупных организмов тоже начинается с микроскопических размеров.

В начале XVII века появились сложные микроскопы, составленные из двух линз. Изобретатель такого сложного микроскопа точно не известен, но многие факты говорят за то, что им был голландец Корнелий Дребель, живший в Лондоне и находившийся на службе у английского короля Иакова I. В сложном микроскопе было два стекла: одно — объектив — обращенное к предмету, другое — окуляр — обращенное к глазу наблюдателя. В первых микроскопах объективом служило двояковыпуклое стекло, дававшее действительное, увеличенное, но обратное изображение. Это изображение и рассматривалось при помощи окуляра, который играл таким образом роль лупы, но только лупа эта служила для увеличения не самого предмета, а его изображения.

Предмет AB, расположенный от объектива немного дальше его главного фокуса F, давал на другую сторону действительное, обратное и увеличенное изображение ab, лежавшее за двойным фокусным расстоянием. Стекла M и N находятся между собой в таком удалении, что изображение ab приходится между окуляром N и его главным фокусом F1. Отсюда следует, что глаз, помещенный на E, видит изображение через окуляр, который действует как лупа и заменяет изображение ab другим — a1b1, мнимым и еще более увеличенным. Это второе изображение прямое по отношению к первому, но обратное по отношению к предмету.

Кроме этой схемы микроскопа возможны и другие. Между прочим, создатель телескопа Галилей в 1610 году обнаружил, что в сильно раздвинутом состоянии его зрительная труба позволяет сильно увеличить мелкие предметы. Его можно считать изобретателем микроскопа,

состоящего из положительной и отрицательной линз. В 1663 году микроскоп Дребеля был усовершенствован английским физиком Робертом Гуком, который ввел в него третью линзу, получившую название коллектива. Этот тип микроскопа приобрел большую популярность, и большинство микроскопов конца XVII — первой половины XVIII века строились по его схеме.

29. ПРЯДИЛЬНАЯ МАШИНА

Восемнадцатый и девятнадцатый века ознаменовались невиданным прежде техническим подъемом. В продолжение полутораста лет было сделано множество блестящих изобретений, созданы новые виды двигателей, освоены новые средства связи и транспорта, придуманы самые разнообразные станки и машины. В большинстве отраслей производства ручной труд был почти полностью вытеснен машинным. Скорость, качество обработки и производительность труда выросли в несколько десятков раз. В развитых европейских странах появились тысячи крупных промышленных предприятий, сложились новые общественные классы — буржуазия и пролетариат. Промышленный подъем сопровождался крупнейшими социальными сдвигами. В результате Европа, да и весь мир, к концу XIX века неузнаваемо изменилась; жизнь людей уже совсем не походила на ту, что была в начале XVIII столетия. Быть может, впервые в истории технический переворот так зримо и явственно сказался на всех сторонах человеческой жизни.

Между тем начало этой великой машинной революции связано с созданием прядильного автоматического станка — самой первой машины, получившей широкое распространение в производстве. Можно сказать, что прядильная машина оказалась прообразом всех последующих станков и механизмов, и поэтому изобретение ее по своему значению далеко выходило за узкие рамки текстильного и прядильного дела. В каком-то смысле ее появление символизировало собой рождение современногомира.

Прядение в том виде, в каком оно было описано выше, — с помощью ручного веретена и прялки — существовало на протяжении нескольких тысячелетий и оставалось во все это время достаточно сложным и трудоемким занятием. Рука прядильщицы при совершении однообразных движений по вытягиванию, скручиванию и наматыванию нити быстро уставала, производительность труда была низкой. Поэтому значительный шаг в развитии прядения произошел с изобретением ручной прялки, которая появилась впервые в Древнем Риме.

В этом незамысловатом приспособлении колесо a при своем вращении приводило во вращение при помощи бесконечного шнура колесо меньших размеров d, на ось которого было надето веретено b. Процесс прядения на ручной прялке заключался в следующем: правая рука при помощи ручки приводила во вращение большое колесо a, в то время как левая, вытянув прядь из пучка волокон, направляла нить либо наклонно к веретену (тогда она ссучивалась и закручивалась), либо под прямым углом (тогда она сама собой, будучи готова, наматывалась на веретено).

Следующим крупным событием в истории прядения стало появление самопрялки (около 1530 г.), изобретателем которой называют каменотеса Юргенса из Брауншвейга. Его прялка приводилась в движение ногами и освобождала для работы обе руки работницы.

Работа на самопрялке проходила следующим образом. Веретено 1 было соединено наглухо с рогулькой 2 и получало движение от нижнего большого колеса 4. Последнее было соединено с блоком, неподвижно укрепленным на веретене. Катушка 3, на одном конце которой был укреплен блок меньшего диаметра, свободно надевалась на веретено. Оба блока получали движение от одного и того же колеса 4, но веретено и рогулька, соединенные с большим блоком, вращались медленнее, чем катушка, соединенная с меньшим блоком. Вследствие того, что катушка вращалась быстрее, происходило наматывание на нее нити, причем скорость наматывающейся нити была равна разности скоростей веретена и катушки. Прядильщица вытягивала рукой волокна из пряслицы и частично закручивала их пальцами. Нить до вступления в рогульку двигалась по оси веретена. При этом она вращалась, то есть закручивалась, и делала полностью то же число оборотов, что и веретено. Пройдя через рогульку 2, нить меняла направление и шла на катушку уже под прямым углом к оси веретена. Таким образом, по сравнению с обычной прялкой, самопрялка позволяла одновременно вытягивать, скручивать и наматывать нить. Из процесса прядения здесь уже были механизированы две операции: скручивание нити и наматывание ее на катушку, но вытяжка волокон из пряслицы и частичное закручивание их происходили вручную. Это сильно замедляло всю работу. Между тем в первой трети XVIII века был создан усовершенствованный ткацкий станок Кея, позволявший заметно повысить скорость тканья. На новом станке проворный ткач был в состоянии выткать столько пряжи, сколько поставляли шесть опытных прядильщиков. В результате возникла диспропорция между прядением и ткачеством. Ткачи стали ощущать нехватку пряжи, так как прядильщицы не успевали приготовлять ее в нужном количестве. Пряжа не только сильно вздорожала, но часто ее вообще нельзя было достать ни за какую цену. А рынки требовали все большего количества тканей.

Несколько поколений механиков тщетно ломали голову над тем, как усовершенствовать прялку. На протяжении XVII и первой половины XVIII веков было сделано несколько попыток снабдить самопрялку двумя веретенами, чтобы повысить ее эффективность. Но работать на такой прялке было слишком тяжело, поэтому идея эта не получила распространения. Было ясно, что прясть сразу на нескольких веретенах можно будет лишь тогда, когда будет механизирована сама операция вытягивания волокон.

Эта сложная задача была отчасти разрешена английским механиком Джоном Уайтом, который придумал в 1735 году специальный вытяжной прибор. По словам Маркса, именно эта часть машины определила начало промышленной революции. Не имея средств, Уайт продал права на свое замечательное изобретение предпринимателю Льюису Паулю, который в 1738 году взял на него патент. В машине Пауля и Уайта человеческие пальцы впервые были заменены парой «вытяжных» валиков, вращающихся с разной скоростью. Один валик имел гладкую поверхность, а другой был шероховатый с рифленой поверхностью или обит паклей. Однако прежде чем поступить на валики машины, волокна хлопка должны были пройти предварительную обработку — их необходимо

было уложить параллельно друг другу и вытянуть. (Это называлось «расчесыванием» хлопка, или кардованием.)

Пауль и Уайт постарались механизировать этот процесс и создали специальную чесальную машину. Принцип ее действия заключался в следующем. Цилиндр, снабженный по всей поверхности крючками, вращался в желобе, который на своей внутренней стороне был снабжен зубьями. Волокна хлопка пропускались между цилиндром и желобом и таким образом расчесывались.

После этого пряжа в виде тонкой ленты подавалась в прядильную машину и здесь сначала вытягивалась в вытяжных валиках, а потом поступала на веретено, вращавшееся быстрее валиков, и закручивалась в нить. Первая такая прялка была построена Паулем в 1741 году. Это была первая в истории прядильная машина.

Усовершенствуя свою машину, Пауль и Уайт стали пропускать пряжу через несколько валиков. Вращаясь с разной скоростью, они вытягивали ее в более тонкую нитку. С последней пары валиков нитка поступала на веретено. В 1742 году Уайт соорудил машину, которая пряла сразу на 50 веретенах и приводилась в движение двумя ослами. Как показали дальнейшие события, придуманные им вытяжные валики оказались чрезвычайно удачным нововведением. Но вообще его машина не получила широкого распространения. Она была слишком дорогим и громоздким устройством для ремесленника-одиночки. Острая нехватка пряжи продолжала ощущаться и в последующие годы. Эта проблема была отчасти решена только после создания прядильной машины Харгривса.

Харгривс был ткач. Пряжу для него изготовляла жена, и того, что она успевала напрясть за день, было для него недостаточно. Поэтому он много думал над тем, каким образом можно было бы ускорить работу прядильщиц. Случай пришел ему на помощь. Однажды дочь Харгривса, Дженни, нечаянно опрокинула прялку, однако колесо ее продолжало вертеться, а веретено продолжало прясть пряжу, хотя находилось в вертикальном, а не горизонтальном положении. Харгривс немедленно использовал это наблюдение и построил в 1764 году машину с восемью вертикальными веретенами и одним колесом. Машину он назвал «Дженни» по имени своей дочери. Она не принесла своему создателю ни денег, ни счастья. Напротив, изобретение Харгривса вызвало бурю негодования у прядильщиков — они предвидели, что машина лишит их работы. Ватага возбужденных людей ворвалась однажды в дом Харгривса и разрушила машину. Сам изобретатель и его жена едва успели избежать расправы. Но это, конечно, не могло остановить распространения машинного прядения — буквально через несколько лет «Дженни» пользовались тысячи мастеров.

Как и машина Уайта, «Дженни» требовала предварительной подготовки хлопковых волокон. Выделка нити происходила здесь из ленточки расчесанного хлопка. Початки с ровницей были помещены на наклонной раме (наклон служил для облегчения сматывания ровницы). Вместо вытяжных валиков Уайта Харгривс применил особый пресс, состоявший из двух брусков дерева. Нитки ровницы с початков проходили через вытяжной пресс и прикреплялись к веретенам. Веретена, на которые наматывалась готовая нить, находились на неподвижной раме с левой стороны станка. В нижней части каждого веретена имелся блок, вокруг

которого шел приводной шнур, переброшенный через барабан. Этот барабан расположен был впереди всех блоков и веретен и приводился в движение от большого колеса, вращаемого рукой. Таким образом, большое колесо приводило во вращение все веретена.

Прядильщик одной рукой двигал каретку вытяжного пресса, а другой вращал колесо, приводившее в движение веретена. Работа машины состояла из следующих процессов: пресс закрывался и отводился назад от веретен — в результате происходило вытягивание нити. Одновременно прядильщик вращал колесо, оно приводило в движение веретена, а они закручивали нить. В конце отхода каретка останавливалась, а веретена продолжали вращаться, производя докрутку. После этого каретка подавалась обратно к веретенам, все нити несколько пригибались особой проволокой для того, чтобы они попали в положение наматывания. Во время обратного хода каретки с открытым прессом нити наматывались на веретена вследствие вращения последних.

Вытяжной пресс Харгривса, по существу, заменил руку рабочего. Вся работа свелась в основном к трем движениям: к вращению приводного колеса, к прямолинейному движению каретки взад и вперед и к нагибанию проволоки. Другими словами, человек играл только роль двигательной силы, и поэтому в дальнейшем стало возможным заменить рабочего другими, более постоянными и мощными источниками энергии. Замечательное значение изобретения Харгривса заключалось в том, что оно сделало возможным обслуживание нескольких веретен одним рабочим. В самой первой его машине было всего восемь веретен. Затем он увеличил их количество до 16. Но еще при жизни Харгривса появились машины «Дженни» с 80 веретенами. Эти машины уже не под силу было приводить в действие рабочему, и их стали соединять с водяным двигателем. Благодаря простоте конструкции и дешевизне, а также возможности использовать ручной привод «Дженни» получила широчайшее распространение. К 90-м годам XVIII века в Англии насчитывалось уже более 20 тысяч самопрялок «Дженни». В большинстве своем они принадлежали ткачам-одиночкам. Самые небольшие из них выполняли работу шести или восьми рабочих. Это была первая в истории машина, получившая массовое распространение.

Машина Харгривса отчасти помогла преодолеть прядильный голод и способствовала мощному подъему производства в Англии, однако это было все-таки не совсем то, что требовалось. Вытяжное приспособление «Дженни» оказалось несовершенным. Из-за недостаточной вытяжки пряжа получалась хоть тонкая, но слабая. Для большей прочности полотна ткачам приходилось добавлять в пряжу льняную нитку.

Более удачная машина была создана вскоре Аркрайтом. Она представляла собой соединение вытяжного механизма Уайта с крутильно-наматывающим аппаратом самопрялки Юргенса. По профессии Аркрайт был цирюльником в городе Болтоне в Англии. Большинство его клиентов были мелкие прядильщики и ткачи. Однажды Аркрайт стал свидетелем разговора ткачей, говоривших о том, что полотно ткется из нитей льна вперемежку с нитями хлопка, так как машина Харгривса не в состоянии поставлять много пряжи и нитки ее не обладают достаточной прочностью. Вскоре после этого Аркрайт раздобыл себе машину «Дженни», изучил ее и пришел к убеждению, что сможет построить другую, которая

будет прясть скорее и тоньше. Он взялся за дело, и действительно, ему удалось построить прялку, которая совершенно автоматически исполняла все процессы. Прядильщику приходилось лишь следить за тем, чтобы в машину поступало достаточно материала, и соединять порвавшиеся нити.

Работа на машине Аркрайта происходила следующим образом Приводное колесо приводило во вращение веретена с рогульками. Предварительно приготовленная из хлопка ровница находилась на початках, которые помещались на горизонтальном валу в верхней части станка. Ровничная ленточка хлопковых волокон поступала в находящиеся перед початками вытяжные валики. В каждой паре нижний валик был деревянный, рифленый, а верхний — обтянут кожей. Каждая последующая пара валиков вращалась быстрее, чем предыдущая. Верхние валики прижимались грузами к нижним. Вытянутая нить выходила из последней пары валиков, проходила через крючки рогульки и наматывалась на веретено. Для того чтобы получить отставание сидящих на веретенах катушек от рогулек, катушки несколько задерживались шнуром, проходившем через желобки шкивов в нижней части каждой катушки. В результате получались нити такой крепости, что отныне можно было делать ткани из чистого хлопка, без примеси льна. В описываемой машине был полностью осуществлен принцип непрерывности работы, поэтому ее стали называть ватермашиной.

Аркрайт оказался не только удачливым изобретателем, но и ловким дельцом. В сообществе с двумя коммерсантами он построил свою прядильную фабрику, а в 1771 году открыл вторую фабрику в Кромфорде, где все машины приводились в движение водяным колесом. Вскоре фабрика разрослась до размеров крупного предприятия. В 1779 году на ней было несколько тысяч веретен и работало 300 рабочих. Не останавливаясь на этом, Аркрайт основал еще несколько фабрик в разных концах Англии. В 1782 году на него работало уже 5000 рабочих, а его капитал оценивался в 200 тысяч фунтов стерлингов.

Аркрайт продолжал работать над созданием новых машин, которые позволили бы механизировать весь процесс обработки пряжи. В 1775 году он получил патент сразу на несколько вспомогательных механизмов. Главными из них были: кардная машина, подвижной гребень, ровничная машина и питающий прибор. Кардная машина состояла из трех барабанов и служила для расчесывания хлопка. (Это была усовершенствованная машина Уайта.) Подвижный гребень использовался как дополнение к кардной машине — им снимали прочесанный хлопок с барабанов. Ровничная машина превращала расчесанный хлопок в цилиндрическую ровницу, готовую для переработки на прядильной машине. Питающий прибор представлял собой подвижное полотно, которое доставляло кардной машине хлопок для обработки.

В последующие годы слава Аркрайта была омрачена обвинениями в воровстве чужих изобретений. Целый ряд судебных процессов показал, что все запатентованные им машины не были в действительности изобретены им. Так, оказалось, что прядильную ватермашину изобрел часовщик Джон Кэй, кардную машину — Даниэль Борн, питающий прибор — Джон Лис. В 1785 году все патенты Аркрайта были аннулированы, но к этому времени он уже стал одним из самых богатых английских фабрикантов.

Последнюю точку в создании универсальной прядильной машины поставил ткач Самуэль Кромптон, который создал так называемую мюль-машину. В ней были соединены принципы работы «Дженни» и ватермашины Аркрайта. Вместо пресса Харгривса Кромптон применил вытяжные валики. Кроме того, введена была каретка, двигавшаяся взад и вперед. На каретке помещались веретена. Когда каретка с веретенами отходила от валиков, веретена еще сильнее вытягивали и скручивали нитку. Когда каретка приближалась к валикам, нитка закручивалась и наматывалась на веретено. Тогда как ватермашина делала крепкую, но грубую пряжу, а «Дженни» — тонкую, но некрепкую, мюль-машина Кромптона давала крепкую и вместе с тем тонкую пряжу.

30. ОСПОПРИВИВАНИЕ

Натуральная оспа была известна с глубокой древности и всегда считалась одной из самых ужасных и опустошительных болезней. Обычно от нее умирала 1/6-1/8 часть всех заболевших, а у маленьких детей смертность достигала 1/3. По отношению к общей смертности на долю оспы выпадала 1/4 всех умирающих. И такая грустная картина наблюдалась вплоть до самого конца XVIII века. Например, в одной Германии в 1796 году от оспы умерло 70 тысяч человек. Вообще же считали, что ежегодно в Европе от этой заразы погибало до 1, 5 миллионов человек. Бывали и более масштабные эпидемии. Так, перекинувшись в XVI веке в Америку, оспа сняла здесь особенно страшную и обильную жатву — в короткий срок от нее умерло несколько десятков миллионов коренных жителей-индейцев. Но даже если оспа щадила жизнь, она часто оставляла после себя неизгладимые следы. Множество людей были обезображены рубцами, других она лишила здоровья, зрения и слуха. В средневековой Европе эпидемии оспы были настолько часты и тотальны, что у тогдашних врачей сложилось твердое убеждение: каждый человек должен обязательно переболеть оспой. Знаменитый врач XVII века Сиденгам называл оспу «отвратительнейшей болезнью, унесшей в могилу больше жертв, чем все другие эпидемии, чем порох и война». А известный английский историк Маколей писал: «Моровая язва или чума была более смертельна, чем оспа, но зато она посетила наши берега лишь однажды или дважды на памяти людей, тогда как оспа неотступно пребывала между нами, наполняя кладбища покойниками, терзая постоянным страхом всех тех, которые еще не болели ею, оставляя на лицах людей, жизнь которых она пощадила, безобразные знаки, как клеймо своего могущества».

От оспы не было лекарств, но давно была замечена одна особенность этой болезни — человек, переболевший даже самой легкой ее формой, на всю жизнь становился к ней невосприимчивым. Этим был как бы подсказан способ противостоять страшному заболеванию. В Китае уже за 1000 лет до Р.Х. врачи умели прививать здоровому человеку легкую оспу и тем самым защищали его от заражения более тяжелой формой. Из Китая этот способ распространился по всему Востоку, а в начале XVIII века привлек внимание европейцев. Жена английского посланника герцогиня Монтагю привила легкую форму натуральной оспы своей единственной дочери, а потом проповедовала прививку в высшем английском обществе. Обычно для оспопрививания выбирали подходящие случаи легкой

натуральной оспы, прививали ее здоровому человеку, так что тот переносил ее в неопасной форме. (В 1768 г. была привита оспа русской императрице Екатерине Второй.) Несмотря на то что прививка в большинстве случаев давала хороший эффект, нередкими были и трагические исходы, когда у привитого вместо легкой развивалась тяжелая форма болезни со всеми ее ужасными последствиями. Поэтому на прививку решались лишь немногие, и современники смотрели на них, как на отчаянных смельчаков.

Нетрудно поэтому представить себе, как велика была благодарность современников английскому врачу Эдварду Дженнерту, который в самом конце XVIII века открыл надежный и безопасный способ защиты против этой опустошительной заразы. Суть открытия Дженнерта очень проста — вместо натуральной человеческой оспы он предложил прививать людям ту форму оспы, которая изредка поражала коров и тех людей, которые имели дело с молочным скотом (прежде всего доярок). Дело в том, что болезнь, сходная с оспой, наблюдается и у многих видов животных. Причем давно уже было замечено, что у одних видов она протекает в очень легкой форме, а у других, напротив, часто принимает опасный характер. В частности, коровы болели оспой сравнительно редко и переносили ее очень легко. Отмечалось также, что доярки, переболевшие коровьей оспой, обычно оказывались невосприимчивы к оспе натуральной. Некоторые врачи пытались найти объяснение этому феномену, но большинство ученых-медиков не придавало ему большого значения, поскольку твердой закономерности здесь никогда не наблюдалось — хотя и несравненно реже других, доярки (в том числе и переболевшие коровьей оспой) все-таки иногда становились жертвами натуральной оспы. Почти каждый врач, имевший обширную практику, мог указать на такие случаи.

Таким образом, Дженнерт был далеко не первым, кто заинтересовался коровьей оспой, но именно ему посчастливилось совершить открытие, навсегда обессмертившее его имя. Говорят, один случай заставил его сосредоточиться на этой проблеме. Однажды, когда юный Дженнерт еще учился у врача Даниэля Лидлоува в Содбери, к нему обратилась за советом бедная крестьянка. Осмотрев больную, Дженнерт нашел у нее все симптомы натуральной оспы и сообщил ей об этом. «Оспой я не могу заболеть, — отвечала ему больная, — потому что у меня была коровья оспа». Глубокая уверенность, с которой крестьянка произнесла эти слова, произвела сильное впечатление на юного Дженнерта и навела его на следующее предположение: раз коровья оспа переносится человеком несравненно легче натуральной, так как она всегда протекает без смертельного исхода, то очевидно, что при ее предохранительном свойстве достаточно вызвать ее искусственно в человеческом организме, чтобы навсегда обезопасить его от заболевания настоящей оспой.

От природы Дженнерт был очень общителен и не раз высказывал это предположение коллегам. Мало кто разделял его уверенность, но для самого Дженнерта поиск безопасного оспопрививания сделался делом всей его жизни. Однако потребовалось много лет упорного труда, постоянных наблюдений и долгих размышлений, прежде чем он нашел верные ответы на все вопросы. Закончив свое образование в Лондоне, Дженнерт отклонил несколько очень соблазнительных предложений (в частности, знаменитый

путешественник капитан Кук, отправляясь в кругосветное плавание, предлагал ему место натуралиста на своем корабле), уехал к себе на родину и посвятил себя сельской практике. Он всегда имел большой интерес к болезням домашних животных. Внимательно изучая кожные заболевания коров, он наконец заметил, что высыпания оспы у них не всегда бывают одинаковы, и сделал верное предположение, что под общим названием оспы могут, вообще говоря, скрываться разные болезни, имеющие одинаковые симптомы. Но только те люди, которые переболели настоящей коровьей оспой, делаются невосприимчивыми к натуральной оспе. Другие же только думают, что они болели ею. Именно этот незначительный процент, по мнению Дженнерта, и составляли те несчастные доярки, которые заболевали натуральной оспой. А раз так, значит, коровья оспа должна безусловно предохранять каждого переболевшего ей человека от оспы натуральной.

Предположение это нуждалось в подтверждении, и Дженнерт решился на проведение эксперимента. 14 мая 1796 года, когда в окрестностях его родного местечка появилась коровья оспа, он в присутствии нескольких врачей привил оспу здоровому 8-летнему мальчику — сделал два небольших надреза на его руке и внес в ранки вакцинный яд, взятый из правой кисти женщины, случайно заразившейся оспой от коровы при дойке. Пустулы, воспроизведенные таким образом на руке ребенка, имели большое сходство с пустулами от прививания натуральной человеческой оспы, но общее болезненное состояние было едва заметно. Через десять дней мальчик был совершенно здоров. 1 июня того же года Дженнерт взял материю из пустулы человека, заболевшего натуральной оспой, и инокулировал ею привитого мальчика. С лихорадочным нетерпением он ждал результатов своего опыта. Прошло три дня, краснота на месте прививки исчезла без малейшего следа человеческой оспы — мальчик остался здоров. Дженнерт продолжал наблюдать за ним, желая выяснить, сколь долго будет продолжаться действие прививки. Спустя несколько месяцев мальчику сделали вторую прививку натуральной оспы, через пять лет — третью. Результат остался тот же. Он оказался совершенно невосприимчивым к этой болезни.

Однако это открытие еще не означало победы над страшной заразой. Случаи коровьей оспы были очень редки, порой от одной вспышки эпидемии до другой проходило несколько лет. Если бы пришлось дожидаться каждого такого случая, чтобы получить материал для предохранительных прививок, эффективность их была бы очень невелика. Поэтому очень важна была вторая серия опытов, проведенная Дженнертом два года спустя. Весной 1798 года Дженнерт привил коровью оспу мальчику непосредственно от коровы, а затем дальше — с человека на человека (всего пять генераций). Тогда же он сделал прививку своему младшему сыну Роберту. Наблюдая всех привитых, он установил, что предохранительная сила коровьей оспы не меняется, если прививать ее от человека, переболевшего коровьей оспой, к человеку, и сохраняет свойства вакцинной лимфы, взятой непосредственно от коровы. Этим найден был способ получать материал для прививок практически в неограниченных количествах Каждый человек, которому была привита оспа, мог давать свою кровь для изготовления вакцины. Действенное

средство против оспы было найдено.

В том же году Дженнерт опубликовал небольшую брошюру в 75 страниц, в которой просто и безыскусно описал свои опыты. Появление этого небольшого сочинения имело огромный резонанс. Далеко не все и не сразу приняли идею прививок. Несколько лет продолжались ожесточенные споры, но удивительные успехи вакцинации убедили вскоре даже самых непримиримых противников оспопрививания. Действительно, по сравнению с практиковавшейся прежде прививкой натуральной оспы прививка коровьей оспы обладала огромными неоспоримыми преимуществами. Ведь коровья оспа давала только местный незначительный эффект, в то время как прививка натуральной оспы вызывала общее заболевание, силу которого было невозможно предугадать. С начала XIX века прививки против оспы стали делать все большему и большему количеству людей. В странах, где было введено поголовное оспопрививание, удалось свести заболеваемость и смертность от оспы до минимальных размеров. Это была одна из самых блестящих побед, когда-либо одержанных человеческим гением. Страшная болезнь, уносившая во времена эпидемий множество человеческих жизней, была стерта с лица земли, так что в XIX веке для большинства людей слово «оспа» стало пустым звуком.

На долю Дженнерта выпало редкое счастье — еще при жизни его заслуги получили всеобщее признание. На его глазах оспопрививание распространилось по всему миру и принесло его изобретателю громкую славу. В самых разных странах имя Дженнерта произносили с благодарностью. Он получил множество медалей и почетных дипломов, стал членом всех европейских академий. Несколько индейских племен Северной Америки прислали ему почетный пояс, а английский парламент вручил ему премию в 20 тысяч фунтов стерлингов как выражение национальной благодарности за его открытие. Его посмертная слава была не меньшей. В 1853 году при открытии памятника Дженнерту в Лондоне, принц Альберт сказал: «Ни один врач не спас жизнь такому значительному количеству людей, как этот человек».

31. АЭРОСТАТ

С глубокой древности люди мечтали подняться в воздух, чтобы парить там подобно птицам. Именно им они подражали в своих первых попытках оторваться от земли. Но, увы… Многочисленные опыты с искусственными крыльями давали один и тот же результат — человек не мог взлететь, как ни старался. В средние века, когда открыта была способность горячего воздуха поднимать легкие тела, появилась идея использовать его для подъема человека. Несколько остроумных конструкций аэростата были предложены разными учеными на протяжении XVI-XVII веков. Однако реально эти идеи воплотились в жизнь только в конце XVIII века. В 1766 году Кавендиш открыл водород — газ, который в 14 раз легче воздуха. В 1781 году итальянский физик Кавелло провел опыты с мыльными пузырями, наполненными водородом — они легко уносились в высоту. Таким образом, был разработан принцип аэростата. Оставалось найти материал для его оболочки. Это удалось не сразу. Все используемые прежде ткани были или слишком тяжелы, или пропускали через себя водород. Задачу удалось разрешить парижскому профессору Шарлю, который придумал сделать оболочку из шелка, пропитанного

каучуком. Но прежде, чем Шарль успел приступить к строительству аэростата, свой воздушный шар запустили братья Этьен и Жозеф Монгольфье, сыновья бумажного фабриканта из города Анонэ.

Братья Монгольфье не имели тех научных познаний, которыми обладал Шарль, но зато у них было много энтузиазма и настойчивости. Правда, их первые попытки были неудачны. Сначала они старались наполнить бумажный шар парами, потом дымом. Позже им попалось сочинение Пристлея о различных родах воздуха, в котором было много важных наблюдений о различных свойствах газов.

Вооружившись этими сведениями, Монгольфье попробовали наполнить шар водородом, но им не удалось изготовить оболочку, которая могла бы удержать этот легкий газ. К тому же водород стоил тогда довольно дорого. Оставив его, братья вернулись к своим опытам с воздухом. Они полагали, что из рубленной смеси соломы и шерсти должен образоваться при горении особый электрический пар, обладающий большой подъемной силой. Несмотря на абсурдность этого предположения, опыты с нагретым воздухом дали хороший результат. Первый шар, объемом чуть более кубического метра, после наполнения горячим воздухом поднялся на высоту 300 метров. Вдохновленные этим успехом, братья приступили к изготовлению большого аэростата объемом около 600 кубических метров и диаметром 11 метров. Его шелковую оболочку изнутри оклеили бумагой. Над нижним его отверстием была укреплена решетка из виноградных лоз, на которой размещалась жаровня.

И вот 5 июня 1783 года при большом стечении народа состоялся пробный полет этого аэростата. На жаровне был разведен костер, и влажный горячий воздух поднял шар на высоту 2000 метров. Ликованию зрителей не было предела! Этот опыт вызвал огромный интерес в Европе. Парижской Академии было доставлено о нем донесение. В нем, однако, не сообщалось, чем Монгольфье наполнили свой аэростат — это составляло тайну изобретения.

Когда Шарль узнал об успешном полете монгольфьера (так стали называть шары, наполненные горячим воздухом), он с удвоенной энергией взялся за строительство своего аэростата. Искусные механики братья Роберы помогали ему. Оболочку диаметром 3, 6 м изготовили из прорезиненного шелка. Внизу она оканчивалась шлангом с клапаном, через который ее предстояло наполнить водородом. По тем временам эта была непростая задача. Первое затруднение состояло в самом получении водорода. Для этой цели Шарль придумал следующий прибор: в бочку положили железные опилки и налили на них воды. На крышке бочки просверлили две дырки. В одну всунули кожаный рукав, соединенный с воздушным шаром, а в другую влили серной кислоты. При этом, однако, обнаружилось, что реакция идет очень бурно, вода разогревается и в виде пара увлекается вместе с водородом внутрь шара. В воде находился раствор кислоты, которая начинала разъедать оболочку. Чтобы избежать этого, Шарль придумал пропускать получаемый водород через сосуд с холодной водой. Таким образом газ охлаждался и одновременно очищался. Дело пошло успешнее, и на четвертый день работы установки шар был наполнен.

27 августа 1783 года на Марсовом поле состоялся запуск первого шарльера (так стали называть шары, наполненные водородом). Более 200 тысяч парижан присутствовало при этом небывалом зрелище. Шар стремительно взмыл вверх и через несколько минут был уже выше облаков. Но когда аэростат поднялся на высоту около 1 километра, его оболочка лопнула от расширившегося водорода и упала неподалеку от Парижа в толпу крестьян деревни Гонес, не имевших никакого понятия о причинах происходящего. Большинство из них подумали, что свалилась Луна. Когда же крестьяне увидели, что чудовище лежит совершенно спокойно, они напали на него с цепами и вилами и в короткий срок страшно искололи и разорвали остатки шара. Примчавшийся из Парижа на место падения своего аэростата Шарль нашел лишь жалкие его лохмотья. Прекрасное творение рук человеческих, на которое было израсходовано около 10 тысяч франков, погибло безвозвратно. Впрочем, если не считать этого грустного финала, в целом опыт прошел успешно.

Одним из зрителей, присутствовавших при запуске 27 августа, был Этьен Монгольфье. Он принял своеобразный вызов Шарля и 19 сентября того же года в Версале перед глазами самого короля и бесчисленной толпы любопытных вместе с братом поднял в воздух шар диаметром 12, 3 м с первыми в мире воздухоплавателями. Этой чести удостоились баран, петух и утка. Через десять минут шар плавно опустился на землю. После осмотра животных было обнаружено, что петух повредил крыло, и этого было достаточно для того, чтобы между учеными разгорелись жаркие споры о возможности жизни на больших высотах. Опасались, что живые существа могут задохнуться, если поднимутся на высоту более километра, ведь никто еще не исследовал эту таинственную атмосферу. На следующий строящийся монгольфьер король Людовик XVI приказал посадить двух преступников, находившихся в тюрьме. Но честолюбивые Пилатр де Розье и маркиз д'Арланд убедили короля, что слава первых людей-воздухоплавателей не должна быть запятнана даже при неудачном подъеме. Эту честь король был вынужден предоставить им. 21 ноября 1783 года огромный монгольфьер высотой 21 метр с двумя смельчаками поднялся из замка Ла-Мюэт в окрестностях Парижа и достиг высоты 1000 метров, открыв новую страницу в истории человечества. Оба аэронавта не сидели сложа руки, а поддерживали огонь на решетке в нижней части оболочки. Полет продолжался около 45 минут и закончился плавным спуском за городом на расстоянии 9 километров от места старта.

Однако профессор Шарль и братья Роберы тоже не теряли времени даром. Объявив подписку, они собрали 10 тысяч франков на изготовление нового шарльера для подъема двух человек. При конструировании своего второго аэростата Шарль придумал почти все снаряжение, которым пользуются воздухоплаватели по сей день. Оболочку диаметром 8 метров за три дня наполнили водородом, и 1 декабря 1783 года Шарль с одним из братьев Роберов, несмотря на грозившее им до последнего момента запрещение короля, вошли в подвешенную под шаром гондолу и попросили Этьена Монгольфье перерезать веревку, удерживающую шар. Полет продолжался 2 часа 5 минут на высоте 400 метров. После приземления Шарль решил продолжать полет один. Облегченный (без Робера) шар взмыл на высоту 3000 метров. Через полчаса полета, выпустив часть

водорода, Шарль совершил мягкую посадку. Выходя из гондолы, он поклялся «никогда больше не подвергать себя опасностям таких путешествий». Любопытно, что его соперники пришли к такому же решению. Этьен Монгольфье вообще ни разу за свою жизнь не поднялся в воздух, а его брат Жозеф решился на это только раз. (Этот полет состоялся 5 января 1784 года, на монгольфьере находились, кроме Жозефа, Пилатр де Розье и еще пять человек. Шар был перегружен, и полет окончился не так удачно, как предыдущие; больше всех пострадал от падения сам создатель аэростата.) Однако пример первых воздухоплавателей оказался очень заразителен. Во многих странах Европы энтузиасты стали с увлечением строить аэростаты и отважно подниматься на них в воздух. В январе 1785 года знаменитый впоследствии аэронавт Бланшар перелетел через Ла-Манш из Англии во Францию, открыв таким образом эпоху воздушных путешествий.

Все позднейшие воздушные шары очень мало отличались от тех, что придумали Монгольфье и Шарль. Вообще, хотя братья Монгольфье первыми изготовили аэростат, настоящим его создателем следует считать все-таки Шарля, так как именно его конструкция оказалась наиболее практичной и удобной. Кроме того, Шарль изобрел веревочную сеть, охватывающую шар и передающую на него весовые нагрузки, изобрел клапан и воздушный якорь, первый применил песок в качестве балласта и приспособил барометр для определения высоты.

Последующие аэронавты не прибавили ничего существенного к созданной им модели аэростата. Подобно Шарлю, они по сей день пользуются для заполнения шара дешевым водородом. Он взрывоопасен, однако имеет невысокую цену и обладает наибольшей подъемной силой (1 кубический метр создает подъемную силу 1, 2 кг). Гелий, который в 40-50 раз дороже водорода, создает подъемную силу в 1, 05 кг. Нагретый же до 100 градусов воздух имеет подъемную силу всего 0, 33 кг. Поэтому монгольфьеры при одной грузоподъемности с шарльерами имеют объем в 3-4 раза больше, кроме того, они должны нести топливо для горелки. Большая площадь поверхности монгольфьера способствует огромной потере тепла.

Полет любого аэростата подчиняется закону Архимеда — подъемная сила несущего газа, заполняющего оболочку, есть разница между весом воздуха, вытесненного оболочкой, и весом несущего газа. Чем меньше удельный вес газа, то есть чем он легче, тем большей подъемной силой обладает аэростат. (Из этого видно, что наибольшей подъемной силой обладал бы аэростат, имеющий внутри своей оболочки вакуум. Впервые идею такого аэростата предложил в 1670 году монах де Лана Терци. Эта идея до сих пор не осуществлена, но если бы удалось преодолеть атмосферное давление, которое будет сжимать шар с силой 10 тонн на каждый квадратный метр, она вполне могла бы дать свои результаты.)

На большой высоте, где давление воздуха меньше, газ внутри оболочки начинает расширяться, распирать оболочку и в конце концов разрывает ее. Во избежание этого первые воздухоплаватели были вынуждены оставлять открытой трубку, через которую происходило заполнение шара водородом (аппендикс). Поднимаясь, аэростат

«выдавливал» из себя через аппендикс избыток газа. Оболочке вследствие этого уже не грозил разрыв, но с утечкой газа уменьшалась подъемная сила аэростата. Приходилось облегчать гондолу, сбрасывая балласт.

Посадка аэростата всегда была опасным делом. Чтобы сделать ее менее рискованной, Шарль снабдил свой шар несколькими защитными приспособлениями. На экстренный случай он предусмотрел разрывное устройство, служившее для быстрого выпускания газа. Обычно, желая опуститься, аэронавт выпускал газ понемногу через специальный клапан, но при ветреной погоде существовала большая опасность, что шар с гондолой будет волочиться по земле, поэтому перед касанием земли пассажиры, потянув веревку, открывали большое отверстие для выхода газа. Для уменьшения скорости спуска применяли гайдроп — толстый канат длиной 60-100 метров, который сбрасывали перед приземлением. При касании гайдропом земли вес аэростата уменьшался на вес гайдропа, находящегося на земле, и спуск несколько замедлялся. Маневрируя балластом, газовым клапаном и гайдропом, опытные воздухоплаватели могли довольно успешно регулировать высоту полета, взлетать и приземляться. Что касается направления полета, то тут аэронавт был в полной власти воздушных течений. Все попытки управлять полетом воздушного шара с помощью крыльев, весел или винтов, приводимых в действие человеком, оказались неэффективными.

Во многом вследствие этого практическая польза от воздухоплавания, учитывая колоссальные затраты на него (особенно в эпоху увлечения дирижаблями, которая пришлась на первую треть XX века), всегда была ничтожна. Но не следует судить об этом замечательном завоевании человеческого ума только с точки зрения практической выгоды. Аэростат впервые дал людям возможность оторваться от земли и взмыть под облака, подобно птице; он удовлетворил многовековую мечту человека о полете. Поэтому его создание должно быть поставлено в ряд величайших человеческих изобретений.

32. ПАРОВАЯ МАШИНА

Вплоть до второй половины XVIII века люди использовали для нужд производства в основном водяные двигатели. Так как передавать механическое движение от водяного колеса на большие расстояния невозможно, все фабрики приходилось строить на берегах рек, что не всегда было удобно. Кроме того, для эффективной работы такого двигателя часто требовались дорогостоящие подготовительные работы (устройство прудов, строительство плотин и тому подобное). Были у водяных колес и другие недостатки: они имели малую мощность, работа их зависела от времени года и с трудом поддавалась регулировке. Постепенно стала остро ощущаться нужда в принципиально новом двигателе: мощном, дешевом, автономном и легкоуправляемом. Именно таким двигателем на целое столетие стала для человека паровая машина.

Идея парового двигателя была отчасти подсказана его изобретателям конструкцией поршневого водяного насоса, который был известен еще во времена античности.

Принцип его работы был очень прост: при подъеме поршня вверх вода засасывалась в цилиндр через клапан в его дне. Боковой клапан, соединявший цилиндр с водоподъемной трубой, в это время был закрыт,

так как вода из этой трубы так же стремилась войти внутрь цилиндра и тем самым закрывала этот клапан. При опускании поршня он начинал давить на воду в цилиндре, благодаря чему закрывался нижний клапан и открывался боковой. В это время вода из цилиндра подавалась вверх по водоподъемной трубе. В поршневом насосе работа, получаемая извне, расходовалась на продвижение жидкости через цилиндр насоса. Изобретатели паровой машины старались использовать ту же конструкцию, но только в обратном направлении. Цилиндр с поршнем лежит в основе всех паровых поршневых двигателей. Первые паровые машины, впрочем, были не столько двигателями, сколько паровыми насосами, используемыми для откачки воды из глубоких шахт. Принцип их действия основывался на том, что после своего охлаждения и конденсации в воду пар занимал пространство в 170 раз меньше, чем в разогретом состоянии. Если вытеснить из сосуда воздух разогретым паром, закрыть его, а потом охладить пар, давление внутри сосуда будет значительно меньше, чем снаружи. Внешнее атмосферное давление будет сжимать такой сосуд, и если в него поместить поршень, он будет двигаться внутрь с тем большей силой, чем больше его площадь.

Впервые модель такой машины была предложена в 1690 году Папеном. В 1702 году создал свой насос Севери. Но наиболее широко применялась в первой половине XVIII века паровая машина Ньюкомена, созданная в 1711 году.

Паровой цилиндр помещался у Ньюкомена над паровым котлом. Поршневой шток (стержень, соединенный с поршнем) был соединен гибкой связью с концом балансира. С другим концом балансира был соединен шток насоса. Поршень поднимался в верхнее положение под действием противовеса, прикрепленного к противоположному концу балансира. Кроме того, движению поршня вверх помогал пар, запускаемый в это время в цилиндр. Когда поршень находился в крайнем верхнем положении, закрывали кран, впускавший пар из котла в цилиндр, и вбрызгивали в цилиндр воду. Под действием этой воды пар в цилиндре быстро охлаждался, конденсировался, и давление в цилиндре падало. Вследствие создавшейся разницы давлений внутри цилиндра и вне его, силой атмосферного давления поршень двигался вниз, совершая при этом полезную работу — приводил в движение балансир, который двигал шток насоса. Таким образом, полезная работа выполнялась только при движении поршня вниз. Затем снова запускали пар в цилиндр. Поршень опять поднимался вверх, и весь цилиндр наполнялся паром. Когда снова вбрызгивали воду, пар снова конденсировался, после чего поршень совершал новое полезное движение вниз, и так далее. Фактически в машине Ньюкомена работу совершало атмосферное давление, а пар служил только для создания разряженного пространства.

В свете дальнейшего развития парового двигателя становится ясным основной недостаток машины Ньюкомена — рабочий цилиндр в ней являлся в то же время и конденсатором. Из-за этого приходилось поочередно то охлаждать, то нагревать цилиндр, и расход топлива оказывался очень велик. Бывали случаи, когда при машине находилось 50 лошадей, едва успевавших подвозить необходимое топливо. Коэффициент полезного действия (КПД) этой машины едва ли превышал 1%. Другими

словами, 99% всей теплотворной энергии терялось бесплодно. Тем не менее эта машина получила в Англии распространение, особенно на шахтах, где уголь был дешевый. Последующие изобретатели внесли несколько усовершенствований в насос Ньюкомена. В частности, в 1718 году Бейтон придумал самодействующий распределительный механизм, который автоматически включал или отключал пар и впускал воду. Он же дополнил паровой котел предохранительным клапаном.

Но принципиальная схема машины Ньюкомена оставалась неизменна на протяжении 50 лет, пока ее усовершенствованием не занялся механик университета в Глазго Джемс Уатт. В 1763-1764 годах ему пришлось чинить принадлежавший университету образец машины Ньюкомена. Уатт изготовил небольшую ее модель и принялся изучать ее действие. При этом он мог использовать некоторые приборы, принадлежавшие университету, и пользовался советами профессоров. Все это позволило ему взглянуть на проблему шире, чем смотрели на нее многие механики до него, и он смог создать гораздо более совершенную паровую машину.

Работая с моделью, Уатт обнаружил, что при запускании пара в охлажденный цилиндр он в значительном количестве конденсировался на его стенках. Уатту сразу стало ясно, что для более экономичной работы двигателя целесообразнее держать цилиндр постоянно нагретым. Но как в этом случае конденсировать пар? Несколько недель он раздумывал, как разрешить эту задачу, и наконец сообразил, что охлаждение пара должно происходить в отдельном цилиндре, соединенном с главным короткой трубкой. Сам Уатт вспоминал, что однажды во время вечерней прогулки он проходил мимо прачечной и тут при виде облаков пара, вырывавшихся из окошка, он догадался, что пар, будучи телом упругим, должен устремляться в разряженное пространство. Как раз тогда ему пришла мысль, что машину Ньюкомена надо дополнить отдельным сосудом для конденсации пара. Простой насос, приводимый в движение самой машиной, мог удалять из конденсатора воздух и воду, так что при каждом ходе машины там бы могло создаваться разряженное пространство.

Вслед за тем Уатт внес еще несколько усовершенствований, в результате чего машина приняла следующий вид. К обеим сторонам цилиндра были подведены трубки: через нижнюю пар поступал внутрь из парового котла, через верхнюю отводился в конденсатор. Конденсатор представлял собой две жестяные трубки, стоявшие вертикально и сообщавшиеся между собой вверху короткой горизонтальной трубкой с отверстием, перекрывавшимся краном. Дно этих трубок было соединено с третьей вертикальной трубкой, которая служила воздушным отводным насосом. Трубки, составлявшие холодильник и воздушный насос, были помещены в небольшой цилиндр с холодной водой. Паровая трубка была соединена с котлом, из которого пар выпускался в цилиндр. Когда пар заполнял цилиндр, паровой кран закрывали и поднимали поршень воздушного насоса конденсатора, вследствие чего в трубках конденсатора получалось сильно разряженное пространство. Пар устремлялся в трубки и конденсировался там, а поршень поднимался вверх, увлекая за собой груз (так измеряли полезную работу поршня). Затем выпускной кран закрывали.

В 1768 году на основе этой модели на шахте горнозаводчика Ребука была построена большая машина Уатта, на изобретение которой он получил в 1769 году свой первый патент. Самым принципиальным и важным в его изобретении было разделение парового цилиндра и конденсатора, благодаря чему не затрачивалась энергия на постоянный разогрев цилиндра. Машина стала более экономичной. Ее КПД увеличился.

Несколько последующих лет Уатт упорно трудился над совершенствованием своего двигателя. При этом ему пришлось преодолеть множество затруднений как финансового, так и технического порядка. Он вошел в компанию с владельцем металлообрабатывающего завода Болтоном, который обеспечил его деньгами. Были и другие проблемы: двигатель требовал герметичности и точнейшей подгонки деталей друг к другу. Поршень и цилиндр должны были идеально подходить по своим размерам, чтобы не допускать утечки пара. Такая точность была в новинку для машиностроения тех времен, не было даже необходимых точных станков. Выточка цилиндров большого диаметра представлялась почти неразрешимой проблемой. В результате первые машины Уатта работали неудовлетворительно: из цилиндра вырывался пар, конденсаторы действовали плохо, пар свистел через отверстие, в котором двигался поршневой шток, просачивался между стенками поршня и цилиндра.

Пришлось создавать специальные станки для расточки цилиндров. (Вообще, создание паровой машины положило начало настоящей революции в станкостроении — чтобы освоить производство паровых двигателей, машиностроению пришлось подняться на качественно более высокий уровень.) Наконец все трудности были преодолены, и с 1776 года началось фабричное производство паровых машин. В машину 1776 года по сравнению с конструкцией 1765 года было внесено несколько принципиальных улучшений. Поршень помещался внутри цилиндра, окруженный паровым кожухом (рубашкой). Благодаря этому была до минимума сокращена потеря тепла. Кожух сверху был закрыт, тогда как цилиндр — открыт. Пар поступал в цилиндр из котла по боковой трубе. Цилиндр соединялся с конденсатором трубой, снабженной паровыпускным клапаном. Несколько выше этого клапана и ближе к цилиндру был размещен второй, уравновешивающий клапан. Когда оба клапана были открыты, пар, выпущенный из котла, наполнял все пространство над поршнем и под ним, вытесняя воздух по трубе в конденсатор. Когда клапаны закрывали, вся система продолжала оставаться в равновесии. Затем открывали нижний выпускной клапан, отделяющий пространство под поршнем от конденсатора. Пар из этого пространства направлялся в конденсатор, охлаждался здесь и конденсировался. При этом под поршнем создавалось разряженное пространство, и давление падало. Сверху же продолжал оказывать давление пар, поступавший из котла. Под его действием поршень спускался вниз и совершал полезную работу, которая при помощи балансира передавалась штоку насоса. После того как поршень опускался до своего крайнего нижнего положения, открывался верхний, уравновешивающий, клапан. Пар снова заполнял пространство над поршнем и под ним. Давление в цилиндре уравновешивалось. Под действием противовеса, расположенного на конце балансира, поршень свободно поднимался вверх (не выполняя при этом полезной работы).

Затем весь процесс продолжался в той же последовательности. Хотя эта машина Уатта, так же как и двигатель Ньюкомена, оставалась односторонней, она имела уже важное отличие — если у Ньюкомена работу совершало атмосферное давление, то у Уатта ее совершал пар. Увеличивая давление пара, можно было увеличить мощность двигателя и таким образом влиять на его работу. Впрочем, это не устраняло основного недостатка такого типа машин — они совершали только одно рабочее движение, работали рывками и потому могли использоваться только как насосы. В 1775-1785 годах было построено 66 таких паровых двигателей.

Для того, чтобы паровой двигатель мог приводить в действие другие машины, необходимо было, чтобы он создавал равномерное круговое движение. Принципиальное отличие такой машины состояло в том, что поршень должен был совершать два рабочих движения — и вперед и назад. Такой двигатель двойного действия был разработан Уаттом в 1782 году. Пар здесь выпускался то с одной, то с другой стороны поршня, причем пространство на стороне, противоположной впуску пара, соединялось каждый раз с конденсатором. Эта задача была разрешена с помощью остроумной системы отводных труб, закрывавшихся и открывавшихся с помощью золотника.

Золотник представлял собой задвижку, которая перемещалась перед двумя отверстиями для пропускания пара. При каждом ходе задвижки в одну или другую сторону открывалось одно отверстие и закрывалось другое, вследствие чего переменялся путь, по которому мог проходить пар. Движение золотника имело сложный характер при каждом крайнем положении, когда одно отверстие открыто, а другое закрыто, он должен был останавливаться на некоторое время, чтобы пропустить порцию пара, а среднее положение проходить как можно быстрее. Движением золотника управлял особый механизм, расположенный на валу. Главной частью в нем был эксцентрик.

Эксцентрик, изобретенный Уаттом, состоял из пластины особой формы, сидящей на оси, находящейся не в центре этой пластины, а на некотором расстоянии от него. При таком креплении на одной стороне оси находилась большая часть пластины, чем на другой. Сама пластина была охвачена кольцом, к которому крепилась тяга, движущая золотник. Во время вращения пластины ее округлость постоянно давила на новую точку внутри поверхности кольца и своей более широкой стороной приводила его в движение. Вместе с каждым поворотом вала происходил один ход золотника. Характер вращения кольца (и соответственно движение тяги) зависел от того, какой формы пластина вставлена в эксцентрик. Путем расчетов была подобрана такая форма, которая во время одного оборота обусловливала то ускорение, то замедление, то остановку золотника. Введением этого приспособления Уатт сделал работу своей машины полностью автоматической.

В первое время за работой двигателя наблюдал рабочий, в обязанность которого входило регулировать подачу пара. Если двигатель начинал давать слишком большие обороты, он специальной заслонкой несколько перекрывал парораспределительную трубу и тем уменьшал давление пара. Затем эта функция была возложена на особый центробежный регулятор, устроенный следующим образом. Движение

рабочего вала передавалось шкиву регулятора. Когда последний начинал вращаться слишком быстро (а следовательно, чрезмерно возрастало число оборотов двигателя), шары регулятора поднимались вверх под действием центробежной силы и приводили в движение муфту клапана и рычаг, который ограничивал количество пара. При уменьшении числа оборотов шары опускались и клапан приоткрывался.

С учетом работы всех этих устройств легко представить общий принцип действия машины. Из парового котла пар по трубе проходил в пространство b, а оттуда вследствие движения золотника направлялся в цилиндр то над поршнем B, то под ним. Когда пар вступал в пространство над поршнем последний опускался, а попав под поршень, поднимал его. В паровой трубке находился клапан который пропускал, смотря по надобности, больше или меньше пара. Положение клапана регулировалось паровым центробежным регулятором f. На главном валу сидел эксцентрик e, стержень которого SS проходил по другую сторону машины под коробку золотника и с помощью рычага то поднимал, то опускал золотник. Движение поршня B передавалось штоку O, который совершенно плотно проходил в крышку цилиндра, а от него — к подвижному коромыслу. На противоположном конце коромысла находилась часть G, которая захватывала снизу кривошип главного вала K. Таким образом, при каждом восхождении и нисхождении поршня происходил один оборот этого вала и сидящего на нем маховика L. Сила передавалась от главного вала с помощью ремней или других средств туда, где ею должны были пользоваться. В нижней части машины находился конденсатор. Он состоял из резервуара, наполненного водой, которая постоянно возобновлялась с помощью насоса q, и бака D, где происходила конденсация. Холодная вода не только окружала бак, но и вбрызгивалась в него через множество мелких отверстий. Спущенная горячая вода постоянно выкачивалась с помощью водяного насоса C. Теплая вода поступала в ящик и с помощью насоса Mm вновь выкачивалась в паровой котел.

Создание механизма передающего движение от поршня к валу, потребовало, от Уатта огромных усилий. Многие разрешенные им задачи вообще находились на границе технических возможностей того времени. Одна из проблем заключалась в создании необходимой герметичности. В цилиндре с двойным действием, в отличие от цилиндра с одиночным действием, обе стороны должны были быть плотно закрыты. Но так как поршень должен был иметь связь с внешними частями, то в крышке оставляли круглое отверстие, в котором совершенно плотно ходил шток (стержень) поршня. Уатт придумал вкладывать в крышку крепко свинченный толстый слой намасленной пакли, по которой стержень скользил, не касаясь металла цилиндра. Причем стержень из-за своей гладкости терся очень мало. Другая проблема заключалась в самом механизме преобразования движения: ведь для передачи полезной работы, проделываемой поршнем при его движении вверх, необходимо было, чтобы шток поршня жестко соединялся с балансиром. На всех предыдущих паровых двигателях они соединялись цепью. Теперь приходилось думать над тем, как жестко связать между собой шток, двигавшийся прямолинейно, и конец балансира, перемещавшийся по дуге. Уатт добился этого, создав особое передающее устройство, которое так и называется

параллелограммом Уатта.

Конец коромысла А был соединен здесь шарнирно тягой ADB с точкой В рычага ВС, соединенного точкой С с какой-нибудь неподвижной частью двигателя. Таким образом, вся система имела две неподвижные точки вращения: центр балансира, вокруг которой совершал колебательные движения балансир, и точки С, вокруг которой вращался рычаг СВ. Точка А на конце балансира и точка В на конце рычага СВ совершали движение по дугам, описанным из центра балансира и из точки С. При этом точка D на тяге ADB, соединяющей точки А и В, совершала движения очень близкие к вертикальным и прямолинейным. Эта точка и была соединена со штоком поршня. Впоследствии Уатт усовершенствовал это передающее устройство, получив две точки, соединяющие прямолинейное движение. Одну из них он соединил со штоком поршня, а другую — со штоком вспомогательного насоса, обслуживающего двигатель. Создание этого передаточного устройства потребовало от Уатта столько усилий, что он считал его своим величайшим изобретением. Он писал: «Хотя я не особенно забочусь о своей славе, однако горжусь изобретением параллелограмма более, чем каким-либо из других моих изобретений».

Затем колебательные движения балансира преобразовывались с помощью кривошипа во вращательное (поскольку кривошипный механизм был запатентован Пикаром, в первых машинах Уатта колебательное движение балансира во вращательное преобразовывалось с помощью созданного Уаттом солнечно-планетарного механизма, как только патент Пикара истек, стали применять кривошипную передачу). Благодаря полученному в результате всех этих преобразований вращательному движению рабочего вала новый двигатель Уатта годился для привода других рабочих машин. Это позволило ему сыграть революционную роль в развитии крупной машинной индустрии. За 1785-1795 годы было выпущено 144 таких паровых двигателя, а к 1800 году в Англии функционировала уже 321 паровая машина Уатта. Их применяли буквально во всех сферах производства.

Великое творение Уатта было по достоинству оценено современниками и потомками. После смерти изобретателя в 1819 году английский парламент почтил его память сооружением мраморного памятника в Вестминстерском аббатстве.

33. СУППОРТ

Одним из важнейших достижений машиностроения в начале XIX века стало распространение металлорежущих станков с суппортами — механическими держателями для резца. Каким бы простым и, на первый взгляд, незначительным ни казался этот придаток к станку, можно без преувеличения сказать, что его влияние на усовершенствование и распространение машин было так же велико, как влияние изменений, произведенных Уаттом в паровой машине. Введение суппорта разом повлекло за собой усовершенствование и удешевление всех машин, дало толчок к новым усовершенствованиям и изобретениям.

Токарный станок имеет весьма древнюю историю, причем с годами его конструкция менялась очень незначительно. Возможно, принцип его устройства был подсказан людям гончарным кругом. Приводя во вращение кусок дерева, мастер с помощью долота мог придать ему самую

причудливую цилиндрическую форму. Для этого он прижимал долото к быстро вращающемуся куску дерева, отделял от него круговую стружку и постепенно давал заготовке нужные очертания. В деталях своего устройства станки могли довольно значительно отличаться друг от друга, но вплоть до конца XVIII века все они имели одну принципиальную особенность: при обработке заготовка вращалась, а резец находился в руках мастера.

Исключения из этого правила были очень редкими, и их ни в коем случае нельзя считать типичными для этой эпохи. Например, держатели для резца получили распространение в копировальных станках. С помощью таких станков работник, не обладавший особыми навыками, мог изготовлять затейливые изделия очень сложной формы. Для этого пользовались бронзовой моделью, имевшей вид изделия, но большего размера (обычно 2:1). Нужное изображение получали на заготовке следующим образом. Станок оборудовался двумя суппортами, позволявшими вытачивать изделия без участия руки работника: в одном был закреплен копировальный палец, в другом — резец. Неподвижный копировальный палец имел вид стержня, на заостренном конце которого помешался маленький ролик. К ролику копировального пальца специальной пружиной постоянно прижималась модель. Во время работы станка она начинала вращаться и в соответствии с выступами и впадинами на своей поверхности совершала колебательные движения. Эти движения модели через систему зубчатых колес передавались вращающейся заготовке, которая повторяла их. Заготовка находилась в контакте с резцом, подобно тому, как модель находилась в контакте с копировальным пальцем. В зависимости от рельефа модели заготовка то приближалась к резцу, то удалялась от него. При этом менялась и толщина стружки. После многих проходов резца по поверхности заготовки возникал рельеф, аналогичный имевшемуся на модели, но в меньшем масштабе.

Копировальный станок был очень сложным и дорогим инструментом. Приобрести его могли лишь весьма состоятельные люди. В первой половине XVIII века, когда возникла мода на точеные изделия из дерева и кости, токарными работами занимались многие европейские монархи и титулованная знать. Для них большей частью и предназначались копировальные станки. Например, такой станок (изготовленный, как можно предполагать, замечательным русским механиком Нартовым) был в 1712 году установлен в мастерской русского царя Петра Первого.

Суппорты применялись на некоторых станках в часовом производстве, поскольку с их помощью было проще вытачивать высокоточные детали часовых механизмов. В конце столетия их начинают устанавливать и на токарные станки. В 10-м томе «Энциклопедии» Дидро впервые было помещено изображение простейшего крестового суппорта большого токарного станка. Этот суппорт мог вращаться вокруг оси и с помощью винта приближаться к обрабатываемой детали, однако он не мог перемещаться вдоль нее.

Но широкого распространения в токарном деле эти приспособления не получили. Простой токарный станок вполне удовлетворял всем потребностям человека вплоть до второй половины XVIII века. Однако с середины столетия все чаще стала возникать необходимость обрабатывать

с большой точностью массивные железные детали. Валы, винты различной величины, зубчатые колеса были первыми деталями машин, о механическом изготовлении которых встал вопрос тотчас же после их появления, так как они требовались в огромном количестве. Особенно остро нужда в высокоточной обработке металлических заготовок стала ощущаться после внедрения в жизнь великого изобретения Уатта. Как уже говорилось, изготовление деталей для паровых машин оказалось очень сложной технической задачей для того уровня, которого достигло машиностроение XVIII века. Обычно резец укреплялся на длинной крючкообразной палке. Рабочий держал его в руках, опираясь как на рычаг на специальную подставку. Этот труд требовал больших профессиональных навыков и большой физической силы. Любая ошибка приводила к порче всей заготовки или к слишком большой погрешности обработки. В 1765 году из-за невозможности рассверлить с достаточной точностью цилиндр длиною в два фута и диаметром в шесть дюймов Уатт вынужден был прибегнуть к ковкому цилиндру. Расточка цилиндра длиною в девять футов и диаметром в 28 дюймов допускала точность до «толщины маленького пальца». Нечего и говорить, что такая «точность» при изготовлении парового двигателя была совершенно недостаточна.

Положение можно было поправить только одним способом: надо было создать машины для производства машин. Машины должны были заменить собой высококвалифицированных рабочих, которых было мало, и обеспечить массовый выпуск дешевых и надежных машин. С начала XIX века начался постепенный переворот в машиностроении. На место старому токарному станку один за другим приходят новые высокоточные автоматические станки, оснащенные суппортами. Начало этой революции положил токарный винторезный станок английского механика Генри Модсли, позволявший автоматически вытачивать винты и болты с любой нарезкой.

Вообще нарезка винтов долго оставалась сложной технической задачей, поскольку требовала высокой точности и мастерства. Механики давно задумывались над тем, как упростить эту операцию. Еще в 1701 году в труде Ш. Плюме описывался способ нарезки винтов с помощью примитивного суппорта. Для этого к заготовке припаивали отрезок винта в качестве хвостовика. Шаг напаиваемого винта должен был быть равен шагу того винта, который нужно было нарезать на заготовке. Затем заготовку устанавливали в простейших разъемных деревянных бабках; передняя бабка поддерживала тело заготовки, а в заднюю вставлялся припаянный винт. При вращении винта деревянное гнездо задней бабки сминалось по форме винта и служило гайкой, вследствие чего вся заготовка перемещалась в сторону передней бабки. Подача наоборот была такова, что позволяла неподвижному резцу резать винт с требуемым шагом.

Подобного же рода приспособление было на токарно-винторезном станке 1785 года, который был непосредственным предшественником станка Модсли. Здесь нарезка резьбы, служившая образцом для изготавливаемого винта, наносилась непосредственно на шпиндель, удерживавший заготовку и приводивший ее во вращение. (Шпинделем называют вращающийся вал токарного станка с устройством для зажима обрабатываемой детали.) Это давало возможность делать нарезку на

винтах машинным способом: рабочий приводил во вращение заготовку, которая за счет резьбы шпинделя, точно так же как в приспособлении Плюме, начинала поступательно перемещаться относительно неподвижного резца, который рабочий держал на палке. Таким образом на изделии получалась резьба, точно соответствующая резьбе шпинделя. Впрочем, точность и прямолинейность обработки зависели здесь исключительно от силы и твердости руки рабочего, направлявшего инструмент. В этом заключалось большое неудобство. Кроме того, резьба на шпинделе была всего 8-10 мм, что позволяло нарезать только очень короткие винты.

Винторезный станок, сконструированный Модсли, представлял собой значительный шаг вперед. История его изобретения так описывается современниками.

В 1794— 1795 годах Модсли, еще молодой, но уже весьма опытный механик, работал в мастерской известного изобретателя Брамы. Основными изделиями мастерской были придуманные Брамой ватер-клозеты и замки. Спрос на них был очень широкий, а ручным способом изготавливать их было трудно. Перед Брамой и Модсли стояла задача увеличить число деталей, изготавливаемых на станках. Однако старый токарный станок был для этого неудобен. Начав работу по его усовершенствованию, Модсли в 1794 году снабдил его крестовым суппортом. Нижняя часть суппорта (салазки) устанавливалась на одной раме с задней бабкой станка и могла скользить вдоль ее направляющей. В любом ее месте суппорт мог быть прочно закреплен при помощи винта. На нижних салазках находились верхние, устроенные подобным же образом. С помощью них резец, закрепленный винтом в прорези на конце стального бруска, мог перемещаться в поперечном направлении. Движение суппорта в продольном и поперечном направлениях происходило с помощью двух ходовых винтов. Подвинув резец с помощью суппорта вплотную к заготовке, жестко установив его на поперечных салазках, а затем перемещая вдоль обрабатываемой поверхности, можно было с большой точностью срезать лишний металл. При этом суппорт выполнял функцию руки рабочего, удерживающего резец. В описываемой конструкции, собственно, не было еще ничего нового, но она была необходимым шагом к дальнейшим усовершенствованиям.

Уйдя вскоре после своего изобретения от Брамы, Модсли основал собственную мастерскую и в 1798 году создал более совершенный токарный станок. Этот станок стал важной вехой в развитии станкостроения, так как он впервые позволил автоматически производить нарезку винтов любой длины и любого шага. Как уже говорилось, слабым местом прежнего токарного станка было то, что на нем можно было нарезать только короткие винты. Иначе и быть не могло — ведь там не было суппорта, рука рабочего должна была оставаться неподвижной, а двигалась сама заготовка вместе с шпинделем. В станке Модсли заготовка оставалась неподвижной, а двигался суппорт с закрепленным в нем резцом. Для того чтобы заставить суппорт перемещаться на нижних салазках вдоль станка, Модсли соединил с помощью двух зубчатых колес шпиндель передней бабки с ходовым винтом суппорта. Вращающийся винт вкручивался в гайку, которая тянула за собой салазки суппорта и заставляла их скользить вдоль станины. Поскольку ходовой винт вращался

с той же скоростью, что и шпиндель, то на заготовке нарезалась резьба с тем же шагом, что была на этом винте. Для нарезки винтов с различным шагом при станке имелся запас ходовых винтов. Автоматическое нарезание винта на станке происходило следующим образом. Заготовку зажимали и обтачивали до нужных размеров, не включая механической подачи суппорта. После этого соединяли ходовой винт со шпинделем, и винтовая нарезка осуществлялась за несколько проходов резца. Обратный отход суппорта каждый раз делался вручную после отключения самоходной подачи. Таким образом, ходовой винт и суппорт полностью заменяли руку рабочего. Мало того, они позволяли нарезать резьбу гораздо точнее и быстрее, чем на прежних станках.

В 1800 году Модсли внес замечательное усовершенствование в свой станок — взамен набора сменных ходовых винтов он применил набор сменных зубчатых колес, которые соединяли шпиндель и ходовой винт (их было 28 с числом зубьев от 15 до 50). Теперь можно было при помощи одного ходового винта получать различные резьбы с разнообразным шагом. В самом деле, если требовалось, например, получить винт, у которого ход в n раз меньше, чем у ходового, нужно было заставить заготовку вращаться с такой скоростью, чтобы она делала n оборотов за то время, пока ходовой винт делал только один оборот. Поскольку ходовой винт получал свое вращение от шпинделя, этого было легко добиться, вставив между шпинделем и винтом одно или несколько зубчатых передаточных колес. Зная число зубьев на каждом колесе, нетрудно было получить требуемую скорость. Меняя комбинацию колес, можно было добиваться разного эффекта, например, нарезать правую резьбу вместо левой.

На своем станке Модсли выполнял нарезку резьб с такой изумительной точностью и аккуратностью, что это казалось современникам почти чудом. Он, в частности, нарезал регулировочные винт и гайку для астрономического прибора, который в течение долгого времени считался непревзойденным шедевром точности. Винт имел пять футов длины и два дюйма в диаметре с 50-ю витками на каждый дюйм. Резьба была такой мелкой, что ее невозможно было рассмотреть невооруженным глазом. В скором времени усовершенствованный Модсли станок получил повсеместное распространение и послужил образцом для многих других металлорежущих станков. В 1817 году был создан строгальный станок с суппортом, позволивший быстро обрабатывать плоские поверхности. В 1818 году Уитни придумал фрезерный станок. В 1839 году появился карусельный станок и т.д.

Выдающееся достижение Модсли принесло ему громкую и заслуженную славу. Действительно, хотя Модсли нельзя считать единственным изобретателем суппорта, его несомненная заслуга состояла в том, что он выступил со своей идеей в самый нужный момент и облек ее в наиболее совершенную форму. Другая его заслуга была в том, что он внедрил идею суппорта в массовое производство и тем способствовал ее окончательному распространению. Он же первый установил, что каждый винт определенного диаметра должен иметь резьбу с определенным шагом. До тех пор пока винтовая нарезка наносилась вручную, каждый винт имел свои особенности. Для всякого винта изготовлялась своя гайка, обычно не подходившая ни к какому другому винту. Введение механизированной

нарезки обеспечило единообразие всех резьб. Теперь любой винт и любая гайка одного диаметра подходили друг к другу вне зависимости от того, где они были изготовлены. Это было начало стандартизации деталей, имевшей чрезвычайно большое значение для машиностроения.

Один из учеников Модсли, Джеймс Несмит, в последующем сам сделавшийся выдающемся изобретателем, писал в своих воспоминаниях о Модсли как о зачинателе стандартизации: «Он перешел к распространению важнейшего дела единообразия винтов. Можно назвать это усовершенствованием, но вернее будет назвать это переворотом, произведенным Модсли в машиностроении. До него не было никакой системы в соотношении между числом витков нарезки винтов и их диаметром. Каждый болт и гайка были пригодны только друг для друга и не имели ничего общего с болтом соседних размеров. Поэтому все болты и соответствующие им гайки получали специальные маркировки, обозначавшие принадлежность их друг к другу. Любое смешение их вело к бесконечным затруднениям и расходам, неэффективности и неразберихи — часть машинного парка должна была постоянно использоваться для ремонта. Только тот, кто жил в относительно ранние дни производства машин, может иметь правильное представление о неприятностях, препятствиях и расходах, которые вызывало подобное положение, и только тот правильно оценит великую заслугу, оказанную Модсли машиностроению».

34. ПАРОХОД

Мысль о создании самодвижущегося корабля, который мог бы плыть против ветра и течений, приходила людям очень давно. Особенно остро нужда в таких судах ощущалась при подъеме вверх по реке. Идти под парусом, следуя извилистому руслу со сложным фарватером, часто было невозможно, двигаться на веслах против течения — тяжело. Для подъема грузов приходилось нанимать бурлаков, но те исполняли эту работу очень медленно. Уже в средневековье некоторые механики предлагали использовать для движения корабля водяное колесо, которое приводилось бы в действие людьми или животными (описание такого движителя дано в одной древней рукописи приблизительно в 527 году). Однако реальная возможность построить быстроходное самодвижущиеся судно с большой грузоподъемностью появилась только после изобретения парового двигателя. Первый в истории пароход был сооружен американцем Фитчем. Он же построил в 1787 году второй пароход «Персеверанс». Любопытно, что в обоих случаях Фитч отказался от использования гребного колеса. На первом его пароходе машина приводила в движение весла, так что оно двигалось на манер галеры.

Сам Фитч в 1786 году так описывал движение судна: «Ход поршня равен примерно 3 футам, и каждое его перемещение вдоль цилиндра вызывает 40 оборотов рабочего вала. Каждый оборот вала должен приводить в движение 12 лопатообразных весел с рабочим движением 5 футов 6 дюймов. Эти весла передвигаются вертикально, подражая движению весел в руках гребца на лодке. Когда 6 весел (после рабочего хода — гребка) поднимаются из воды, 6 других погружаются для следующего гребка. Два хода весел (вперед и назад вдоль хода судна) составляют около 11 футов и получаются за один оборот вала». Как

показывает рисунок, приложенный к описанию Фитча, весла укреплялись на рамах; с каждой стороны судна было по три пары соединенных между собой весел. Движения весел, как пишет сам изобретатель, были аналогичны движению ручного весла без уключины. Во втором пароходе Фитча весла были заменены гребным винтом, в использовании которого этот изобретатель намного опередил свое время. В 1788 году «Персеверанс» уже совершал регулярные рейсы между Филадельфией и Бурлингтоном, перевозя по 30 пассажиров. Всего он прошел около 1000 километров. Несмотря на очевидный успех опытов Фитча, его изобретение не получило в это время развития и погибло вместе с изобретателем. Но нельзя сказать, что дело его совсем не имело последствий. США были той страной, где особенно остро ощущалась нужда в самодвижущемся корабле. Хороших шоссейных или грунтовых дорог здесь было очень мало. Единственным средством сообщения оставались реки. Раньше других оценил возможности парохода судья Ливингстон. Он не разбирался в технических деталях, но был весьма искушенным дельцом и быстро сообразил, что при надлежащем размахе и хорошей организации дела пароходное сообщение может дать очень неплохую прибыль. В 1798 году Ливингстон добился права на установление регулярного пароходного сообщения по реке Гудзон. Дело оставалось за малым — у него не было парохода. Несколько лет Ливингстон пытался построить паровое судно, привлекая различных механиков. Было сделано несколько паровых кораблей, но все они развивали скорость не более 5 км/ч. Думать с такими пароходами о регулярном судоходстве было преждевременно. Разуверившись в местных механиках, Ливингстон в 1801 году отправился во Францию. Здесь он встретился со своим соотечественником Робертом Фултоном, который много думал над проектом парохода, а в это время работал над созданием подводной лодки. Однако на осуществление обоих проектов у него не было средств. Встреча оказалась решающей. Ливингстон, наконец, нашел подходящего механика, а Фултон — бизнесмена, готового финансировать его работу. Осенью 1802 года между ними было заключено соглашение. Фултон обещал построить паровое судно, способное перевозить 60 пассажиров со скоростью 13 км/ч, а Ливингстон — оплатить все текущие расходы. Прибыль, полученная от эксплуатации корабля, должна была делиться пополам.

Первые опыты Фултона с самодвижущимися судами относились еще к 1793 году, когда он, исследуя различные типы гребного колеса, пришел к заключению, что наилучшим будет колесо с тремя или шестью лопастями. В 1794 году, побывав в Манчестере, он убедился, что наилучшим двигателем для самодвижущегося корабля может быть только паровая машина Уатта двойного действия. В последующие годы Фултон много думал над формой, проекциями и очертаниями судна. Прежде чем приступить к строительству, он уехал на воды в Пломбьер и здесь проводил опыты с метровой моделью, приводимой в движение пружиной.

Весной 1803 года Фултон приступил в Париже к строительству своего первого парохода. Он был плоскодонным, без выступающего киля, с обшивкой вгладь. Паровая машина Уатта была взята напрокат у одного знакомого, но схему передаточного механизма придумал сам Фултон. Построенный корабль оказался недостаточно прочным — корпус не

выдержал тяжести машины. Однажды во время сильного волнения на Сене днище проломилось и взятая в долг машина вместе со всем оборудованием пошла ко дну. С большим трудом все это удалось достать на поверхность, причем Фултон жестоко простудился во время спасательных работ. Вскоре был построен новый, гораздо более прочный корпус судна, имевший 23 м в длину и 2, 5 м в ширину. В августе 1803 года было проведено пробное испытание. В течение полутора часов пароход двигался со скоростью 5 км/ч и показал хорошую маневренность.

Первым делом Фултон предложил свой пароход Наполеону, но тот не заинтересовался этим изобретением. Весной 1804 года Фултон уехал в Англию. Здесь он безуспешно старался увлечь английское правительство проектом своей подводной лодки и одновременно следил за изготовлением паровой машины фирмой Боултона и Уатта. В том же году он отправился в Шотландию, чтобы ознакомиться с построенным там Саймингтоном пароходом «Шарлоттой Дундас». (Саймингтон был едва ли не первый европейский механик, успешно справившийся с постройкой самодвижущегося парового судна. Еще в 1788 году по заказу крупного шотландского землевладельца Патрика Миллера он построил небольшой корабль с паровым двигателем. Пароход этот был испытан на Дэлсуинтонском озере в Шотландии и развил скорость до 8 км/ч. Спустя полтора десятилетия Саймингтон построил второй пароход — упомянутую выше «Шарлоту Дундас» для владельцев Форс-Клайдонского канала. Он предназначался для транспортировки грузовых барж.) Пароход Саймингтона был несомненно удачной моделью. Средняя скорость его без груженых барж составляла около 10 км/ч. Однако и этот опыт не заинтересовал англичан. Пароход вытащили на берег и обрекли на слом. Фултон присутствовал при испытаниях «Шарлоты» и имел возможность ознакомиться с ее устройством.

Между тем Ливингстон настойчиво звал Фултона в Америку. Его шурин и конкурент Стивенс начал в 1806 году постройку парохода «Феникс», надеясь, что получит привилегию на маршрут Нью-Йорк — Олбани, срок которой у Ливингстона истекал в 1807 году. Надо было спешить со строительством своего парохода. Фултон приехал в Нью-Йорк в декабре 1806 года. С начала весны был заложен корпус парохода. Вскоре из Англии прибыла заказанная ранее паровая машина Уатта. Установка ее на судно была очень сложным делом. Все вопросы Фултону приходилось разрешать самому, так как во всем Нью-Йорке он не смог найти ни одного опытного механика. Пароход, названый впоследствии «Клермонтом», был сравнительно небольшим судном. Он имел тоннаж 150 т, длина корпуса составляла 43 м, мощность двигателя 20 л.с. На нем были установлены две мачты, и при первой возможности в помощь машинам поднимали паруса.

Машинная часть состояла из котла в форме сундука длиной 6 м при высоте и ширине несколько более 2 м и вертикального парового цилиндра. По обе стороны цилиндра были подвешены два чугунных треугольных балансира. Основания этих треугольников составляли около 2, 1 м. Балансиры были укреплены на общем прочном железном стержне, так что работали вместе. На верхнем конце штока поршня имелась Т-образная деталь: прочный железный брус, двигавшийся в направляющих, расположенных по обе стороны цилиндра. От каждого конца этой детали

шли вниз прочные полосы из кованого железа (шатуны), которые соединялись шкворней с концами балансиров. Другие концы треугольников отливались с чугунными противовесами. От вершины каждого треугольника шел шатун, соединенный с кривошипом, устроенном на каждом из валов гребных колес; вплотную к каждому кривошипу располагались чугунные колеса диаметром около 1, 5 м. Каждое из них приводило в движение шестерню диаметром около 0, 7 м. Обе шестерни были насажены на общий вал, в центре которого находилось маховое колесо диаметром 3 м.

Ничем особенным этот пароход не отличался от своих более ранних предшественников, однако именно ему суждено было открыть новую эру в истории судоходства. В том же 1807 году «Клермонт» отправился в свой первый рейс, завершившийся вполне успешно. Восхищаясь результатами этой поездки, Фултон писал одному приятелю: «Я опережал все лодки и шхуны, и казалось, что все они стоят на якоре. Теперь полностью доказана пригодность силы пара для приведения в движение кораблей. В этот день, когда я выехал из Нью-Йорка, вряд ли 30 человек поверили бы, что мой пароход пройдет хотя бы одну милю в час. Когда мы отошли от пристани, где собралось много любопытных зрителей, я слыхал довольно саркастические замечания. Так всегда приветствуют несознательные люди тех, кого они зовут „философами“ и „прожектерами“». На весь путь из Нью-Йорка в Олбани, протяженностью 150 миль, совершенном против течения и при противном ветре, «Клермонт» потратил 32 часа, покрыв все расстояние исключительно при помощи парового двигателя. После некоторых улучшений в конструкции своего детища Фултон наладил постоянные рейсы на этом речном пути. На пароходе имелись три больших каюты. Одна — на 36, другая — на 24, третья — на 18 пассажиров с 62 спальными местами. Кроме того, на нем размещались кухня, буфет и кладовая. Для всех пассажиров устанавливались единые правила. (Среди них были и такие, которые под угрозой штрафа запрещали «джентльменам» лежать в сапогах на кровати или сидеть на столе.) Поездка от Нью-Йорка до Олбани стоила семь долларов, что по ценам того времени было немало. Тем не менее от желающих не было отбоя.

За первый же год эксплуатации «Клермонт» дал выручку 16 тысяч долларов. В последующие годы компания Фултона-Ливингстона построила еще несколько паровых кораблей. В 1816 году ей принадлежало 16 пароходов. Один из них, «Коннектикут», имел уже 60-сильную машину и тоннаж около 500 т. Владельцы парусных и гребных судов на Гудзоне встретили пароход очень враждебно, с самого начала увидев в нем своего грозного конкурента. Они то и дело подстраивали столкновения пароходов с шаландами и баркасами или устраивали на их пути заторы. В 1811 году был принят особый закон, грозивший строгим наказанием за сознательный вред, принесенный пароходам.

Хотя сам Фултон неоднократно подчеркивал, что идея парохода принадлежит не ему, именно он впервые удачно воплотил ее в жизнь, и с его легкой руки пароходство начало бурно развиваться сначала в Америке, а потом и во всем мире. В 1840 году в США только на одной Миссисипи и ее притоках крейсировало уже свыше тысячи речных пароходов. В то же время паровые суда стали осваивать морские маршруты. В 1819 году пароход «Саванна» впервые пересек Атлантический океан и прибыл из

Америки в Англию.

35. ПАРОВОЗ

История паровоза совмещает в себе две истории: историю рельсового пути и историю локомотива. Причем первый возник гораздо раньше второго. О применении деревянных рельсов в горном деле пишет еще Себастьян Мюнстер в своей книге, вышедшей в 1541 году. В XVIII веке рельсы стали изготавливать из чугуна, а в начале XIX века — из мягкого железа (чугун вследствие своей хрупкости, быстро разрушался). Долгое время железнодорожные пути сооружались только на рудниках, но потом получили распространение пассажирские дороги с конной тягой. Первая такая рельсовая дорога была устроена в 1801 году в Англии между Уондсвортом и Кройдоном.

Что касается локомотива, то он мог явиться на свет лишь после великого изобретения Уатта. Как только паровая машина получила некоторое распространение, нашлось много изобретателей, старавшихся приспособить ее для нужд транспорта — например, использовать паровую машину в качестве двигателя для самодвижущейся повозки. Первую попытку в этом роде сделал помощник Уатта Мердок. Он прежде других понял, что двигатель паромобиля должен отличаться по конструкции от стационарной паровой машины. Для того чтобы повозка кроме себя самой могла перевозить полезный груз, двигатель должен быть компактным, легким и мощным. Прежде всего, Мердок предложил повысить давление в цилиндре до 3-3, 5 атмосфер (тогда это давление считалось очень высоким). Он также посчитал необходимым отказаться от конденсатора и выпускать отработанный пар «на выхлоп» в атмосферу. В 1786 году Мердок соорудил действующую модель паровой тележки. Однако Уатт отнесся к опытам своего помощника очень холодно, и Мердоку пришлось оставить свои эксперименты. К счастью, при опытах Мердока в Редрете присутствовал смышленый и любознательный подросток — Ричард Тривайтик. Увиденное произвело на него огромное впечатление, и, повзрослев, он посвятил свою жизнь созданию паровых самодвижущихся транспортных машин.

Начал Тривайтик с того, на чем остановился Мердок. Сначала он сконструировал паровой двигатель повышенного давления, работавший «на выхлоп» без конденсатора. Затем в 1801-1803 годах он построил несколько паровых повозок, которые весьма успешно бегали по скверной дороге из Кемборна в Плимут. По существу, это были первые в истории автомобили. Но до изобретения пневматических шин ездить на таких машинах могли только энтузиасты. Хороших дорог было мало, и никакие рессоры не спасали машину и ее водителя от жестокой тряски. К тому же все эти сооружения были очень громоздкими и тяжеловесными для того, чтобы передвигаться по грунтовым дорогам. Тогда у Тривайтика возникла идея поставить паровой автомобиль на рельсы. В 1804 году он создал свой первый паровоз.

Этот паровоз представлял собой цилиндрический паровой котел, покоившийся на двух осях. Топка располагалась впереди под дымовой трубой, так что тендер (повозку с углем, где сидел кочегар) приходилось прицеплять впереди паровоза. Длинный горизонтальный цилиндр 210 мм в диаметре имел ход поршня в 1, 4 м. Шток поршня далеко выдавался

впереди паровоза и поддерживался особым кронштейном. С одной стороны паровоза имелась сложная зубчато-колесная передача на обе оси, с другой — большое маховое колесо, как у фабричной паровой машины. По многим показателям этот первый в истории паровоз имел удивительные характеристики. Так, при собственном весе в 5 т он транспортировал со скоростью 8 км/ч пять вагонов общим весом 25 т. Порожняком он двигался со скоростью 26 км/ч. Тривайтик не был уверен, что трения между колесами и рельсами будет достаточно для поступательного движения паровоза. Поэтому наружная часть колеса, выдававшаяся за рельсы, была утыкана головками гвоздей, которые вдавливались в брусья, уложенные параллельно рельсам. Впрочем, очень скоро Тривайтик убедился, что нужды в этих дополнительных приспособлениях нет — паровоз мог прекрасно передвигаться по гладким рельсам и тащить за собой несколько вагонов.

Несмотря на свои хорошие ходовые качества, первый паровоз не вызвал к себе интереса. Дело в том, что Тривайтику приходилось демонстрировать свое детище на Мертир-Тидвилской конной железной дороге. Тяжелый паровоз постоянно ломал чугунные рельсы. Было очевидно, что для него придется строить специальные пути. Однако хозяева рудников, которых Тривайтик хотел заинтересовать паровозом, не хотели вкладывать деньги в строительство новой дороги и отказались финансировать изобретателя. В последующие годы Тривайтик сконструировал и построил еще несколько паровозов. Паровоз 1808 года был дальнейшим шагом вперед. Тривайтик убрал громоздкую зубчатую передачу. Движение от вертикального цилиндра передавалось посредством простых шатунов с кривошипами на заднюю ось. Часть отработанного пара шла на подогрев воды в котле, часть — выпускалась через суженное отверстие в дымовую трубу для усиления тяги в топке. Этот усовершенствованный паровоз порожняком развивал скорость 30 км/ч. Однако и эта замечательная машина никого не заинтересовала. В 1811 году, окончательно разорившись, Тривайтик должен был прекратить свои опыты. Беда его заключалась в том, что он явился со своим изобретением слишком рано. Не только железо, но и чугун еще были слишком дороги. Поэтому строительство железных дорог казалось нерентабельным. Высокоточных металлорежущих станков также было очень мало. Все детали паровоза приходилось делать вручную, их себестоимость была высокой. Кроме того, шла война с Наполеоном, Англия была стеснена континентальной блокадой, и все проекты, требовавшие больших капиталовложений, не могли быть реализованы.

Но, разумеется, никакие трудности не могли остановить техническую мысль. Появились новые изобретатели, взявшиеся за создание паровоза. Долгое время среди механиков было распространено убеждение, что гладкое колесо не может катиться по гладкому железному рельсу. Стараясь избежать этой мнимой опасности, некоторые изобретатели пошли по ложному пути. В 1812 году Бленкистон, один из владельцев Мидлтонских угольных копей в Йоркшире, проложил небольшую железную дорогу длиной 6 км между Мидлтоном и Лидсом специально для паровоза. В том же году механик Муррей построил по проекту Бленкистона паровоз, обладавший достаточно хорошими

техническими показателями. Он передвигался по обычным рельсам и имел колеса с гладкими ободьями. Но движение осуществлялось при помощи зубчатого колеса, катившегося по зубчатой рейке, положенной рядом с гладкими рельсами. Машина имела два паровых цилиндра. Кривошипы двигателей были смещены друг относительно друга на 90 градусов. Когда один из них оказывался в мертвой точке, другой в это время действовал с наибольшей силой. Это был первый паровой двигатель двойного действия, способный начинать работу из любого положения кривошипа. Паровоз Муррея мог транспортировать 20 т полезного груза со скоростью 6 км/ч. С более легкой нагрузкой он мог брать очень крутые подъемы. Несколько таких паровозов было построено для обслуживания рудников, но широкого распространения они не получили в силу того, что имели очень незначительную скорость, высокую цену и часто простаивали из-за поломки путей.

Другой изобретатель, Брунтон, в 1813 году соорудил паровоз с двумя механизмами, которые наподобие ног должны были отталкиваться от земли и двигать машину вперед (при первом же испытании этот паровоз взорвался, так как при расчете котла были допущены ошибки).

Вскоре было доказано, что гладкое колесо вполне может двигаться по гладкому рельсу. Два изобретателя — Блекетт и Хедлей — соорудили специальную тележку с гладкими ободьями, которая приводилась в движение при помощи зубчатой передачи людьми, находящимися на ней. На тележку нагружали железо, меняя таким образом ее вес. В ходе этих опытов было показано, что трение ведущих колес тележки (то есть тех колес, которые получали обороты от двигателя) в 50 раз превышало трение колес, свободно катившихся по рельсу. Следовательно, благодаря упору своих ведущих колес любой локомотив мог тащить груз, в 50 раз превышающий его сцепной груз (вес, приходящийся на колеса паровоза, спаренные с двигателем). В 1815 году Блекетт и Хедлей собрали очень хороший паровоз, получивший название «Пыхтящий Билли». Имея в своем распоряжении чертежи Тривайтика, они смогли воспользоваться многими его наработками. Очень долго конструкторы бились над проблемой, стоявшей перед всеми изобретателями паровоза того времени, — как уменьшить нагрузку на ось, чтобы локомотив не ломал рельсов. Поначалу это происходило слишком часто, так что перед каждой поездкой тендер приходилось нагружать запасом чугунных рельс. Наконец Блекетт и Хедлей поставили котел на одну раму с тендером, снабдив ее четырьмя парами колес, так что «Билли» имел четыре ведущих оси. Только после этого он перестал портить пути. Этот паровоз эксплуатировался на руднике до 1865 года, после чего был сдан в Лондонский музей.

Между тем окончательная победа над Наполеоном привела к изменению рыночной конъюнктуры. Англия вступила в период нового промышленного подъема. Спрос на уголь резко повысился, в результате чего владельцы копей все острее стали осознавать нужду в паровом транспорте. Теперь многие из них готовы были финансировать опыты по строительству паровозов. В то время идея паровой тяги носилась в воздухе, над ней в разных местах Англии трудилось сразу несколько десятков механиков, разрабатывавших различные конструкции паровозов. Удачнее других оказались локомотивы, сконструированные и построенные

Джорджем Стефенсоном. В 1812 году, будучи главным механиком Киллингуортских копей, Стефенсон предложил своему хозяину Томасу Лидделу проект своего первого паровоза. Тот согласился оплатить его постройку. В 1814 году работа была закончена. Паровоз, получивший имя «Блюхер», включился в работу по обслуживанию рудника. По конструкции он сильно напоминал паровоз Бленкинстона, но без зубчатого ведущего колеса. Он имел два вертикально поставленных паровых цилиндра; движение от поршня передавалось шатунами на два ведущих ската. Эти скаты были соединены зубчато-колесной передачей. Тендер был отделен от паровоза и прицеплен сзади. «Блюхер» мог перевозить груз весом 30, 5 т, но не мог брать крутых подъемов и развивал с нагрузкой скорость всего 6 км/ч. По многим параметрам он уступал «Пыхтящему Билли» и после года эксплуатации оказался лишь немногим выгоднее использовавшихся до этого лошадей. Причиной неудачи была слабая тяга. Отработанный пар выпускался прямо в воздух, а не в трубу, где он мог бы усилить тягу в топке. Этот недостаток Стефенсон устранил в первую очередь. После того как отработанный пар стал поступать в трубу, тяга усилилась. Усовершенствованный паровоз уже всерьез конкурировал с лошадьми, и Лиддел охотно дал деньги на продолжение опытов.

В 1815 году Стефенсон построил свой второй паровоз. В этой конструкции он отказался от соединения осей зубчато-колесной передачей. Вертикальные паровые котлы были поставлены прямо над осями, и движение от поршней передавалось непосредственно на ведущие оси, спаренные между собой цепью. В 1816 году был закончен третий паровоз «Киллингуорт». Для него Стефенсон впервые придумал и применил рессоры (до этого котел устанавливался прямо на раму, вследствие чего паровоз буквально вытряхивал душу из машиниста, подпрыгивая на стыках). Одновременно Стефенсон работал над усовершенствованием рельсового пути. В то время широко употреблялись хрупкие чугунные рельсы. При движении тяжелого паровоза они то и дело лопались в стыках. Стефенсон придумал косой стык и взял на него патент. Однако тогда же ему стало окончательно ясно, что до тех пор, пока чугунные рельсы не будут заменены железными, кардинальных улучшений ждать не приходится. Железо было в несколько раз дороже чугуна, и хозяева неохотно шли на строительство таких дорогих дорог. Но Стефенсон доказал, что паровозы выгодно использовать лишь тогда, когда сила их тяги достаточно велика. Для того чтобы паровозы могли возить большие составы и развивать значительные скорости, необходимо решительно, не жалея никаких затрат, перестроить существующие конные дороги, по которым приходилось ездить первым паровозам, в двух отношениях: смягчить уклоны и усилить рельсы. Эти идеи Стефенсону удалось реализовать через несколько лет.

В 1821 году один из шахтовладельцев Дарлингтона Эдгард Пиз основал компанию по строительству железной дороги от Дарлингтона к Стоктону и поручил ее сооружение Стефенсону. Общая длина дороги с боковыми ветками составляла 56, 3 км. Это было значительное по тем временам предприятие, и Стефенсон с увлечением взялся за его осуществление. С большим трудом ему удалось убедить Пиза и его компаньонов уложить на половине длины дороги железные рельсы вместо

чугунных, хотя те и стоили в два раза дороже. 19 сентября 1825 года по дороге торжественно прошел первый поезд из 34-х вагонов. Шесть из них были нагружены углем и мукой, на остальных были размещены скамейки для публики. Тащил все эти вагоны новый паровоз «Передвижение», которым управлял сам Стефенсон. Под звуки музыки и веселые возгласы пассажиров поезд успешно прошел до Стоктона. Средняя скорость его была 10 км/ч. Впереди локомотива скакал верховой с флагом, прося публику освободить рельсы. На отдельных участках ему приходилось мчаться во весь опор, потому что поезд разгонялся до 24 км/ч. Всего за этот рейс было перевезено более 600 пассажиров. Вместе с остальным грузом эта публика весила около 90 т.

В связи с успешным строительством Дарлингтон-Стоктонской дороги имя Стефенсона стало широко известно. В 1826 году совет директоров транспортной компании Манчестер-Ливерпульской дороги предложил Стефенсону пост главного инженера с окладом в 1000 фунтов стерлингов. Строительство этой дороги представляло большую сложность, поскольку она проходила по сильнопересеченной местности. Пришлось возводить множество разнообразных искусственных сооружений: насыпи, выемки, туннели и т.п. Одних мостов было построено 63. Под самым Ливерпулем надо было проложить туннель длиной 2, 4 км в скальном грунте. Потом пришлось сделать выемку в высокой песчаной скале (всего во время этой работы было удалено 480 тыс. куб. м камня). Особенно большие трудности представляло сооружение полотна через торфяные болота Чэт-Мосс, шириной 6, 5 км и глубиной 15 м. Общая стоимость работ вскоре превысила все предварительные сметы, а Стефенсон между тем настойчиво требовал, чтобы вместо дешевых чугунных рельс были уложены дорогие железные. Ему потребовались все его красноречие и весь его авторитет, чтобы доказать директорам: именно так, а не иначе следует строить железные дороги.

Наконец, все препятствия были благополучно преодолены. В 1829 году, когда дорога близилась к своему завершению и надо было уже думать о подвижном составе, компания объявили свободный конкурс на лучшую конструкцию локомотива. Возле Рейнхилла был выделен новый участок длиной 3 км. Паровозы, участвовавшие в состязаниях, должны были пройти эту дистанцию 20 раз. Стефенсон выставил в Рейнхилле свой новый паровоз «Ракета», построенный на его заводе по последнему слову тогдашней техники. Еще в 1826 году он разработал конструкцию локомотива с наклонным цилиндром (впервые она была опробована на паровозе «Америка»). Это позволяло уменьшить вредное пространство в цилиндрах, что при вертикальном их расположении являлось весьма важным. Был также значительно усовершенствован паровой котел и впервые были применены дымогарные трубки, о которых надо сказать подробнее. Вообще, паровой котел был одним из важнейших узлов паровоза, от которого во многом зависели его технические характеристики. К нему предъявлялся целый ряд требований: при незначительном расходе угля и воды он должен был давать возможно большее количество упругого пара. Этого эффекта можно было достичь, прежде всего, увеличивая площадь соприкосновения между водой и горячими газами.

На ранних паровозах использовался простой цилиндрический котел. Здесь D — колпак, куда собирается пар, проводимый к паровым клапанам по одной из трубок B (другая соединялась с предохранительным клапаном). Котел имел наклонную решетку R, через которую атмосферный воздух доставлялся к углю, насыпаемому через воронку T. Уголь скользил по воронке вниз по мере сгорания, причем самое сильное горение происходило внизу решетки; пламя оттуда поднималось под наклонным сводом G, где имелось отверстие b, через которое горячие газы поступали в первый дымоход F под котлом. Затем эти газы попадали в c и в боковой дымоход F, а через соединение d на передней стороне проходили по F снова в заднюю часть котла, откуда уже вылетали в дымовую трубу. Таким образом, котел как бы со всех сторон обтекался горячим воздухом. Зольная дверца K и задвижка S были простыми приспособлениями, с помощью которых кочегар регулировал доступ воздуха в топку.

Простейшим видоизменением цилиндрического котла стал котел с жаровой трубой, в котором первый дымоход проходил не под котлом, а внутри него.

Следующим шагом явился трубчатый котел, изобретенный в 1828 году французским инженером Сегеном. Внутри этого котла проходили металлические дымогарные трубы, по которым из топки в дымовую трубу двигался горячий газ. В трубчатом котле поверхность нагрева была значительно больше, чем в цилиндрическом. При этом гораздо большая часть теплоты шла на парообразование и сравнительно меньшая улетала в трубу. На «Ракете» общая поверхность нагрева котла составляла около 13 квадратных метров, из которых на трубки приходилось 11. Поэтому при тех же габаритах производительность котла была значительно больше.

Рейнхильские состязания стали крупным событием в истории паровоза; считается, что ими закончился период его детства. На состязаниях присутствовало около 10 тысяч зрителей, и это лучше всего говорит об огромном интересе простой публики к паровому транспорту. Надежды, которые Стефенсон возлагал на свое творение, полностью оправдались. 10 октября «Ракета», идя порожняком, развила рекордную для тех времен скорость 48 км/ч. При собственном весе 4, 5 т этот паровоз свободно тянул поезд общим весом 17 т со скоростью 21 км/ч. Скорость движения паровоза с одним пассажирским вагоном достигала 38 км/ч. По всем показателям «Ракета» оказалась на порядок лучше всех других локомотивов, и приз в 500 фунтов стерлингов был вручен Стефенсону. Он разделил его со своим помощником Бутом, предложившим идею трубчатого котла (ни Бут, ни сам Стефенсон в то время еще ничего не знали об изобретении Сегена). «Ракету» можно считать уже вполне совершенным паровозом, так как она имела все важнейшие черты позднейших локомотивов: 1) топка была окружена водой котла; 2) котел был расположен горизонтально и имел дымогарные трубы; 3) пар уходил в дымовую трубу, что усиливало тягу и увеличивало температуру топки; 4) сила пара передавалась колесам через шатуны без всяких зубчатых передач.

В следующем году линия Ливерпуль — Манчестер была торжественно открыта. Строительство дороги потребовало неслыханных по тем временам капиталовложений. Общие затраты на ее прокладку

составили 739 тысяч фунтов стерлингов. Однако потребность в этой дороге была настолько велика, что она окупилась достаточно быстро. Это было лучшей рекомендацией новому виду транспорта. Через несколько лет по всему миру развернулось бурное железнодорожное строительство. Началась эра паровоза. Значение Ливерпуль-Манчестерской дороги в этом процессе трудно переоценить — она была первым в истории крупным, технически правильно осуществленным проектом железнодорожного строительства. Многие находки Стефенсона, касавшиеся устройства насыпей, строительства дамб и туннелей, укладки рельсов и шпал и пр., сделались потом образцом для других инженеров.

Масштабные перемены, вызванные широким распространением паровозов, были настолько огромны, что можно сказать без преувеличения — они изменили облик мира. До изобретения железных дорог важнейшие промышленные города лежали у морского побережья или на судоходных реках. Главным транспортным средством служили парусные суда. Внутри страны перевозка грузов происходила гужевым транспортом, причем во всех странах дороги находились в очень скверном состоянии. При отсутствии дорог не могла развиваться промышленность. Многие территории, имевшие полезные ископаемые, были тем не менее обречены на бездеятельность. Переход к паровому транспорту привел к значительному увеличению скорости передвижения и грузооборота, при том, что цена перевозки заметно снизилась. Самые отдаленные местности оказались вскоре связаны железными дорогами с промышленными центрами, портами и источниками сырья, вовлечены в общий ритм экономической жизни. Расстояние перестало быть препятствием, и промышленность получила мощный стимул к своему развитию.

36. ВИНТОВКА

Ручное огнестрельное оружие появилось еще в XIII-XIV веках, но долгое время оно служило лишь дополнением к холодному оружию. Прошло много лет, прежде чем ружья сделались пригодными для вооружения всей пехоты, и только в начале XVIII века кремневый гладкоствольный мушкет со штыком, стрелявший круглыми пулями, окончательно вытеснил пику. Впрочем, и тогда ручное огнестрельное оружие оставалось далеким от совершенства: мушкеты были тяжелы и громоздки, заряжались с дула и имели небольшую скорострельность (примерно, один выстрел в минуту). В 1807 году шотландец Форзич изобрел ружейный замок, в котором выстрел вызывался воспламенением гремучего состава от удара стального штифта. Это было громадным шагом вперед, так как кремневое ружье давало 30% осечек даже в сухую погоду. В 1815 году англичанин Эгг придумал медные пистоны, наполненные смесью из охотничьего пороха и хлорноватистого калия. В 1821 году Райт ввел в употребление медные пистоны, наполненные гремучей смесью. Однако все эти нововведения не могли увеличить ни скорострельности мушкета, ни убойной силы его выстрела.

Между тем еще в конце XV века в Германии появилось первое нарезное оружие — винтовка. Стволы ружей стали снабжать внутри желобками, в которых скоплялась грязь после горения пороха. Эти желобки, изобретение которых в 1480 году приписывают Цольнеру из Вены, шли сначала параллельно оси ружья. Примерно в 1630 году опытным путем было установлено, что пуля, которой в стволе придано вращательное

движение, летит значительно дальше и попадает гораздо точнее, чем пуля, выпущенная из гладкоствольного ружья. Чтобы сообщить пуле вращение, нарезам внутри ствола стали придавать винтообразную форму. Так внутренний канал ствола превратился в своего рода гайку. Однако такие важные достоинства винтовки, как точность и дальнобойность, сопровождались весьма ощутимым недостатком, поскольку забивание пули в канал ствола через винтовые нарезы было утомительной и трудной операцией. В результате даже опытный стрелок мог делать из винтовки не более одного выстрела в пять минут. Из-за этого в течение двух веков винтовка оставалась непригодной для широкого применения в армии, особенно в XVIII веке, когда все сражение порой решалось частым огнем развернутых линий. К тому же, чтобы ускорить заряжание, винтовку снабжали слишком коротким стволом, и она уже не годилась для штыкового боя. Все это время винтовка оставалась почти исключительно охотничьим оружием.

Естественным образом возникла задача: каким образом соединить достоинства винтовки с легкостью заряжания гладкоствольного ружья? Сперва попробовали делать пули несколько меньшего диаметра, чем внутренний канал ствола. Такая пуля легко проходила через нарезы, но образовавшийся зазор оказывал крайне вредное влияние — во время выстрела через него с силой прорывались газы, пуля получала недостаточную начальную скорость, и полезные качества винтовки во многом терялись. Французский офицер Дельвинь придумал способ исправлять это неудобство, меняя форму пули. В 1828 году он сконструировал винтовку с каморой в казенной части, более узкой, чем весь ствол. Прежде всего во время заряжания в камору всыпался порох, вслед за ним вкатывалась пуля меньшего диаметра, чем канал ствола; дойдя до края каморы, она не могла пройти дальше и оставалась на месте, упираясь в ее края, нескольких ударов молотком по шомполу было достаточно для того, чтобы вогнать мягкий свинец пули в нарезы и расширить ее диаметр настолько, что она оказывалась вплотную пригнана к стенкам ствола. При первых же испытаниях обнаружилось величайшее неудобство этой системы — пуля от ударов теряла свою сферическую форму и делалась несколько сплющенной, теряла винтообразное вращение, приданое ей нарезами, а значит, существенно уменьшалась меткость стрельбы. Тогда Дельвинь решил вовсе отказаться от сферических пуль и предложил делать их продолговатыми (цилиндрическо-коническими). Это изобретение было особенно важным. Сама винтовка Дельвиня так и не получила широкого распространения, но найденная им форма пули оказалась чрезвычайно удачной и вскоре повсеместно вытеснила прежнюю сферическую. Действительно, продолговатая пуля имела множество преимуществ перед круглой: пройдя в момент выстрела через нарезы, она начинала вращаться вокруг продольной оси и летела острым концом вперед. Благодаря этому ее трение о воздух было намного меньше, чем у сферической пули того же диаметра. Она летела дальше и имела гораздо более пологую траекторию. В то же время продолговатая пуля лучше входила в каналы ствола, что позволяло уменьшить крутизну и глубину нарезки. Имея значительно больший вес, чем сферическая пуля, такая пуля вылетала из ствола с той

же скоростью. Другими словами, убойная сила винтовки, заряженной пулей Дельвиня, заметно возросла, а калибр ее остался прежним.

Другая идея Дельвиня — относительно того, что пуля должна менять свой диаметр уже после того, как дошла до конца ствола, — тоже была использована, но в более рациональном виде. Главное неудобство винтовки Дельвиня заключалось в том, что после расплющивания пуля отчасти зацеплялась своими краями за круговой выступ каморы, и это ослабляло силу выстрела. Французский полковник Тувенн в 1844 году придумал, как избежать этого неудобства. Он удалил выступы каморы и сделал канал ствола, как и раньше, одинаковым по всей его длине. В центре болта, запиравшего канал ствола, он укрепил короткий, крепкий стальной стержень, или чеку, вокруг которой ложился высыпанный порох. Во время зарядки пуля, имевшая меньший диаметр, чем канал ствола, легко прогонялась шомполом через нарезы. В конце ствола она попадала на чеку, раздавалась в ширину и плотно прилегала к стенкам ствола, причем расширение было гораздо более правильным, чем в винтовке Дельвиня. В короткое время винтовка Тувенна получила широкое распространение, и до конца 40-х годов XIX века ее приняли на вооружение не только во Франции, но во многих государствах Северной Германии. Вскоре, однако, оказалось, что эта винтовка тоже имеет большие недостатки: усилие, которое должен был прилагать солдат для того, чтобы расплющить пулю, оставалось очень большим, а при стрельбе с колена или лежа это было еще и очень неудобно. Винтовка имела сильную отдачу, к тому же чека затрудняла чистку ствола и часто ломалась.

В 1849 году капитан Минье предложил усовершенствование, которое позволяло избежать этих неудобств. Он обнаружил, что если в пуле сделать углубление, то газ, образующийся при выстреле, стремится расширить стенки этой полости настолько, чтобы заставить ее плотно прилегать к стволу и войти в нарезы. На использовании этого эффекта целиком была построена идея Минье. Он устранил чеку на дне канала ствола и восстановил ту первоначальную простоту винтовки, которой она отличалась до Дельвиня и Тувенна. Зато в пуле стали высверливать конусообразный вырез со стороны основания. В момент выстрела она расширялась и плотно прилегала к стенкам ствола. Эффект, достигнутый таким простым усовершенствованием, оказался поразительным: новая винтовка заряжалась так же легко, как гладкоствольный мушкет, но была гораздо лучше старой винтовки, превосходя ее дальностью и меткостью стрельбы. Поэтому винтовка Минье была первым нарезным оружием, которое получило всеобщее распространение в Европе. Этому в немалой степени способствовало также то обстоятельство, что все старые гладкоствольные мушкеты при помощи очень простой переделки могли быть превращены в винтовки, пригодные к использованию пули Минье. Например, в Пруссии меньше чем за год были сделаны нарезы у 300 тысяч старых мушкетов. Вслед за Францией винтовку Минье в различных местных модификациях приняли на вооружение в Англии, Бельгии, Испании, Швейцарии, Германии, а потом и в России.

Однако к тому времени, когда винтовка Минье получила столь большой успех, уже появилось изобретение, направившее развития огнестрельного оружия по совершенно иному пути. Пока другие старались

изменить форму пули, не меняя принципиально устройство самой винтовки (она по-прежнему оставалась шомпольным ружьем, заряжавшимся с дула), прусский оружейный мастер Дрейзе трудился над созданием важного дополнения к винтовке — он создавал затвор. Появление затвора составило эпоху в военном деле, и Дрейзе по праву имеет славу одного из величайших механиков в истории военной техники. Хотя нельзя сказать, что идея этого устройства целиком принадлежит ему, именно он впервые нашел разрешение сложнейшей инженерной задачи — создал винтовку, заряжавшуюся с казенной части. Многие предшественники Дрейзе на этом пути (первые попытки создать затвор относятся еще к средневековью) потерпели неудачу прежде всего потому, что не имели в своем распоряжении высокоточных металлорежущих станков. Ведь соединение затвора со стволом должно быть прочным и выдерживать огромное давление пороховых газов. Вместе с тем затвор должен легко двигаться и быстро устанавливаться на место. Другими словами, он мог работать только при самых незначительных допусках в отклонении от нормальных размеров деталей — не более тысячных долей миллиметра. Долгое время эти трудности казались непреодолимыми, и лишь технические возможности XIX века позволили достойно разрешить их. В этом смысле скользящий затвор был детищем своего времени. Однако то, что Дрейзе имел в своем распоряжении высокоточный токарный станок, ни в коей мере не умаляет его славы как изобретателя устройства, остающегося и по сей день важнейшей принадлежностью любого стрелкового оружия.

Первый шаг к созданию новой винтовки Дрейзе сделал еще в 1828 году, когда придумал так называемый унитарный патрон для гладкоствольного игольчатого ружья. Это сразу позволило увеличить его скорострельность. До этого процесс заряжания включал в себя много различных операций: засыпание пороха, проталкивание пули, установку пистона. Дрейзе придумал поместить пороховой заряд, пулю и капсюль в бумажную оболочку — гильзу. Заряжание после этого свелось только к двум операциям: извлечению стреляной гильзы и вкладыванию патрона в ствол. Разбивание запала в ружье Дрейзе производилось иглой, проникавшей через отверстие в казенной части.

В 1836 году Дрейзе увенчал свою многолетнюю работу созданием игольчатой винтовки со скользящим затвором, которая заряжалась с казенной части. Сконструированный им затвор представлял собой цилиндрическую коробку, привинченную к казенной части ствола, в которой взад и вперед двигался поршень. Внутри этого поршня-затвора так же свободно двигалась прочная игла, игравшая роль ударника.

При открывании затвора надо было сначала отодвинуть назад иглу c. Потом повернуть рычаг d затвора влево и отодвинуть его назад — тогда открывалось сквозное отверстие (патронное окно), куда вкладывался патрон. Затем затвор устанавливали на место (при этом патрон досылался в канал ствола) и снова поворачивали его. Рычаг d попадал в специальный вырез в стенке коробки, и затвор наглухо запирал канал ствола. Постановка оружия на боевой взвод состояла в простом оттягивании назад иглы c. При этом взводился курок, удерживавший пружину в боевом положении. При нажатии на курок пружинный механизм спускался, причем игла с силой вонзалась в патрон и воспламеняла капсюль. Таким образом, с

введением затвора заряжение винтовки свелось к пяти простым движениям, которые можно было делать в любом положении и даже на ходу. В 1840 году игольчатая винтовка Дрейзе уже была принята на вооружение прусской армией. Однако широкое распространение игольчатые ружья получили лишь двадцатью годами позже — во время гражданской войны в США и франко-прусской войны. Их применение привело к коренному изменению тактики боя. На смену сомкнутым колоннам везде пришли развернутые цепи.

Созданием игольчатого ружья был сделан огромный шаг в развитии стрелкового оружия, которое только после этого стало обретать свой современный вид. Впрочем, винтовка Дрейзе имела и свои недостатки: бумажные патроны быстро отсыревали, игла была достаточно уязвимой частью механизма и ломалась. Эти неудобства были устранены после введения в 70-х годах XIX века унитарного патрона с металлической гильзой и капсюлем, который воспламенялся от удара бойком.

37. ФОТОГРАФИЯ

Среди многих удивительных изобретений, сделанных в XIX веке, далеко не последнее место занимает фотография — искусство, позволившее делать моментальное изображение любого предмета или ландшафта. Фотография зародилась на границе двух наук: оптики и химии, ведь для получения отпечатков нужно было разрешить две сложные задачи. Во-первых, необходимо было иметь особую светочувствительную пластинку, способную воспринимать и удерживать на себе изображение. Во-вторых, нужно было найти специальный прибор, который бы четко проецировал изображение снимаемых объектов на эту пластинку. И то и другое удалось создать лишь после многих проб и ошибок. Чудо фотографии не сразу далось людям в руки, и в разное время многие изобретатели из разных стран с увлечением занимались этой проблемой.

Подходы к ней можно найти еще в работах средневековых алхимиков. Один из них, Фабрициус, смешал однажды в своей лаборатории поваренную соль с раствором азотнокислого серебра и получил молочно-белый осадок, который чернел от солнечного света. Фабрициус исследовал это явление и в своей книге о металлах, изданной в 1556 году, сообщил, что при помощи линзы получил изображение на поверхности осадка, известного теперь под названием хлористого серебра, и что изображение это становилось черным или серым в зависимости от продолжительности освещения его солнечными лучами. Это был первый опыт в истории фотографии. В 1727 году врач из Галле Иоганн Шульц делал в солнечный день опыты с раствором азотнокислого серебра и мелом, смесь которых он освещал в стеклянном сосуде. Когда сосуд выставляли на солнечный свет, поверхность смеси тотчас чернела. При встряхивании раствор опять становился белым. Посредством кусочков бумаги Шульц получал на поверхности жидкости силуэты, посредством взбалтывания уничтожал их и получал новые узоры. Эти оригинальные опыты казались ему только забавой, и прошло еще сто лет, прежде чем подмеченное им свойство хлористого серебра додумались использовать при изготовления фотографических пластин.

Следующая страница в истории фотографии связана с именем Томаса Веджвуда. Он клал на бумагу, увлажненную раствором

азотнокислого серебра, листья растений. При этом покрытая листьями часть бумаги оставалась светлой, освещенная же часть чернела. Результатом этого опыта был белый силуэт на черном фоне. Однако эти изображения можно было рассматривать только при свете свечи, так как при попадании солнечных лучей они портились. Веджвуд попробовал пропитать раствором кожу и установил, что изображения на ней появляются быстрее. (В то время этот феномен остался необъясненным. Только в конце 30-х годов XIX века было установлено, что дубильная кислота, содержавшаяся в коже, значительно ускоряет проявление изображения.) В 1802 году Веджвуд опубликовал результаты своих опытов. Постепенно он научился получать контурные изображения на бумаге, коже и стекле в течение трех минут — при экспозиции их на солнце, и в течение нескольких часов — при выдержке их в тени. Но эти снимки не переносили солнечного света, так как они не были зафиксированы. Только в 1819 году Джон Гершель нашел вещество, которое укрепляло фотографическое изображение. Им оказался серноватистокислый натр. Казалось бы, фотографии оставалось сделать последний шаг для того, чтобы состояться полностью как искусству, но этот шаг был сделан только через двадцать лет. А пока что поиски изобретателей пошли по другому пути.

В 1813 году к опытам с фотографическими пластинками приступил французский художник Ньепс, которому принадлежит главная заслуга в изобретении фотоаппарата. Около 1816 года он пришел к идее получать изображение предметов с помощью так называемой камеры-обскуры. Эта камера была известна еще в древности. В простейшей форме она представляет собой плотно закрытый со всех сторон светонепроницаемый ящик с небольшим отверстием. Если стенка, противоположная отверстию, будет из матового стекла, то на ней получается перевернутое изображение находящихся перед камерой предметов. Чем меньше отверстие, тем резче контуры изображения и тем оно слабее. В продолжение столетий эффекты, наблюдаемые в камере-обскуре, восхищали любителей природы. В 1550 году Кардан устроил в Нюрнберге камеру с большим отверстием, в котором находилась линза. Таким образом он получил более яркое и более четкое изображение. Это было важное усовершенствование, поскольку линза хорошо собирала лучи и значительно улучшала наблюдаемый эффект. Именно такой темный ящик с очень маленьким отверстием и линзой на одной стороне и светочувствительной пластинкой на другой Ньепс решил использовать для проекции изображения. Это был первый в истории фотоаппарат.

В 1824 году Ньепсу удалось разрешить задачу закрепления изображений, получаемых в камере-обскуре. В отличие от своих предшественников он работал не с хлористым серебром, а делал эксперименты с горной смолой, которая под действием света имеет способность изменять некоторые свои свойства. Например, на свету она переставала растворяться в некоторых жидкостях, в которых растворялась в темноте. Покрыв слоем горной смолы медную пластинку, Ньепс вставлял ее в камеру-обскуру и помещал в фокус увеличительного стекла. После довольно продолжительного действия света пластинку вынимали и погружали в смесь нефти с лавандовым маслом. На местах, содержащих действие света, горная смола оставалась нетронутой, а на остальных она

растворялась в смеси. Таким образом, места, полностью покрытые смолой, представляли освещенные места, а покрытые лишь отчасти — полутени. На получение рисунка требовалось не менее 10 часов, так как смола изменялась под действием света очень медленно.

Понятно, что этот способ трудно было назвать совершенным, и Ньепс продолжал поиски. В 1829 году он объединил свои усилия с Луи-Жаком Дагером, бывшим офицером, декоратором при парижском театре, работавшим над теми же проблемами. Вскоре он умер, и Дагер продолжал исследования один. Он уже имел в своем распоряжении фотоаппарат, изобретенный Ньепсом, но все еще не знал, каким образом получить светочувствительную пластину. Целый ряд удивительных совпадений навел его в конце концов на верный путь. Однажды Дагер случайно положил серебряную ложку на металл, покрытый йодом, и заметил, что на металле получилось изображение ложки. Тогда он взял полированную серебряную пластинку и подверг ее действию йодистых паров, чтобы получить таким образом йодистое серебро. На пластинку он положил один из фотографических снимков Ньепса. Через некоторое время на ней образовалась копия снимка, но очень неясная, так что ее можно было различить лишь с трудом. Тем не менее это был важный результат, открывший фотографические свойства йодистого серебра. Дагер стал искать способ, с помощью которого можно было бы проявлять полученные изображения. Другой счастливый случай привел к неожиданному успеху. Однажды Дагер взял из темной комнаты оставленную там пластинку, с которой работал накануне, и к великому удивлению увидел на ней слабый снимок. Он предположил, что какое-то вещество подействовало на пластинку и проявило за ночь невидимое накануне изображение. В темной комнате находилось много химических веществ. Дагер принялся за поиски. Каждую ночь он клал новую пластинку в кладовку и каждое утро убирал ее оттуда вместе с одним из химических реактивов. Он повторял эти опыты до тех пор, пока не удалил из комнаты все химикаты, и положил новую пластинку уже на пустую полку. К его удивлению, утром эта пластинка тоже оказалась проявленной. Он тщательно обследовал комнату и нашел в ней немного пролитой ртути: пары ее и были химическим проявителем. После этого Дагер мог уже без всякого труда разработать все детали фотографического процесса — с помощью фотоаппарата он получал слабые изображения на пластинках, покрытых йодистым серебром, а затем проявлял их парами ртути. В результате выходили замечательно четкие изображения предметов со всеми мелкими деталями и полутонами. Многолетние поиски завершились замечательным открытием.

10 августа 1839 года в Париже произошло большое собрание с участием членов Академии наук. Здесь было объявлено, что Дагер открыл способ проявлять и закреплять фотографические изображения. Сообщение это произвело огромное впечатление. Весь мир обсуждал возможности, открывшиеся благодаря новому достижению человеческой мысли. Французское правительство купило секрет изобретения Дагера и назначило ему пожизненную пенсию в 6000 франков. Не был забыт и сын Ньепса. Вскоре в продаже появились наборы для фотографирования по способу Дагера (этот способ стал называться дагеротипией). Несмотря на

высокую цену, они были раскуплены в короткий срок. Но вскоре публика почувствовала сильное охлаждение к этому изобретению. Действительно, дагеротипия, хотя и давала хорошие результаты, требовала огромного труда и немалого терпения.

Работа дагеротиписта начиналась с очищения и полировки посеребренной медной пластинки. Эта работа должна была производиться очень тщательно: сначала посредством спирта и ваты, а потом — окиси железа и мягкой кожи. Ни в коем случае нельзя было прикасаться к пластинке пальцем. Окончательная полировка делалась уже непосредственно перед съемкой. После этого серебряную пластинку делали чувствительной для света. Для этого ее в темноте клали в ящик с сухим йодом. В зависимости от того, что собирались снимать — ландшафт или портрет — продолжительность обработки парами йода была неодинаковой. После этого пластинка на несколько часов становилась светочувствительной, и ее помещали в кассету. Кассета представляла собой небольшой плоский деревянный ящичек с двумя подвижными стенками — задняя открывалась на шарнирах в виде дверцы, а передняя — поднималась вверх и вниз по специальным полозкам. Между этими дверцами и находилась пластинка.

Первые фотоаппараты представляли собой усовершенствованные камеры-обскуры. В открытом с одной стороны ящике двигался взад и вперед другой ящик, который можно было удерживать в определенном положении при помощи винта. На передней стенке этого ящика находилась линза или предметное стекло, а на задней стороне — матовое стекло. Вскоре Шарль Шевалье стал употреблять вместо одной линзы две, сконструировав таким образом первый объектив. Лучи от внешнего предмета, пройдя через объектив, останавливались на матовом стекле и при надлежащем расстоянии последнего от предмета на нем представлялось его отчетливое изображение. Большей или меньшей отчетливости изображения добивались отодвиганием или приближением внутреннего ящика и перестановкой объектива. Когда нужная четкость достигалась, на место матового стекла помещалась кассета таким образом, чтобы при вставлении в фотоаппарат поверхность пластинки находилась именно в том месте, которое занимало матовое стекло в тот момент, когда изображение предмета было на нем всего отчетливей. Потом вынимали переднюю крышку кассеты и начинали съемку. Первые сеансы были так утомительны, условия так плохи, пластинки реагировали так медленно, что стоило больших трудов найти людей, согласных сниматься. Приходилось сидеть 20 минут неподвижно под палящими лучами солнца, чтобы получить удачный по тогдашним понятиям портрет. Изображения глаз на первых портретах удавались с большим трудом, поэтому на ранних дагеротипах мы видим лица с закрытыми глазами.

По окончании съемки кассету закрывали и отправлялись в темную комнату. Здесь при свете свечки пластинку вынимали. На ней можно было заметить едва заметное изображение предмета. Чтобы оно сделалось четким и ясным, его необходимо было проявить. Эта операция производилась при помощи паров ртути. В деревянный ящик с медным дном выливали немного ртути и помещали в него пластинку изображением книзу. Чтобы ускорить процесс, внизу помещали горящую спиртовую лампу.

Ртуть начинала интенсивно испаряться и проявляла изображение. Дагеротипист наблюдал за этим процессом сбоку через специальное окошечко. После того как изображение проявлялось достаточно четко, пластинку вынимали. Там, где свет подействовал всего сильнее, соединение йода с серебром ослабевало в наибольшей степени, и поэтому ртуть пристывала здесь мельчайшими капельками, которые образовывали белую поверхность. В полутонах для присоединения ртути существовало больше препятствий, а в темных местах ртуть и вовсе не могла пристать на неразложившийся слой йодистого серебра. Оттого полутени выходили более или менее сероватыми, а чистое серебро казалось вовсе черным.

Для удаления остатков непрореагировавшего йодистого серебра пластинку надо было закрепить. Для этого ее помещали в раствор серноватистокислого натра, который растворял йодистое серебро, не претерпевшее действие света. Наконец, пластинку промывали в воде и сушили. В результате всех этих манипуляций получали на пластинке изумительно четкое изображение, в котором каждая деталь передавалась с поразительной отчетливостью. Но для того чтобы изображение сохранялось дольше, его надо было укрепить. Для этого пластинку обливали слабым раствором хлористого золота и кипятили в спиртовом пламени. При этой реакции хлор хлористого золота соединялся с серебром, а золото выделялось в виде металла и покрывало изображение тончайшей предохранительной пленкой. Эта операция также устраняла неприятную зеркальность серебра.

Такой предстает перед нами фотография в первые годы своего существования. Из нашего краткого описания видно, что это было не только утомительное, но и весьма вредное для здоровья занятие. Тем не менее, у фотографии сразу появилось много горячих поклонников и энтузиастов. Они готовы были часами вдыхать пары йода или ртути, с увлечением наблюдая за тем, как на пластинках таинственным образом проявляется изображение. Именно им это искусство обязано своим стремительным усовершенствованием.

Прежде всего, возобновились опыты с бумагой, пропитанной светочувствительным составом — ее стали называть фотобумагой. Эти опыты еще в начале столетия проводил Веджвуд. В том же 1839 году Фока Тальбот установил, что если фотобумагу, которая даже непродолжительное время подвергалась действию света обработать галусовой кислотой, то изображение проявляется очень быстро. Точно так же, как ртуть вызывает изображение на серебряной поверхности, галусовая кислота вызывала его на бумаге. В следующем году профессор Годдард из Лондона обнаружил, что при замене йодистого серебра на бромистое, чувствительность фотослоя возрастает в несколько десятков раз. Благодаря этому время, необходимое для съемки предмета, уменьшилось сразу с 20 минут до 20 секунд. Тогда же Клоде нашел, что бром значительно увеличивает чувствительность йодированных серебряных пластинок, так что нескольких секунд было достаточно для получения изображения. После этих открытий стало возможным развитие фотографии в современном смысле этого слова.

В фотографии серебро, соединенное с йодом, хлором и бромом, играло главную роль в получении изображения. Под действием света

соединения распадались и серебро освобождалось в виде мельчайших частичек, образуя рисующее вещество, точно так же, как в дагеротипии ртуть. Все происходящие при фотографировании химические реакции можно продемонстрировать несколькими простыми опытами. Если в пробирку с раствором поваренной соли влить несколько капель азотнокислого серебра, то в результате реакции двух этих веществ образуется белый творожистый осадок хлористого серебра. На солнечном свете этот осадок в короткое время утрачивает свой белый свет и становится сначала фиолетовым, потом серым и наконец — черным. Дело в том, что под действием света хлористое серебро распадается, и при этом выделяется металлическое серебро. Однако это изменение претерпевают только те слои, которые находятся ближе к свету. Если добавить к раствору несколько капель серноватистокислого натра, большая часть хлористого серебра постепенно растворится. Нерастворенными останутся только чешуйки выделившегося под действием света металлического серебра. В этих реакциях представлен весь ход операций в фотографии.

Чтобы приготовить фотобумагу, брали хороший белый лист писчей бумаги и смачивали ее в 10%-ном растворе поваренной соли, сушили и настилали на поверхность раствор азотнокислого серебра. В результате на бумаге образовывался светочувствительный слой хлористого серебра. Готовый лист помещали в светонепроницаемую кассету, и съемка производилась так же, как описано выше. При этом после проявления на бумаге получалось видимое изображение предмета, но не прямое, а обратное, то есть самые светлые места выходили на ней самыми темными, а самые темные — оставались светлыми. Это происходило потому, что всюду, где фотослой подвергся интенсивному действию света, освобождалось наибольшее количество металлического серебра черного цвета. Напротив, там, где действие света было незначительно, сохранялось хлористое серебро белого цвета. Это изображение закрепляли, промывая лист в растворе серноватистокислого натра. Но, очевидно, что пользоваться такой фотографией, дававшей совершенно обратное изображение света и тени, было неудобно. Ее использовали для получения положительных отпечатков. Для этого ее клали в темноте на чувствительный лист фотобумаги в копировальную рамку, закрывали стеклянной пластиной и подвергали действию света. Последний проникал сквозь положенное сверху отрицательное изображение. Всего легче он проходил сквозь совершенно светлые места, слабее — сквозь полутона и почти вовсе не проникал сквозь тени. Оттого на нижнем листе чувствительной бумаги получалось требуемое положительное изображение, которое, после достаточного действия света, вынимали и укрепляли.

Однако для всех этих операций бумага оказывается недостаточно подходящим материалом, так как имеет грубое строение и препятствует прохождению света. Чистое стекло по своей прозрачности представляло бы самый лучший материал, но оно было не в состоянии впитывать химические вещества, поэтому превратить его в светочувствительную пластинку было не так легко, как бумагу. Выход из этого затруднения был найден достаточно быстро — стеклянную пластинку стали покрывать прозрачной тонкой клейкой пленкой, способной удерживать

светочувствительный слой. Сначала для этого пользовались яичными белками, а потом коллодием. Последний способ был открыт в 1851 году Скотом Арчером.

Фотографический коллодий состоял из раствора гремучей хлопчатой бумаги в эфире со спиртом и представлял собой бесцветную слизистую жидкость, которая в тонких слоях быстро сохла, оставляя прозрачную пленку. Для получения стеклянной фотопластинки в раствор коллодия добавляли йодистый кадмий. После этого брали чистую стеклянную пластинку и наливали на нее достаточное количество коллодия. Когда коллодий подсыхал до густой массы, пластинку погружали в раствор азотнокислого серебра, насыщенный йодистым серебром. При этой реакции йод и бром соединялись с серебром, образуя йодистое и бромистое серебро, которое осаждалось в слой коллодия. Напротив, азотная кислота, освободившаяся из серебряной соли, соединялась с кадмием. Таким образом, пластинка покрывалась светочувствительным слоем и была готова для съемки. Для проявления изображения ее обрабатывали раствором пирогалусовой кислоты или раствором железного купороса (вода + железный купорос + уксусная кислота + спирт). Уксусная кислота несколько замедляла реакцию, чтобы проявление не шло слишком быстро. Закрепление происходило, как и раньше, раствором серноватистокислого натра. Для копирования и получения окончательного изображения служила уже фотобумага, покрытая хлористым серебром. Фотографирование на коллодии положило начало современной фотографии; с этого времени сделалось возможным легко и быстро получать хорошие, отчетливые снимки.

38. ПАРОВОЙ МОЛОТ

Паровой молот господствовал в машиностроении на протяжении 90 лет и был одной из важнейших машин своего времени. Его создание и внедрение в производство по своему значению для промышленной революции можно сравнить только с введением механизированного суппорта токарного станка, осуществленным Генри Модсли на рубеже XIX века. Важное место, занимаемое молотом в цепи производства, объяснялось огромным значением ковки в общем технологическом процессе получения изделий из железа. Как уже говорилось, зарождение ковки связано с сыродутным способом восстановления железа. Крица мягкого железа, извлеченная из домницы, имела рыхлую ноздреватую структуру. Поры ее были заполнены шлаком. Чтобы получить высококачественное железо и сталь для изготовления инструментов, шлак следовало удалить, а поры заварить. Это как раз и достигалось ковкой. Ковать металл можно было только нагревая его до сварочного жара: удары, наносимые молотом, должны были быть максимально мощными, чтобы сварка в местах расслоения действительно произошла и не образовались пустоты. Кроме того, из горячего металла сильные удары выжимали остатки шлака, что также увеличивало качество железа. Только хорошо прокованный металл годился потом для производства инструментов и оружия, причем на протяжении многих веков их также изготавливали исключительно путем ковки. Позднее, в XVIII-XIX веках, — выковывали и детали машин.

В древности все кузнечные работы полностью выполнял сам кузнец. В дальнейшем произошло разделение труда — наиболее квалифицированную часть работы продолжал выполнять кузнец, а тяжелую, малоквалифицированную, — молотобойцы, работавшие под его руководством. Кузнец работал молотком в 1-2 кг, а молотобойцы — кувалдами, вес которых доходил до 12 кг. Кувалды насаживались на длинные рукояти из твердых, упругих, нещепящихся пород дерева. Длинная рукоять позволяла удерживать кувалду обеими руками и бить круговыми движениями «в размах». Разделение труда между кузнецом и молотобойцем открыло возможность механизировать тяжелые однообразные удары, производимые последним, и передать его работу механизму. В средние века был изобретен кулачковый молот с приводом от водяного колеса. Первые такие молоты появились уже в XIII веке, а их широкое распространение относится к XVI веку. В конце XVIII века вошли в употребление молоты с приводом от паровой машины. Патент на изобретение такого молота получил в 1784 году Джеймс Уатт.

Соединение молота с машиной поначалу ничего не изменило в его собственной конструкции. Это был тот же хвостовой, кулачковый молот, что за четыреста лет до открытия Уатта приводился в действие водяным колесом. Более того, в нем можно было без труда увидеть его древний ручной прообраз. Век пара не поменял ни его формы, ни принципа действия, только увеличил размеры и вес. Но такое положение не могло сохраняться долго. В последующие десятилетия развитие машиностроения, железнодорожное строительство и, главным образом, строительство колоссальных океанских пароходов потребовало обработки деталей невиданных прежде размеров. Валы гребных колес, кривошипы и прочие части паровых машин часто достигали огромной величины. Для их изготовления стали создаваться гигантские машины, в том числе мощные паровые молоты. Однако конструкция кулачкового молота, имевшая много недостатков, не позволяла выковывать с высоким качеством особенно крупные заготовки. Сила удара молота прямо зависела от высоты его падения. Между тем с увеличением размеров заготовки уменьшалось свободное пространство между бойком и наковальней, и, следовательно, ослабевала сила удара. В этом заключалось большое неудобство, поскольку при обработке больших и массивных деталей удары оказывались самыми слабыми, и наоборот, — при обработке деталей незначительной толщины молот действовал с максимальной силой, что было совершенно обратно потребностям производства. В результате, массивная деталь успевала остыть прежде, чем заканчивалась ковка. Ее приходилось нагревать снова и опять переводить под молот. На это уходило много времени и сил, но качество ковки все равно оставляло желать лучшего. Кроме того, поскольку движение молота осуществлялось не по прямой, а по дуге, никогда нельзя было достичь строгой параллельности между поверхностью молота и наковальни (кроме тех случаев, когда молот предназначался для ковки деталей одной и той же толщины).

Таково было положение дел к началу 40-х годов XIX века, когда появился паровой молот Несмита, построенный на совершенно иных принципах. Он сразу получил широкое распространение, так как отвечал самым насущным потребностям производства. Повод к этому

замечательному изобретению был подан следующим обстоятельством. Фирма «Грейт Вестерн Компани», для которой завод Несмита постоянно поставлял металлорежущие станки, получила заказ построить гигантский пароход «Великобритания». Пароход должен был иметь гигантский коленчатый вал с диаметром около 750 мм. Как оказалось, отковать такой вал при помощи существовавших тогда молотов было совершенно невозможно. Узнав о затруднениях фирмы, Несмит задумался над тем, как осуществить такую гигантскую поковку. Сначала он предполагал усовершенствовать старый молот, но потом сообразил, что надо вообще отказаться от прежней схемы и создать новое устройство, в котором паровая машина и ударник будут соединены в единый механизм.

Один из главных недостатков всех прежних молотов состоял в том, что движение от паровой машины к ударной части молота передавалось крайне нерационально. Возвратно-поступательное движения поршня в цилиндре машины сначала преобразовывалось во вращательное движение кулачкового вала. Затем приходилось снова преобразовывать вращательное движение вала в возвратно-поступательное движение самого молота. «И была ли какая-то выгода в этом сложном преобразовании движения? Совершенно никакой, — писал позже Несмит. — Напротив, от этого проистекали только многие важные невыгоды — прежде всего, терялась мощность». Хорошо понимая недостатки старой конструкции, Несмит создал новую машину со свободно падающей рабочей частью, которая была их лишена. Основными частями его молота стали цилиндр, поршень и поддерживающая их станина.

Паровой цилиндр С был расположен так, что шток поршня выходил в сторону наковальни К. Цилиндр С поддерживался двумя стойками О, образовывавшими станину. «Баба» В двигалась между этими стойками в пазах и несла боек, который был сменным и зависел от характера выполняемой работы. Пар из котла через трубу Р поступал в камеру, в которой двигался золотник. Когда золотник занимал нижнее положение, пар входил под поршень и поднимал его, а также шток, «бабу» и боек. Если рукоятку поворачивали в другую сторону, то золотник прекращал поступление пара под поршень и открывал ему выход в атмосферу через основную трубу. Тогда падающие части под действием собственного веса ударяли по заготовке с силой, совершенно недоступной для хвостового кулачкового молота. Давление пара регулировали, уменьшая отверстие, через которое он выпускался. Таким образом можно было заставить молот падать медленнее или быстрее и соответственно наносить более или менее сильные удары. Полностью перекрыв выход пара, можно было мгновенно остановить молот в любой точке. Насколько новый молот был послушен в управлении, говорит такой эпизод. В 1843 году лорды Адмиралтейства прибыли на завод Несмита, желая осмотреть его изобретение. Несмит сам управлял машиной, имевшей вес падающих частей 2, 5 т. Чтобы удивить лордов, он приготовил нечто вроде фокуса. На наковальню была поставлена хрустальная рюмка с сырым яйцом. Запустив машину, Несмит разбил скорлупу яйца, не повредив рюмки.

Коммерческий успех новой машины превзошел все ожидания. Молот стал сенсацией среди машиностроителей. Для того чтобы ознакомиться с его устройством, инженеры и механики приезжали со всех концов страны.

Поступило множество заказов, и паровой молот начал свое победное шествие сначала по Англии, а потом и по всему земному шару. (Один из первых заказов пришел из России.) Это изобретение принесло Несмиту всемирную известность и славу одного из ведущих машиностроителей. Еще при его жизни, во второй половине XIX века, паровые молоты достигли колоссальных размеров. Так, в 1861 году на заводе Круппа был построен молот «Фриц». Его «баба» весила 50 т.

39. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТЕЛЕГРАФ

Вплоть до середины XIX века единственным средством сообщения между европейским континентом и Англией, между Америкой и Европой, между Европой и колониями оставалась пароходная почта. О происшествиях и событиях в других странах люди узнавали с опозданием на целые недели, а порой и месяцы. Например, известия из Европы в Америку доставлялись через две недели, и это был еще не самый долгий срок. Поэтому создание телеграфа отвечало самым настоятельным потребностям человечества. После того как эта техническая новинка появилась во всех концах света и земной шар опоясали телеграфные линии, требовались только часы, а порой и минуты на то, чтобы новость по электрическим проводам из одного полушария примчалась в другое. Политические и биржевые сводки, личные и деловые сообщения в тот же день могли быть доставлены заинтересованным лицам. Таким образом, телеграф следует отнести к одному из важнейших изобретений в истории цивилизации, потому что вместе с ним человеческий разум одержал величайшую побед над расстоянием.

Но кроме того что телеграф открыл новую веху в истории связи, изобретение это важно еще и тем, что здесь впервые, и притом в достаточно значительных масштабах, была использована электрическая энергия. Именно создателями телеграфа впервые было доказано, что электрический ток можно заставить работать для нужд человека и, в частности, для передачи сообщений. Изучая историю телеграфа, можно видеть, как в течение нескольких десятилетий молодая наука об электрическом токе и телеграфия шли рука об руку, так что каждое новое открытие в электричестве немедленно использовалось изобретателями для различных способов связи.

Как известно, с электрическими явлениями люди познакомились в глубокой древности. Еще Фалес, натирая кусочек янтаря шерстью, наблюдал затем, как гот притягивает к себе небольшие тела. Причина этого явления заключалась в том, что при натирании янтарю сообщался электрический заряд. В XVII веке научились заряжать тела с помощью электростатической машины. Вскоре было установлено, что существуют два вида электрических зарядов: их стали называть отрицательными и положительными, причем заметили, что тела, имеющие одинаковый знак зарядов, отталкиваются друг от друга, а разные знаки — притягиваются. Долгое время, исследуя свойства электрических зарядов и заряженных тел, не имели понятия об электрическом токе. Он был открыт, можно сказать, случайно болонским профессором Гальвани в 1786 году. Гальвани в течение многих лет экспериментировал с электростатической машиной, изучая ее действие на мускулатуру животных — прежде всего лягушек (Гальвани вырезал лапку лягушки вместе с частью позвоночного столба,

один электрод от машины подводил к позвоночнику, а другой — к какой-нибудь мышце, при пропускании разряда мышца сокращалась и лапка дергалась). Однажды Гальвани подвесил лягушачью лапку с помощью медного крючка к железной решетке балкона и к своему великому изумлению заметил, что лапка дернулась так, словно через нее пропустили электрический разряд. Такое сокращение происходило каждый раз, когда крючок соединялся с решеткой. Гальвани решил, что в этом опыте источником электричества является сама лапка лягушки. Не все согласились с этим объяснением. Пизанский профессор Вольта первый догадался, что электричество возникает вследствие соединения двух разных металлов в присутствии воды, но только не чистой, а представляющей собой раствор какой-нибудь соли, кислоты или щелочи (такую электропроводящую среду стали называть электролитом). Так, например, если пластинки меди и цинка спаять между собой и погрузить в электролит, в цепи возникнут электрические явления, являющиеся следствием протекающей в электролите химической реакции. Очень важным здесь было следующее обстоятельство — если прежде ученые умели получать лишь моментальные электрические разряды, то теперь они имели дело с принципиально новым явлением — постоянным электрическим током. Ток, в отличие от разряда, можно было наблюдать в течение длительных промежутков времени (до тех пор пока в электролите не пройдет до конца химическая реакция), с ним можно было экспериментировать, наконец, его можно было использовать. Правда, ток, возникавший между парой пластинок, получался слабым, но Вольта научился его усиливать. В 1800 году, соединив несколько таких пар вместе, он получил первую в истории электрическую батарею, названную вольтовым столбом. Эта батарея состояла из положенных одна на другую пластинок меди и цинка, между которыми находились кусочки войлока, смоченные раствором соли. При исследовании электрического состояния такого столба Вольта обнаружил, что на средних парах электрическое напряжение почти вовсе незаметно, но оно возрастает на более удаленных пластинах. Следовательно, напряжение в батарее было тем значительнее, чем больше число пар. Пока полюса этого столба не были соединены между собой, в нем не обнаруживалось никакого действия, но при замыкании концов с помощью металлической проволоки в батарее начиналась химическая реакция, и в проволоке появлялся электрический ток. Создание первой электрической батареи было событием величайшей важности. С этого времени электрический ток становится предметом самого пристального изучения многих ученых. Вслед за тем появились и изобретатели, которые постарались использовать вновь открытое явление для нужд человека.

Известно, что электрический ток представляет собой упорядоченное движение заряженных частиц. Например, в металле — это движение электронов, в электролитах — положительных и отрицательных ионов и т.д. Прохождение тока через проводящую среду сопровождается рядом явлений, которые называют действиями тока. Самые важные из них — это тепловое, химическое и магнитное. Говоря об использовании электричества, мы обычно подразумеваем, что применение находит то или иное из действий тока (например, в лампе накаливания — тепловое, в

электродвигателе — магнитное, при электролизе — химическое). Поскольку изначально электрический ток был открыт как следствие химической реакции, химическое действие тока прежде всего обратило на себя внимание. Замечено было, что при прохождении тока через электролиты наблюдается выделение веществ, содержащихся в растворе, или пузырьков газа. При пропускании тока через воду можно было, к примеру, разложить ее на составные части — водород и кислород (эта реакция называется электролизом воды). Именно это действие тока и легло в основу первых электрических телеграфов, которые поэтому называются электрохимическими.

В 1809 году в Баварскую академию был представлен первый проект такого телеграфа. Его изобретатель Земеринг предложил использовать для средств связи пузырьки газа, выделявшиеся при прохождении тока через подкисленную воду. Телеграф Земеринга состоял из: 1) вольтова столба A; 2) алфавита B, в котором буквам соответствовали 24 отдельных проводка, соединявшихся с вольтовым столбом посредством проволоки, втыкавшейся в отверстия штифтов (на B2 это соединение показано в увеличенном виде, а на B3 дан вид сверху); 3) каната E из 24-х свитых вместе проводков; 4) алфавита C1, совершенно соответствующего набору B и помещающегося на станции, принимающей депеши (здесь отдельные проводки проходили сквозь дно стеклянного сосуда с водой (C3 представляет план этого сосуда); 5) будильника D, состоявшего из рычага с ложкой (в увеличенном виде он представлен на C2).

Когда Земеринг хотел телеграфировать, он сперва подавал другой станции знак с помощью будильника и для этого втыкал два полюса проводника в петли букв B и C. Ток проходил по проводнику и воде в стеклянном сосуде C1, разлагая ее. Пузырьки скапливались под ложечкой и поднимали ее так, что она принимала положение, обозначенное пунктиром. В этом положении подвижный свинцовый шарик под действием собственной тяжести скатывался в воронку и по ней спускался в чашечку, вызывая действие будильника. После того как на принимающей станции все было подготовлено к приему депеши, отдающий ее соединял полюса проволоки таким образом, что электрический ток проходил последовательно через все буквы, составляющие передаваемое сообщение, причем пузырьки отделялись у соответствующих букв другой станции. Впоследствии этот телеграф значительно упростил Швейгер, сократив количество проводов всего до двух. Швейгер ввел различные комбинации в пропускании тока. Например, различную продолжительность действия тока и, следовательно, различную продолжительность разложения воды. Но этот телеграф все еще оставался слишком сложным: наблюдать за выделением пузырьков газа было очень утомительно. Работа шла медленно. Поэтому электрохимический телеграф так и не получил практического применения.

Следующий этап в развитии телеграфии связан с открытием магнитного действия тока. В 1820 году датский физик Эрстед во время одной из лекций случайно обнаружил, что проводник с электрическим током оказывает влияние на магнитную стрелку, то есть ведет себя как магнит. Заинтересовавшись этим, Эрстед вскоре открыл, что магнит с определенной силой взаимодействует с проводником, по которому

проходит электрический ток — притягивает или отталкивает его. В том же году французский ученый Арго сделал другое важное открытие. Проволока, по которой он пропускал электрический ток, случайно оказалась погруженной в ящик с железными опилками. Опилки прилипли к проволоке, как будто это был магнит. Когда же ток отключили, опилки отпали. Исследовав это явление, Арго создал первый электромагнит — одно из важнейших электротехнических устройств, которое используется во множестве электрических приборов. Простейший электромагнит легко приготовит каждый. Для этого надо взять брусок железа (лучше всего незакаленного «мягкого» железа) и плотно намотать на него медную изолированную проволоку (эта проволока называется обмоткой электромагнита). Если теперь присоединить концы обмотки к батарейке, брусок намагнитится и будет вести себя как хорошо всем известный постоянный магнит, то есть притягивать мелкие железные предметы. С исчезновением тока в обмотке при размыкании цепи брусок мгновенно размагнитится. Обычно электромагнит представляет собой катушку, внутрь которой вставлен железный сердечник.

Наблюдая за взаимодействием электричества и магнетизма, Швейгер в том же 1820 году изобрел гальваноскоп. Этот прибор состоял из одного витка проволоки, внутри которой помещалась в горизонтальном состоянии магнитная стрелка. Когда через проводник пропускали электрический ток, стрелка отклонялась в сторону. В 1833 году Нервандар изобрел гальванометр, в котором сила тока измерялась непосредственно по углу отклонения магнитной стрелки. Пропуская ток известной силы, можно было получить известное отклонение стрелки гальванометра. На этом эффекте и была построена система электромагнитных телеграфов.

Первый такой телеграф изобрел русский подданный барон Шиллинг. В 1835 году он демонстрировал свой стрелочный телеграф на съезде естествоиспытателей в Бонне. Передаточный прибор Шиллинга состоял из клавиатуры в 16 клавиш, служивших для замыкания тока. Приемный прибор состоял из 6 гальванометров с магнитными стрелками, подвешенными на шелковых нитях к медным стойкам; выше стрелок были укреплены на нитках двухцветные бумажные флажки одна сторона их была окрашена в белый, другая — в черный цвет. Обе станции телеграфа Шиллинга были соединены восемью проводами; из них шесть соединялись с гальванометрами, одна служила для обратного тока и одна — для призывного аппарата (электрического звонка). Когда на отправной станции нажимали клавишу и пускали ток, на приемной станции отклонялась соответствующая стрелка. Различные положения черных и белых флажков на различных дисках давали условные сочетания, соответствовавшие буквам алфавита или цифрам. Позднее Шиллинг усовершенствовал свой аппарат, причем 36 различных отклонений его единственной магнитной стрелки соответствовали 36 условным сигналам.

При демонстрации опытов Шиллинга присутствовал англичанин Уильям Кук. В 1837 году он несколько усовершенствовал аппарат Шиллинга (у Кука стрелка при каждом отклонении указывала на ту или иную букву, изображенную на доске, из этих букв складывались слова и целые фразы) и попытался устроить телеграфное сообщение в Англии. Вообще, телеграфы, работавшие по принципу гальванометра, получили некоторое

распространение, но весьма ограниченное. Главным их недостатком была сложность эксплуатации (телеграфисту приходилось быстро и безошибочно улавливать на глаз колебания стрелок, что было достаточно утомительно), а также то обстоятельство, что они не фиксировали передаваемые сообщения на бумаге. Поэтому магистральный путь развития телеграфной связи пошел другим путем. Однако устройство первых телеграфных линий позволило разрешить некоторые важные проблемы, касавшиеся передачи электрических сигналов на большие расстояния.

Поскольку проведение проволоки очень затрудняло распространение телеграфа, немецкий изобретатель Штейнгель попытался ограничиться только одним проводом и вести ток обратно по железнодорожным рельсам. С этой целью он проводил опыты между Нюрнбергом и Фюртом и выяснил, что в обратном проводе вообще нет никакой надобности, так как для передачи сообщения вполне достаточно заземлить другой конец провода. После этого стали на одной станции заземлять положительный полюс батареи, а на другой — отрицательный, избавляясь таким образом от необходимости проводить вторую проволоку, как это делали до этого. В 1838 году Штейнгель построил в Мюнхене телеграфную линию длиной около 5 км, использовав землю как проводник для обратного тока.

Но для того чтобы телеграф стал надежным устройством связи, необходимо было создать аппарат, который бы мог записывать передаваемую информацию. Первый такой аппарат с самопишущим прибором был изобретен в 1837 г. американцем Морзе.

Морзе был по профессии художник. В 1832 году во время долгого плавания из Европы в Америку он ознакомился с устройством электромагнита. Тогда же у него появилась идея использовать его для передачи сигналов. К концу путешествия он уже успел придумать аппарат со всеми необходимыми принадлежностями электромагнитом, движущейся полоской бумаги, а также своей знаменитой азбукой, состоящей из системы точек и тире. Но потребовалось еще много лет упорного труда, прежде чем Морзе удалось создать работоспособную модель телеграфного аппарата. Дело осложнялось тем, что в то время в Америке очень трудно было достать какие-либо электрические приборы. Буквально все Морзе приходилось делать самому или при помощи своих друзей из нью-йоркского университета (куда он был приглашен в 1835 году профессором литературы и изящных искусств). Морзе достал в кузнице кусок мягкого железа и изогнул его в виде подковы. Изолированная медная проволока тогда еще не была известна Морзе купил несколько метров проволоки и изолировал ее бумагой. Первое большое разочарование постигло его, когда обнаружилось недостаточное намагничивание электромагнита. Это объяснялось малым числом оборотов проволоки вокруг сердечника Только ознакомившись с книгой профессора Генри, Морзе смог исправить допущенные ошибки и собрал первую действующую модель своего аппарата. На деревянной раме, прикрепленной к столу, он установил электромагнит и часовой механизм, приводивший в движение бумажную ленту. К маятнику часов он прикрепил якорь (пружину) магнита и карандаш. Производимое при помощи особого приспособления, телеграфного ключа, замыкание и размыкание тока заставляло маятник качаться взад и вперед,

причем карандаш чертил на движущейся ленте бумаги черточки, которые соответствовали поданным посредством тока условным знакам.

Это было крупным успехом, но тут явились новые затруднения. При передаче сигнала на большое расстояние из-за сопротивления проволоки сила сигнала ослабевала настолько, что он уже не мог управлять магнитом. Чтобы преодолеть это затруднение, Морзе изобрел особый электромагнитный замыкатель, так называемое реле. Реле представляло собой чрезвычайно чувствительный электромагнит, который отзывался даже на самые слабые токи, поступавшие из линии. При каждом притяжении якоря реле замыкало ток местной батареи, пропуская его через электромагнит пишущего прибора.

Таким образом, Морзе изобрел все основные части своего телеграфа. Он закончил работу в 1837 году. Еще шесть лет ушло у него на тщетные попытки заинтересовать правительство США своим изобретением. Только в 1843 году конгресс США принял решение ассигновать 30 тысяч долларов на строительство первой телеграфной линии длиной 64 км между Вашингтоном и Балтимором. Сначала ее прокладывали под землей, но потом обнаружилось, что изоляция не выдерживает сырости. Пришлось срочно исправлять положение и тянуть проволоку над землей. 24 мая 1844 года была торжественно отправлена первая телеграмма. Через четыре года телеграфные линии имелись уже в большинстве штатов.

Телеграфный аппарат Морзе оказался чрезвычайно практичным и удобным в обращении. Вскоре он получил широчайшее распространение во всем мире и принес своему создателю заслуженную славу и богатство. Конструкция его очень проста. Главными частями аппарата были передающее устройство — ключ, и принимающее — пишущий прибор.

Ключ Морзе состоял из металлического рычага, который вращался вокруг горизонтальной оси. Как на передней, так и на задней оси его находились маленькие металлические конусы, каждый из которых касался лежащих под ним пластинок, вследствие чего происходило замыкание тока. Чтобы представить себе работу ключа, обозначим все его контакты цифрами. Пусть передний конус будет 1, а задний — 3. Лежащие под ними пластинки соответственно будут считаться 2-м и 4-м контактами. В положении ключа, когда ручка не опущена, контакты 3 и 4 замкнуты, а 1 и 2 — разомкнуты. Пластинка 2 соединена с проводником батареи. С телом рычага соединена проводная проволока к отдаленной станции, между тем как пластинка 4 имеет связь с пишущим прибором. На принимающей станции принимающий провод идет к принимающему магниту.

Когда приходила телеграмма, то электрический ток проходил по рычагам ключа таким образом, что из проволоки он поступал в пластину 4 и затем — в пишущий прибор (контакты 1 и 2 в это время были разъединены) При отправлении телеграмм контакты 3 и 4 разъединяли. Тогда ток от батареи при замыкании контактов 1 и 2 шел на станцию приема. Если телеграфист замыкал цепь на короткое время — проходил короткий сигнал, если держал ключ внизу дольше — сигнал получался более длинный.

Пишущий прибор на приемной станции преобразовывал эти сигналы в систему точек и тире. Работал он следующим образом. От передающей

станции ток поступал на спирали M и M1. Находящиеся в них куски железа намагничивались и притягивали железную пластину B. Вследствие этого штифт O, находившийся на другом плече A, прижимался к бумажной полосе P, которая свертывалась с кружка R посредством валиков V и W по направлению, указанному стрелкой. При этом конец штифта, на котором был карандаш, писал на ленте точки или тире, в зависимости от того — прижимался он на короткое или на более длительное время. Как только действие тока прекращалось (это бывало каждый раз, когда телеграфист на передающей станции размыкал ключом цепь), пружина f оттягивала штифт вниз, вследствие чего пластина B отходила от электромагнита. Движение валиков V и W происходило от часового механизма, который приводился в действие опусканием гири G. Степень отклонения рычага можно было регулировать с помощью винтов m и n.

Неудобство аппарата Морзе заключалось в том, что передаваемые им сообщения были понятны лишь профессионалам, знакомым с азбукой Морзе. В дальнейшем многие изобретатели работали над созданием буквопечатающих аппаратов, записывающих не условные комбинации, а сами слова телеграммы. Широкое распространение получил изобретенный в 1855 году буквопечатающий аппарат Юза. Главными его частями были: 1) клавиатура с вращающимся замыкателем и доской с отверстием (это принадлежность передатчика); 2) буквенное колесо с приспособлением для печатания (это приемник). На клавиатуре размещалось 28 клавиш, с помощью которых можно было передать 52 знака. Каждая клавиша системой рычагов соединялась с медным стержнем. В обычном положении все эти стержни находились в гнездах, а все гнезда располагались на доске по окружности. Над этими гнездами вращался со скоростью 2 оборота в секунду замыкатель, так называемая тележка. Она приводилась во вращение опускающейся гирей весом 60 кг и системой зубчатых колес На станции приема с точно такой же скоростью вращалось буквенное колесо. На его ободе находились зубцы со знаками. Вращение тележки и колеса происходило синхронно, то есть в тот момент, когда тележка проходила над гнездом, соответствующим определенной букве или знаку, этот же самый знак оказывался в самой нижней части колеса над бумажной лентой. При нажатии клавиши один из медных стерженьков приподнимался и выступал из своего гнезда. Когда тележка касалась его, цепь замыкалась. Электрический ток мгновенно достигал станции приема и, проходя через обмотки электромагнита, заставлял бумажную ленту (которая двигалась с постоянной скоростью) приподняться и коснуться нижнего зубца печатного колеса. Таким образом на ленте отпечатывалась нужная буква. Несмотря на кажущуюся сложность, телеграф Юза работал довольно быстро и опытный телеграфист передавал на нем до 40 слов в минуту.

Зародившись в 40-х годах XIX века, телеграфная связь в последующие десятилетия развивалась стремительными темпами. Провода телеграфа пересекли материки и океаны. В 1850 году подводным кабелем были соединены Англия и Франция. Успех первой подводной линии вызвал ряд других: между Англией и Ирландией, Англией и Голландией, Италией и Сардинией и т.д. В 1858 году после ряда неудачных попыток удалось проложить трансатлантический кабель между Европой и Америкой. Однако он работал только три недели, после чего связь оборвалась. Только в 1866

году между Старым и Новым светом была наконец установлена постоянная телеграфная связь. Теперь события, происходящие в Америке, в тот же день становились известны в Европе, и наоборот. В последующие годы бурное строительство телеграфных линий продолжалось по всему земному шару. Их суммарная длина только в Европе составила 700 тыс. км.

40. ЛИТАЯ СТАЛЬ

В истории металлургии железа было три революционных переворота, оказавших глубочайшее влияние на весь ход человеческой истории: первый имел место еще в глубокой древности, когда появились сыродутные горны; второй произошел в средние века, после открытия переделочного процесса; третий пришелся на вторую половину XIX века и был связан с началом производства литой стали. Сталь во все времена оставалась самым необходимым и желанным продуктом металлургии железа, потому что только она обладала той твердостью и крепостью, какие требовались для изготовления инструментов, оружия и деталей машин. Но прежде чем превратиться в стальное изделие, металл должен был подвергнуться целому ряду трудоемких операций. Сначала из руды выплавляли чугун. Потом чугун восстанавливали в мягкое железо. Наконец путем длительной проковки железной крицы получали из нее необходимую стальную деталь (или только заготовку к ней, которую затем подвергали окончательной отделке на металлорежущих станках). Производство мягкого железа и в особенности ковка долгое время оставались самыми узкими местами в процессе обработки железа. На них уходило больше всего сил и времени, а результаты далеко не всегда оказывались удовлетворительными. Особенно остро эта проблема стала ощущаться в XIX веке, когда резко возрос спрос на дешевую сталь. Естественным образом у многих ученых и изобретателей возникала мысль, которую потом высказал Бессемер: каким образом получить металл со свойствами железа и стали, но в жидком виде, чтобы его можно было использовать для отливки? Разрешение поставленной проблемы потребовало нескольких десятилетий упорного труда многих металлургов. На этом пути было сделано несколько важных открытий и изобретений, каждое из которых составило эпоху в истории обработки железа.

До конца XVIII века передел чугуна в мягкое ковкое железо происходил только в кричных горнах. Этот способ, однако, был неудобен во многих отношениях. Получавшийся в ходе него металл был неоднородным — местами приближался по своим качествам к ковкому железу, местами — к стали. Кроме того, работа требовала больших затрат времени и физических сил. Так как топливо (уголь) находилось в непосредственном соприкосновении с железом, к нему предъявлялись очень высокие требования, ведь любые примеси влияли на качество конечного продукта. Расход угля был очень велик (в среднем, на восстановление 1 кг железа уходило до 4 кг угля). В самых крупных горнах можно было за 24 часа получить не более 400 кг железа. Между тем рынок требовал все больше железа и стали. Для удовлетворения этих запросов необходимо было найти более совершенный способ переделки чугуна.

Значительным шагом вперед на этом пути стал предложенный в 1784 году англичанином Кортом процесс пудлингования в специально созданной для этого печи.

Принципиальное устройство пудлинговой печи состояло в следующем. В топке сжигали топливо. Продукты горения через каменный порог попадали в рабочее пространство печи, где на поду находился загруженный чугун с железистыми шлаками. Шлаки под действием пламени переходили в тестообразное состояние и частично расплавлялись. С повышением температуры чугун начинал плавиться и примеси его выгорали за счет кислорода, заключенного в шлаках. Таким образом чугун обезуглероживался, то есть превращался в крицу губчатого железа. Важное отличие пудлинговой печи от кричного горна заключалось в том, что она допускала использовать в качестве горючего любое топливо, в том числе и дешевый неочищенный каменный уголь, а объем ее был значительно больше. Благодаря пудлинговым печам железо стало дешевле. Вместе с тем в отличие от кричных горнов печь Корта не требовала принудительного вдувания. Доступ воздуха и хорошая тяга достигались благодаря высокой трубе. Это была одна из причин, почему пудлинговые печи получили широкое распространение во всем мире. Однако существенным недостатком этих печей было то, что воздух обдувал только верхнюю часть чугуна. Для того чтобы восстановление железа шло равномерно и по всему объему, приходилось периодически открывать печь и перемешивать чугун. Это был тяжелый ручной труд. Кроме того, поскольку силы и возможности рабочего были ограничены, печь не могла быть слишком большой. (Чтобы допустить помешивание, Корт предусмотрел две трубы, из которых одна находилась под топкой, а вторая — в конце печи. Ее открывали в тот момент, когда требовалось снизить температуру.)

Уже к середине XIX века пудлинговые печи перестали удовлетворять новым потребностям промышленности. Чтобы поспевать за спросом, приходилось строить на каждую большую домну несколько печей (в среднем одну домну обслуживало десять пудлинговых печей). Это удорожало и усложняло производство. Многие изобретатели думали над тем, как заменить пудлингование более совершенным способом восстановления железа. Раньше других эту задачу удалось разрешить английскому инженеру Бессемеру. К занятиям металлургией Бессемер пришел после многих лет работы над усовершенствованием артиллерийских орудий и снарядов. Он поставил перед собой цель найти способ производства высококачественной литой стали, из которой можно было бы отливать пушки. Наблюдая много раз за плавкой чугуна, он заметил, что твердое восстановленное железо образуется раньше всего у воздуходувных труб. Это навело его на мысль получать сталь путем усиленной продувки через расплавленный чугун воздуха. Первые свои опыты Бессемер провел в закрытом тигле, который он нагревал в горне с коксом. Результат превзошел самые смелые ожидания. Менее чем за час продувки он получал из чугуна первосортную сталь. Кроме того, дальнейшие опыты показали, что нет никакой необходимости вводить в металлургический процесс тепло извне. Дело в том, что чугун содержит собственный горючий материал в качестве примесей: кремний, марганец, углерод — всего около 45 кг горючих материалов на каждую тонну чугуна. Своим горением они позволяли значительно повысить температуру плавки

и получать сталь в жидком состоянии.

В 1856 году Бессемер публично демонстрировал изобретенный им неподвижный конвертер. Конвертер имел вид невысокой вертикальной печки, закрытой сверху сводом с отверстием для выхода газов. Сбоку в печи было второе отверстие для заливки чугуна. Готовую сталь выпускали через отверстие в нижней части печи (во время работы конвертера его забивали глиной). Воздуходувные трубки (фурмы) находились возле самого пода печи. Так как конвертер был неподвижным, продувку начинали раньше, чем вливали чугун. В противном случае металл залил бы фурмы. По той же причине надо было вести продувку до тех пор, пока весь металл не был выпущен. Весь процесс длился не более 20 минут. Малейшая задержка в выпуске давала брак. Это неудобство, а также ряд других недостатков неподвижного конвертера заставили Бессемера перейти к вращающейся печи. В 1860 году он взял патент на новую конструкцию конвертера, сохранившуюся в общих чертах до наших дней.

Способ Бессемера был настоящей революцией в области металлургии. За 8-10 минут его конвертер превращал 10-15 т чугуна в ковкое железо или сталь, на что прежде потребовалось бы несколько дней работы пудлинговой печи или несколько месяцев работы прежнего кричного горна. Однако, после того как бессемеров метод стал применяться в промышленных условиях, результаты его оказались хуже, чем в лаборатории, и сталь выходила очень низкого качества. Два года Бессемер пытался разрешить эту проблему и наконец выяснил, что в его опытах чугун содержал мало фосфора, в то время как в Англии широко использовался чугун, выплавленный из железных руд с высоким содержанием фосфора. Между тем фосфор и сера не выгорали вместе с другими примесями; из чугуна они попадали в сталь и существенно снижали ее качество. Это, а кроме того высокая стоимость конвертера, привело к тому, что бессемеровский способ очень медленно внедрялся в производство. И 15 лет спустя в Англии большая часть чугуна переплавлялась в пудлинговых печах. Гораздо более широкое применение конвертеры получили в Германии и США.

Наряду с бессемеровским способом производства стали вскоре огромную роль приобрел мартеновский способ. Суть его заключалась в том, что чугун сплавляли с железным ломом в специальной регенеративной печи. Эта печь была придумана и построена в 1861 году немецкими инженерами Фридрихом и Вильямом Сименсами для нужд стекольной промышленности, но наибольшее распространение получила в металлургии. В состав печи входили газопроизводители (или генераторы газа), сама печь с возобновителями теплоты (или регенераторами) для подогрева газа и воздуха и литейного отделения (двора). Генераторы и регенераторы были связаны между собой особой системой каналов для газа, воздуха и продуктов горения. Последние отводились в дымовую трубу высотой до 40 м, дававшей необходимую тягу. Генераторы располагались под подом или по бокам печи. Регенераторы представляли собой особые камеры для нагрева газа и воздуха. Специальные переменные клапаны направляли газ и воздух то в одну камеру, то в другую, а продукты горения отводили в трубу. Горение происходило следующим образом. Газ и воздух нагревались каждый в своей камере, а затем поступали в плавильное пространство, где

происходило горение. Продукты горения, пройдя над подом печи, устремлялись в регенераторы и отдавали здесь большую часть своей теплоты кладке регенераторов, а затем уходили в трубу. Чтобы процесс происходил непрерывно, с помощью клапанов направляли воздух и газ то в одну пару регенераторов, то в другую. В результате такого продуманного теплообмена температура в печи достигала 1600 градусов, то есть превышала температуру плавки чистого безуглеродистого железа. Создание высокотемпературных печей открыло новые горизонты перед металлургией. К середине XIX века во всех промышленных странах имелись огромные запасы железного лома. Из-за высокой тугоплавкости его не могли использовать в производстве. Французские инженеры Эмиль и Пьер Мартены (отец и сын) предложили сплавлять этот железный лом с чугуном в регенеративной печи и таким образом получать сталь. В 1864 году на заводе Сирейль они под руководством Сименса осуществили первую успешную плавку. Затем этот способ стал применяться повсюду.

Мартеновские печи были дешевле конвертеров и потому имели более широкое распространение. Однако ни бессемеровский, ни мартеновский способ не позволял получать высококачественную сталь из руды, содержащей серу и фосфор. Эта проблема оставалась неразрешенной в течение полутора десятилетий, пока в 1878 году английский металлург Сидней Томас не придумал добавлять в конвертер до 10-15% извести. При этом образовывались шлаки, способные удерживать фосфор в прочных химических соединениях. В результате фосфор выгорал вместе с другими ненужными примесями, а чугун превращался в высококачественную сталь. Значение изобретения Томаса было огромно. Оно позволило в широком масштабе производить сталь из фосфоросодержащих руд, которые в большом количестве добывались в Европе.

В целом введение бессемеровского и мартеновского процессов дало возможность производить сталь в неограниченных количествах. Литая сталь быстро завоевала себе место в промышленности, и начиная с 70-х годов XIX века сварочное железо почти совершенно выходит из употребления. Уже в первые пять лет после введения мартеновского и бессемеровского производств мировой выпуск стали увеличился на 60%.

41. СПИЧКИ

Спички в течение многих десятилетий были одним из важнейших элементов человеческой жизни, да и сегодня играют не последнюю роль в нашем повседневном обиходе. Обычно, чиркая спичкой о коробок, мы даже не задумываемся над тем, какие химические реакции происходят в эту секунду и сколько изобретательности и сил положили люди, чтобы иметь такое удобное средство добывания огня. Обыкновенные спички, несомненно, принадлежат к числу самых удивительных изобретений человеческого ума. Чтобы убедиться в этом, достаточно вспомнить, скольких усилий требовало разведение огня в прежние времена. Правда, от утомительного способа извлекать огонь трением наши предки отказались еще в древности. В средние века появилось для этой цели более удобное приспособление — огниво, но и с ним разжигание огня требовало известной сноровки и усилий. При ударе стали о кремень высекалась искра, которая попадала на трут, пропитанный селитрой. Трут

начинал тлеть. Приложив к нему листок бумаги, стружку или любую другую растопку, раздували огонь. Раздувание искры было самым неприятным моментом в этом занятии. Но можно ли было обойтись без него? Кто-то придумал обмакнуть сухую лучинку в расплавленную серу. В результате на одном кончике лучины образовывалась серная головка. Когда головку прижимали к тлеющему труту, она вспыхивала. От нее загоралась вся лучинка. Так появились первые спички.

Надо сказать, что в течение всей своей предыдущей истории люди старались получить огонь с помощью механических воздействий — трения или удара. При таком подходе серная спичка могла играть только вспомогательную роль, поскольку непосредственно добыть огонь с ее помощью было нельзя, ведь она не загоралась ни от удара, ни от трения. Но вот в конце XVIII века известный химик Бертолле доказал, что пламя может быть результатом химической реакции. В частности, если капнуть серной кислотой на хлорноватистокислый калий (бертолетову соль), возникнет пламя. Это открытие позволило подойти к проблеме добывания огня совсем с другой стороны. В разных странах начались многолетние изыскания по созданию спичек с концом, намазанным тем или иным химическим веществом, способным возгораться при определенных условиях.

В 1812 году Шапсель изобрел первые самозажигающиеся спички, еще весьма несовершенные, однако с их помощью можно было добыть пламя гораздо скорее, чем при помощи огнива. Спички Шапселя представляли собой деревянные палочки с головкой из смеси серы, бертолетовой соли и киновари (последняя служила для окраски зажигательной массы в красивый красный цвет). В солнечную погоду такая спичка зажигалась при помощи двояковыпуклой линзы, а в других случаях — при соприкосновении с капелькой концентрированной серной кислоты. Эти спички были очень дороги и, кроме того, опасны, так как серная кислота разбрызгивалась при воспламенении головки и могла вызывать ожоги. Понятно, что они не получили широкого распространения. Более практичными должны были стать спички с головками, загорающимися при легком трении. Однако сера не годилась для этой цели. Искали другое легковоспламеняющееся вещество и тут обратили внимание на белый фосфор, открытый в 1669 году немецким алхимиком Брандом. Фосфор гораздо более горюч, чем сера, но и с ним не все сразу получилось. Поначалу спички зажигались с трудом, так как фосфор выгорал слишком быстро и не успевал воспламенить лучину. Тогда его стали наносить поверх головки старой серной спички, предполагая, что сера быстрее загорится от фосфора, чем древесина. Но эти спички тоже загорались плохо. Дело пошло на лад только после того, как стали подмешивать к фосфору вещества, способные при нагревании выделять необходимый для воспламенения кислород.

Сейчас уже трудно сказать, кто первый придумал удачный рецепт зажигательной массы для фосфорных спичек. По-видимому, это был австриец Ирини. В 1833 году он предложил предпринимателю Ремеру следующий способ изготовления спичек: «Нужно взять какого-нибудь горячего клея, лучше всего гуммиарабика, бросить в него кусок фосфора и сильно взболтать склянку с клеем. В горячем клее при сильном

взбалтывании фосфор разобьется на мелкие частицы. Они так тесно слипаются с клеем, что образуется густая жидкость беловатого цвета. Дальше к этой смеси нужно прибавить мелко растертый порошок перекиси свинца. Все это размешивается до тех пор, пока не получится однообразная бурая масса. Предварительно надо приготовить серники, то есть лучинки, концы которых покрыты серой. Сверху серу нужно покрыть слоем фосфорной массы. Для этого серники обмакивают в приготовленную смесь. Теперь остается их высушить. Таким образом получаются спички. Они воспламеняются очень легко. Их стоит только чиркнуть о стенку». Это описание дало возможность Ремеру открыть спичечную фабрику. Он, впрочем, понимал, что носить спички в кармане и чиркать ими о стенку неудобно и придумал упаковывать их в коробки, на одну из сторон которых клеили шершавую бумажку (готовили ее просто — обмакивали в клей и сыпали на нее песок или толченое стекло). При чирканьи о такую бумажку (или о любую шершавую поверхность) спичка воспламенялась. Наладив для начала пробный выпуск спичек, Ремер потом расширил производство в сорок раз — так велик был спрос на его товар, и заработал на выпуске спичек огромные деньги. Его примеру последовали другие фабриканты, и вскоре во всех странах фосфорные спички сделались ходовым и дешевым товаром.

Постепенно было разработано несколько различных составов зажигательной массы. Уже из описания Ирини видно, что в головку фосфорной спички входило несколько компонентов, каждый из которых выполнял свои функции. Прежде всего, здесь был фосфор, игравший роль воспламенителя. К нему подмешивали вещества, выделяющие кислород. Помимо достаточно опасной бертолетовой соли в этой роли могли употреблять перекись марганца или сурик, а в более дорогих спичках — перекись свинца, которая вообще являлась наиболее подходящим материалом. Под слоем фосфора помещались менее горючие вещества, передающие пламя от воспламенителя деревянной лучине. Это могли быть сера, стеарин или парафин. Для того чтобы реакция не шла слишком быстро и дерево успело нагреться до температуры горения, добавляли нейтральные вещества, например, пемзу или порошкообразное стекло. Наконец в массу подмешивали клей, для того чтобы соединить между собой все остальные компоненты. При трении головки о шероховатую поверхность в месте соприкосновения возникала теплота, достаточная для зажигания ближайших частичек фосфора, от которых воспламенялись и другие. При этом масса настолько нагревалась, что тело, содержащее кислород, разлагалось. Выделявшийся кислород способствовал воспламенению легкозагорающегося вещества, которое находилось под головкой (серы, парафина и т.п.). От него огонь передавался дереву.

Спичечное производство с самого начала приняло крупные масштабы, ведь годовое потребление спичек исчислялось десятками и сотнями миллиардов штук. Без всесторонней механизации тут было не обойтись. Фабрикация спичек делилась на две главные операции: 1) изготовление палочек (спичной соломки), 2) приготовление зажигательной массы и макание в нее соломки. Наиболее употребительной породой дерева для спичек была осина, а также тополь, ива, сосна, ель, древесина которых имела крепкие прямые волокна. Высушенные бревна резали на

куски длиной около 1 м. Каждый кусок раскалывали накрест на четыре части и снимали с него кору. Полученный чурбан укрепляли на столярном верстаке и строгали с помощью специального рубанка, рабочая часть которого состояла из нескольких трубочек, заостренных спереди. При прохождении таким рубанком вдоль дерева получались длинные круглые или прямоугольные палочки (в зависимости от формы трубочек соломке можно было придать любое поперечное сечение). Затем обычным рубанком сглаживали неровности, образовавшиеся в виде желобков от вынутых лучинок, снимали второй слой, вновь выравнивали дерево и так далее. Получившиеся лучинки резали на части, имеющие длину спички. Эту операцию производили на станке, имевшем очень простое устройство.

Лучинки укладывались в корыто А и подвигались вплотную к регулирующей пластинке Р, а затем с помощью рычага m и ножа В отрезали установленную длину.

Вместо ручного строгания очень скоро стала применяться специальная машина. Дерево здесь упиралось в конец станины и обрабатывалось при помощи режущего устройства, в котором имелось несколько заостренных трубочек, вырезающих лучинки при движении режущего устройства. Для того чтобы подвергнуться обработке на этой машине, бревно сначала разрезалось на доски. Машина эта, впрочем, имела много недостатков и давала большой отход. Поэтому в дальнейшем ее заменили другие, а сам процесс резки лучинок был разбит на несколько операций.

Для дальнейшей обработки соломку необходимо было уложить ровными и параллельными рядами. Для этой цели тоже употребляли специальную машину. На платформу, которая получала быстрые сотрясательные движения, устанавливали перегороженный ящик, причем расстояние между перегородками соответствовало длине спички. При быстром движении ящика соломки укладывались между перегородками в отделения ящика, а мусор проваливался через его нижние отверстия. Затем ящик снимали и переворачивали. Соломка оставалась на доске параллельными рядами и в таком виде направлялась в макальную.

Перед обмакиванием соломку укладывали в специальную рамку, состоявшую из основания и двух крепившихся к нему железных стержней, на которые надевались деревянные дощечки. Поперек дощечек проходили желобки, расположенные параллельно друг другу. Длина этих желобков делалась такой, чтобы положенная в них соломка выступала приблизительно на четверть своей длины. Заполненные дощечки надевались на стержни одна над другой. Сверху все они прикрывались доской и зажимались клиньями. Таким образом получалась рамка, в которой помещалось около 2500 спичек. В дальнейшем эта операция была механизирована и выполнялась специальной наборной машиной.

Каждую спичку необходимо было обмакивать дважды — сначала в серу или парафин, а потом в зажигательную массу. Изготовление зажигательной массы было сложным делом, требовавшим больших предосторожностей. Особое значение имело ее тщательное перемешивание. Для этого каждая составная часть сильно измельчалась до порошкообразного состояния. Первоначально обмакивание спичек происходило вручную с помощью макальной сковороды.

Макальная сковорода состояла из двух частей: плоской и углубленной. Первая делалась несколько больше наборной рамы и служила собственно для обмакивания в расплавленную массу. Слой ее здесь был незначителен и соответствовал вышине парафинированной (или серненой) части спички. Вторая часть служила резервуаром для массы и способствовала сохранению постоянного уровня.

Позже была изобретена макальная машина. Она состояла из чугунного резервуара, окруженного другим чугунным резервуаром. Во внешнем резервуаре находилась зажигательная масса. Между обоими резервуарами заливалась теплая вода для согревания массы. Внутренний резервуар был закрыт со всех сторон и лишь в верхней доске имел поперечную щель, в которой помещался валик. Вращаясь, валик захватывал своей нижней половиной часть массы из резервуара и наносил ее на концы спичек. Для большего удобства работы над верхней доской резервуара имелась особая макальная плита, на которую устанавливалась наборная рама и которая легко двигалась над макальным валиком при помощи зубчатых реек и шестерней, укрепленных на оси валика. Над макальным валиком помещался другой, который служил для равномерного надавливания проходящих под ним наборных рам к нижнему валику. Из макальной машины наборные рамы переносились в сушильную камеру. После просушки спички вынимали из наборных рам и укладывали в коробки. Долгое время эта работа выполнялась вручную, но потом появились машины и для этой операции.

Большим недостатком фосфорных спичек была ядовитость фосфора. На спичечных фабриках рабочие быстро (иногда за несколько месяцев) отравлялись парами фосфора и делались неспособны к труду. Вредность этого производства превосходила даже зеркальное и шляпное. Кроме того, раствор зажигательной массы в воде давал сильнейший яд, которым пользовались самоубийцы (а нередко и убийцы). В 1847 году Шретер открыл неядовитый аморфный красный фосфор. С этого времени появилось желание заменить им опасный белый фосфор. Раньше других эту задачу удалось разрешить знаменитому немецкому химику Бетхеру. Он приготовил смесь из серы и бертолетовой соли, смешав их с клеем, и нанес ее на лучинки, покрытые парафином. Но, увы, эти спички оказалось невозможно зажечь о шершавую поверхность. Тогда Бетхер придумал смазать бумажку особым составом, содержащим некоторое количество красного фосфора. При трении спички о такую поверхность частички красного фосфора воспламенялись за счет прикасающихся к ним частиц бертолетовой соли головки и зажигали последнюю. Новые спички горели ровным желтым пламенем. Они не давали ни дыма, ни того неприятного запаха, который сопутствовал фосфорным спичкам. Изобретение Бетхера поначалу не заинтересовало фабрикантов. Впервые «безопасные спички» стали выпускать в 1851 году шведы братья Лундстремы. Поэтому бесфосфорные спички долго называли «шведскими». Как только безопасные спички получили распространение, во многих странах было запрещено производство и продажа фосфорных спичек. Через несколько десятилетий их выпуск совершенно прекратился.

42. ДИНАМИТ

На протяжении нескольких веков людям было известно только одно взрывчатое вещество — черный порох, широко применявшийся как на войне, так и при мирных взрывных работах. Но вторая половина XIX столетия ознаменовалась изобретением целого семейства новых взрывчатых веществ, разрушительная сила которых в сотни и тысячи раз превосходила силу пороха. Их созданию предшествовало несколько открытий. Еще в 1838 году Пелуз провел первые опыты по нитрации органических веществ. Суть этой реакции заключается в том, что многие углеродистые вещества при обработке их смесью концентрированных азотной и серной кислот отдают свой водород, принимают взамен нитрогруппу NO2 и превращаются в мощную взрывчатку. Другие химики исследовали это интересное явление. В частности, Шенбейн, нитрируя хлопок, в 1846 году получил пироксилин. В 1847 году, воздействуя подобным образом на глицерин, Собреро открыл нитроглицерин — взрывчатое вещество, обладавшее колоссальной разрушительной силой. Поначалу нитроглицерин никого не заинтересовал. Сам Собреро только через 13 лет вернулся к своим опытам и описал точный способ нитрации глицерина. После этого новое вещество нашло некоторое применение в горном деле. Первоначально его вливали в скважину, затыкали ее глиной и взрывали посредством погружаемого в него патрона. Однако наилучший эффект достигался при воспламенении капсюля с гремучей ртутью.

Чем же объясняется исключительная взрывная сила нитроглицерина? Было установлено, что при взрыве происходит его разложение, в результате чего сначала образуются газы CO2, CO, H2, CH4, N2 и NO, которые вновь взаимодействуют между собой с выделением огромного количества теплоты. Конечную реакцию можно выразить формулой:

$$2C3H5(NO3)3 = 6CO2 + 5H2O + 3N + 0,5O2.$$

Разогретые до огромной температуры эти газы стремительно расширяются, оказывая на окружающую среду колоссальное давление. Конечные продукты взрыва совершенно безвредны. Все это, казалось, делало нитроглицерин незаменимым при подземных взрывных работах Но вскоре оказалась, что изготовление, хранение и перевозка этой жидкой взрывчатки чреваты многими опасностями.

Вообще, чистый нитроглицерин довольно трудно воспламенить от открытого огня. Зажженная спичка тухла в нем без всяких последствий. Но зато его чувствительность к ударам и сотрясениям (детонации) была во много раз выше, чем у черного пороха. При ударе, часто совсем незначительном, в слоях, подвергшихся сотрясению, происходило быстрое повышение температуры до начала взрывной реакции. Мини-взрыв первых слоев производил новый удар на более глубокие слои, и так продолжалось до тех пор, пока не происходил взрыв всей массы вещества. Порой без всякого воздействия извне нитроглицерин вдруг начинал разлагаться на органические кислоты, быстро темнел и тогда достаточно было самого ничтожного сотрясения бутыли, чтобы вызвать ужасный взрыв. После целого ряда несчастных случаев применение нитроглицерина было почти повсеместно запрещено. Тем промышленникам, которые наладили выпуск этой взрывчатки, оставалось два выхода — либо найти такое состояние,

при котором нитроглицерин будет менее чувствителен к детонации, либо свернуть свое производство.

Одним из первых заинтересовался нитроглицерином шведский инженер Альфред Нобель, основавший завод по его выпуску. В 1864 году его фабрика взлетела на воздух вместе с рабочими. Погибло пять человек, в том числе брат Альфреда Эмиль, которому едва исполнилось 20 лет. После этой катастрофы Нобелю грозили значительные убытки — нелегко было убедить людей вкладывать деньги в такое опасное предприятие. Несколько лет он изучал свойства нитроглицерина и в конце концов сумел наладить вполне безопасное его производство. Но оставалась проблема транспортировки. После многих экспериментов Нобель установил, что растворенный в спирте нитроглицерин менее чувствителен к детонации. Однако этот способ не давал полной надежности. Поиски продолжались, и тут неожиданный случай помог блестяще разрешить проблему. При перевозке бутылей с нитроглицерином, чтобы смягчить тряску, их помещали в кизельгур — особую инфузорную землю, добывавшуюся в Ганновере. Кизельгур состоял из кремневых оболочек водорослей со множеством полостей и канальцев. И вот как-то раз при пересылке одна бутыль с нитроглицерином разбилась и ее содержимое вылилось на землю. У Нобеля возникла мысль произвести несколько опытов с этим пропитанным нитроглицерином кизельгуром. Оказалось, что взрывные свойства нитроглицерина нисколько не уменьшались от того, что его впитала пористая земля, но зато его чувствительность к детонации снижалась в несколько раз. В этом состоянии он не взрывался ни от трения, ни от слабого удара, ни от горения. Но зато при воспламенении небольшого количества гремучей ртути в металлическом капсюле происходил взрыв той же силы, какую давал в том же объеме чистый нитроглицерин. Другими словами, это было как раз то, что нужно, и даже гораздо более того, что надеялся получить Нобель. В 1867 году он взял патент на открытое им соединение, которое назвал динамитом.

Взрывная сила динамита столь же огромна, как и у нитроглицерина: 1 кг динамита в 1/50000 секунды развивает силу в 1000000 кгм, то есть достаточную для того чтобы поднять 1000000 кг на 1 м. При этом если 1 кг черного пороха превращался в газ за 0, 01 секунды, то 1 кг динамита — за 0, 00002 секунды. Но при всем этом качественно изготовленный динамит взрывался только от очень сильного удара. Зажженный прикосновением огня, он постепенно сгорал без взрыва, синеватым пламенем. Взрыв наступал только при зажигании большой массы динамита (более 25 кг). Подрыв динамита, как и нитроглицерина, лучше всего было проводить с помощью детонации. Для этой цели Нобель в том же 1867 году изобрел гремучертутный капсюльный детонатор. Динамит сразу нашел широчайшее применение при строительстве шоссе, туннелей, каналов, железных дорог и других объектов, что во многом предопределило стремительный рост состояния его изобретателя. Первую фабрику по производству динамита Нобель основал во Франции, затем он наладил его производство в Германии и Англии. За тридцать лет торговля динамитом принесла Нобелю колоссальное богатство — около 35 миллионов крон.

Процесс изготовления динамита сводился к нескольким операциям. Прежде всего необходимо было получить нитроглицерин. Это было

наиболее сложным и опасным моментом во всем производстве. Реакция нитрации происходила, если 1 часть глицерина обрабатывали тремя частями концентрированной азотной кислоты в присутствии 6 частей концентрированной серной кислоты. Уравнение имело следующий вид:

$C_3H_5(OH)_3 + 3HNO_3 = C_3H_5(NO_3)_3 + 3H_2O$.

Серная кислота в соединении не участвовала, но ее присутствие было необходимо, во-первых, для поглощения выделявшейся в результате реакции воды, которая в противном случае, разжижая азотную кислоту, тем самым препятствовала бы полноте реакции, а, во-вторых, для выделения образующегося нитроглицерина из раствора в азотной кислоте, так как он, будучи хорошо растворим в этой кислоте, не растворялся в ее смеси с серной. Нитрация сопровождалась сильным выделением теплоты. Причем если бы вследствие нагревания температура смеси поднялась выше 50 градусов, то течение реакции направилось бы в другую сторону — началось бы окисление нитроглицерина, сопровождающееся бурным выделением окислов азота и еще большим нагреванием, которое бы привело к взрыву. Поэтому нитрацию нужно было вести при постоянном охлаждении смеси кислот и глицерина, прибавляя последний понемногу и постоянно размешивая каждую порцию. Образующийся непосредственно при соприкосновении с кислотами нитроглицерин, обладая меньшей плотностью сравнительно с кислой смесью, всплывал на поверхность, и его можно было легко собрать по окончании реакции.

Приготовление кислотной смеси на заводах Нобеля происходило в больших цилиндрических чугунных сосудах, откуда смесь поступала в так называемый нитрационный аппарат.

Аппарат состоял из свинцового сосуда A, который помещался в деревянном чане B и закрывался свинцовой крышкой L, которая при работе замазывалась цементом. Через крышку проходили концы двух свинцовых змеевиков D, находящихся внутри аппарата (через них постоянно подавалась холодная вода). Через трубку C в аппарат подавался и холодный воздух для размешивания смеси. Трубка F отводила из аппарата пары азотной кислоты; трубка G служила для наливания отмеренного количества кислой смеси; через трубку H вливали глицерин. В сосуде M отмерялось необходимое количество этого вещества, которое затем впрыскивалось в азотную смесь посредством сжатого воздуха, впускаемого по трубке O. В такой установке можно было за раз обработать около 150 кг глицерина. Впустив требуемое количество кислотной смеси и охладив ее (пропуская холодный сжатый воздух и холодную воду через змеевики) до 15-20 градусов, начинали вбрызгивать охлажденный глицерин. При этом следили, чтобы температура в аппарате не поднималась выше 30 градусов. Если температура смеси начинала быстро подниматься и приближалась к критической, содержимое чана можно было быстро выпустить в большой сосуд с холодной водой.

Операция образования нитроглицерина продолжалась около полутора часов. После этого смесь поступала в сепаратор — свинцовый четырехугольный ящик с коническим дном и двумя кранами, один из которых находился в нижней части, а другой — сбоку. Как только смесь отстаивалась и разделялась, нитроглицерин выпускали через верхний кран, а кислотную смесь — через нижний. Полученный нитроглицерин

несколько раз промывали от избытка кислот, так как кислота могла вступить с ним в реакцию и вызвать его разложение, что неминуемо вело к взрыву. Во избежание этого в герметический чан с нитроглицерином подавали воду и перемешивали смесь с помощью сжатого воздуха. Кислота растворялась в воде, а так как плотности воды и нитроглицерина сильно различались, отделить их затем друг от друга не составляло большого труда. Для того чтобы удалить остатки воды, нитроглицерин пропускали через несколько слоев войлока и поваренной соли. В результате всех этих действий получалась маслянистая жидкость желтоватого цвета без запаха и очень ядовитая (отравление могло происходить как при вдыхании паров, так и при попадании капель нитроглицерина на кожу). При нагревании свыше 180 градусов она взрывалась с ужасной разрушительной силой.

Приготовленный нитроглицерин смешивали с кизельгуром. Перед этим кизельгур промывали и тщательно измельчали. Пропитывание его нитроглицерином происходило в деревянных ящиках, выложенных внутри свинцом. После смешения с нитроглицерином динамит протирали через решето и набивали в пергаментные патроны.

В кизельгуровом динамите во взрывной реакции участвовал только нитроглицерин. В дальнейшем Нобель придумал пропитывать нитроглицерином различные сорта пороха. В этом случае порох тоже участвовал в реакции и значительно увеличивал силу взрыва.

43. РОТАЦИОННАЯ МАШИНА

Одним из замечательнейших событий в истории техники стало появление в середине XIX века скоропечатной ротационной машины, позволившей в тысячи раз увеличить выпуск печатных изданий, прежде всего газет и журналов. Это изобретение, точно так же как создание в свое время Гутенбергом первого книгопечатного станка, имело огромное влияние на все стороны жизни человечества. В самом деле, быстрое развитие образования и распространение его в широких народных массах в XVIII-XIX веках создавало громадную потребность в печатном слове, что повлекло за собой увеличение тиража книг и газет. Между тем старый печатный станок претерпел очень мало изменений с XVI века и был плохо приспособлен к тому, чтобы удовлетворить назревшую потребность. Многие типографы в XVIII веке ломали голову над тем, как увеличить его производительность и создать скоропечатную машину. Верный путь был в конце концов найден Фридрихом Кенигом, сыном небогатого прусского фермера. Пятнадцати лет он поступил учеником в типографию, и с этого времени вся его жизнь была связана с печатным делом. Еще в 1794 году Кениг сделал первое усовершенствование, создав модель печатной машины с непрерывным, при помощи зубчатых колес, подниманием и опусканием пиана (пресса). Однако прошло много лет, прежде чем ему удалось применить свое изобретение на практике. Все хозяева немецких типографий, к которым Кениг обращался за поддержкой, отвечали ему отказом. В 1806 году он перебрался в Лондон, и только здесь на его изобретение обратили внимание.

В 1807 году три лондонских типографии дали Кенигу деньги на постройку печатающей машины. В 1810 г., при помощи магистра математики Андрея Бауэра, Кениг собрал скоропечатный станок, который за счет различных улучшений в конструкции мог производить до 400

оттисков в час. Однако этого было недостаточно. Нужна была принципиально новая схема, которая позволила бы полностью или почти полностью исключить ручной труд. В старом станке, как мы помним, процесс печатания происходил при помощи ряда плоских досок, на плоский талер ставился набор при помощи плоского декеля, с плоским же рашкетом к набору, намазанному краской, прижимался плоским пианом лист бумаги. Особенно много времени уходило на намазывание набора краской — его постоянно приходилось выдвигать из-под пресса и снова задвигать на место. Сначала Кениг попытался ускорить эту операцию за счет того, что краска на набор стала наноситься с помощью специального покрасочного валика. Возможно, отталкиваясь от этой идеи, он решил и пресс сделать не плоским, а цилиндрическим в виде барабана. В этом состояла самая важная находка Кенига. В 1811 году он создал первую скоропечатную машину цилиндрического типа, в которой лист бумаги, будучи положен на цилиндр (барабан), прокатывался этим цилиндром по укрепленной на талере форме с набором, принимающим краску с вращающегося валика. Из прежних плоских досок в новой конструкции остался только талер, на который ставился набор, плотно заключенный в металлическую раму. Замена плоских поверхностей вращающимися цилиндрами позволила сразу в несколько раз увеличить производительность станка.

Машина Кенига была для своего времени настоящим шедевром инженерной мысли, тем более удивительным, что почти все операции она производила автоматически. При вращении главного колеса приходил в действие сложный механизм из целой системы зубчатых колес и зубчатых передач, двигавший в нужном направлении и в нужные моменты все работающие части машины. Основными ее узлами были покрасочный аппарат и печатающий барабан. Между ними взад и вперед двигалась тележка-талер с набором. Приняв краску от красочного аппарата, талер задвигался под печатающий барабан, который прокатывал по нему лист бумаги. Таким образом в общих чертах происходил процесс печатания.

Красочный аппарат состоял из длинного ящика с краской и нескольких валиков, последовательно передававших эту краску друг другу. Верхний металлический валик находился в самом красочном ящике. При вращении на него попадал слой краски, которую по надобности можно было выпускать из ящика в щель, делая эту щель то толще, то тоньше. С металлического валика краска подавалась на тонкий валик, который затем спускался с ней на вал, вращавшийся внизу и двигавшийся не только вокруг своей оси, но также и вдоль нее. С него краска сходила на голый металлический цилиндр, а уже оттуда попадала на два упругих барабана, которые растирали ее и распределяли по набору ровным слоем. Такое сложное устройство красочного аппарата объяснялось тем, что его функция в ускорении печатанья была очень велика. Краски на набор должно было поступать ровно столько, сколько необходимо для получения отчетливого оттиска. Ее не могло быть больше, поскольку в этом случае листки стали бы пачкать друг друга. Краска должна была хорошо растираться и распределяться по набору равномерно.

Роль печатающего барабана заключалась в том, чтобы захватить лист чистой бумаги и прокатать его по набору. На его поверхности располагались специальные захватки, которые то поднимались, то

опускались, в зависимости от положения барабана. В то время, когда талер с печатной формой находился под красочными валиками, печатающий барабан оставался неподвижен и захватки его были подняты. Накладчик, стоявший на высокой скамейке, брал лист бумаги из запаса, лежащего от него по правую руку, и клал ее на косую плоскость довольно близко к цилиндру, чтобы бумага могла быть взята захватками. При движении талера назад барабан начинал вращаться. Тогда захватки наподобие пальцев накладывались на лист и увлекали его за собой. Лист бумаги обволакивал барабан и крепко прилегал к нему, прижимаемый тесемками, которые приходились на поля. Во время движения цилиндра особые иглы (графейки) прокалывали лист посередине, удерживая его от перекоса. При своем круговращении барабан проводил лист над набором, прижимая его. После того как лист принимал краску, зажимы поднимались, а тесемки переводили бумагу на другой прибор — «ракет» (приемник), представлявший из себя ряд длинных плоских пальцев; эти пальцы, после перехода на них печатного листа, поднимались и опрокидывали его на стол, где листы ложились друг на друга печатью вверх.

Тем временем талер вновь отодвигался под красочный аппарат. Чтобы при этом обратном движении набор и барабан не соприкасались, одна из сторон последнего была чуть-чуть срезана. Во время прохода талера барабан, обращенный срезами книзу, оставался неподвижен. Но когда набор становился под красочный аппарат, барабан возвращался в первоначальное положение, приоткрывая захватки для приема бумаги. Таким образом протекала работа на первой машине Кенига. После того как все листы получали оттиски на одной стороне, их вновь пропускали через машину и печатали на обороте.

Изобретение Кенига заинтересовало прежде всего владельцев крупных газет. В 1814 году Кениг собрал для типографии «Таймс» две цилиндрические машины, которые печатали со скоростью 1000 оттисков в час. Затем он изобрел машину с двумя цилиндрами, печатавшую одновременно с двух сторон листа. Заказы на нее стали поступать из разных стран. Разбогатев, Кениг в 1817 году вернулся в Германию и основал в Вюрцбурге первую фабрику по производству типографских машин. До своей кончины (в 1833 году) он успел наладить производство печатных машин, печатающих двумя красками. Компаньон Кенига Бауэр еще более усовершенствовал его изобретение. Очень скоро появились машины, в которых роль рабочего-накладчика была вовсе устранена, и бумага подавалась на цилиндры пневматическим аппаратом, который присасывал к себе край листа. После того как клапаны на барабане захватывали лист, аппарат отстранялся и автоматически подносил следующий лист. Далее было введено еще одно важное усовершенствование в виде присоединявшегося к машине фальцовочного аппарата, который при передаче в него ракетом листов фальцевал их, то есть перегибал на нужное число сгибов со скоростью печатания листов. Таким образом, работа самой сложной скоропечатной машины складывалась из следующих операций: самонакладчик автоматически подавал лист на цилиндр, затем, после напечатания одной стороны, при помощи системы тесемок лист переходил на второй, расположенный рядом цилиндр, прижимаясь к нему напечатанной стороной; этот второй цилиндр

проводил лист над той же формой, на том же талере, заставлял текст отпечататься с другой стороны; после чего лист поступал на ракет; оттуда — в фальцовочный аппарат. Движущая сила машин была различна. В начале XIX века их вращали рабочие-"вертельщики"; затем стали применять паровой двигатель, движение от которого передавалось при помощи бесконечного ремня.

В середине XIX века, когда объемы печатной продукции колоссально возросли, самые быстрые скоропечатные машины, делающие 2000 оттисков в час, уже казались недостаточно производительными. Конечно, можно было поставить вторую и третью машины, но такое решение проблемы оказывалось очень дорогостоящим. Выход был найден в создании ротационной машины, в которой не осталось ни одной плоской поверхности, и даже талер был заменен вращающимся барабаном. В 1846 году англичанин Огастус Апплегат придумал первую такую машину с большим вертикальным цилиндром. На этом цилиндре с помощью перегородок устанавливался набор. Вокруг цилиндра располагались как валики для краски, так и восемь меньших цилиндров, на которые накладчики подавали листы. За один оборот большого цилиндра набор проходил мимо восьми меньших цилиндров с положенной бумагой и выдавал сразу восемь листов. В час на этой машине можно было получить 12000 оттисков (но только с одной стороны). Вплоть до 1862 года на такой машине печаталась «Таймс». Затем она была заменена более мощной машиной американца Роберта Гоэ, работавшей примерно по тому же принципу. Главный цилиндр с набором, укрепленным планками и винтами, стоял горизонтально, как в обычной печатной машине, а вокруг него располагались десять цилиндров для накладки бумаги, на которой отпечатывался текст с набора на главном цилиндре по мере протаскивания его по каждому из десяти меньших цилиндров. Главный вал машины Гоэ имел диаметр полтора метра. Накладчики бумаги стояли в пять этажей с двух сторон машины. За свои гигантские размеры она была прозвана Мамонтом.

В сущности, машина Апплегата была уже первой ротационной машиной (от rotation — круговращение), поскольку все ее главные части приняли форму вращающихся на оси цилиндров. Но она имела два существенных недостатка, замедляющих ее работу: набор, расположенный на цилиндре, не был закреплен достаточно прочно и при очень быстром вращении мог рассыпаться, а подача бумаги происходила вручную отдельными листами. Первое из этих неудобств было преодолено после изобретения стереотипа — набора, который, в отличие от прежнего, не составлялся из отдельных литер, а целиком отливался из металла. В 1856 году Джон Вальтер установил, что если мокрый картон вдавить в литеры матрицы, а затем просушить его в печи, то полученная доска из папье-маше может служить формой для отливки стереотипов. Для этого поверх набора, зажатого в стальную раму, накладывали лист особым образом приготовленного мокрого картона и жесткими щетинами били по нему до тех пор, пока шрифт не вдавливался в его поверхность. Затем раму с картоном зажимали в пресс и вдвигали в нагретый станок. Когда картон высыхал, его снимали с рамы. При этом на нем оставался вполне точный вдавленный отпечаток всего набора. Полученную таким образом матрицу

помещали в отливную форму, так что она образовывала два полуцилиндра, заливали в нее расплавленный металл и получали два полуцилиндра, на каждом из которых до последней мелочи был отлит набор одной рамы. Эти полуцилиндры крепили к валу ротационной машины.

Что касается второй проблемы, то раньше других ее удалось разрешить Вильяму Буллоку, который в 1863 году создал новый тип подлинно ротационной машины, печатающей не на отдельных листах, а сразу на обеих сторонах бесконечной бумажной ленты. Рулон ее был надет на быстро вращающийся стержень. Отсюда бумажная лента поступала на цилиндр, прижимавший ее к другому цилиндру с расположенным на нем круглым, состоящим из двух полуцилиндрических, стереотипом. Итак, все основные узлы в машине Буллока были выполнены в виде быстро вращающихся цилиндров. Благодаря этому она печатала более 15000 оттисков в час. В дальнейшем была достигнута скорость в 30000 оттисков (такая машина за 3 минуты обрабатывала бумажную ленту длиной в 1 км). Но кроме скорости ротационная машина имела множество других преимуществ. Бумагу можно было пустить через несколько цилиндров и сразу печатать не только с двух сторон, но и несколькими разными красками. Например, полоса бумаги, пройдя цилиндр с основной формой для одной стороны и приняв черную краску, проходила другой цилиндр, печатавший черной краской на обороте, затем поступала к третьему — печатавшему красной краской, и так далее. Когда бесконечная полоса бумаги принимала все краски, она поступала на последний цилиндр, на котором был установлен нож, разрезавший полосу на листы. Потом разрезанные листы переходили в фальцовочный аппарат, составлявший часть машины, и здесь перегибались нужное число раз, после чего машина выбрасывала готовую сложенную газету или лист книги.

44. ЛИНОТИП

Изобретение Буллока вскоре было дополнено важными нововведениями в наборном деле. Вплоть до начала XIX века изготовление литер и набор оставались ручными и мало изменились по своей сути со времен Гутенберга. Между тем в середине XIX века среди издателей отдельных газет (в особенности в Америке) развернулась ожесточенная конкуренция, которая привела к стремлению давать наиболее свежий материал: все, что случилось накануне и даже ночью, должно было найти место в утренней газете. Для этого надо было не только довести до быстроты курьерского поезда печатание газет, но и сам набор производить так, чтобы последние ночные новости в несколько минут были не только набраны, но также сверстаны и вставлены в полосы газет. Ручной наборщик, набиравший в час не более 1000 букв, то есть 23 строки, для этого не годился. Сначала пытались ускорить его работу отливкой наиболее ходовых слогов (так называемых логотипов), но это мало помогало делу, так как увеличивало количество отделений в наборной кассе и потому только усложняло работу. Тогда появилась мысль механизировать процесс набора.

В 1822 году английский инженер Черч после пятнадцатилетних трудов сконструировал первую, еще несовершенную, наборную машину. Это изобретение произвело на современников большое впечатление, и газеты поместили обстоятельное описание механического наборщика.

Машина Черча состояла из устойчивой деревянной рамы (двух перпендикулярных столбов, связанных перекладинами), стоящей на подножках, и приводилась в действие нажимом на педаль. В верхней ее части находились пюпитры, на которых были расположены пеналы с литерами. На нижнем бруске рамы помещалась клавиатура, ее кнопки удерживались в надлежащем положении посредством спиральных пружин. Ударом по клавише нижняя литера освобождалась из пенала на переднюю часть пюпитра и особым приспособлением направлялась на его середину. Нажатием ручки литера отсюда попадала в собирательный канал. Таким образом, из всех ручных операций, которые приходилось выполнять наборщику, здесь была механизирована только одна — поиск и подача литеры. Практического применения машина Черча не получила, но ее конструкция послужила отправной точкой для всех последующих изобретателей. В течение нескольких лет было создано еще несколько наборных машин, но все они имели весьма существенный недостаток — в них не была продумана разборка набора и распределение литер по отделениям кассы, а ведь именно эта работа отбирала у наборщика очень много времени.

Важным шагом к разрешению этой задачи стало изобретение датского наборщика Христиана Соренсена, который в 1849 году создал свою наборную машину «Тахеогипом». Эта машина помещалась на столе и напоминала пианино. В середине была устроена воронка, поставленная отверстием кверху. В воронке помещались два цилиндра, внизу наборный, а вверху — разборный. Оба приводились в движение посредством зубчатого колеса. Рядом с каждым цилиндром помещалось одинаковое число прямостоящих медных реек (120 штук) с выступающим стержнем в виде ласточкиного хвоста. Каждая литера имела особые прорези (сигнатуры), соответствующие форме какого-либо из стержней, они нанизывались на эти стержни одна задругой и направлялись в середину аппарата. Когда рабочий ударял по какой-то клавише, освобождалась надлежащая буква, которая затем попадала через желобок в воронку, а оттуда на верстатку. Когда строка заканчивалась, второй наборщик выравнивал ее. Разборка шрифта происходила одновременно с набором. Разборный цилиндр имел столько же каналов, сколько было литер. Над каналами верхнего цилиндра находилась металлическая касса, прорези в которой соответствовали сигнатурам литеры. Разбираемая строка продвигалась по металлической полосе, и каждая буква попадала в соответствующее отверстие, где нанизывалась на стержень.

Идея сигнатур оказалась очень плодотворной и получила применение в позднейших наборных и словолитных машинах, но сама машина Соренсена почти не применялась. Более широкое распространение получила машина Фрезера, фактически состоявшая из двух — наборной и разборной.

В наборной машине литеры помещались рядами в каналах, расположенных горизонтально. Ряды литер подталкивались к отверстиям каналов особым пружинным устройством. У отверстий каналов имелись приспособления, выталкивающие литеры; последние с каждым ударом клавиши падали одна за другой между ребрами воронки и попадали в

собиратель. Выравнивание строк производил второй наборщик. Совершенно новый принцип применил Фрезер для разборной машины. Разбор происходил посредством работы на клавиатуре. Там, где на наборной машине находились каналы с литерами, в разборной машине находилась гранка с разбором. От последней особым приспособлением отделялись форматные строки и устанавливались в одну длинную строку, подходившую к воронке, имевшей опрокинутый вид. Разбираемые литеры попадали в каналы переносных магазинов не прямо, а размещались вначале в распределителях. Машина Фрезера оказалась одной из лучших. Она получила распространение в Англии и Америке и употреблялась во многих типографиях вплоть до начала XX века.

Перед всеми создателями наборных и словолитных машин стояло труднейшее препятствие, мешавшее полной механизации процесса набора — как добиться того, чтобы все строки имели одинаковую длину? Даже в самых лучших машинах эту операцию приходилось выполнять вручную. Только в 1872 году американец Меррит Гелли запатентовал машину с автоматическим выравниванием строк. Решение, найденное им, оказалось гениальным по своей простоте. Вместо пробела (когда надо было отделить одно слово от другого) из магазина машины подавался плоский клин, более толстый книзу и тонкий кверху, который становился в ряд с матрицами. Когда набор строки заканчивался, достаточно было надавить на литеры. При этом клинья передвигались, так что расстояния между словами увеличивались и строки получали определенную одинаковую длину.

Одновременно с наборными машинами совершенствовалась техника отливки литер. В 1838 году американец Давид Брэс изобрел литеролитную машину, которая затем вошла во всеобщее употребление. В машине находился небольшой плавильный тигель с расплавленным металлом для литер (он состоял из 70 частей свинца и 30 частей сурьмы). Все операции машина выполняла автоматически при повороте рабочего колеса. Во время первой части движения поднимался поршень насоса, и в насос проникал расплавленный металл. При этом подвигалась литерная форма, отверстие которой примыкало прямо к отверстию трубки, выбрызгивающей расплавленный металл. Затем поршень опускался, и металл попадал в литейную форму. После этого форма отодвигалась, раскрывалась и выкидывала букву. Но каждую литеру затем еще необходимо было отшлифовать и обрезать по ее краям лишний металл. Эта работа проводилась уже вручную. Машина Брэса применялась в течение 50 лет. Правда, уже в 1853 году Джонсон создал комплексную словолитную машину, в которой не только отливка, но и дальнейшая обработка литер происходила автоматически.

Долгое время словолитные и наборные машины развивались независимо друг от друга. Однако подлинный переворот в наборном деле произошел только после того, как появилась идея объединить две эти машины в одну. В 1886 году подмастерье часовых дел Оттмар Маргенталер из Балтимора, используя конструкторские находки многих своих предшественников, создал машину, которая получила название «линотип». Она не составляла строки из литер, а отливала их целиком, что сразу резко повысило производительность набора. На линотипе Маргенталера работа шла так. Наборщик, сидя перед клавиатурой и имея перед глазами

оригинал набора, ударял по той или иной клавише. При каждом ударе из магазина, расположенного наклонно вверху машины над клавиатурой, выпадала из своего желобка матрица и по бесконечному ремню скользила вниз к находившейся по левую сторону от наборщика верстатке (собирателю матриц). По окончании строки наборщик нажимом рычага переводил всю строку матриц к отливочной форме, около которой находился котелок с расплавленным типографским металлом. Когда строка матриц устанавливалась перед отливной формой, происходило выравнивание ее длины с помощью плоских клиньев так, как это было описано выше. После этого отливочная форма прижималась к отверстию у тигля. Из котелка металл приливался к матрицам, строка отливалась, затем тут же застывала, обрезалась, шлифовалась и еще в горячем виде выталкивалась на строкособиратель, становясь в ряд с другими ранее отлитыми строками. Между тем клинья отделялись от матриц и становились на свое место, особая рука захватывала матрицы, поднимала их к верхнему краю магазина и благодаря особым нарезам на матрицах, различным для каждой матрицы, последние, скользя по бесконечному винту, попадали каждая в свой желоб.

Линотип имел для каждой матрицы несколько типов и размеров шрифтов и давал возможность набрать газету с начала до конца, с заголовками, подзаголовками, объявлениями и прочим. Опытный наборщик успевал набрать на нем до 12000 букв за час. Такое значительное ускорение по сравнению с ручной работой было чрезвычайно важно и отвечало давно назревшей потребности. За это говорит также коммерческий успех нового изобретения. Несмотря на свою сложность и значительную стоимость, линотипы получили широкое распространение по всему миру. Уже в 1892 году их было выпущено более 700 штук.

45. ПИШУЩАЯ МАШИНКА

Машинная революция в 70-е годы XIX века затронула даже такую, казалось бы, далекую от техники область, как письмо. Испокон веков человек пользовался для начертания письменных знаков только своей рукой. С изобретением пишущей машинки он мог поручить эту операцию механизму. Вместо того чтобы выписывать буквы, теперь достаточно было ударить по нужной клавише. Появление пишущей машинки привело к значительным сдвигам во многих областях человеческой деятельности и подняло на более высокий уровень культуру делопроизводства. Скорость и качество канцелярской работы возросли в несколько раз. В самом деле, научиться писать может каждый, но не все могут писать быстро и в то же время четко, разборчиво и красиво. Между тем распространение письменных сношений между людьми, увеличение числа деловых бумаг и коммерческой корреспонденции, требующих особой отчетливости рукописи, а также многие другие причины (например, желание ускорить работу наборщиков, которые, набирая текст со слепой рукописи, часто работали медленно и делали ошибки) вызвали стремление изобрести буквопечатающую машину, которая была бы доступна каждому и позволяла бы сразу и быстро получать один или несколько экземпляров аккуратной и быстро читаемой рукописи. Несколько моделей пишущих машин появилось еще в XVIII веке, но они работали настолько медленно, что не могли иметь практического значения.

Одна из первых известных пишущих машинок была собрана в 1833 году французом Прогрином. Его ктипограф состоял из 88 рычагов, соединенных с буквенными и цифровыми штемпелями. Рычаги располагались по окружности и передвигались вдоль и поперек листа бумаги на особых салазках. Понятно, что работать на такой машинке было трудно и неудобно. В 1843 году Шарль Турбер взял патент на изобретенную им печатную машинку, предназначенную для слепых. Именно ему принадлежала очень плодотворная идея рычажной передачи движения букв, примененная позже во всех пишущих машинках. Были и другие конструкции печатающих устройств. Однако пишущая машинка в современном смысле этого слова появилась только тридцать лет спустя, и не в Европе, а в Америке.

В 1867 году два американских типографщика Леттам Шоулз и Самуэль Сулле изобрели машину для печатания номеров, которую можно было использовать для нумерации страниц, а также для печатания номеров и серий банковских билетов. Один из знакомых Шоулза, заинтересовавшись новым устройством, предложил им, используя принцип этой простой печатной машинки, создать пишущую машину, которая вместо знаков и цифр могла бы печатать буквы и слова. Эта мысль увлекла Шоулза. Поначалу он продолжал работать вместе с Сулле.

Летом была готова первая однобуквенная печатающая машинка. Она состояла из старого телеграфного ключа в форме клавиши, стеклянной пластинки и некоторых других частей. Шоулз клал на стеклянную пластинку угольную ленту и тонкий лист белой бумаги, затем, двигая одной рукой бумагу, он другой нажимал на телеграфную клавишу, на которой находилась вырезанная из латуни буква "В". В результате на бумаге получался оттиск. Осенью того же года был создан первый образец многобуквенной пишущей машинки. Она работала настолько хорошо, что писала быстро и отчетливо, но была еще очень неудобна для практического использования, так как имела плоскую клавиатуру (как на пианино) и печатала только большими буквами. В 1868 году на эту машинку был получен патент, после чего Сулле потерял к ней интерес. Но Шоулз решил во что бы то ни стало создать такой образец машинки, который можно было бы запустить в производство. Один из его знакомых, Дексимор, оказал ему финансовую поддержку. Шоулз с головой ушел в работу. В следующие пять лет он изготовил около 30 моделей машинок, причем каждая следующая была лучше, чем предыдущая, но по-прежнему далека от совершенства.

Только в 1873 году была создана достаточно надежная и удобная модель пишущей машинки, которую Шоулз предложил известной фабрике Ремингтона, выпускавшей оружие, швейные и земледельческие машины. В 1874 году первая сотня машинок уже была пущена в продажу. Знаменитый американский писатель Марк Твен был одним из первых ее покупателей. Именно на ней он отпечатал своего «Тома Сойера». Возможно, это было первое классическое, сочинение созданное за пишущей машинкой. Однако в целом положение оставалось не совсем удовлетворительным. Еще восемь лет пришлось приучать публику к этой удивительной технической новинке. Много машинок из первой серии было возвращено в магазины, некоторые с

испорченными частями. Долгое время на пишущие машинки смотрели как на предмет роскоши. Но постепенно положение менялось. Деловые конторы, фирмы и банки были первыми, кто по достоинству оценил новое изобретение. Уже в 1876 году был налажен массовый выпуск машинок. Первые «ремингтоны», хотя имели такой же принцип действия, как современные печатные машинки, все же отличались некоторыми специфическими особенностями. Например, текст в них печатался под валиком и не был виден. Чтобы посмотреть на работу, надо было приподнять тележку, для этой цели расположенную на шарнирах. Понятно, что это было не совсем удобно.

Между тем пример Шоулза вдохновил и других изобретателей. В 1890 году Франц Вагнер получил патент на машинку с горизонтально лежащими буквенными рычагами и с видимым при печатании шрифтом. Права на ее производство он продал фабриканту Джону Ундервуду. Эта машинка оказалась настолько удобной, что вскоре стала пользоваться массовым спросом и Ундервуд заработал на ней огромное состояние. Сам изобретатель не был, впрочем, так удачлив и умер в бедности. С 1908 года «Ремингтон» тоже стал выпускать машинки с видимым шрифтом. После «Ундервуда» появились пишущие машинки других фирм, в том числе несколько европейских разработок. Но в первые десятилетия своего существования это изобретение более соответствовало американскому образу жизни. По крайней мере, вплоть до начала XX века львиная доля всех производимых и покупаемых машинок приходилась на США. Принцип действия у всех этих машинок в общих чертах был один и тот же.

Наверное, нет человека, который бы не видел работы пишущей машинки. Поэтому нет нужды подробно описывать ее действие и устройство. Главные части машинки составляли: клавиатура с системой рычагов, каретка с валиками для бумаги и чугунная оправа механизма, установленная на деревянной доске. Каретка (подвижная тележка, несущая бумагу) несла на себе твердый каучуковый цилиндр и параллельный ему деревянный валик, между которыми и проходила бумага. При работе машинки каретка автоматически двигалась справа налево после оттиска каждой буквы. При нажатии на определенную клавишу, поднимался связанный с ней рычаг, который имел на себе стальную вырезанную букву. Эта буква ударяла по резиновому валику, по которому передвигалась бумага. Все буквы били в одну точку, так как были расположены по образующей цилиндра. Между бумагой и буквой автоматически проходила специальная лента, пропитанная черной или цветной краской. Стальная буква, ударяя в ленту, отпечатывала на бумаге свой оттиск. На каждом рычаге помещались две буквы. Для того чтобы напечатать вторую надо было сдвинуть нажимом на особую клавишу каучуковый цилиндр (переместить его в верхний регистр).

При ударе по клавише не только приходил в движение соединенный с ней рычаг, но путем зубчато-конического зацепления поворачивалась на определенный угол катушка с лентой, которая сматывалась с одной из них и наматывалась на другую, так что следующая буква ударялась по другому месту ленты. Когда вся лента проходила под шрифтом, особым рычагом менялось направление ее движения, и катушки начинали вращаться в обратную сторону. Одновременно с движением ленты навстречу ей под

действием пружины перемещался упругий резиновый валик, несомый кареткой и поддерживающий бумагу. Обратное движение каретки производилось от руки.

Таким образом, каждое нажатие на клавишу вызывало сразу три действия машинки: 1) буква оставляла оттиск на бумаге; 2) каретка смещалась на один шаг влево; 3) перемещалась лента. Все это достигалась благодаря взаимодействию различных частей пишущей машинки, главными из которых были печатающий механизм, шаговый механизм и ленточный механизм. Рассмотрим кратко, как происходила работа каждого из них.

Передвижение каретки осуществлялось за счет пружины, шагового колеса (21) и двух собачек. После того как происходило нажимание на клавишу, в момент удара буквенного рычага о вал, задерживающая собачка (20) соскакивала с зубца шагового колеса. Одновременно зубец шагового колеса входил в зубец пропускной собачки, которая останавливала каретку для напечатывания буквы. Вслед за ударом (напечатыванием) и отскоком буквенного рычага от вала, каретка продвигалась влево на один зубец шагового колеса, которое вместе с кареткой вновь задерживалось собачкой (20) до следующего удара.

В то же время при ударе по клавише (1) клавишный рычаг (3) опускался вниз и через нипель (26) передавал движение промежуточному рычагу (5) по направлению, указанному стрелкой. Нипель промежуточного рычага (6) в свою очередь давал толчок буквенному рычагу (9), который плечом рычага (16) отодвигал дугу сегмента (17) и приводил в действие шаговый механизм с пропускной и задерживаемой собачками. При следующем ударе по клавише повторялась та же работа печатающего устройства. После того как клавишу отпускали, пружина (22) ставила клавишный рычаг в исходное положение, таким образом возвращая в исходное положение всю систему рычагов.

Тем же нажатием клавиши, как уже говорилось, приводился в действие ленточный механизм, назначение которого состояло в том, чтобы непрерывно переводить ленту с одной катушки на другую, подставляя для нового удара буквенного рычага по бумаге свежее красящее место. При каждом ударе по клавишному рычагу центральный стержень (2) поворачивался, сообщая свое движение посредством шестеренок (5 и 30) боковому стержню (29), на котором была насажена катушка с лентой (24).

46. ЖЕЛЕЗОБЕТОН

Изобретению железобетона предшествовало открытие цемента — особого вяжущего вещества, способного затвердевать после добавления к нему воды. В 1796 году англичанин Паркер путем обжига смеси глины и извести получил романцемент — первую в истории марку цемента. В последующие годы были открыты новые рецепты получения цемента. Смешанный в определенных пропорциях с гравием, песком и водой цемент образовывал бетон. Благодаря своим пластическим свойствам (сырой его массе можно придать любую форму, которая потом сохранялась после застывания) бетон в первой половине XIX века широко вошел в употребление при строительных работах. Конструкции из бетона обладали высокой прочностью на сжатие, огнестойкостью, водостойкостью, жесткостью и долговечностью. Но они, как и любой камень, плохо выдерживали нагрузку на растяжение, поэтому их использование было

достаточно ограниченным. Бетон применяли в основном для сооружения тонких перегородок и балок пролетом до 4 м. Основным материалом для несущих конструкций служило железо в виде разного рода кованых стержней и полос. В отличие от бетонных, железные конструкции прекрасно выдерживали нагрузку на сжатие, растяжение и изгиб, но на открытом воздухе они быстро теряли эти качества из-за коррозии. К тому же было замечено, что при нагревании свыше пятисот градусов железо становится текучим и теряет свою прочность. В результате, при сильных пожарах высотные дома, где несущая нагрузка была возложена на железные части, разрушались. К концу XIX века стала ощущаться сильная потребность в новом строительном материале, который сочетал бы в себе достоинства железа и бетона, но не имел бы их недостатков. Именно таким материалом и стал железобетон. Применяя по отдельности бетон и железо, строители долго не задумывались над тем, что их можно соединить вместе. К этому пришли опытным путем. Между тем положенная в опалубку арматура легко обволакивалась бетоном и оказывалась включенной в его массу. Вследствие большой силы сцепления железа с бетоном оба материала начинали работать как одно целое (очень важно, что бетон и железо имеют одинаковый коэффициент температурного расширения).

Впервые патент на использование железобетона взял в 1854 году английский штукатур Вильям Уилкинсон. В дальнейшем он широко применял железобетон при строительстве перекрытий, а в 1865 году возвел в Ньюкастле-на-Тайне небольшой домик, целиком из железобетонных конструкций Из железобетона здесь были выполнены не только стены и перекрытия, но также лестницы, ступени и дымовая труба. По всей видимости, это был первый в истории железобетонный дом. Однако открытие Уилкинсона не получило широкого распространения и осталось незамеченным. Одновременно с Уилкинсоном свои опыты с железобетоном начал во Франции строительный подрядчик Куанье. Он построил с использованием этого материала несколько зданий, а в 1861 году опубликовал небольшую брошюру «Применение бетона в строительном искусстве», в которой, в частности, писал, что железные стержни, включенные в бетон, увеличивают несущую способность бетона. Но открытие Куанье тоже не имело продолжения. Его фирма разорилась.

Честь открытия железобетона связывается поэтому с именем другого француза — Жозефа Монье. Есть какая-то странная ирония в том, что два профессиональных строителя, несмотря на все усилия, не смогли внедрить в строительную практику железобетон, но зато это удалось сделать человеку, весьма далекому от строительства, который и изобретение свое сделал совершенно случайно. Монье работал садовником в садоводческой фирме «Братья Флер» в Версале. С 1861 года он начал проводить опыты по изготовлению из песка и цемента садовых кадок. Вскоре ему удалось сделать бетонную кадку, в которой было посажено апельсиновое дерево. Спустя некоторое время Монье обнаружил трещины в стенках этой кадки. Тогда он укрепил ее железными обручами из проволоки. Железо вскоре стало ржаветь, образуя грязно-бурые пятна и подтеки на поверхности кадки. Чтобы улучшить ее внешний вид, Монье обмазал ее сверху цементным раствором. Получившаяся таким образом железоцементная кадка оказалась настолько хороша, что Монье пришел к

мысли и впредь делать кадки подобным образом.

Существует мнение, что Монье действовал не только опытным путем, но был знаком с работой Куанье и заимствовал его идею. Но, как бы то ни было, ему повезло больше. Монье не только заслужил официальную славу создателя железобетона, но и сумел извлечь из своего изобретения некоторые материальные выгоды. В 1867 году он взял свой первый патент на переносные садовые кадки из железа и цементного раствора. Не успокоившись на этом, он начал производить с этим материалом новые эксперименты. В 1868 г. Монье построил в Майсонс-Алфорте небольшой железоцементный бассейн и в том же году взял патент на железоцементный резервуар и трубы. В 1869 г он сделал патентную заявку на железоцементные плиты и перегородки и построил железоцементное перекрытие над своей мастерской. Строго говоря, с современной точки зрения, все эти изобретения еще не были железобетоном. Монье, не будучи профессиональным строителем, имел весьма смутные понятия о том, как взаимодействуют между собой бетон и железо. Он, к примеру, рекомендовал укладывать проволочную сетку в плите строго посередине ее сечения, в то время как рациональнее всего было располагать ее в нижней части конструкции. Однако это ни в коей мере не принижает его славы как первооткрывателя одного из самых замечательных и широко используемых строительных материалов XX века. Действительно — до Монье над созданием железобетона работало несколько изобретателей, но именно ему принадлежит заслуга его разностороннего практического применения. Раз добившись успеха, Монье в дальнейшем постоянно думал над расширением сферы применения своего изобретения. В 1873 году он получил патент на железобетонный мост, а в 1875 году представил экспертной комиссии его модель, которая выдержала испытание нагрузкой. В том же году изобретатель построил по этой модели пешеходный мостик с пролетом 16 м и шириной 4 м. В 1878 году ему был выдан патент на железобетонные балки и шпалы, а в 1880 году — объединенный патент на все заявленные им ранее конструкции. Тогда же он сделал заявки на свои изобретения в Германии и России.

Нельзя, впрочем, сказать, что новый материал сразу получил повсеместное признание. Крупномасштабное применение железобетона началось только в следующем веке, когда железобетонные конструкции Монье были усовершенствованы другими инженерами и когда было разработано фундаментальное учение о железобетоне, раскрывшее его замечательные свойства. В XIX веке к этому был сделан только первый шаг. В 1879 году немецкий инженер Вайс, имевший свою строительную фирму, заинтересовался железобетоном и купил у Монье патентное право на применение его системы в Германии. Вслед за тем он скупил и все остальные его патенты. Именно благодаря Вайсу новый материал стал широко известен. В 1886 году по указанию Вайса были проведены научные опыты по исследованию свойств железобетона, давшие самые блестящие результаты. Однако действительно самостоятельным и новым строительным материалом железобетон стал лишь после того, как Вайс в 1887 году перенес арматуру из середины сечения, куда ее укладывал Монье, в нижнюю зону балки или плиты, испытывавших в этой части наибольшую нагрузку на растяжение. Известно, что Монье, увидев

изготовление плиты на одной из берлинских строек, запротестовал против новой технологии, сердито спросив: «Скажите, кто изобретатель этой конструкции — вы или я?» На это Вайс спокойно ответил: «Вы первый соединили железо с бетоном, и поэтому я называю эту конструкцию системой Монье, но я первый правильно расположил железо и бетон, хотя, к сожалению, я не мог получить на это патента». Благодаря новшеству Вайса пролет железобетонной плиты был увеличен до 5 м. С этого времени железобетонные плиты стали получать все более многогранное применение в строительстве.

Железобетон, например, произвел настоящую революцию в мостостроении, позволив разрешить множество затруднений, до этого казавшихся непреодолимыми. Раньше для сооружения мостов применяли тесаные камни точных размеров и железо специальных марок. Для укладки на место тяжелых камней и элементов металлических конструкций требовались мощные подъемные механизмы и особые транспортные приспособления. Между тем применение железобетонных конструкций не требовало крупных средств, так как большую часть их компонентов составляли широко распространенные в природе песок и гравий, которые можно было добывать на месте строительства. Укрытое в бетон железо не ржавело и сохраняло свою прочность намного дольше. Вместе с тем железобетон показал высокую огнестойкость. В то время как железные балки быстро разрушались при сильном пожаре, железобетонные конструкции выдерживали действие сильного огня в течение 4-5 часов. Огромный интерес к железобетону появился после грандиозного пожара в Балтиморе в 1904 году, когда сгорело и разрушилось около 300 больших зданий, построенных с применением открытых железных конструкций. С этого времени все несущие конструкции делали только из железобетона. Широчайшее применение получил железобетон и в фортификации, поскольку показал вчетверо большую прочность по сравнению с обычным бетоном.

47. ПРОКАТНЫЙ СТАН

Прокатка — одно из важнейших изобретений, сделанных человеком за время его многовекового знакомства с металлами. Уже давно было замечено, что изделия, имеющие одинаковое сечение по всей своей длине (например, рельсы, уголки, балки, листы, пруты) гораздо проще получать пропуская их между двумя валками, чем путем традиционной ковки. Можно даже сказать, что такой способ не только самый удобный, но и вообще наилучший. Без него не могло быть и речи о строительстве дешевых железных дорог, железных мостов, железных судов и еще многого и многого другого. Ведь именно благодаря прокатке появилась возможность придавать железным и стальным заготовкам полное единообразие. Нетрудно представить, скольких усилий потребовала бы от кузнеца, например, отковка каждого рельса или колеса железнодорожного вагона. Между тем, с помощью проката получить такие изделия несложно, притом в большом количестве и высокого качества. Поэтому уже в конце XVIII века прокатка стала одним из основных звеньев производственного цикла металлургических заводов, постепенно вытесняя ковку. А зародилась она еще в средние века при изготовлении тонких листов мягкого металла (например, свинца), которые можно было прокатывать вручную без

предварительного нагрева. Древнейшее изображение такого простого прокатного станка можно видеть на гравюре 1615 года.

Прокатка в горячем состоянии стала известна лишь в начале XVIII века, причем сначала этим способом готовились более или менее тонкие железные листы, но уже с 1769 года начали подобным образом прокатывать проволоку. Первый прокатный стан для железных болванок был предложен английским изобретателем Кортом, когда он работал над своим методом пудлингования. Корт первый сообразил, что при изготовлении некоторых изделий рациональнее поручить молоту только отжимку шлаков, а окончательную форму придавать путем прокатки. В 1783 году он получил патент на изобретенный им способ проката фасонного железа с помощью особых вальцов. Из пудлинговой печи крица поступала под молот, здесь она проковывалась и получала первоначальную форму, а затем пропускалась через вальцы. Этот способ получил потом большое распространение. Но только в XIX веке техника проката была поставлена на должную высоту, что во многом было связано с интенсивным строительством железных дорог. Тогда были изобретены прокатные станы для производства рельсов и вагонных колес, а потом и для многих других операций.

Прокатный стан — это машина для обработки металлов давлением между вращающимися валками. Устройство прокатного стана в XIX веке было несложным. Вращающиеся в противоположные стороны валки захватывали добела раскаленную металлическую полосу и, сжимаясь большей или меньшей силой, проводили ее между своими поверхностями. Во время прохода заготовки происходили два тесно связанных между собой процесса. Во-первых, металл изделия подвергался сильному обжатию при высокой температуре, и, во-вторых, заготовка приобретала необходимую форму. При этом, например, железо получало свойства, которые не имело от природы. Отдельные зерна металла, которые до прокатки располагались в его массе в беспорядке, в процессе сильного обжатия вытягивались и образовывали длинные волокна. Мягкое и ломкое железо становилось после этого упругим и прочным.

Валки помещались между мощными станинами. Цапфы валков помещались в подшипники. Обычно нижний подшипник m был неподвижным. Верхний подшипник мог передвигаться вверх и вниз с помощью болтов h. Винт e, с помощью которого устанавливался вкладыш, брал на себя все давление, оказываемое на него. Между ним и вкладышем обыкновенно вставлялся предохранительный колпачок i, лопавшийся как только давление на вал достигало опасного предела. Этот дешевый колпачок, который легко заменить, действовал как предохранитель от поломки других, более важных частей механизма (поломка могла легко произойти в том случае, если валки захватывали слишком толстую заготовку и не выдерживали давления). При прокатке верхний валок лежал цапфами на хомуте d, снабженном вкладышем e и подвешенном на двух болтах. Для связи двух таких станин между собой служили четыре толстых болта, проходившие через отверстия n поперечины и закладываемые за выемку b. Для сцепления валков с двигателем служила муфта. Нижний валок приводился в движение непосредственно от паровой машины, и ось ее совпадала с главной осью ее вала. К верхнему валку движение

передавалось с помощью зубчатой передачи.

Форма изделия зависела от формы валков. Валки с гладкой поверхностью применялись для изготовления плоского железа, например листов. Для прокатки фигурных сортов их снабжали соответствующими цели выемками — калибровали. Проходя между ними, заготовка получала нужную форму, то есть превращалась в полосу округлого, квадратного, продолговатого, четырехугольного или другого сечения. Нужный профиль придавался изделию не сразу, а постепенно. Болванка последовательно проходила через целый ряд валков, из которых лишь последний имел форму готового сортового железа. Черным цветом показан профиль, который приобретал постепенно сырой металл по мере прокатки в разных валках.

К концу столетия техника проката настолько усовершенствовалась, что этим путем стали получать не только сплошные, но и пустотелые изделия. В 1885 году братья Меннесманы изобрели способ прокатки бесшовных железных труб. До этого трубы приходилось изготовлять из железного листа, — их сгибали и сваривали. Это было и долго, и дорого. На стане Меннесманов круглую болванку пропускали между двумя косо друг к другу поставленными валками, действовавшими на нее двояким образом. Во-первых, вследствие сил трения между валками и заготовкой последняя начинала вращаться. Во-вторых, вследствие формы валков точки средней их поверхности вращались быстрее крайних. Поэтому, из-за косого расположения валков заготовка как бы ввинчивалась в пространство между ними. Если бы болванка была твердой, она бы не смогла пройти. Но так как ее предварительно сильно разогревали до белого каления, металл заготовки начинал скручиваться и вытягиваться, а в осевой зоне проходило его разрыхление — возникала полость, которая постепенно распространялась по всей длине заготовки. Пройдя через валки, заготовка насаживалась на специальный стержень (оправку), благодаря чему внутренней полости предавалось правильное круглое сечение. В результате выходила толстостенная труба.

Чтобы уменьшить толщину стенок, трубу пропускали через второй так называемый пилигримный прокатный стан. Он имел два валка переменного профиля. При прокатки трубы расстояние между валками сначала постепенно уменьшалось а затем делалось больше диаметра трубы. Цикл прокатки состоял из двух периодов — рабочего и холостого. Во время рабочего периода труба, в которую была введена спиральная оправка, захватывалась валками и обжималась до диаметра готовой трубы. При этом стенки ее делались тоньше, а сама она вытягивалась (валки как бы снимали слой кольцевого металла и раскатывали его до заданной толщины). Затем начинался холостой период, когда диаметр калибра превышал диаметр трубы. В это время заготовка выходила из контакта с валками и обработка данного участка заканчивалась. Заготовка продвигалась вперед и поворачивалась вокруг оси на 90 градусов (для более равномерной отделки). Цикл таким образом повторялся на последующих участках трубы.

48. НЕФТЕПРОВОД

Во второй половине XIX века получил новое развитие древний трубопроводный транспорт. Замечательной была сама идея использовать

трубопровод для транспортировки нефти и газа. Таким образом была разрешена проблема доставки нефти с далеких месторождений на нефтеперерабатывающие предприятия, чрезвычайно остро стоявшая в свое время. Впервые с ней столкнулись в США. Из-за невероятно быстрого развития нефтедобычи в Калифорнии, здесь возникли затруднения с транспортировкой нефти. Мелководные реки, содержащие нефть, могли обслуживаться только плотами. Одно время пытались повысить их уровень с помощью горных источников. Воды их собирались в специальном водохранилище и раз-два в неделю направлялись в мелководную речку, содержащую нефть. Тогда вниз по течению пускались целые караваны барж, число которых доходило до 500. Они доставляли вместе 20-25, даже 40 тысяч бочек нефти. Но такой способ был неудобен и требовал больших затрат. Более экономично было бы перевозить нефть по железной дороге. Однако в течение многих лет полагали, что нефтяные источники могут иссякнуть в любой момент, и поэтому не прокладывали к ним железных дорог. Это было сделано лишь много позднее. Вначале нефть отправляли в бочках, впоследствии стали употреблять для этой цели специальные вагоны-цистерны (поначалу деревянные, а потом — железные).

В те же годы сразу у нескольких инженеров возникла идея использовать для перекачки нефти трубопровод. Однако многим этот способ казался рискованным и трудноосуществимым. В 1860 году инженер Кернс предложил проложить нефтепровод с диаметром трубы в 150 мм вдоль реки Огайо на расстояние около 50 км. Это предложение не было поддержано хозяевами месторождений. Три года спустя был проведен нефтепровод меньшего диаметра, но трубы его были соединены недостаточно прочно, так что его пришлось остановить. Этот первый нефтепровод, функционировавший на практике, имел 6 км длины и пропускал ежедневно 80 бочек нефти. В 1866 г. был построен нефтепровод длиной 16 км. Его конструктор Чарльз Гетч считал, что достаточно одного насоса для нагнетания нефти по всей длине трубы. Многие сомневались, что это возможно. Поначалу даже сама мысль проводить нефть на целые мили через горы и овраги с помощью насоса казалась нелепой и смешной. Однако Гетч, не прислушиваясь к досужим рассуждениям, доверился своим расчетам. Когда сооружение трубы было закончено, он расположился у одного конца нефтепровода и телеграфировал инженеру на другом его конце, чтобы тот включил насос и начал медленно нагнетать нефть. Трубопровод имел 50 мм в диаметре и мог вместить 180 бочек нефти. Гетч ждал, но нефть не появлялась. Так прошло несколько часов. Почти никто уже не верил в успех предприятия. Наконец послышалось легкое громыхание. Шум все усиливался, и вдруг нефть показалась у конца трубы. Ей потребовалось четыре часа на то, чтобы дойти до приемной станции. Это был исторический момент. Таким образом, Гетч доказал, что передача нефти по трубам на далекое расстояние не пустая химера, а вполне посильная для разрешения техническая задача. По нефтепроводу Гетча можно было доставлять до 2000 бочек в сутки. Вскоре были проложены и другие нефтепроводы, причем длина их все увеличивалась. Принцип работы первых нефтепроводов был очень прост. Они состояли из двух главных станций — приемной и сдаточной, между которыми прокладывалась железная труба. На приемной станции устанавливались

насосы, назначение которых состояло в том, чтобы брать нефть из отборных резервуаров и нагнетать ее по трубам к резервуарам достаточной станции. Если расстояние было значительным, предусматривались промежуточные станции со своими насосами. В 1874 году был сооружен нефтепровод из Пенсильвании в Питтсбург. Он имел трубу 100 мм в диаметре и 90 км в длину — нечто колоссальное для того времени — и пропускал 7500 бочек в день.

49. ВЕЛОСИПЕД

Прототипом велосипеда был самокат конца XVII века, представлявший собой брус на двух колесах — переднем и заднем. Сидя на таком «селерифере» (то есть быстроходе), ездок отталкивался ногами от земли, а потом поджимал их, некоторое время балансируя, чтобы не упасть, и ехал по инерции. В 1814 году немецкий изобретатель барон Драйс фон Зауербронн усовершенствовал этот самокат, снабдив брус седлом. Он же ввел такое важное усовершенствование, как руль над передним колесом. В 1815 году Драйс приехал на своем детище в Вену, где тогда проходил Венский конгресс. За это легкомысленное изобретение он лишился звания княжеского лесничего в Карлсруэ. Впрочем, впоследствии он получил место профессора механики и десятилетний патент на свое изобретение и успешно занялся изготовлением «беговых машин». Несмотря на то что велосипед Драйса был еще очень далек от совершенства, он демонстрировал неплохую скорость. В 1817 году отставной лесничий на спор за четыре часа покрыл расстояние от Карлсруэ до Келя (около 70 км). Пишут, что почтовый дилижанс тратил на эту поездку в четыре раза больше времени.

Француз Динер взял в 1818 году патент на «дрезину» в своей стране, впервые назвав ее «велосипедом», то есть «быстроногим» (от латинских слов «velox» — быстрый и «pedis» — нога). Не успели велосипеды появиться на свет, как во всех европейских странах началось повальное увлечение этой новинкой. Щеголи и франты из самого высшего общества с увлечением гоняли на них по бульварам или демонстрировали свое мастерство на специальных площадках. В конце 20-х годов этот первый «велосипедный бум» пошел на убыль. Но усовершенствование конструкции велосипеда продолжалось.

В 1845 году немецкий изобретатель Милиус построил первый велосипед с педалями на переднем колесе. С этого времени ездоки не должны были больше отталкиваться ногами от земли. Долгое время велосипеды изготавливались из дерева. В 1867 году Каупер придумал очень легкие колеса со ступицей, висящей на проволочных спицах. В 1869 году появились велосипеды с металлической рамой. Тогда же француз Мишо впервые организовал фабричное изготовление велосипедов. Соотечественник Мишо Тевенона придумал велосипедные шины из каучука, а французский фабрикант Сюрирей впервые применил в велосипедах шарикоподшипники. Это было очень важное усовершенствование. Годом позже, в 1870-м, английский изобретатель Лоусон ввел цепную передачу от педалей на заднее колесо. Скорость велосипедиста после этих нововведений настолько возросла, что он мог соревноваться с верховой лошадью.

Свой современный вид велосипед принял в 80-90-е годы XIX века. Дублинский ветеринар Данлоп в 1885 году снабдил колеса велосипеда своего 12-летнего сына пневматическими шинами из гуттаперчевого шланга, крепившимися к ободу с помощью полотняной ленты. Он же придумал клапан, позволявший легко и быстро накачать колесо, но не выпускавший воздух наружу. Мальчик ездил на этом велосипеде, довольно долго не привлекая ничьего внимания, пока один заезжий коммивояжер, пораженный легкостью хода велосипеда, не оценил его по достоинству и не указал изобретателю на ценность его находки. Только тогда, в 1888 году, Данлоп взял патент и вскоре наладил промышленное производство пневматических шин. Они быстро распространились по всему свету.

Сначала, для увеличения скорости велосипеда, переднее колесо у него делали очень большим, однако езда на такой высокой машине была сопряжена с некоторой опасностью. После изобретения цепной передачи необходимость в такой конструкции отпала.

Наибольшее увлечение велосипедом падает на 80-е годы XIX века, когда человечество пережило новый «велосипедный бум». С 1890 года началось бурное развитие велосипедной промышленности. Количество машин, выпускаемых тогда по всему миру, составляло несколько миллионов штук.

50. ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР

В главе, посвященной изобретению телеграфа, уже рассказывалось о том, что в 1820 году было открыто взаимодействие между электрическим током, протекающим в проводнике, и магнитной стрелкой. Это явление было правильно объяснено и обобщено французским физиком Ампером, который установил, что магнитные свойства любого тела являются следствием того, что внутри него протекают замкнутые электрические токи. (Или, говоря современным языком, любой электрический ток создает вокруг проводника магнитное поле.) Таким образом, любые магнитные взаимодействия можно рассматривать как следствия электрических. Однако, если электрический ток вызывает магнитные явления, естественно было предположить, что и магнитные явления могут вызвать появление электрического тока. Долгое время физики в разных странах пытались обнаружить эту зависимость, но терпели неудачу. В самом деле, если, к примеру, рядом с проводником или катушкой лежит постоянный магнит, никакого тока в проводнике не возникает. Но если мы начнем перемещать этот магнит: приближать или удалять его от катушки, вводить и вынимать магнит из нее, то электрический ток в проводнике появляется, и его можно наблюдать в течение всего того периода, во время которого магнит движется. То есть электрический ток может возникать только в переменном магнитном поле. Впервые эту важную закономерность установил в 1831 году английский физик Майкл Фарадей.

Проведя серию опытов, Фарадей открыл, что электрический ток возникает (индуцируется) во всех тех случаях, когда происходит движение проводников относительно друг друга или относительно магнитов. Если вводить магнит в катушку или, что то же самое, перемешать катушку относительно неподвижного магнита в ней индуцируется ток. Если подвигать одну катушку к другой, через которую проходит электрический ток, в ней также появляется ток. Того же эффекта можно добиться при

замыкании и размыкании цепи, поскольку в момент включения и выключения ток нарастает и убывает в катушке постепенно и создает вокруг нее переменное магнитное поле. Поэтому если поблизости от такой катушки находится другая, не включенная в цепь, в ней возникает электрический ток.

Открытие Фарадея имело огромные последствия для техники и всей человеческой истории, так как теперь стало ясно, каким образом механическую энергию превращать в электрическую, а электрическую — обратно в механическую. Первое из этих преобразований легло в основу работы электрогенератора, а второе — электродвигателя. Впрочем, сам факт открытия еще не означал, что все технические задачи на этом пути разрешены: около сорока лет ушло на создание работоспособного генератора и еще двадцать лет на изобретение удовлетворительной модели промышленного электродвигателя. Но главное: принцип действия двух этих важнейших элементов современной цивилизации сделался очевиден именно благодаря открытию явления электромагнитнойиндукции.

Первый примитивный электрогенератор создал сам Фарадей. Для этого он поместил медный диск между полюсами N и S постоянного магнита. При вращении диска в магнитном поле в нем наводились электрические токи. Если на периферии диска и в его центральной части помещали токоприемники в виде скользящих контактов, то между ними появлялась разность потенциалов, как на гальванической батарее. Замыкая цепь, можно было наблюдать на гальванометре непрерывное прохождение тока.

Установка Фарадея годилась только для демонстраций, но вслед за ней появились первые магнитоэлектрические машины (так стали называть электрогенераторы, в которых использовались постоянные магниты), рассчитанные на создание работающих токов. Самой ранней из них была магнитоэлектрическая машина Пиксии, сконструированная в 1832 году.

Принцип ее действия был очень прост: мимо неподвижных, снабженных сердечниками катушек E и E' двигались посредством кривошипа и зубчатой передачи лежащие против них полюсы подковообразного магнита AB, вследствие чего в катушках индуцировались токи. Недостатком машины Пиксии было то, что в ней приходилось вращать тяжелые постоянные магниты. В последующем изобретатели обычно заставляли вращаться катушки, оставляя магниты неподвижными. Правда, при этом приходилось решать другую задачу: каким образом отвести во внешнюю цепь ток с вращающихся катушек? Это затруднение, однако, было легко преодолимо. Прежде всего, катушки соединяли между собой последовательно одними концами их проводки. Тогда другие концы могли служить полюсами генератора. Их соединяли с внешней цепью при помощи скользящих контактов.

Скользящий контакт устроен следующим образом: на оси машины крепились два изолированных металлических кольца b и d, каждое из которых было соединено с одним из полюсов генератора. По окружности этих колец вращались две плоские металлические пружины B и B', на которые была заключена внешняя цепь. При таком приспособлении уже не было никаких затруднений от вращения оси машины — ток переходил из оси в пружину в месте их соприкосновения.

Еще одно неудобство заключалось в самом характере тока электрогенератора. Направление тока в катушках зависит от того, приближаются они к полюсу магнита или удаляются от него. Из этого следует, что ток, возникающий во вращающемся проводнике, будет не постоянным, а переменным. По мере приближения катушки к одному из полюсов магнита сила тока будет нарастать от нуля до какого-то максимального значения, а затем — по мере удаления вновь уменьшаться до нуля. При дальнейшем движении ток изменит свое направление на противоположное и опять будет нарастать до какого-то максимального значения, а потом убывать до нуля. Во время следующих оборотов этот процесс будет повторяться. Итак, в отличие от электрической батареи, электрогенератор создает переменный ток, и с этим приходится считаться.

Как известно, большинство современных электрических приборов созданы таким образом, чтобы питаться от сети переменного тока. Но в XIX веке переменный ток был неудобен по многим причинам, прежде всего психологическим, поскольку в прежние годы привыкли иметь дело с постоянным током. Впрочем, переменный ток можно было легко преобразовать в прерывистый, имеющий одно направление. Для этого достаточно было с помощью специального устройства — коммутатора — изменить контакты таким образом, чтобы скользящая пружина переходила с одного кольца на другой в тот момент, когда ток меняет свое направление. В этом случае один контакт постоянно получал ток одного направления, а другой — противоположного.

Подобное устройство пружины и контакта кажется, на первый взгляд, очень сложным, на деле же оно очень просто. Каждое кольцо коммутатора делали из двух полуколец, концы которых отчасти заходят друг за друга, а пружины были настолько широкими, что могли скользить по двум рядом помещенным полукольцам. Половины одного и того же кольца помещались на некотором расстоянии друг от друга, но были соединены между собой. Так, полукольцо a, прикасающееся к пружине c, было соединено с полукольцом a', по которому скользила c'; точно так же соединялись между собой b и b', так что при одном полуобороте пружина c, касающаяся a, переходила на b, а пружина c' переходила с b' на a'. Нетрудно было установить пружину таким образом, чтобы она переходила с одного кольца на другое в тот момент, когда в обмотке катушки менялось направление тока, и тогда каждая пружина все время давала ток одного и того же направления. Другими словами, они представляли из себя постоянные полюса; одна — положительный, другая — отрицательный, в то время как полюса катушек давали переменный ток.

Электрогенератор прерывистого постоянного тока вполне мог заменить неудобную во многих отношениях гальваническую батарею, и потому вызвал большой интерес у тогдашних физиков и предпринимателей. В 1856 году французская фирма «Альянс» даже наладила серийный выпуск больших динамо-машин, приводившихся в действие от парового двигателя. В этих генераторах чугунная станина несла на себе неподвижно укрепленные в несколько рядов подковообразные постоянные магниты, расположенные равномерно по окружности и радиально по отношению к валу. В промежутках между рядами магнитов на валу были установлены

несущие колеса с большим числом катушек. Также на валу был укреплен коллектор с 16-ю металлическими пластинами, изолированными друг от друга и от вала машины. Ток, наводимый в катушках при вращении вала, снимался с коллектора при помощи роликов. Одна такая машина требовала для своего привода паровой двигатель мощностью 6-10 л.с. Большим недостатком генераторов «Альянс» было то, что в них использовались постоянные магниты. Так как магнитное действие стальных магнитов сравнительно невелико, то для получения сильных токов нужно было брать большие магниты и в большом числе. Под действием вибрации сила этих магнитов быстро ослабевала. Вследствие всех этих причин КПД машины всегда оставался очень низким. Но даже с такими недостатками генераторы «Альянса» получили значительное распространение и господствовали на рынке в течение десяти лет, пока их не вытеснили более совершенные машины.

Прежде всего немецкий изобретатель Сименс усовершенствовал движущиеся катушки и их железные сердечники. (Эти катушки с железом внутри получили название «якоря» или «арматуры».) Якорь Сименса в форме «двойного Т» состоял из железного цилиндра, в котором были прорезаны с противоположных сторон два продольных желоба. В желобах помещалась изолированная проволока, которая накладывалась по направлению оси цилиндра. Такой якорь вращался между полюсами магнита, которые тесно его обхватывали.

По сравнению с прежними новый якорь представлял большие удобства. Прежде всего, очевидно, что катушка в виде цилиндра, вращающегося вокруг своей оси, в механическом отношении выгоднее катушки, насаженной на вал и вращавшейся вместе с ним. По отношению к магнитным действиям якорь Сименса имел ту выгоду, что давал возможность очень просто увеличить число действующих магнитов (для этого достаточно было удлинить якорь и прибавить несколько новых магнитов). Машина с таким якорем давала гораздо более равномерный ток, так как цилиндр был плотно окружен полюсами магнитов.

Но эти достоинства не компенсировали главного недостатка всех магнитоэлектрических машин — магнитное поле по-прежнему создавалось в генераторе с помощью постоянных магнитов. Перед многими изобретателями в середине XIX века вставал вопрос: нельзя ли заменить неудобные металлические магниты электрическими? Проблема заключалась в том, что электромагниты сами потребляли электрическую энергию и для их возбуждения требовалась отдельная батарея или, по крайней мере, отдельная магнитоэлектрическая машина. Первое время казалось, что без них невозможно обойтись. В 1866 году Вильде создал удачную модель генератора, в котором металлические магниты были заменены электромагнитами, а их возбуждение вызывала магнитоэлектрическая машина с постоянными магнитами, соединенная с тем же паровым двигателем, который приводил в движение большую машину. Отсюда оставался только один шаг к собственно динамо-машине, которая возбуждает электромагниты своим собственным током.

В том же 1866 году Вернер Сименс открыл принцип самовозбуждения. (Одновременно с ним то же открытие сделали некоторые другие изобретатели.) В январе 1867 году он выступил в

Берлинской академии с докладом «О превращении рабочей силы в электрический ток без применения постоянных магнитов». В общих чертах его открытие заключалось в следующем. Сименс установил, что в каждом электромагните, после того как намагничивающий ток переставал действовать, всегда оставались небольшие следы магнетизма, которые были способны вызвать слабые индукционные токи в катушке, снабженной сердечником из мягкого магнитного железа и вращавшейся между полюсами магнита. Используя эти слабые токи, можно было привести генератор в действие без помощи извне.

Первая динамо-машина, работавшая по принципу самовозбуждения, была создана в 1867 году англичанином Леддом, но в ней еще предусматривалась отдельная катушка для возбуждения электромагнитов. Машина Ледда состояла из двух плоских электромагнитов, между концами которых вращались два якоря Сименса. Один из якорей давал ток для питания электромагнитов, а другой — для внешней цепи. Слабый остаточный магнетизм сердечников электромагнитов сначала возбуждал очень слабый ток в арматуре первого якоря; этот ток обегал электромагниты и усиливал уже имеющееся в них магнитное состояние. Вследствие этого усиливался в свою очередь ток в арматуре, а последний еще более увеличивал силу электромагнитов. Мало помалу такое взаимное усиление шло до тех пор, пока электромагниты не приобретали полной своей силы. Тогда можно было привести в движение вторую арматуру и получить от нее ток для внешней цепи.

Следующий шаг в совершенствовании динамо-машины был сделан в том направлении, что совершенно устранили одну из арматур и воспользовались другой не только для возбуждения электромагнитов, но и для получения тока во внешней цепи. Для этого нужно было только провести ток из арматуры в обмотку электромагнита, рассчитав все так, чтобы последний мог достичь полной своей силы и направить тот же ток во внешнюю цепь. Но при таком упрощении конструкции якорь Сименса оказывался непригодным, так как при быстрой перемене полярностей, в якоре возбуждались сильные паразитические токи, железо сердечников быстро разогревалось, и это могло при больших токах привести к порче всей машины. Необходима была другая форма якоря, более соответствовавшая новому режиму работы.

Удачное решение проблемы было вскоре найдено бельгийским изобретателем Зиновием Теофилем Граммом. Он жил во Франции и служил в кампании «Альянс» столярным мастером. Здесь он познакомился с электричеством. Размышляя над усовершенствованием электрогенератора, Грамм в конце концов пришел к мысли заменить якорь Сименса другим, имеющим кольцевую форму. Важное отличие кольцевого якоря (как будет показано ниже) состоит в том, что он не перемагничивается и имеет постоянные полюса (Грамм пришел к своему открытию самостоятельно, но надо сказать, что еще в 1860 г. итальянский изобретатель Пачинотти во Флоренции построил электрический двигатель с кольцеобразным якорем; впрочем, это открытие вскоре было забыто.)

Итак, исходная точка поисков Грамма заключалась в том, чтобы заставить вращаться внутри проволочной катушки железное кольцо, на котором наведены магнитные полюсы и таким образом получить

равномерный ток постоянного направления.

Чтобы представить устройство генератора Грамма, рассмотрим сначала следующее приспособление. В магнитном поле, образуемом полюсами N и S, вращаются восемь замкнутых металлических колец, которые прикреплены на равном расстоянии друг от друга к оси при помощи спиц. Обозначим самое верхнее кольцо № 1 и будем считать по направлению хода часовой стрелки. Рассмотрим сперва кольца 1-5. Мы видим, что кольцо 1 охватывает наибольшее число силовых линий магнитного поля, так как его плоскость перпендикулярна им. Кольцо 2 охватывает уже меньшее их число, так как оно наклонено к направлению линий, а сквозь кольцо 3 линии вовсе не проходят, так как его плоскость совпадает с их направлением. В кольце 4 число пересекаемых линий увеличивается, но, как легко заметить, они вступают в него уже с противоположной стороны, так как кольцо 4 обращено к полюсу магнита другой своей стороной по сравнению с кольцом 2. Пятое кольцо охватывает столько же линий, сколько первое, но входят они с противоположной стороны. Если мы будем вращать ось, к которой прикреплены кольца, то каждое кольцо будет последовательно проходить через положения 1-5. При этом, при переходе из 1-го положения в 3-е в кольце возникает ток. На пути из положения 3 к 5, если бы силовые линии пересекали кольцо с той же самой стороны, в нем появлялся бы ток противоположный тому, что в положении 1-3, но так как при этом кольцо изменяет свое положение относительно полюса, то есть поворачивается к нему другой стороной, ток в кольце сохраняет то же направление. Зато когда кольцо проходит из положения 5 через 6 и 7 опять к 1, в нем индуцируется ток, противоположный первому.

Заменив теперь наши воображаемые кольца витками вращающейся катушки, плотно намотанной на железное кольцо, мы получим кольцо Грамма, в котором ток будет индуцироваться точно так же, как описано выше. Предположим, что проволока обмотки не имеет изоляции, но железный сердечник покрыт изолирующей оболочкой и ток, индуцируемый в витках проводника, не может проходить в него. Тогда каждый виток спирали будет подобен тому кольцу, что мы рассматривали выше, и витки в каждой половине кольца будут представлять собой последовательно соединенные кольцевые проводники. Но обе половинки кольца соединены противоположно друг к другу. Значит, токи с обеих сторон направляются к верхней половине кольца, и там, следовательно, получается положительный полюс. Подобным же образом в нижней точке, откуда берут свое направление токи, будет находиться отрицательный полюс. Можно, следовательно, сравнить кольцо с батареей, составленной из двух частей, которые соединены между собой противоположно.

Если теперь соединить противоположные концы кольца, то получится замкнутая цепь постоянного тока. В нашем воображаемом устройстве этого можно легко достичь, укрепив скользящие контакты в виде пружины так, чтобы они касались верхней и нижней части вращающегося кольца и снимали с их помощью электрический ток. Но в действительности генератор Грамма имел более сложное устройство, поскольку здесь было налицо несколько технических затруднений: с одной стороны, для того чтобы снимать ток с кольца, витки обмотки должны быть

обнажены, с другой — для получения сильных токов обмотка должна быть намотана плотно и в несколько слоев. Каким же образом изолировать нижние слои от верхних?

На практике кольцо Грамма дополняло особое, довольно сложное устройство, называемое коллектором, которое и служило для отвода токов из обмотки. Коллектор состоял из металлических пластин, прикрепленных к оси кольца и имевших форму секторов цилиндра. Каждая пластина тщательно изолировалась от соседних секторов и от оси кольца. Концы каждого сектора обмотки были соединены с одной из металлических пластин, а скользящие пружины помещались так, что постоянно находились в соединении с самым верхним и самым нижним секторами обмотки. Из обеих половин обмотки получался постоянный ток, направленный к той пружине, которая была соединена с верхним сектором. Ток обходил верхнюю цепь и возвращался в кольцо через нижнюю пружину. Таким образом, полюса с поверхности самого кольца переместились на его ось, откуда ток было снимать намного проще.

В таком виде воплотилась первоначальная модель электрогенератора. Однако она оказалась неработоспособной. Как писал Грамм в воспоминаниях о своем изобретении, тут явилась новая сложность: кольцо, на которое был намотан проводник, сильно разогревалось вследствие того, что здесь тоже при быстром вращении генератора индуцировались токи. В результате перегрева изоляция то и дело выходила из строя. Ломая голову над тем, как избежать этой неприятности, Грамм понял, что железный сердечник якоря нельзя делать сплошным, так как в этом случае вредные токи оказываются слишком большими. Но разбив сердечник на части так, чтобы образовались разрывы на пути возникающих токов, можно было сильно уменьшить их вредное действие. Этого можно было добиться, изготовив сердечник не из цельного куска, а из проволоки, налагая ее в виде кольца и тщательно изолируя один слой от другого. На это проволочное кольцо затем навивалась обмотка. Каждый сектор якоря представлял собой катушку из многих оборотов (слоев). Отдельные катушки соединялись так, что проволока непрерывно обегала железное кольцо и притом в одном и том же направлении. От мест соединения каждой пары катушек шел проводник к соответствующей пластине коллектора. Чем больше было число оборотов катушки, тем большей силы ток можно было снять с кольца.

Изготовленный таким образом якорь устанавливался на ось генератора. Для этого железное кольцо с внутренней стороны снабжалось железными спицами, которые скреплялись с коллектором массивным кольцом, насаженным на ось машины. Коллектор, как уже говорилось, состоял из отдельных металлических пластин одинаковой ширины. Отдельные слои коллектора были изолированы друг от друга и от оси генератора.

Для снятия тока служили коллекторные щетки, представлявшие собой упругие латунные пластины, плотно прилегавшие к коллектору в надлежащих местах. Они соединялись с зажимами машины, откуда постоянный ток поступал во внешнюю цепь. Провод, идущий к одному из зажимов, кроме того, образовывал обмотку электромагнитов. Простейшее соединение генератора с обмотками электромагнита можно было получить,

соединив один конец обмотки электромагнита с одной из щеток коллектора, например отрицательной. Другой конец обмотки электромагнита подключался к положительной щетке. При таком соединении весь ток генератора проходил через электромагниты.

В целом первая динамо-машина Грамма представляла собой две железные вертикальные стойки, соединенные сверху и снизу стержнями двух электромагнитов. Полюсы этих электромагнитов находились в их середине, так что каждый из них был как бы составлен из двух, одинаковые полюса которых были обращены друг к другу. Можно рассматривать это устройство иначе и считать, что две половины, прилегающие к каждой стойке и соединенные ею, образовывали два отдельных электромагнита, которые соединялись одноименными полюсами сверху и снизу. В тех местах, где образовывался полюс, к электромагнитам были присоединены особой формы железные насадки, которые входили в пространство между электромагнитами и обхватывали кольцеобразный якорь машины. Две стойки, связывающие оба электромагнита и составлявшие основу всей машины, служили также для того, чтобы держать ось якоря и шкивы машины.

В 1870 году, получив патент на свое изобретение, Грамм образовал «Общество производства магнитоэлектрических машин». Вскоре было налажено серийное производство его генераторов, которые произвели подлинную революцию в электроэнергетике. Обладая всеми достоинствами самовозбуждающихся машин, они вместе с тем были экономичны, имели высокий КПД и обеспечивали практически неизменный по величине ток. Поэтому машины Грамма быстро вытеснили другие электрогенераторы и получили широкое распространение в самых разных отраслях. Тогда только появилась возможность легко и быстро преобразовывать механическую энергию в электричество.

Как уже говорилось, Грамм создавал свой генератор, как динамо-машину постоянного тока. Но когда в конце 70-х — начале 80-х годов XIX века резко возрос интерес к переменному току, ему не стоило большого труда переделать его для производства переменного тока. В самом деле, для этого надо было только заменить коллектор двумя кольцами, по которым скользят пружины. Сначала генераторами переменного тока пользовались только при освещении, но с развитием электрификации они стали получать все большее применение и постепенно вытеснили машины постоянного тока. Первоначальная конструкция генератора также претерпела значительные изменения. Первая машина Грамма была двухполюсной, но в дальнейшем стали применять многополюсные генераторы, в которых обмотка якоря проходила при каждом обороте мимо четырех, шести и более попеременно установленных полюсов электромагнита. В этом случае ток возбуждался не с двух сторон колеса, как раньше, но в каждой части колеса, обращенной к полюсу, и отсюда отводился во внешнюю цепь. Таких мест (а соответственно и щеток) было столько, сколько магнитных полюсов. Затем все щетки положительных полюсов связывались вместе, то есть соединялись параллельно. Точно так же поступали и с отрицательными щетками.

По мере увеличения мощности генераторов возникла новая проблема — каким образом снять ток с вращающегося якоря с

наименьшими потерями. Дело в том, что при больших токах щетки начинали искрить. Кроме больших потерь электроэнергии, это оказывало вредное воздействие на работу генератора. Тогда Грамм посчитал рациональным вернуться к самой ранней конструкции электрогенератора, примененной в машине Пиксии: он сделал арматуру неподвижной, а вращаться заставил электромагниты, ведь снять ток с неподвижной обмотки было проще. Он поместил катушки якоря на железном неподвижном кольце и заставил электромагниты вращаться внутри него. Отдельные катушки он связал между собой так, чтобы все те катушки, которые в данный момент подвергались одинаковому действию электромагнитов, были соединены последовательно. Таким образом Грамм разбил все катушки на несколько групп и каждую группу употребил для доставления тока в отдельную самостоятельную цепь. Однако возбуждающие ток электромагниты необходимо было питать постоянным током, так как переменный ток не мог вызвать в них неизменной полярности. Поэтому при каждом генераторе переменного тока необходимо было иметь небольшой генератор постоянного тока, откуда ток подводился к электромагнитам при помощи скользящих контактов.

51. ТЕЛЕФОН

С изобретением телеграфа была решена задача передачи сообщений на большие расстояния. Однако телеграф мог переслать только письменные депеши. Между тем многие изобретатели мечтали о более совершенном и коммуникабельном способе связи, с помощью которого можно было бы передавать на любые расстояния живой звук человеческой речи или музыку. Первые эксперименты в этом направлении предпринял в 1837 году американский физик Пейдж. Суть опытов Пейджа была очень проста. Он собрал электрическую цепь, в которую входили камертон, электромагнит и гальванические элементы. Во время своих колебаний камертон быстро размыкал и замыкал цепь. Этот прерывистый ток передавался на электромагнит, который так же быстро притягивал и отпускал тонкий стальной стержень. В результате этих колебаний стержень производил поющий звук, подобный тому, который издавал камертон. Таким образом, Пейдж показал, что передавать звук с помощью электрического тока в принципе возможно, надо только создать более совершенные передающее и принимающее устройства.

Следующий важный этап в развитии телефонии связан с именем английского изобретателя Рейса. Еще в студенческие годы Рейс заинтересовался проблемой передачи звука на расстояние при помощи электрического тока. К 1860 году он сконструировал до десятка различных устройств. Наиболее совершенное из них имело следующий вид.

Передатчик представлял собой полый ящик, снабженный спереди звуковым отверстием А и имевший в своей верхней части отверстие, закрытое тонкой, туго натянутой перепонкой. На этой перепонке лежала тонкая платиновая пластина р, а сверху находилось острие упругой платиновой иглы n, которая была приспособлена таким образом, что касалась пластины р, когда перепонка находилась в покое. Касание это прерывалось при колебании перепонки. Вследствие этих поперечных касаний замыкался и размыкался ток, идущий от батареи В через зажим а в платиновую пластинку р и через иглу n во второй зажим, от последнего

провод шел к приемнику, проходил через спираль CC и возвращался в батарею через зажим d и соединенную с ним проволоку e. Внутри спирали помещалась тонкая железная спица, которая двумя своими концами прикреплялась к двум покоившимся на резонаторной доске gg стойкам ff. Части hi и ki образовывали на обеих станциях приспособления, имевшие целью дать знать отдаленному слушателю о начале переговоров. Воспроизведение звука, спетого в раструбе A, было основано на том, что железная спица, намагничиваясь и размагничиваясь проходящим по спирали электрическим током, начинала совершать колебательные движения; они ощущались как звук, соответствовавший тому звуку, который воспринимался приемником и колебаниями которого приводилась в движение перепонка. Резонансная доска служила для усиления звука.

С помощью телефона Рейса уже можно было передавать не только отдельные звуки, но и сложные музыкальные фразы и даже отчасти человеческую речь. Но качество передачи оставалось настолько низким, что часто было совершенно невозможно что-нибудь разобрать. Побочные шумы, производимые замыканием и размыканием цепи, заглушали передачу, а звуки, воспроизводимые стальной иглой, были очень далеки от модуляций человеческого голоса. Для отчетливой передачи звука необходимо было добиться того, чтобы пластинки как отправителя, так и приемника выводились из своего положения покоя в крайнее положение током, сила которого нарастала бы постепенно, и чтобы при убывании ток опять проходил через первоначальное положение покоя. Все эти плавные колебания тембра звука, составляющие богатство человеческой речи, были совершенно недоступны телефону Рейса — притяжение здесь наступало стремительно и оставалось неизменным в течение некоторого времени, а затем совсем прекращалось.

Решить проблему передачи звука только замыканием и размыканием цепи оказалось невозможно. Прошло еще 15 лет, прежде чем шотландский изобретатель Александр Белл нашел более совершенный способ преобразования звуков в электрические сигналы. По профессии Белл был учителем глухонемых детей. С детства он много занимался акустикой, учением о звуке, и мечтал изобрести телефон. В 1870 году Белл переехал в Канаду, а в 1872 году — в США. Поселившись в Бостоне, он ввел в тамошней школе для глухонемых детей разработанную им систему «видимой речи». Она имела большой успех, и вскоре Белл сделался профессором Бостонского университета. Теперь у него была лаборатория и достаточно средств для того, чтобы посвятить себя работе над изобретением телефона. Забывая о сне, Белл целыми ночами просиживал над своими опытами. Первые его эксперименты повторяли работы Пейджа.

Летом 1875 года Белл и его помощник Томас Ватсон сделали установку, состоявшую из магнитов с подвижными язычками, которые приводились в действие колебаниями тока. В цепь с магнитами включались различные устройства. Ватсон и Белл находились в соседних комнатах. Ватсон передавал, а Белл принимал. Однажды, когда Ватсон нажал на кнопку в конце провода, чтобы привести в действие звонок, испортился контакт, и электромагнит притянул к себе молоточек звонка. Ватсон попытался оттянуть его, вследствие чего вокруг магнита возникли колебания. Движение пружины, произведенной Ватсоном, изменило

интенсивность тока и вызвало колебательные движения в пружине противоположной станции в комнате Белла, и провод передал совсем слабый звук первого телефона. Так, совершенно случайно, Белл обнаружил, что магнит с легким якорем может быть и передатчиком и приемником сигнала. После этого осуществить передачу и воспроизведение звука с помощью электрического тока уже не представляло большоготруда.

Чтобы понять как это происходит, представим себе постоянный магнит и поблизости от него гибкую железную пластину, которая колеблется под действием звуковых волн. Приближаясь к полюсу магнита, она будет усиливать его магнитное поле, а удаляясь от него — ослаблять. (Не вдаваясь в подробности, заметим, что причиной этому будет то же явление электромагнитной индукции, о котором говорилось в предыдущей главе: понятно, что в пластине, которая движется в магнитном поле, будет возникать электрический ток; этот ток будет создавать вокруг пластины собственное магнитное поле, которое и будет налагаться на магнитное поле магнита, то усиливая, то ослабляя его.) Теперь поместим на наш воображаемый магнит катушку с проволокой. При колебаниях магнитного поля в катушке будет возникать переменный электрический ток, причем то в одну, то в другую сторону. Пропуская полученный ток через обмотки другого магнита, мы будем влиять на его магнитное поле, которое тоже будет то возрастать, то убывать, причем в точности повторяя все изменения, происходящие в магнитном поле первого магнита. Если у полюса этого второго, принимающего магнита поместить железную пластинку, она будет то притягиваться к этому магниту под действием усиливающегося магнитного поля, то удаляться от него под влиянием своей упругости и при этом порождать звуковые волны, во всем подобные тем, что привели в колебание первую пластинку. Собственно, это и произошло при описанных выше обстоятельствах. Роль железной пластины здесь сыграл гибкий якорь магнита. Но это было слишком грубое приспособление, не способное передать многих нюансов звука. Белл стал искать, чем можно его заменить.

Один знакомый врач предложил ему воспользоваться для экспериментов человеческим ухом и раздобыл ему ухо от трупа. Внимательно изучая его строение, Белл установил, что звуковые волны приводят в колебание барабанную перепонку, от которой они передаются на слуховые косточки. Это навело его на мысль сделать тонкую металлическую мембрану, поместить ее рядом с постоянным магнитом и, таким образом, превратить звуковые колебания в электрические. Прошло несколько месяцев напряженного труда, прежде чем телефон заговорил. Только 10 марта 1876 года Ватсон отчетливо услышал на приемной станции слова Белла: «Мистер Ватсон, пожалуйста, придите сюда, мне нужно с вами поговорить». Еще раньше, 14 февраля, Белл сделал патентную заявку на свое изобретение. Всего через два часа после него такую же заявку на идентичный аппарат подал другой изобретатель — Илайша Грей. Однако патент был выдан в марте Беллу, поскольку он первый заявил о своем открытии. (Позже Беллу пришлось вести несколько судебных процессов с Греем и другими изобретателями, отстаивая свое первенство. В конце концов Белл купил у Грея право на эксплуатацию телефона.) На выставке в Филадельфии, проходившей в том же году, телефон Белла сделался

главным экспонатом. С этого времени, несмотря на то что первые аппараты были еще очень несовершенны, телефоны стали быстро распространятся. В августе того же 1876 года в употреблении было уже около 800 телефонов, и спрос на них все увеличивался.

Устройство первых аппаратов было очень примитивным. Постоянный магнит А в форме стержня был окружен на одном полюсе короткой индукционной спиралью В из тонкой медной проволоки, оканчивавшейся двумя более толстыми проволоками СС, которые с помощью зажимов DD были соединены с проволоками LL. У одного полюса магнита помещалась зажатая по краям пластинка ЕЕ из мягкого листового железа. Все было вставлено в деревянную оправу, которая в части GG имела над пластинкой ЕЕ воронкообразное отверстие, служившее звуковым конусом. Снизу деревянная оправа суживалась, так как здесь она заключала в себе только магнитный стержень, закрепленный в своем положении винтом, и два провода СС. Этот аппарат мог служить одновременно и передатчиком, и приемником. На станции отправителя и на приемной станции имелось по такому телефону. Их индукционные спирали соединялись между собой посредством проводов LL и зажимов DD. Когда конусом GG пользовались как трубкой и говорили в него, пластинка ЕЕ перед полюсом магнита приходит в колебания; вследствие этого в спирали В возникали индукционные токи, изменение которых соответствовало действующим на пластинку звуковым колебаниям. Эти токи поступали через провода LL в спираль приемного телефона и вызывали колебание мембраны. Прижав конус к уху, можно было услышать голос говорившего на другом конце провода абонента. Индукционные токи, порождаемые движением мембраны, были очень слабы, поэтому устойчивое общение можно было наладить лишь на расстоянии нескольких сот метров. Далее голоса говоривших становились настолько тихими, что тонули в гуле помех. Потребовался труд многих и многих изобретателей, прежде чем телефон превратился в надежное средство связи.

Вообще телефонный аппарат Белла оказался более приспособлен для преобразования волн тока в звуковые волны, чем обратно. Поэтому очень важным в истории телефонии было открытие в 1877 году английским изобретателем Юзом микрофонного эффекта. В своем первоначальном виде микрофон имел следующее устройство.

Между двумя кусками угля С и С', укрепленных на пластине В, устанавливался угольный стержень с заостренными концами. Ток от элемента Е проходил через этот угольный стержень и через обмотку телефона Т. При встряхивании горизонтальной пластинки А, игравшей роль резонатора, угольный стержень смещался. В этот момент уменьшалось его сопротивление току в местах контактов, а это, в свою очередь, производило заметное усиление силы тока в телефоне. Мембрана начинала колебаться с большей амплитудой, отчего первоначальный звук усиливался в несколько раз. Слабое тиканье часов, положенных на подставку, воспринималось в телефоне как очень громкое. Даже ползанье мухи по пластине воспроизводилось в виде вполне заметного шума.

Через несколько лет после изобретения Юза появилось множество различных конструкций микрофонов. Широкое распространение получили микрофоны, в которых вместо стержней использовался угольный порошок.

Колебания мембраны вызывали в этом случае то уплотнение порошка, то его разрыхление, вследствие чего постоянно менялось его сопротивление. Соединенный с микрофоном телефон стал работать намного надежнее, но он по-прежнему оставался несовершенным. Слабые индукционные токи были не в состоянии преодолевать сопротивление передающих проводов. Необходимо было каким-то образом усилить их напряжение, не меняя при этом характера их колебаний. Остроумный выход из положения нашел знаменитый американский изобретатель Эдисон, который предложил использовать для усиления напряжения индукционную катушку. Так телефонный аппарат был дополнен трансформатором.

О трансформаторах более подробно будет говориться в одной из последующих глав. Сейчас только поясним принцип его работы. Если насадить две катушки на один и тот же железный сердечник и пропускать через одну из них переменный ток, то во второй катушке тоже индуцируется переменный ток. Рассмотрим подробнее это явление. Созданное первой катушкой изменяющееся магнитное поле индуцирует в каждом витке второй катушки ток определенного напряжения. Витки катушки, как это уже было показано в предыдущей главе, можно рассматривать как последовательно соединенные источники тока. Тогда общее напряжение на обмотке второй катушки будет равно сумме напряжений всех ее витков. Если мы хотим увеличить напряжение, снимаемое со второй катушки, мы должны увеличить число витков. Таким образом, меняя число витков на второй катушке, мы можем получить на ней напряжение меньшее, равное или большее, чем на первой. Однако, во сколько раз возрастает напряжение, во столько же раз уменьшается сила тока, так что их произведение в первой и второй катушке остается равным (в действительности, из-за неизбежных потерь во вторичной катушке это произведение даже несколько меньше). Трансформаторный эффект был открыт одновременно с явлением электромагнитной индукции, но поскольку в технике долгое время использовался только постоянный ток, он сначала не находил применения. Телефон оказался одним из первых устройств, где трансформатор (в виде индукционной катушки) получил некоторое распространение.

В созданном Эдисоном аппарате телефон и микрофон включались в две отдельные цепи. Источник тока, микрофон и первичная обмотка трансформатора соединены здесь в одну цепь, другая катушка и телефон-приемник — в другую. Принцип работы этого телефона понятен: вследствие колебания мембраны сопротивление в микрофоне постоянно менялось, отчего постоянный ток батареи преобразовывался в пульсирующий. Этот ток подавался на первичную обмотку трансформатора. Во вторичной обмотке индуцировались такие же по форме токи, но более высокого напряжения. Они без труда преодолевали сопротивление проводов и могли передаваться на значительные расстояния. Усовершенствованный таким образом телефон вскоре получил широкое распространение.

В первое время аппараты связывались между собой попарно. Они не имели коммутаторов и звонков. Для вызова абонента к аппарату просто стучали карандашом по мембране. Впоследствии Эдисоном были введены электрические звонки. В 1877 году появилась первая центральная

телефонная станция в Нью-Хейвене (США). Порядок соединения здесь был таков. Абонент, желавший говорить с каким-либо лицом или учреждением, в абонентной книжке разыскивал нужный номер и звонил на центральную станцию. Когда последняя отвечала, он сообщал нужный ему номер, и, если этот номер был не занят, оператор соединял его с требуемым лицом с помощью специальных штекеров и сообщал ему, что соединение готово. После этого абонент обращался уже к соединенному с ним лицу. По окончании разговора их разъединяли.

Современники очень быстро оценили удобства, которые давал телефон. Вскоре телефонные станции были построены во всех крупных городах. Одновременно рос спрос на телефонные аппараты. В 1879 году Белл создал свою фирму по производству телефонов, превратившуюся вскоре в мощный концерн. В течение десяти лет только в США было установлено свыше 100 тысяч телефонных аппаратов, а через 25 лет их уже насчитывалось более миллиона. Затем эта цифра увеличилась еще на порядок. Белл прожил долгую жизнь и мог наблюдать за распространением телефонии по всему свету. Он умер в 1922 году, и память его почтили своеобразной минутой молчания: когда гроб с телом изобретателя опускали в могилу, все телефонные разговоры прекратились. Пишут, что в США в эту минуту молчало более 13 миллионов телефонов.

52. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЛАМПОЧКА

В последние десятилетия XIX века в жизнь многих европейских городов вошло электрическое освещение. Появившись сначала на улицах и площадях, оно очень скоро проникло в каждый дом, в каждую квартиру и сделалось неотъемлемой частью жизни каждого цивилизованного человека. Это было одно из важнейших событий в истории техники, имевшее огромные и многообразные последствия. Бурное развитие электрического освещения привело к массовой электрификации, перевороту в энергетике и крупным сдвигам в промышленности. Однако всего этого могло и не случиться, если бы усилиями многих изобретателей не было создано такое обычное и привычное для нас устройство, как электрическая лампочка. В числе величайших открытий человеческой истории ей, несомненно, принадлежит одно из самых почетных мест.

В XIX веке получили распространение два типа электрических ламп: лампы накаливания и дуговые. Дуговые лампочки появились немного раньше. Свечение их основано на таком интересном явлении, как вольтова дуга. Если взять две проволоки, подключить их к достаточно сильному источнику тока, соединить, а затем раздвинуть на расстояние нескольких миллиметров, то между концами проводников образуется нечто вроде пламени с ярким светом. Явление будет красивее и ярче, если вместо металлических проводов взять два заостренных угольных стержня. При достаточно большом напряжении между ними образуется свет ослепительной силы.

Впервые явление вольтовой дуги наблюдал в 1803 году русский ученый Василий Петров. В 1810 году то же открытие сделал английский физик Деви. Оба они получили вольтову дугу, пользуясь большой батареей элементов, между концами стерженьков из древесного угля. И тот, и другой писали, что вольтова дуга может использоваться в целях освещения. Но прежде надо было найти более подходящий материал для электродов,

поскольку стержни из древесного угля сгорали за несколько минут и были малопригодны для практического использования. Дуговые лампы имели и другое неудобство — по мере выгорания электродов надо было постоянно подвигать их навстречу друг другу. Как только расстояние между ними превышало некий допустимый минимум, свет лампы становился неровным, она начинала мерцать и гасла.

Первую дуговую лампу с ручным регулированием длины дуги сконструировал в 1844 году французский физик Фуко. Древесный уголь он заменил палочками из твердого кокса. В 1848 году он впервые применил дуговую лампу для освещения одной из парижских площадей. Это был, короткий и весьма дорогой опыт, так как источником электричества служила мощная батарея. Затем были придуманы различные приспособления, управляемые часовым механизмом, которые автоматически сдвигали электроды по мере их сгорания.

Понятно, что с точки зрения практического использования желательно было иметь лампу, не осложненную дополнительными механизмами. Но можно ли было обойтись без них? Оказалось, что да. Если поставить два уголька не друг против друга, а параллельно, притом так, чтобы дуга могла образовываться только между двумя их концами, то при этом устройстве расстояние между концами углей всегда сохраняется неизменным. Конструкция такой лампы кажется очень простой, однако создание ее потребовало большой изобретательности. Она была придумана в 1876 году русским электротехником Яблочковым, который работал в Париже в мастерской академика Бреге.

Свеча Яблочкова состояла из двух стержней, изготовленных из плотного роторного угля, расположенных параллельно и разделенных гипсовой пластинкой. Последняя играла двоякую роль, так как служила и для скрепления углей между собой и для их изоляции, позволяя вольтовой дуге образовываться лишь между верхними концами углей. По мере того как угли сверху обгорали, гипсовая пластинка плавилась и испарялась, так что кончики углей всегда на несколько миллиметров выступали над пластинкой.

Свечи Яблочкова привлекли к себе всеобщее внимание и наделали много шуму. В 1877 году с их помощью было впервые устроено уличное электричество на Avenue de L'Opera в Париже. Всемирная выставка, открывшаяся в следующем году, дала возможность многим электротехникам познакомиться с этим замечательным изобретением. Под названием «русский свет» свечи Яблочкова использовались позже для уличного освещения во многих городах мира. Эти лампы любопытны еще и тем, что требовали для себя исключительно переменного тока, так как скорость сгорания положительного и отрицательного электродов в них была неодинаковой и при постоянном токе надо было делать положительный электрод толще. Именно для Яблочкова Грамм изготовил свой первый генератор переменного тока. Но наряду с достоинствами свечи Яблочкова имели свои недостатки. Главное неудобство заключалось в том, что угли в них сгорали очень быстро — свеча средней величины светила не более двух часов.

Этот недостаток, впрочем, был присущ и многим другим дуговым лампам. Не раз у изобретателей являлась мысль заключить вольтову дугу в

лишенную кислорода атмосферу. Ведь благодаря этому лампа могла бы гореть значительно дольше. Долгое время эти попытки не удавались, так как пытались выкачать воздух целиком из всей лампы. Американец Джандус первый придумал помещать под купол не всю лампу, а только ее электроды. При возникновении вольтовой дуги кислород, заключенный в сосуде, быстро вступал в реакцию с раскаленным углеродом, так что вскоре внутри сосуда образовывалась нейтральная атмосфера. Хотя кислород и продолжал поступать через зазоры, влияние его сильно ослаблялось, и такая лампа могла непрерывно гореть около 200 часов.

Но даже в таком усовершенствованном виде дуговые лампы не могли получить достаточно широкого распространения. Вольтова дуга представляет собой очень сильный источник света. Яркость ее горения невозможно уменьшить ниже некоторого предела. Поэтому дуговые лампы использовались для освещения больших залов, вокзалов или площадей. Но они были совершенно непригодны для применения в маленьких жилых или рабочих помещениях.

Намного удобнее в этом смысле были лампочки накаливания. Устройство их всем известно: электрический ток, проходя через тонкую нить, раскаляет ее до высокой температуры, благодаря чему она начинает ярко светиться. Еще в 1820 году французский ученый Деларю изготовил первую такую лампу, в которой накаливаемым телом служила платиновая проволока. После этого в течение полувека лампы накаливания почти не использовались, поскольку не могли найти подходящего материала для нити. Поначалу наиболее удобным казался уголь. В 1873 году русский электротехник Лодыгин сделал лампочку с нитью из роторного угля. Он же первый начал откачивать из баллона воздух. В конце концов ему удалось создать первую лампочку накаливания, получившую некоторое практическое применение, но она оставалась еще очень несовершенной. В 1878 году американские электротехники Сойер и Ман нашли способ изготавливать маленькие угольные дуги небольшого сечения путем обугливания картона в графитовом порошке. Эти дуги заключали в стеклянные колпачки. Однако и эти лампочки были очень недолговечны.

В 1879 году за усовершенствование электрической лампочки взялся знаменитый американский изобретатель Эдисон. Он понимал: для того, чтобы лампочка светила ярко и долго и имела ровный немигающий свет, необходимо, во-первых, найти подходящий материал для нити, и, во-вторых, научиться создавать в баллоне сильно разреженное пространство. Было проделано множество экспериментов с различными материалами, которые ставились со свойственным для Эдисона размахом. Подсчитано, что его помощники опробовали не менее 6000 различных веществ и соединений, при этом на опыты было израсходовано свыше 100 тысяч долларов. Сначала Эдисон заменил ломкий бумажный уголек более прочным, приготовленным из угля, потом стал делать опыты с различными металлами и наконец остановился на нити из обугленных бамбуковых волокон. В том же году в присутствии трех тысяч человек Эдисон публично демонстрировал свои электрические лампочки, осветив ими свой дом, лабораторию и несколько прилегающих улиц. Это была первая лампочка с продолжительным сроком службы, пригодная для массового производства. Но поскольку изготовление нитей из бамбука оказалось достаточно

дорогим, Эдисон разработал новый способ выделки их из специальным образом обработанных волокон хлопка. Сначала хлопок помещали в горячий хлорно-цинковый раствор, где он постепенно растворялся. Полученную жидкость сгущали с помощью насоса до тестообразного состояния и выдавливали через тонкую трубку в сосуд со спиртом. Здесь она превращалась в тонкую нить и наматывалась на барабан. Полученную нить путем нескольких промежуточных операций освобождали от хлорно-цинкового раствора, сушили, разрезали, заключали в v-образные формы и обугливали в печи без доступа воздуха. Затем на нити напыляли тонкий слой угля. Для этого их помещали под колпак, заполненный светильным газом, и пропускали через них ток. Под действием тока газ разлагался, и на нити осаждался тонкий слой углерода. После всех этих сложных операций нить была готова для употребления.

Процесс изготовления лампочки тоже был очень сложным. Нить помещали в стеклянный колпачок между двумя платиновыми электродами, вплавленными в стекло (дорогой платиной приходилось пользоваться потому, что она имела одинаковый со стеклом коэффициент теплового расширения, что было очень важно для создания герметичности). Наконец, с помощью ртутного насоса из лампочки выкачивали воздух, так что в ней оставалось не более одной миллиардной того воздуха, который содержался в ней при нормальном давлении. Когда выкачивание заканчивалось, лампочку запаивали и насаживали на цоколь с контактами для вкручивания в патрон (и патрон, и цоколь, а также многие другие элементы электрического освещения, сохранившиеся без изменений до наших дней — выключатели, предохранители, электрические счетчики и многое другое — были также изобретены Эдисоном). Средняя долговечность лампочки Эдисона составляла 800-1000 часов непрерывного горения.

Почти тридцать лет лампочки изготавливались описанным выше способом, но будущее было за лампочками с металлической нитью. Еще в 1890 году Лодыгин придумал заменить угольную нить металлической проволокой из тугоплавкого вольфрама, имевшей температуру накала 3385 градусов. Однако промышленное изготовление таких лампочек началось только в XX веке.

53. ГИДРОТУРБИНА

В истории человечества водяные двигатели всегда играли особую роль. На протяжении многих веков различный водяные машины были главным источником энергии в производстве. Затем развитие тепловых (а позже электрических) двигателей сильно сузило сферу их применения. Однако везде, где имелись дешевые гидроресурсы (ручей с быстрым течением, водопад или порожистая река), водяной двигатель мог оказаться предпочтительнее всех других, поскольку был очень прост по своей конструкции, не требовал топлива и имел сравнительно высокий КПД. После того как в первой половине XIX века была изобретена водяная турбина с очень высоким КПД, гидроэнергетика пережила как бы второе рождение. С началом электрификации по всему миру развернулось строительство гидроэлектростанций, на которых электрогенераторы получали свой привод от мощных гидротурбин различных конструкций. И в наше время на долю гидротурбин приходится немалая часть мирового производства электроэнергии. Поэтому это замечательное устройство по

праву входит в число самых великих изобретений.

Водяная турбина развилась из водяного колеса, и прежде чем говорить о ее устройстве, следует сказать несколько слов о водяных колесах. Как уже отмечалось, первые водяные колеса стали использоваться в древности. По конструкции они делились на нижнебойные (или подливные) и верхнебойные (или наливные).

Нижнебойные колеса были наиболее простым типом водяного двигателя. Они не требовали для себя строительства каналов или плотин, но в то же время имели самый низкий КПД, так как их работа основывалась на достаточно невыгодном принципе. Этот принцип заключался в том, что подтекающая под колеса вода ударяла в лопатки, заставляя их вращаться. Таким образом, в подливных колесах использовалась только сила напора воды. Более рациональны с энергетической точки зрения были наливные колеса, в которых использовался еще и вес падающей воды.

Устройство наливного колеса также было очень просто. По ободу большого колеса или барабана приделывался ряд ковшей. Вода сверху из желоба наливалась в верхний ковш. Наполненный водой ковш становился тяжелее, опускался вниз и тянул за собой весь обод. Колесо начинало вращаться. На место опускающегося колеса становился следующий ковш. Он тоже наполнялся непрерывно текущей водой и начинал опускаться. На его место приходил третий, потом четвертый и так далее. Когда ковши доходили до нижней точки обода, вода из них выливалась. При прочих равных условиях мощность верхнебойных колес была выше, чем у нижнебойных, но зато эти колеса имели большие габариты и невысокую скорость вращения. Кроме того, для их эффективной работы требовалось создавать значительный перепад воды, то есть строить каналы, плотины и прочие дорогостоящие сооружения.

Любое водяное колесо насаживалось на вал, который вращался вместе с колесом, а от него вращение передавалось дальше к той машине, которую хотели привести в действие. В древности и средневековье такие двигатели широко использовали в самых разных отраслях производства, где с их помощью приводили в движение молоты, воздуходувные мехи, насосы, ткацкие машины и другие механизмы.

Может показаться, что за многовековую историю существования водяных колес механики узнали о них все. Да и что можно было придумать нового в этой старой как мир конструкции? Однако оказалось, что можно. В 1750 году венгр Сегнер, работавший в Геттингенском университете, выдвинул совершенно новую идею водяного двигателя, в котором наряду с напором и весом использовалась еще и сила реакции, создаваемая потоком воды.

Вода поступала сверху в сосуд, соединенный с осью, внизу которого располагались крестообразные трубки с загнутыми в одну сторону концами. Вода вытекала через них, и получавшаяся при этом сила реакции действовала во всех четырех трубках в одну и ту же сторону, приводя во вращение все колесо. Это была чрезвычайно остроумная находка, не получившая, впрочем, в этом виде никакого практического применения, но возбудившая к себе живейший интерес некоторых математиков и инженеров.

Великий немецкий математик Эйлер одним из первых откликнулся на эту новинку, посвятив исследованию колеса Сегнера несколько своих работ. Прежде всего, Эйлер указал на недостатки в конструкции Сегнера, отметив при этом, что невысокий КПД колеса был следствием нерациональных потерь энергии. Далее он писал, что эти потери могут быть значительно снижены, если идея нового двигателя получит более полное воплощение. Значительные потери происходили, прежде всего, при входе воды в колесо из-за резкого изменения направления и скорости течения воды (энергия здесь расходовалась на удар). Но их можно было уменьшить, если подводить воду к колесу в направлении вращения со скоростью этого вращения. На выходе также имелись потери, так как часть энергии уносилась с выходной скоростью воды. В идеале вода должна отдавать колесу всю свою скорость. Для этого Эйлер предлагал заменить горизонтальные водовыпускные трубки трубками криволинейной формы, идущими сверху вниз. Тогда уже не было нужды делать отверстия для выпуска воды сбоку, так как можно было просто оставлять открытым нижний конец замкнутой трубки. Эйлер предсказал, что в будущем гидравлические машины этого нового типа (собственно, речь здесь шла о гидравлической турбине, но самого этого названия еще не было в употреблении) будут иметь две части: неподвижный направляющий аппарат, по прохождению через который вода будет поступать в нижнее вращающееся колесо, являющееся рабочим органом машины. Несмотря на высказанные замечания, Эйлер очень высоко оценил изобретение Сегнера и прозорливо указал, что тот открыл новый путь развития гидравлических двигателей, которому суждено большое будущее.

Однако и колесо Сегнера, и работы Эйлера несколько опередили свое время. Следующие семьдесят лет никто не пытался усовершенствовать колесо Сегнера в соответствии с замечаниями Эйлера. Интерес к ним в первой четверти XIX века возродили работы французского математика Понселе, который предложил особый вид подливных колес новой конструкции. КПД колеса Понселе достигало 70%, что было совершенно недостижимо для других типов водяных двигателей. Секрет успеха заключался в том, что лопаткам колеса была придана особая полукруглая форма, так что подводимая вода поступала на них в направлении их кривизны, проходила некоторое расстояние вверх по лопатке, а затем, опускаясь, выходила наружу. При таких условиях совершенно устранялся удар воды о лопатки при входе, на который обычно терялась значительная часть энергии водяной струи. Изобретение Понселе стало важным шагом на пути к водяной турбине. Для того чтобы этот путь был пройден до конца, недоставало второго элемента турбины, описанного Эйлером — направляющего аппарата.

Впервые направляющий аппарат к водяному колесу применил профессор Бюрден в 1827 году. Он же первый назвал свою машину турбиной (от латинского turbo — быстрое вращение), после чего это определение вошло в обиход. В 1832 году первую практически применимую гидротурбину создал французский инженер Фурнейрон.

Его турбина состояла из двух концентрических, лежащих друг против друга колес: внутреннего, неподвижного K, представлявшего из себя направляющий аппарат, и внешнего с изогнутыми лопатками a,

которое и было рабочим турбинным колесом. Вода поступала в турбину сверху через трубу, обхватывавшую вал турбины, и попадала на лопатки направляющего аппарата. Эти лопатки принуждали воду двигаться по кривой линии, вследствие чего она втекала в горизонтальном направлении в лопатки турбинного колеса, без удара, по всей его внутренней окружности, отдавая последнему всю свою энергию, а затем равномерно стекала по его внутренней окружности. Вновь поступающая и отработанная вода нигде не смешивались между собой. Турбинное колесо было накрепко соединено с вертикальным валом D, через который передавалось движение.

КПД турбины Фурнейрона достигал 80%. Созданная им конструкция имела громадное значение для дальнейшей истории турбостроения. Слух об этом удивительном изобретении быстро распространился по всей Европе. Специалисты-инженеры из многих стран в течение нескольких лет приезжали в глухое местечко Шварцвальда, чтобы осматривать работавшую там турбину Фурнейрона как великую достопримечательность. Вскоре турбины стали строить по всему миру.

Переход к турбинам стал революционным переворотом в истории гидравлических двигателей. В чем же заключалось их преимущество перед старым водяным колесом? В приведенном выше кратком описании турбины Фурнейрона трудно увидеть колесо Сегнера. Между тем она основана на том же принципе использования реактивного движения водяной струи (отчего этот тип турбин и получил позже название реактивных). Просто Фурнейрон внимательно учел все замечания Эйлера и использовал свой собственный опыт инженера-гидравлика. Турбина Фурнейрона отличалась от водяного колеса несколькими принципиальными моментами. В водяном колесе вода входила и выходила в одном и том же месте. Из-за этого как скорость, так и направление движения воды в лопатке колеса были различны в разные моменты времени — колесо как бы затрачивало изрядную часть своей полезной мощности на постоянное преодоление сопротивления струи. В турбине Фурнейрона вода из направляющего аппарата входила на одну кромку лопатки колеса, проходила по лопатке и стекала с другой ее стороны. Вследствие этого в турбине вода не останавливалась, не меняла направления своего течения на обратное, а от входных до выходных кромок текла непрерывно. В каждой точке лопаток скорость ее была одинакова по направлению и отличалась только по величине. В результате скорость вращения турбины теоретически зависела только от скорости воды, и поэтому турбина могла вращаться в несколько десятков раз быстрее обычного водяного колеса. Другое выгодное отличие турбины заключалось в том, что вода одновременно проходила по всем лопаткам колеса, а в водяном колесе — только через некоторые. В результате, энергия водяной струи использовалась в турбине гораздо полнее, чем в водяном колесе, а ее габариты при той же мощности были в несколько раз меньше.

В последующие годы выработалось несколько основных видов гидротурбин. Не вдаваясь здесь в подробности, отметим, что все турбины XIX века можно условно разделить на два основных типа: реактивные и струйные. Реактивная турбина, как уже говорилось, представляла собой усовершенствованное колесо Сегнера. Она имела турбинное колесо,

насаженное на вал, с особым образом искривленными лопатками. Это колесо заключало внутри себя или было окружено направляющим аппаратом. Последний представлял из себя неподвижное колесо с направляющими лопатками. Вода устремлялась вниз через направляющий аппарат и турбинное колесо, причем лопатки первого направляли воду на лопатки второго. При выливании вода давила на лопатки и вращала колесо. От вала вращение передавалось дальше к какому-нибудь устройству (например, электрогенератору). Реактивные турбины оказались очень удобны там, где напор воды невелик, но есть возможность создать перепад в 10-15 м. Они получили в XX веке очень широкоераспространение.

Другим распространенным типом турбин были струйные. Их принципиальное устройство заключалось в том, что струя воды под сильным напором ударяла в лопатки колеса и этим заставляла его вращаться. Сходство струйной турбины с нижнебойным колесом очень велико. Прообразы таких турбин появились еще в средние века, как это можно заключить из некоторых изображений того времени.

В 1884 году американский инженер Пельтон значительно усовершенствовал струйную турбину, создав новую конструкцию рабочего колеса. В этом колесе гладкие лопатки прежней струйной турбины были заменены особенными им изобретенными, имеющими вид двух соединенных вместе ложек. Таким образом, лопатки получились не плоскими, а вогнутыми, с острым ребром посередине. При таком устройстве лопаток работа воды почти целиком шла на вращение колеса и только очень малая ее часть терялась бесполезно.

Вода к турбине Пельтона поступала по трубе, идущей от запруды или водопада. Там, где воды было много, труба делалась толстой, а где воды оказывалось меньше, она была тоньше. На конце трубы имелся наконечник, или сопло, из которого вода вырывалась сильной струей. Струя попадала в ложкообразные лопатки колеса, острое ребро лопатки резало ее пополам, вода толкала лопатки вперед, и турбинное колесо начинало вращаться. Отработанная вода стекала вниз в отводную трубу. Колесо с лопатками и соплом прикрывалось сверху кожухом из чугуна или железа. При сильном напоре колесо Пельтона вращалось с огромной скоростью, делая до 1000 оборотов в минуту. Оно было удобно там, где имелась возможность создать сильный напор воды. КПД турбины Пельтона был очень высок и приближался к 85%, поэтому она и получила широчайшее распространение.

После того как в 80-е годы XIX века была разработана система передачи электрического тока на большие расстояния и появилась возможность сосредоточить производство электроэнергии на «фабриках электричества» — электростанциях, началась новая эпоха в истории турбостроения. В соединении с электрогенератором турбина стала тем могущественным инструментом, с помощью которого человек поставил себе на службу огромную силу, скрытую в реках и водопадах.

54. ПУЛЕМЕТ

В истории военной техники можно насчитать несколько эпохальных изобретений, к числу которых, несомненно, относится и пулемет. Точно так же, как первая пушка открыла эпоху огнестрельного оружия, а первая винтовка — эпоху нарезного, создание пулемета ознаменовало собой

начало эпохи скорострельного автоматического оружия.

Мысль о таком оружии, которое позволяло бы в кратчайший промежуток времени выпустить наибольшее количество пуль, появилась очень давно. Уже в начале XVI века существовали укрепленные поперечно на бревне ряды заряженных стволов, через затравки которых была просыпана пороховая дорожка. При воспламенении пороха получался залп из всех стволов. Об использовании подобных установок (ребодеконов) в Испании сообщается около 1512 года. Потом возникла мысль укреплять отдельные стволы на вращающемся граненом вале. Это оружие называлось «органом», или картечницей. Орган мог иметь на себе до нескольких десятков стволов, каждый из которых снабжался своим кремневым замком и спусковым механизмом. Действовало такое приспособление очень просто: когда все стволы были заряжены и замки взведены, вал приводили во вращение посредством рукоятки, укрепленной на его оси. При этом замки, проходя мимо неподвижного шпенька (небольшого стержня), укрепленного на оси орудия, спускались и производили выстрел. Частота огня зависела от частоты вращения. Впрочем, подобное оружие не имело широкого распространения. Оно стало более удобным только после того, как появились патроны в металлической гильзе.

В 1860— 1862 годах американец Гатлинг создал несколько образцов довольно совершенных картечниц, которые были непосредственными предшественницами пулемета. В 1861 году такая картечница была принята на вооружение армии США, а потом и многих других армий.

Вокруг центрального вала АБ были прикреплены шесть или десять ружейных стволов, образующих с ним как бы цилиндр; стволы были набраны в особой железной раме ВГДЕ, имевшей цапфы Ж и З для помещения рамы на колесный лафет. Вал АБ и окружающие его стволы были пропущены сквозь отверстия двух железных дисков К и Л. Передний конец вала Б был вставлен в переднюю стенку рамы, а задний конец А проходил через пустотелый чугунный цилиндр М и соединялся с зубчатыми колесами НН. Через посредство рукояти ОО вал АБ со стволами приводился во вращательное движение. Для заряжания картечницы на валу АБ непосредственно за обрезами стволов имелся приемный цилиндр П с желобами, расположенными на боковой поверхности на продолжении каждого ствола: в них помещались патроны. Над приемным цилиндром была прикреплена к раме на шарнире крышка Р с воронкой С, через которую можно было всыпать патроны из особой железной пачки. Скрытый в цилиндре М механизм был устроен таким образом, что если один человек вращал посредством рукояти ОО систему стволов, а другой высыпал патроны в воронку С, то производились последовательное заряжание и стрельба из каждого ствола одного за другим; патронные гильзы при этом последовательно выбрасывались из ствола и падали вниз.

Осуществлялось это следующим образом. К приемному цилиндру П прилегал надетый на том же зубчатом валу замочный цилиндр АБ с желобами, которые были продолжением желобов первого цилиндра. Оба цилиндра и стволы составляли одно целое и приводились в общее вращение рукояткой О. В каждом желобе замочного цилиндра помещался затвор, представляющий собой трубку ВГ. Внутри трубки располагался ударник с головкою Д и ударной шпилькой Е; ударник мог продольно

двигаться в затворе, причем для головки Д была разделана вдоль верхней стенки затвора щель; вокруг ударника была обвита пружина, сжимавшаяся между головкой ударника и выступом в затворе Ж. В передней части затвора был укреплен посредством шпильки экстрактор (устройство для извлечения стреляной гильзы) З с зацепом И и зубцом К. При вращении всей этой системы выступы затворов Л скользили по наклонному нарезу МММ на внутренней поверхности неподвижной оболочки, покрывавшей механизм. Вследствие этого затворы постепенно выдвигались в желоба приемного цилиндра, подталкивая патроны в стволы. В каждый момент вращения только один ствол был заперт затвором, то есть подготовлен к выстрелу. Головки ударников Д скользили по выступу НН, расположенному на внутренней поверхности неподвижной оболочки, причем по мере выдвижения затвора вперед спиральные пружины сжимались. В тот момент, когда затвор запирал ствол, головка ударника освобождалась от выступа НН и ударная пружина воспламеняла капсюль патрона. При дальнейшем вращении каждый затвор вследствие обратного наклона нареза МММ отодвигался назад, причем экстрактор вытягивал пустую гильзу, которая падала вниз. При весе около 250 кг картечница могла делать до 600 выстрелов в минуту. Она была довольно капризным оружием, и управляться с ней было очень непросто. К тому же вращение рукоятки оказалось весьма утомительным занятием. Картечница использовалась в некоторых войнах (гражданской войне в США, франко-прусской и русско-турецкой), но нигде не смогла зарекомендовать себя с хорошей стороны. В истории техники она интересна тем, что некоторые ее механизмы были использованы потом изобретателями пулеметов. Однако назвать картечницу автоматическим оружием в современном смысле этого слова еще нельзя.

В настоящем автоматическом оружии, конечно, не могло быть и речи о том, чтобы вручную вращать стволы, да и принцип его действия был совсем другим. Развиваемое при выстреле давление пороховых газов здесь использовалось не только для выбрасывания пули из канала ствола, но и для перезарядки. При этом автоматически выполнялись следующие операции: открывался затвор, выбрасывалась стреляная гильза, взводилась боевая пружина ударника, в патронник ствола вводился новый патрон, после чего затвор вновь закрывался. Над созданием образцов такого оружия работали во второй половине XIX века многие изобретатели в разных странах. Впервые действующий автоматический механизм удалось создать английскому инженеру Генри Бессемеру. В 1854 году он сконструировал первую в истории автоматическую пушку. Силой отдачи после выстрела здесь происходило выбрасывание гильзы, вслед за тем автоматически досылался новый снаряд и взводился механизм для следующего выстрела. Чтобы орудие не перегревалось, Бессемер продумал систему водяного охлаждения. Впрочем, изобретение его было настолько несовершенно, что речь о серийном производстве этой пушки даже не шла.

Самый первый в истории пулемет был создан американским изобретателем Хайрамом Максимом. В течение нескольких лет он безуспешно работал над изобретением автоматической винтовки. В конце концов ему удалось сконструировать все основные узлы автоматического оружия, но оно получилось таким громоздким, что скорее походило на

небольшую пушку. От винтовки пришлось отказаться. Вместо нее Максим собрал в 1883 году первый действующий образец своего знаменитого пулемета. Вскоре после этого он переехал в Англию и основал здесь свою собственную мастерскую, которая позже соединилась с оружейным заводом Норденфельдта.

Первое испытание пулемета было проведено в Энфильде в 1885 году. В 1887 году Максим предложил английскому военному министерству три различных образца своего пулемета, дававшего около 400 выстрелов в минуту. В последующие годы он стал получать на него все больше и больше заказов. Пулемет был испытан в различных колониальных войнах, которые вела в это время Англия, и великолепно зарекомендовал себя как грозное и очень эффективное оружие. Англия была первым государством, принявшим пулемет на вооружение своей армии. В начале XX века пулемет Максима уже состоял на вооружении всех европейских и американских армий, а также армий Китая и Японии. Вообще, ему было суждено редкое долголетие. Постоянно модернизируясь, эта надежная и безотказная машина простояла на вооружении многих армий (в том числе советской) вплоть до окончания Второй мировой войны.

Принцип действия «максима» был следующий. Пулемет имел подвижный ствол, соединенный с помощью цапф с двумя продольными пластинами особой рамы, между которыми помещался замок АБ, запиравший ствол, мотыль ВГ и шатун ГД. Все эти три части были соединены между собой шарнирами ВГД, причем последний шарнир проходил через заднюю оконечность пластин рамы и соединялся с шатуном наглухо, то есть таким образом, что если эта ось поворачивалась, то поворачивался и сам шатун. На эту ось с правой стороны снаружи короба насаживалась рукоять ЕЖ, опиравшаяся задним концом Ж на ролик З. К рукояти при помощи цепочки прикреплялся задний конец спиральной пружины К, работавшей на растяжение, передний же ее конец прикреплялся к неподвижному коробу системы. Рукоять находилась с правой наружной стороны короба пулемета.

При выстреле пороховые газы стремились отбросить замок назад, но так как он был соединен при помощи мотыля и шатуна с рамой пулемета посредством оси Д (причем средняя ось Г располагалась несколько выше двух крайних осей Д и В, прилегая в то же время сверху к особой стенке), то первоначально эти части (то есть, мотыль, шатун и замок) сохраняли свое прежнее положение, которое они имели перед выстрелом, и отходили назад, двигая за собой раму, а следовательно, и соединенный с нею ствол. Это происходило до тех пор, пока рукоять ЕЖ, сидящая на оси Д, не налезала на ролик З, после чего рукоять начинала вращаться. Это вращение рукояти вызывало вращение оси Д, а следовательно, и шатуна ДГ. Замок при этом получал ускоренное по сравнению с рамой и стволом движение — он открывал ствол и гильза выбрасывалась из патронника. Вслед за тем растянутая пружина возвращала весь механизм в первоначальное положение. Так как подвижные части в этой системе были очень массивны, то в первое время пулемет часто давал «задержку», в результате чего скорострельность его заметно падала. Для улучшения работы пулемета Миллер, техник фирмы «Максим-Норденфельдт», и русский капитан Жуков придумали надульник. Действие его заключалось в

том, что пороховые газы, выбрасываемые из ствола за пулей, отражались о переднюю внутреннюю стену надульника и действовали затем на передний обрез дульного среза, увеличивая скорость отбрасывания ствола от рамы.

Подача патрона в ствол осуществлялась следующим образом. По особым нарезам на передней плоскости замка скользила вверх и вниз личинка ЛМ, назначение которой было выхватывать патроны из ленты, а стреляные гильзы из патронника: при ее поднимании вверх в особые захваты личинки входила шляпка патрона, причем при отодвигании замка назад патрон выхватывался из ленты. Для того чтобы поставить выхваченный патрон на линию оси патронника, личинка должна была опуститься вниз, что происходило под действием ее собственного веса, причем особые боковые рожки личинки скользили по боковым пластинкам ПР неподвижного короба.

Большей интенсивности опускания помогали пластинчатые пружины СС, нажимавшие сверху на личинку. Обратное поднятие личинки вверх происходило при помощи подъемных рычагов НО, передние края которых при вращении рычагов надавливали на боковые выступы личинки. Вращение рычагов производилось особым плечом ВВ'.

Рукоять в пулемете действовала как ускоритель: обладая массивностью, она при своем вращении ускоряла поворачивание мотыля и шатуна с отбрасыванием замка в крайнее заднее положение.

55. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЕСС

В основе действия гидравлического пресса лежит одно из важнейших свойств воды — ее малая способность к сжатию. Благодаря этому давление, производимое на воду, заключенную в замкнутый сосуд, передается во все стороны с одинаковой силой, так что на каждую единицу поверхности приходится такое же давление, как и давление, производимое извне.

Сила, с которой оказывается воздействие на поверхность, определяется по формуле $F=P \cdot S$, где P — давление, а S — площадь, к которой прилагается сила. Представим себе замкнутый сосуд с водой (или любой другой несжимаемой жидкостью), в который вставлены два поршня. Воздействуя на меньший поршень с силой F, мы заставим подниматься больший поршень. Сила, с которой вода будет давить на этот поршень (как это следует из приведенной выше формулы), будет во столько раз больше, во сколько его площадь больше площади меньшего поршня. В этом состоит суть эффекта гидравлического усиления. Например, если на меньший поршень давить с силой 10 кг, то воздействие, оказываемое на поршень в другом колене, диаметр которого вдвое больше, будет в четыре раза больше (так как площадь этого поршня в четыре раза больше), то есть оно будет равняться 40 кг. Соответствующим подбором диаметров того и другого поршня можно достигнуть чрезвычайно большого увеличения силы давления, оказываемой водой на второй поршень, но в такой же мере уменьшиться скорость, с которой он будет подниматься вверх. (В нашем примере для того, чтобы большой поршень поднялся на 1 см, маленький должен опуститься на 4 см.)

Это замечательное свойство несжимаемой жидкости, получившее широчайшее использование в современной технике, было открыто Паскалем. В своем трактате о равновесии жидкостей, изданном посмертно

в 1663 году, он писал: «Если сосуд, полный водою, закрытый со всех сторон, имеет два отверстия, и одно имеет площадь в сто раз больше, чем другое, с плотно вставленными поршнями, то один человек, толкающий маленький поршень, уравновесит силу ста человек, которые будут толкать в сто раз больший, и пересилит 99 из них».

После опубликования трактата Паскаля идея гидравлического пресса витала в воздухе, но осуществить ее на практике не удавалось еще более ста лет, потому что не могли добиться необходимой герметичности сосуда: при больших давлениях вода просачивалась между стенками цилиндра и поршня и никакого усиления не получалось. В 90-х годах XVIII века за создание гидравлического пресса взялся известный английский изобретатель Брама. Ему тоже пришлось столкнуться с проблемой уплотнения, но эту задачу Браме помог разрешить его сотрудник и будущий великий изобретатель Генри Модсли, который придумал особый самоуплотняющийся воротничок (манжету). Изобретение Модсли фактически было равно изобретению самого пресса, так как без него он никогда не смог бы работать. Современники хорошо сознавали это. Ученик Модсли Дж. Несмит писал позже, что если бы Модсли не изобрел ничего, кроме этого самоуплотняющегося воротничка, уже и тогда имя его навсегда бы вошло в историю техники. Воротничок представлял собой кольцо, имевшее в разрезе вид обращенной буквы V, его вытягивали из куска толстой юфти, хорошо размоченной в теплой воде, с помощью чугунной формы, состоявшей из кольцеобразного углубления и сплошного кольца, соответствовавшего его внутренней поверхности. Раньше полного высыхания кожу надо было пропитать салом, чтобы она сохранила свою мягкость. При заполнении цилиндра водой под высоким давлением края кожаного воротничка раздвигались, плотно прижимаясь к поверхности цилиндра и закрывая собой зазор. При больших диаметрах поршня такой воротничок оказывался слишком гибким и поэтому легко отставал. В этом случае внутрь него помещали кольцо, подобное тому, что служило для вытягивания. В 1797 году Брама построил первый в истории гидравлический пресс.

Здесь EE изображают стойки, D — крышку, а C — платформу пресса, составляющую одно целое с его поршнем, тогда как внешний цилиндр отливался вместе с основанием для стоек. В представленном рядом разрезе цилиндра виден воротничок Модсли, изображенный также отдельно в увеличенном виде под буквой Q. Цилиндр пресса соединялся гибкой трубкой с отдельно стоящим нагнетательным насосом. Его сплошной поршень приводился в начальное движение с помощью рычага GH, шатуна H' и направляющего стержня K. Насос обычно укреплялся на чугунном ящике, служившим резервуаром для жидкости (воды, глицерина или масла), в этот же резервуар вытекала обратно жидкость, когда давление достигало установленной величины и предохранительный клапан V поднимал свой груз P или когда отворяли винтовой затвор, чтобы выпустить жидкость и дать возможность поршню вновь опуститься вниз.

Пресс Брамы послужил образцом для множества других гидравлических приспособлений, изобретенных позже. Вскоре был создан домкрат — устройство для поднятия тяжестей. В 20-е годы XIX века пресс стал широко использоваться для штамповки изделий из мягкого металла.

Однако прошло еще несколько десятилетий, прежде чем были созданы мощные ковочные прессы, пригодные для штамповки стальных и железных деталей.

Настоятельная потребность в таких прессах появилась во второй половине XIX века, когда заметно увеличились размеры обрабатываемых заготовок. Их проковка требовала все более мощных паровых молотов. Между тем для увеличения силы удара парового молота приходилось либо увеличивать вес падающей части, либо высоту ее падения. Но и то и другое имело свои пределы. Быстрый процесс машиностроения, необходимость оковки все более и более крупных предметов довели наконец вес бабы (бьющей части молота) до колоссальных размеров — порядка 120 тонн. При падении таких огромных масс, конечно, невозможно было добиться необходимой точности. Кроме того, сила удара, вызывающая резкую деформацию предмета, действовала благодаря инерции лишь на поверхностный слой отковки. С технологической точки зрения медленное, но сильное давление было гораздо более целесообразно, поскольку металл получал время раздаться, и это способствовало более правильной деформации. Наконец, сильные удары молота настолько сотрясали почву, что это сделалось опасным для окружающих построек и сооружений.

Впервые ковочный пресс был разработан в 1860 году директором мастерских государственных железных дорог в Вене Дж. Газвеллом. Мастерские были расположены в черте города вблизи жилых построек, так что разместить в них мощный паровой молот не представлялось возможным. Тогда Газвелл и решил заменить молот прессом. Созданный им пресс обслуживался паровой машиной двойного действия с горизонтальным цилиндром, приводившей в действие два насоса. Мощность пресса составляла 700 тонн, и он с успехом применялся при штамповке паровозных деталей: поршней, хомутов, кривошипов и тому подобного. Выставленный в 1862 году на всемирной выставке в Лондоне, он привлек к себе живейший интерес. С этого времени во всех странах стали создаваться все более мощные прессы. Английский инженер Витворт (один из учеников Генри Модсли и сам выдающийся изобретатель), увлеченный примером Газвелла, поставил перед собой сложную задачу — создать такой пресс, который бы можно было использовать для получения изделий непосредственно из железных и стальных слитков. В 1875 году он получил патент на свой первый ковочный пресс.

Пресс Витворта состоял из четырех колонн, укрепленных в фундаментной плите. На верхней части колонн была расположена неподвижная поперечная балка (траверса) с двумя гидравлическими подъемными цилиндрами — с их помощью вверх и вниз перемещалась подвижная траверса, на которой внизу был установлен штамп. Устройство пресса основывалось на комбинированном использовании силовых насосов и гидравлических аккумуляторов. (Гидравлический аккумулятор — устройство, позволяющее накапливать гидравлическую энергию; он состоит из цилиндра и поршня, к которому крепится груз; сначала вода, поступающая в цилиндр, приподнимает груз, затем, в нужный момент, груз отпускается, и вода, выходя из цилиндра под его давлением, совершает необходимую работу.) В прессе Витворта между четырьмя колоннами на некоторой высоте над наковальней K помещался массив P; внутрь него был

вставлен большой цилиндр С, поршень которого Е и был кующей частью пресса. Этот поршень соединялся с поршнями двух малых цилиндров а и а1, также вставленных в массив, так что при работе все три поршня поднимались и опускались одновременно. Пространство С над поршнем большого цилиндра соединялось с коробкой D, куда вгонялась насосами вода. У малых цилиндров пространство над поршнем соединялось с трубкой грузового аккумулятора АВ, груз которого был уравновешен с весом всех трех поршней Е, а и а1.

Сама работа ковки производилась следующим образом: открывался клапан d в нагнетательной коробке, воду насосов направляли в пространство над поршнем большого цилиндра, отчего все три поршня опускались. При этом большой поршень производил сжатие металла, а малые поршни давили на воду под ними и этим давлением поднимали уравновешивающий груз аккумулятора. Когда клапан нагнетательного насоса закрывали, давление на большой поршень прекращалось, и тогда поднятый груз аккумулятора начинал опускаться, передавая давление на воду, которая поднимала все три поршня. Таким образом, груз и три уравновешенных с ним поршня представляли собой как бы две чаши весов. Насосы приводились в действие паровой машиной. Для наблюдения за силой сжатия с кующим поршнем была соединена стрелка F, что давало возможность вести ковку с исключительной точностью.

Впервые гидравлический пресс Витворта был применен для ковки отливок в 1884 году. До этого времени ковка орудийных стволов на заводе Витворта, как и многие другие кузнечные операции, велась на паровых молотах. Однако преимущество гидравлических прессов перед паровыми молотами оказалось бесспорным. Так, например, для ковки ствола орудия из слитка массой 36, 5 т требовалось 3 недели и 33 промежуточных нагрева; с применением же гидравлического пресса, дававшим усилие в 4000 т, ковка слитка массой 37, 5 т занимала всего 4 дня и требовала 15 промежуточных нагреваний. Замена молота прессом удешевляла операцию ковки крупногабаритных деталей примерно в семь раз. Поэтому в короткое время прессы Витворта получили широкое распространение. Вскоре применение гидравлических ковочных прессов привело к серьезным техническим преобразованиям на крупных металлургических и машиностроительных заводах. Тяжелые паровые молоты были повсеместно демонтированы и заменены прессами. К началу 90-х годов XIX века уже имелись прессы мощностью в 1000 т.

56. ПАРОВАЯ ТУРБИНА

Наряду с гидротурбинами, описанными в одной из предыдущих глав, огромное значение для энергетики и электрификации имело изобретение и распространение паровых турбин. Принцип их действия был подобен гидравлическим, с той, однако, разницей, что гидравлическую турбину приводила во вращение струя воды, а паровую — струя разогретого пара. Точно так же, как водяная турбина представляла собой новое слово в истории водяных двигателей, паровая продемонстрировала новые возможности парового двигателя. Старая машина Уатта, отметившая в третьей четверти XIX века свой столетний юбилей, имела низкий КПД, поскольку вращательное движение получалось в ней сложным и нерациональным путем. В самом деле, как мы помним, пар двигал здесь не

само вращающееся колесо, а оказывал давление на поршень, от поршня через шток, шатун и кривошип движение передавалось на главный вал. В результате многочисленных передач и преобразований огромная часть энергии, полученной от сгорания топлива, в полном смысле этого слова без всякой пользы вылетала в трубу. Не раз изобретатели пытались сконструировать более простую и экономичную машину — паровую турбину, в которой струя пара непосредственно вращала бы рабочее колесо. Несложный подсчет показывал, что она должна иметь КПД на несколько порядков выше, чем машина Уатта. Однако на пути инженерной мысли оказывалось множество препятствий. Для того чтобы турбина действительно превратилась в высокоэффективный двигатель, рабочее колесо должно было вращаться с очень высокой скоростью, делая сотни оборотов в минуту. Долгое время этого не могли добиться, так как не умели сообщить надлежащую скорость струе пара.

Только в 1883 году шведу Густаву Лавалю удалось преодолеть многие затруднения и создать первую работающую паровую турбину. За несколько лет до этого Лаваль получил патент на сепаратор для молока. Для того чтобы приводить его в действие, нужен был очень скоростной привод. Ни один из существовавших тогда двигателей не удовлетворял поставленной задаче. Лаваль убедился, что только паровая турбина может дать ему необходимую скорость вращения. Он стал работать над ее конструкцией и в конце концов добился желаемого. Турбина Лаваля представляла собой легкое колесо, на лопатки которого через несколько поставленных под острым углом сопел наводился пар. В 1889 году Лаваль значительно усовершенствовал свое изобретение, дополнив сопла коническими расширителями. Это значительно повысило КПД турбины и превратило ее в универсальный двигатель. Принцип действия турбины был чрезвычайно прост. Пар, разогретый до высокой температуры, поступал из котла по паровой трубе к соплам и вырывался наружу. В соплах пар расширялся до атмосферного давления. Благодаря увеличению объема, сопровождавшему это расширение, получалось значительное увеличение скорости вытекания (при расширении от 5 до 1 атмосферы скорость паровой струи достигала 770 м/с). Таким образом заключенная в паре энергия передавалась лопастям турбины. Число сопел и давление пара определяли мощность турбины. Когда отработанный пар не выпускали прямо в воздух, а направляли, как в паровых машинах, в конденсатор и сжижали при пониженном давлении, мощность турбины была наивысшей. Так, при расширении пара от 5 атм до 1/10 атм скорость струи достигала сверхзвуковой величины.

Несмотря на кажущуюся простоту, турбина Лаваля была настоящим чудом инженерной мысли. Достаточно представить себе нагрузки, которые испытывало в ней рабочее колесо, чтобы понять, как нелегко было изобретателю добиться от своего детища бесперебойной работы. При огромных оборотах турбинного колеса даже незначительное смещение в центре тяжести вызывало сильную нагрузку на ось и перегрузку подшипников. Чтобы избежать этого, Лаваль придумал насадить колесо на очень тонкую ось, которая при вращении могла бы слегка прогибаться. При раскручивании она сама собой приходила в строго центральное положение, удерживаемое затем при любой скорости вращения. Благодаря этому

остроумному решению разрушающее действие на подшипники было сведено до минимума.

Едва появившись, турбина Лаваля завоевала всеобщее признание. Она была намного экономичнее старых паровых двигателей, очень проста в обращении, занимала мало места, легко устанавливалась и подключалась. Особенно большие выгоды турбина Лаваля давала при ее соединении с высокоскоростными машинами пилами, сепараторами, центробежными насосами. Ее с успехом применяли также как привод для электрогенератора, но все-таки для него она имела чрезмерно большую скорость и потому могла действовать только через редуктор (систему зубчатых колес, понижавших скорость вращения при передаче движения от вала турбины на вал генератора).

В 1884 году английский инженер Парсонс получил патент на многоступенчатую реактивную турбину, которую он изобрел специально для приведение в действие электрогенератора. В 1885 году он сконструировал многоступенчатую реактивную турбину, получившую в дальнейшем широкое применение на тепловых электростанциях. Она имела следующее устройство, напоминающее устройство реактивной гидротурбины. На центральный вал был насажен ряд вращающихся колес с лопатками. Между этими колесами находились неподвижные венцы (диски) с лопатками, имевшими обратное направление. Пар под большим давлением подводился к одному из концов турбины. Давление на другом конце было небольшое (меньше атмосферного). Поэтому пар стремился пройти сквозь турбину. Сначала он поступал в промежутки между лопатками первого венца. Эти лопатки направляли его на лопатки первого подвижного колеса. Пар проходил между ними, заставляя колеса вращаться. Дальше он поступал во второй венец. Лопатки второго венца направляли пар между лопатками второго подвижного колеса, которое тоже приходило во вращение. Из второго подвижного колеса пар поступал между лопатками третьего венца и так далее. Всем лопаткам была придана такая форма, что сечение междулопаточных каналов уменьшалось по направлению истечения пара. Лопатки как бы образовывали насаженные на вал сопла, из которых, расширяясь, истекал пар. Здесь использовалась как активная, так и реактивная его сила. Вращаясь, все колеса вращали вал турбины. Снаружи устройство было заключено в крепкий кожух. В 1889 году уже около трехсот таких турбин использовалось для выработки электроэнергии, а в 1899 году в Эльберфельде была построена первая электростанция с паровыми турбинами Парсонса. Между тем Парсонс старался расширить сферу применения своего изобретения. В 1894 году он построил опытное судно «Турбиния» с приводом от паровой турбины. На испытаниях оно продемонстрировало рекордную скорость 60 км/ч. После этого паровые турбины стали устанавливать на многих быстроходныхсудах.

57. ГАЗОВЫЙ И БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛИ

Паровой двигатель не до конца разрешил энергетическую проблему, стоявшую перед человечеством. Небольшие мастерские и предприятия, составлявшие в XIX веке большую часть промышленного сектора, не всегда могли им воспользоваться. Дело в том, что маленький паровой двигатель имел очень невысокий КПД (менее 10%). Кроме того, использование такого двигателя было связано с большими затратами и хлопотами. Для того

чтобы запустить его в ход, необходимо было развести огонь и навести пары. Даже если машина была нужна только временами, ее все равно приходилось постоянно держать под парами. Для мелкой промышленности требовался двигатель небольшой силы, занимающий мало места, который можно было бы включать и останавливать в любое время без долгой подготовки. Впервые идея такого двигателя была предложена в самом начале XIX века.

В последний год XVIII века французский инженер Филипп Лебон открыл светильный газ. Традиция приписывает его успех случайности — Лебон увидел, как вспыхнул газ, истекавший из поставленного на огонь сосуда с древесными опилками, и понял, какую пользу можно извлечь из этого явления. В 1799 году он получил патент на использование и способ получения светильного газа путем сухой перегонки древесины или угля. Это открытие имело огромное значение прежде всего для развития техники освещения. Очень скоро во Франции, а потом и в других странах Европы газовые лампы стали успешно конкурировать с дорогостоящими свечами. Однако светильный газ годился не только для освещения. В 1801 году Лебон взял патент на конструкцию газового двигателя. Принцип действия этой машины основывался на известном свойстве открытого им газа: его смесь с воздухом взрывалась при воспламенении с выделением большого количества теплоты. Продукты горения стремительно расширялись, оказывая сильное давление на окружающую среду. Создав соответствующие условия, можно использовать выделяющуюся энергию в интересах человека. В двигателе Лебона были предусмотрены два компрессора и камера смешения. Один компрессор должен был накачивать в камеру сжатый воздух, а другой — сжатый светильный газ из газогенератора. Газовоздушная смесь поступала потом в рабочий цилиндр, где воспламенялась. Двигатель был двойного действия, то есть попеременно действовавшие рабочие камеры находились по обе стороны поршня. По существу, Лебон вынашивал мысль о двигателе внутреннего сгорания, однако в 1804 году он погиб, не успев воплотить в жизнь свое изобретение. Но идея его и в дальнейшем привлекала к себе самое пристальное внимание. Действительно, принцип действия газового двигателя много проще, чем паровой машины, так как здесь топливо само непосредственно производит давление на поршень, тогда как в паровом двигателе тепловая энергия сначала передается другому носителю — водяному пару, который и совершает полезную работу.

В последующие годы несколько изобретателей из разных стран пытались создать работоспособный двигатель на светильном газе. Однако все эти попытки не привели к появлению на рынке двигателей, которые могли бы успешно конкурировать с паровой машиной. Честь создания коммерчески успешного двигателя внутреннего сгорания принадлежит бельгийскому инженеру Жану Этьену Ленуару. Работая на гальваническом заводе, Ленуар пришел к мысли, что топливовоздушную смесь в газовом двигателе можно воспламенять с помощью электрической искры, и решил построить двигатель на основе этой идеи.

Хозяин гальванической мастерской снабдил Ленуара деньгами, на которые тот и построил в 1860 году свой первый двигатель. И по внешнему виду, и по устройству он напоминал паровую машину. Двигатель был

двойного действия. Нижний золотник поочередно подавал воздух и газ в полости цилиндра, расположенные по разные стороны поршня. Верхний золотник служил для выпускания отработанных газов. Газ и воздух подводились к золотнику по отдельным каналам. Всасывание смеси в каждую полость происходило примерно до половины хода, после чего золотник перекрывал впускное окно, и смесь воспламенялась электрической искрой. Сгорая, она расширялась и действовала на поршень, производя полезную работу. После окончания реакции второй золотник сообщал цилиндр с выхлопной трубкой. Тем временем происходило воспламенение смеси с другой стороны поршня. Он начинал двигаться назад, вытесняя отработанные газы.

Ленуар не сразу добился успеха. После того как удалось изготовить все детали и собрать машину, она проработала совсем немного и остановилась, так как из-за нагрева поршень расширился и заклинил в цилиндре. Ленуар усовершенствовал свой двигатель, продумав систему водяного охлаждения. Однако вторая попытка запуска также закончилась неудачей из-за плохого хода поршня. Ленуар дополнил свою конструкцию системой смазки. Только тогда двигатель начал работать.

После объявления об этом изобретении мастерская стала получать заказы на новый двигатель, но работа его продолжала оставаться неудовлетворительной — система зажигания часто давала сбои, золотник без смазки не работал, а наладить его удовлетворительную смазку при температуре 800 градусов так и не удалось. КПД двигателя едва достигал 4%, он потреблял огромное количество смазки и газа. Тем не менее двигатель быстро получил распространение. Основными его покупателями стали маленькие предприятия (типографии, ремонтные мастерские и пр.), для которых паровые машины были слишком дороги и громоздки. Между тем двигатель Ленуара оказался прост в эксплуатации, легок и имел небольшие габариты. В 1864 году было выпущено уже более 300 таких двигателей разной мощности. Разбогатев, Ленуар перестал работать над усовершенствованием своей машины, и это предопределило ее судьбу — она была вытеснена с рынка более совершенным двигателем, созданным немецким изобретателем Августом Отто. В 1864 году тот получил патент на свою модель газового двигателя и в том же году заключил договор с богатым инженером Лангеном для эксплуатации этого изобретения. Вскоре была создана фирма «Отто и Компания».

На первый взгляд, двигатель Отто представлял собой шаг назад по сравнению с двигателем Ленуара. Цилиндр был вертикальным. Вращаемый вал помещался над цилиндром сбоку. Вдоль оси поршня к нему была прикреплена рейка, связанная с валом. Двигатель работал следующим образом. Вращающийся вал поднимал поршень на 1/10 высоты цилиндра, в результате чего под поршнем образовывалось разряженное пространство и происходило всасывание смеси воздуха и газа. Затем смесь воспламенялась. Ни Отто, ни Ланген не владели достаточными знаниями в области электротехники и отказались от электрического зажигания. Воспламенение они осуществляли открытым пламенем через трубку. При взрыве давление под поршнем возрастало примерно до 4 атм. Под действием этого давления поршень поднимался, объем газа увеличивался и давление падало. При подъеме поршня специальный механизм

отсоединял рейку от вала. Поршень сначала под давлением газа, а потом по инерции поднимался до тех пор, пока под ним не создавалось разряжение. Таким образом, энергия сгоревшего топлива использовалась в двигателе с максимальной полнотой. В этом заключалась главная оригинальная находка Отто. Рабочий ход поршня вниз начинался под действием атмосферного давления, и после того как давление в цилиндре достигало атмосферного, открывался выпускной вентиль, и поршень своей массой вытеснял отработанные газы. Из-за более полного расширения продуктов сгорания КПД этого двигателя был значительно выше, чем КПД двигателя Ленуара и достигал 15%, то есть превосходил КПД самых лучших паровых машин того времени.

Наиболее сложной проблемой при такой конструкции двигателя было создание механизма передачи движения рейки на вал. Для этой цели было изобретено особое передаточное устройство с шариками и сухариками. Когда поршень с рейкой взлетал вверх, сухарики, охватывавшие вал своими наклонными поверхностями, так взаимодействовали с шариками, что те не препятствовали перемещению рейки, но как только рейка начинала двигаться вниз, шарики скатывались по наклонной поверхности сухариков и плотно прижимали их к валу, вынуждая его вращаться. Эта конструкция обеспечивала жизнеспособность двигателя.

Поскольку двигатели Отто были почти в пять раз экономичнее двигателей Ленуара, они сразу стали пользоваться большим спросом. В последующие годы их было выпущено около пяти тысяч штук. Отто упорно работал над усовершенствованием их конструкции. Вскоре зубчатую рейку заменила кривошипно-шатунная передача (многих смущал вид рейки, взлетавшей вверх в течение долей секунды, к тому же ее движение сопровождалось неприятным дребезжащим грохотом). Но самое существенное из его изобретений было сделано в 1877 году, когда Отто взял патент на новый двигатель с четырехтактным циклом. Этот цикл по сей день лежит в основе работы большинства газовых и бензиновых двигателей. В следующем году новые двигатели уже были запущены в производство.

Во всех более ранних газовых двигателях смесь газа и воздуха зажигалась в рабочем цилиндре при атмосферном давлении. Однако действие взрыва было тем сильнее, чем давление было больше. Следовательно, при сжимании смеси взрыв должен был быть более сильным. В новом газовом двигателе Отто газ сжимался до 2, 5 или 3 атм, вследствие чего двигатель стал меньше по размерам, а мощность его возросла. Для помещения газовой смеси цилиндр на одной из своих сторон был удлинен. Когда поршень доходил здесь до своего конечного положения, еще оставалось некоторое пространство, наполненное сжатой газовой смесью. Благодаря этому стало возможным производить взрыв при конечном положении поршня, когда он при перемене движения имеет нулевую скорость. При этой системе зажигания в мертвой точке удалось избежать ударов, толчков и сотрясений поршня о стенки цилиндра, которые были в прежнем двигателе. Ход поршня был следующий. 1) При первом ходе поршня через открытый впускной клапан и клапан для впуска смеси всасывалась бедная газом смесь, состоявшая из 1/10 газа и 9/10

воздуха. 2) При обратном ходе поршня впускное отверстие закрывалось и всосанная смесь сжималась в цилиндре. 3) В конце этого хода в мертвой точке происходило воспламенение и развивающееся давление газообразных продуктов взрыва перемещало поршень. В начале третьего такта давление достигало 11 атм, а при расширении понижалось почти до 3 атм. 4) При вторичном обратном ходе поршня открывался выпускной клапан, и поршень вытеснял из цилиндра продукты горения. Когда он доходил до крайней точки, в цилиндре еще оставались некоторые остатки продуктов горения, однако они не мешали дальнейшей работе двигателя. Наоборот, их присутствие имело благоприятное воздействие — вместо взрыва происходило более ровное горение, отчего и ход поршня получался более ровным, без рывков, и двигатель можно было применять там, где прежде это казалось недопустимым — например, для движения ткацких станков и динамо-машин. В этом заключалось важное преимущество двигателя Отто. Для того чтобы сделать вращение вала еще более равномерным, его снабжали массивным маховиком. Ведь из четырех ходов поршня только один соответствовал полезной работе, и маховик должен был давать энергию для трех последующих ходов (или, что то же самое, во время 1, 5 оборотов), чтобы работающие машины могли идти без замедления хода. Воспламенение смеси производилось, как и прежде, открытым пламенем. Из-за кривошипно-шатунного соединения с валом получить расширение газа до атмосферного не удалось, и поэтому КПД двигателя был ненамного выше, чем у предыдущих моделей, но он оказался самым высоким для тепловых двигателей того времени.

Четырехтактный цикл был самым большим техническим достижением Отто. Но вскоре обнаружилось, что за несколько лет до его изобретения точно такой же принцип работы двигателя был описан французским инженером Бо де Рошем. Группа французских промышленников оспорила в суде патент Отто. Суд счел их доводы убедительными. Права Отто, вытекавшие из его патента, были значительно сокращены, в том числе было аннулировано его монопольное право на четырехтактный цикл. Отто болезненно переживал эту неудачу, между тем дела его фирмы шли совсем неплохо. Хотя конкуренты наладили выпуск четырехтактных двигателей, отработанная многолетним производством модель Отто все равно была лучшей, и спрос на нее не прекращался. К 1897 году было выпущено около 42 тысяч таких двигателей разной мощности. Однако то обстоятельство, что в качестве топлива использовался светильный газ, сильно суживало область применения первых двигателей внутреннего сгорания. Количество светильногазовых заводов было незначительно даже в Европе, а в России их вообще было только два — в Москве и Петербурге.

Поэтому не прекращались поиски нового горючего для двигателя внутреннего сгорания. Некоторые изобретатели пытались применить в качестве газа пары жидкого топлива. Еще в 1872 году американец Брайтон пытался использовать в этом качестве керосин. Однако керосин плохо испарялся, и Брайтон перешел к более легкому нефтепродукту — бензину. Но для того чтобы двигатель на жидком топливе мог успешно конкурировать с газовым, необходимо было создать специальное устройство (впоследствии оно стало называться карбюратором) для

испарения бензина и получения горючей смеси его с воздухом Брайтон в том же 1872 году придумал один из первых так называемых «испарительных» карбюраторов, но он действовал неудовлетворительно.

Работоспособный бензиновый двигатель появился только десятью годами позже. Изобретателем его был немецкий инженер Готлиб Даймлер. Много лет он работал в фирме Отто и был членом ее правления. В начале 80-х годов он предложил своему шефу проект компактного бензинового двигателя, который можно было бы использовать на транспорте. Отто (как в свое время Уатт в аналогичной ситуации) отнесся к предложению Даймлера холодно. Тогда Даймлер вместе со своим другом Вильгельмом Майбахом принял смелое решение — в 1882 году они ушли из фирмы Отто, приобрели небольшую мастерскую близ Штутгарта и начали работать над своим проектом. Проблема, стоявшая перед Даймлером и Майбахом была не из легких они решили создать двигатель, который не требовал бы газогенератора, был бы очень легким и компактным, но при этом достаточно мощным, чтобы двигать экипаж. Увеличение мощности Даймлер рассчитывал получить за счет увеличения частоты вращения вала, но для этого необходимо было обеспечить требуемую частоту воспламенения смеси. В 1883 году был создан первый бензиновый двигатель с зажиганием от раскаленной полой трубочки, открытой в цилиндр.

Первая модель бензинового двигателя предназначалась для промышленной стационарной установки. Здесь P — бак для бензина, из которого при помощи запорного клапана p через трубу пропускалось столько бензина к прибору для испарения его AB, что A всегда оставался наполненным примерно на 2/3. B — это лампа, которая наполнялась первой, еще до попадания бензина в A. Из лампы B через трубку с клапаном V бензин подводился к горелке, находившейся в оболочке L; он вытекал тонкой струйкой из узкого наконечника горелки и благодаря высокой температуре горелки сейчас же испарялся. Пламя горело вокруг платинового зажигателя и накаляло его. В приборе для испарения A пары бензина образовывались при просасывании через бензин подогретого воздуха. Пары эти смешивались с воздухом в регулировочном кране H, и таким образом получалась горючая газовая смесь. При ходе поршня вниз он всасывал эту смесь, при обратном ходе сжимал ее в пространстве,) предназначенном для сжатия. В то время, когда поршень находился в верхней мертвой точке, распределительный механизм открывал накаленный платиновый зажигатель, заряд взрывался, и газообразные продукты горения давили на поршень. Для образования паров бензина воздух, как отмечалось выше, должен был предварительно нагреваться. Это достигалось тем, что воздух перед поступлением в испаритель проходил через кожух горелки.

Для пуска двигателя, по наполнении бензином A и B, сперва открывали кран горелки V и в течение одной или двух минут извне нагревали трубки горелки. Так добивались температуры, при которой бензин начинал испаряться. Когда зажигатель накалялся докрасна, открывали клапан V и вращали двигатель вручную при помощи специальной рукояти; после нескольких оборотов происходил первый взрыв в рабочем цилиндре; затем двигатель приходил в движение. Рабочий

цилиндр, как и у газовых двигателей, окружала оболочка, через которую протекала вода для охлаждения из водопровода или от небольшого насоса Q, который приводился в движение самим двигателем.

Из приведенного описания видно, что процесс испарения жидкого топлива в первых бензиновых двигателях оставлял желать лучшего. Поэтому настоящую революцию в двигателестроении произвело изобретение карбюратора. Создателем его считается венгерский инженер Донат Банки (хотя независимо от него и даже несколько раньше ту же конструкцию карбюратора разработал друг и соратник Даймлера Майбах). Позже Банки приобрел большую известность своими выдающимися изобретениями в области гидравлических турбин. Но, еще будучи молодым человеком, он в 1893 году взял патент на карбюратор с жиклером (форсункой), который был прообразом всех современных карбюраторов. В отличие от своих предшественников Банки предлагал не испарять бензин, а мелко распылять его в воздухе. Это обеспечивало его равномерное распределение по цилиндру, а само испарение происходило уже в цилиндре под действием тепла сжатия. Для обеспечения распыления всасывание бензина происходило потоком воздуха через дозирующий жиклер, а постоянство состава смеси достигалась за счет поддержания постоянного уровня бензина в карбюраторе. Жиклер выполнялся в виде одного или нескольких отверстий в трубке, располагавшейся перпендикулярно потоку воздуха. Для поддержания напора был предусмотрен маленький бачок с поплавком, который поддерживал уровень на заданной высоте, так что количество всасываемого бензина было пропорционально количеству поступающего воздуха.

Таким образом, карбюратор состоял из двух частей: поплавковой камеры 1 и смесительной камеры 2. В камеру 1 топливо свободно поступало из бака по трубке 3 и держалось на одном уровне поплавком 4, который поднимался вместе с уровнем топлива и при наполнении, с помощью рычага 5, спускал иглу 6 и тем закрывал доступ топливу. Из камеры 1 топливо свободно протекало в камеру 2 и останавливалось в жиклере 7 на одном уровне с камерой 1. Камера 2 снизу имела отверстие, сообщавшееся с наружным воздухом, а вверху — с всасывающим клапаном двигателя. Количество доставляемой в цилиндр смеси регулировалось поворачиванием дросселя (заслонки) 8. При всасывающем ходе поршня воздух устремлялся снизу в камеру смешения и засасывал из жиклера топливо, распыляя и испаряя его.

Первые двигатели внутреннего сгорания были одноцилиндровыми, и, для того чтобы увеличить мощность двигателя, обычно увеличивали объем цилиндра. Потом этого стали добиваться увеличением числа цилиндров. В конце XIX века появились двухцилиндровые двигатели, а с начала XX столетия стали распространяться четырехцилиндровые. Последние устраивались таким образом, что в каждом из цилиндров четырехтактный цикл был двинут на один ход поршня. Благодаря этому достигалась хорошая равномерность вращения коленчатого вала.

В отличие от прежнего вала, коленчатый вал состоял из отдельных колен-кривошипов, которые с помощью шатунов были связаны с отдельными поршнями. С одной стороны вал принимал движение от поршней и преобразовывал возвратно-поступательное движение во

вращательное, а с другой — управлял движением поршней, которые благодаря этому двигались вперед и назад в точно установленные моменты, то есть одновременно во всех цилиндрах проходили по одному рабочему такту. Все эти такты чередовались через равные промежутки времени.

58. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Величайшим техническим достижением конца XIX века стало изобретение промышленного электродвигателя. Этот компактный, экономичный, удобный мотор вскоре сделался одним из важнейших элементов производства, вытеснив другие виды двигателей отовсюду, куда только можно было доставить электрический ток. Большими недостатками прежней паровой машины всегда оставались низкий КПД, а также трудность передачи и «дробления» полученной от нее энергии. Обычно одна большая машина обслуживала несколько десятков станков. Движение от нее подводилось к каждому рабочему месту механическим путем с помощью шкивов и бесконечных ремней. При этом происходили огромные неоправданные потери энергии. Электрический привод не имел этих изъянов: он обладал высоким КПД, поскольку с его вала можно было прямо получать вращательное движение (тогда как в паровом двигателе его преобразовывали из возвратно-поступательного), да и «дробить» электрическую энергию было намного проще. Потери при этом оказывались минимальными, а производительность труда возрастала. Кроме того, с внедрением электромоторов впервые появилась возможность не только снабдить любой станок своим собственным двигателем, но и поставить отдельный привод на каждый его узел.

Электрические двигатели появились еще во второй четверти XIX столетия, но прошло несколько десятилетий, прежде чем создались благоприятные условия для их повсеместного внедрения в производство.

Один из первых совершенных электродвигателей, работавших от батареи постоянного тока, создал в 1834 году русский электротехник Якоби. Этот двигатель имел две группы П-образных электромагнитов, из которых одна группа (четыре П-образных электромагнита) располагалась на неподвижной раме. Их полюсные наконечники были устроены асимметрично — удлинены в одну сторону. Вал двигателя представлял собой два параллельных латунных диска, соединенных четырьмя электромагнитами, поставленными на равном расстоянии один от другого. При вращении вала подвижные электромагниты проходили против полюсов неподвижных. У последних полярности шли попеременно: то положительная, то отрицательная. К электромагнитам вращающегося диска отходили проводники, укрепленные на валу машины. На вал двигателя был насажен коммутатор, который менял направление тока в движущихся электромагнитах в течение каждой четверти оборота вала. Обмотки всех электромагнитов неподвижной рамы были соединены последовательно и обтекались током батареи в одном направлении. Обмотки электромагнитов вращающегося диска были также соединены последовательно, но направление тока в них изменялось восемь раз за один оборот вала. Следовательно, полярность этих электромагнитов также менялась восемь раз за один оборот вала, и эти электромагниты поочередно притягивались и отталкивались электромагнитами

неподвижной рамы.

Положим, что подвижные электромагниты занимают положение, в котором против каждого полюса неподвижных магнитов стоит одноименный полюс подвижного; при этом каждый неподвижный электромагнит будет отталкивать противоположный магнит барабана и притягивать близлежащий с противоположным полюсом. Если бы полюса неподвижных магнитов не были асимметричны, такое устройство не могло бы работать, так как действие различных магнитов уравновешивало бы друг друга. Но благодаря выступу полюсных наконечников неподвижных магнитов каждый из них притягивает ближайший по направлению вращения часовой стрелки слабее, чем другой, из-за этого первый приближается к нему, а последний удаляется. Через четверть оборота (в двигателе Якоби — через одну восьмую) один против другого будут находиться разноименные полюса, но в этот момент коммутатор меняет направление тока в подвижных магнитах, и один против другого будут опять одноименные полюса, как и в начале движения. Вследствие этого подвижные магниты опять получают толчок к тому же направлению, и так без конца, пока остается замкнутым ток.

Коммутатор представлял собой очень важную и глубоко продуманную часть двигателя. Он состоял из четырех металлических колец, установленных на валу и изолированных от него; каждое кольцо имело четыре выреза, которые соответствовали 1/8 части окружности. Вырезы были заполнены изолирующими деревянными вкладышами; каждое кольцо было смещено на 45 градусов по отношению к предыдущему. По окружности кольца скользил рычаг, представлявший собой своеобразную щетку; второй конец рычага был погружен в соответствующий сосуд с ртутью, к которому подводились проводники от батареи (соединения с ртутью были наиболее распространенными в то время контактными устройствами).

Диски, насаженные на вал двигателя, вращались вместе с ним. По ободу диска скользили металлические рычаги, которые, попадая на непроводящую часть диска, прерывали электрическую цепь, а при соприкосновении с металлом — замыкали ее. Расположение дисков было такое, что в тот момент, когда встречались разноименные полюса, контактные рычажки переходили через грань дерево-металл и этим меняли направление в обмотке электромагнитов. Таким образом, при каждом повороте кольца четыре раза разрывалась электрическая цепь.

Как уже отмечалось, двигатель Якоби для своего времени был самым совершенным электротехническим устройством. В том же 1834 году подробное сообщение о принципах его работы было представлено Парижской академии наук. В 1838 году Якоби усовершенствовал свой электромотор и, установив его на гребном боте, с десятью спутниками совершил небольшое плавание по Неве со скоростью 4, 5 км/ч. Источником тока ему служила мощная батарея гальванических элементов. Понятно, впрочем, что все эти опыты имели чисто демонстрационный характер — до тех пор пока не был изобретен и внедрен в производство совершенный электрический генератор, электродвигатели не могли найти широкого применения, так как питать их от батареи было слишком дорого и невыгодно. Кроме того, в силу разных причин, о которых мы будем говорить

в следующих главах, двигатели постоянного тока получили лишь ограниченное применение. Гораздо более важную роль играют в производстве электромоторы, работающие на переменном токе, к рассмотрению которых мы теперь переходим.

Сила и направление переменного тока, как мы помним, не являются постоянными. Сила его сначала возрастает от нуля до какой-то максимальной величины и вновь убывает до нуля, затем ток меняет свое направление, возрастает до какого-то отрицательного максимума и вновь убывает до нуля. (Время, за которое величина тока меняется от одного положительного максимума до другого, называют периодом колебания тока.) Этот процесс повторяется с большой частотой. (Например, в осветительной сети ток в 1 секунду течет пятьдесят раз в одну сторону и пятьдесят раз в противоположную.) Как такое поведение тока будет отражаться на работе электродвигателя? Прежде всего надо отметить, что направление вращения электродвигателя не зависит от направления тока, потому что при перемене тока изменится полярность не только в якоре, но одновременно в обмотках, отчего притяжение и отталкивание продолжают действовать в ту же сторону, что и раньше. Из этого как будто бы должно следовать, что для двигателя совершенно безразлично, каким током постоянным или переменным — он питается. Однако это не так. При частом перемагничивании электромагнитов (несколько десятков раз в секунду) в них возникают вихревые токи, которые замедляют вращение якоря и сильно разогревают его. Мощность электромотора резко снижается, и в конце концов он выходит из строя. Для переменного тока необходима особая конструкция двигателя. Изобретатели не сразу смогли найти ее. Прежде всего была разработана модель так называемого синхронного двигателя переменного тока. Один из первых таких двигателей построил в 1841 году Чарльз Уитстон.

Предположим, что неподвижная часть двигателя (статор) выполнена в виде восьмиполюсного венецеобразного электромагнита, расположенные попеременно полюса которого обозначаются по их полярности буквами N и S. Между ними вращается якорь (или ротор) в виде звездообразного колеса, восемь спиц которого представляют собой постоянные магниты. Их неизменные полюса обозначим буквами n и s. Положим, что через электромагнит пропускается переменный ток. Тогда концы сердечников электромагнита будут попеременно менять свою полярность. Представим себе, что в какой-то момент против каждого полюса электромагнита статора расположен одноименный полюс ротора. Толкнем колесо и сообщим ему такую скорость, при которой каждая спица n пройдет расстояние между двумя соседними сердечниками N и S в промежуток времени, равный тому, в течение которого эти сердечники сохраняют свою полярность неизменной, то есть в период времени, равный половине периода переменного тока, питающего электромагниты. При таких условиях во все время движения спицы от сердечника N до сердечника S все сердечники перемагнитятся, отчего при дальнейшем своем движении спица опять будет испытывать отталкивание со стороны сердечника, оставшегося позади, и притяжение со стороны сердечника, к которому она приближается.

Работавший по этому принципу синхронный двигатель состоял из кольцеобразного многополюсного магнита, полярность которого менялась под действием переменного тока, и из звездообразного постоянного электромагнита, который был насажен на вал и вращался описанным выше образом. Для возбуждения этого постоянного электромагнита требовался постоянный ток, который преобразовывался посредством коммутатора из рабочего переменного. У коммутатора было и другое назначение: он использовался для пуска двигателя, ведь для поддержания вращения ротора синхронного двигателя ему требовалось сообщить определенную начальную скорость. При включении через цепь сначала пускался постоянный ток, благодаря чему двигатель начинал работать как двигатель постоянного тока и приходил в движение. До тех пор, пока двигатель не набрал требуемой скорости, коммутатор переменял направление в движущихся электромагнитах. При достижении скорости, соответствовавшей синхронному ходу, у подвижного магнита полюса уже не менялись, и двигатель начинал работать как синхронный двигатель переменного тока.

Описанная система обладала большими недостатками, кроме того, что синхронный двигатель требовал для своего запуска дополнительный разгонный двигатель, он имел и другой изъян — при перегрузке синхронность его хода нарушалась, магниты начинали тормозить вращение вала, и двигатель останавливался. Поэтому синхронные двигатели не получили широкого распространения. Подлинная революция в электротехнике произошла только после изобретения асинхронного (или индукционного) двигателя.

Действие асинхронного двигателя будет понятно из следующей демонстрации, которую провел в 1824 году известный французский физик Арго.

Пусть подковообразный магнит NS приводится рукой в быстрое вращение вокруг вертикальной оси. Над полюсами установлена стеклянная пластина, поддерживающая острие, на которое насажен медный кружок. При вращении магнита индукционные токи, наводимые в кружке, и образованное ими магнитное поле будут взаимодействовать с нижним магнитом, и кружок начнет вращаться в ту же сторону, что и нижниймагнит.

Именно это явление используется в асинхронном двигателе. Только вместо вращающегося постоянного магнита в нем применяются несколько неподвижных электромагнитов, которые включаются, выключаются и меняют свою полярность в определенной последовательности. Поясним сказанное следующим примером.

Предположим, что I, II, III и IV — это четыре полюса двух электромагнитов, между которыми помещена металлическая стрелка. Под действием магнитного поля она намагничивается и становится вдоль линий магнитного поля электромагнитов, выходящих, как известно, из их северного полюса и входящих в южный. Все четыре полюса расположены по окружности на одном расстоянии друг от друга. Сперва ток подводится к II и III. Стрелка остается неподвижной по средней оси магнитных силовых линий. Затем подводится ток ко второму электромагниту. При этом одноименные полюса будут находиться рядом. Теперь средняя направляющая силовых линий магнитов пройдет от середины расстояния

между I и II к середине между III и IV, и стрелка повернется на 45 градусов. Отключим первый электромагнит и оставим активными только полюса II и IV. Силовые линии будут направлены от III к IV, вследствие чего стрелка повернется еще на 45 градусов. Снова включим первый электромагнит, но поменяем при этом движение тока, так что полярность первого магнита изменится — стрелка повернется еще на 45 градусов. После отключения второго электромагнита стрелка переместится еще на 45 градусов, то есть совершит полуоборот. Легко понять, как заставить ее совершить вторую половину круга.

Описанное нами устройство в основных чертах соответствует двигателю Бейли, изобретенному в 1879 году. Бейли устроил два электромагнита с четырьмя крестообразно расположенными полюсами, которые он мог намагничивать с помощью выключателя. Над полюсами он установил медный кружок, подвешенный на острие. Изменяя полярности магнита, включая и выключая их, он заставил кружок вращаться точно так же, как это происходило в опыте Арго. Идея подобного двигателя чрезвычайно интересна, так как в отличие от двигателей постоянного тока или синхронных электромоторов, здесь не надо подводить ток к ротору. Однако в той форме, в которой его создал Бейли, асинхронный двигатель еще не мог иметь применения: переключение электромагнитов в нем происходило под действием сложного коллектора, и, кроме того, он имел очень низкий КПД. Но до того чтобы этот тип электромотора получил право на жизнь, оставался только шаг, и он был сделан после появления техники многофазных токов. Собственно, многофазные токи и получили применение, прежде всего благодаря электродвигателям. Чтобы понять, что такое, к примеру, двухфазный ток, представим себе два независимых друг от друга проводника, в которых протекают два совершенно одинаковых переменных тока. Единственная разница между ними заключается в том, что они не одновременно достигают своих максимумов. Про такие токи говорят, что они сдвинуты друг относительно друга по фазе, а если эти токи подводятся к одному электроприбору, говорят, что тот питается двухфазным током. Соответственно, может быть трехфазный ток (если питание прибора происходит от трех одинаковых токов, сдвинутых друг относительно друга по фазе), четырехфазный ток и т.д. Долгое время в технике использовался только обычный переменный ток (который по аналогии с многофазными токами стали называть однофазным). Но потом оказалось, что многофазные токи в некоторых случаях гораздо удобнее однофазного.

В 1888 г. итальянский физик Феррарис и югославский изобретатель Тесла (работавший в США) открыли явление вращающегося электромагнитного поля. Сущность его заключалась в следующем. Возьмем две катушки, состоящие из одинакового числа витков изолированного провода, и разместим их взаимно перпендикулярно так, чтобы одна катушка входила в другую. Теперь представим, что катушку 1 обтекает ток i1 а катушку 2 — ток i2, причем i1 опережает i2 по фазе на четверть периода. Это, как мы уже говорили, означает, что ток i1, достигает положительного максимума в тот момент, когда сила тока i2 равна нулю. Если мы мысленно разрежем катушки пополам горизонтальной плоскостью и будем смотреть на них сверху, то увидим сечения четырех сторон обеих

катушек. Поместим между ними магнитную стрелку и будем наблюдать за ее движением. Катушки, через которые протекает переменный ток, как известно, являются электромагнитами. Их магнитное поле будет взаимодействовать со стрелкой, поворачивая ее. Рассмотрим теперь положение магнитной стрелки, ось которой совпадает с вертикальной осью катушек в различные моменты времени. В начальный момент времени (t=0) ток в первой катушке равен нулю, а во второй проходит через отрицательный максимум (направление тока будем обозначать так, как это делается в электротехнике — точкой и крестиком; крестик означает, что ток направляется от наблюдателя за плоскость чертежа, а точка — что ток направляется к наблюдателю). В момент t1 токи i1 и i2 равны друг другу, но один имеет положительное направление, а другой — отрицательное. В момент t2 величина тока i2, нисходит до нуля, а ток i1 достигает максимума. Стрелка при этом повернется еще на 1/8 оборота. Прослеживая подобным образом развитие процесса, мы заметим, что по окончании периода изменений одного из токов магнитная стрелка завершит полный оборот вокруг оси. Дальше процесс повторяется. Следовательно, при помощи двух катушек, питаемых двумя токами, сдвинутыми друг относительно друга по фазе на четверть периода, можно получить тот же эффект перемены магнитных полюсов, которого добился в своем двигателе Бейли, но здесь это получается намного проще, без всякого коммутатора и без использования скользящих контактов, поскольку перемагничиванием управляет сам ток. Описанный эффект получил в электротехнике название равномерно вращающегося магнитного поля. На его основе Тесла сконструировал первый в истории двухфазный асинхронный двигатель. Он вообще был первым, кто стал экспериментировать с многофазными токами и успешно разрешил проблему генерирования таких токов.

Поскольку получить двухфазный ток из однофазного было непросто, Тесла построил специальный генератор, который сразу давал два тока с разностью фаз в 90 градусов (то есть с отставанием на четверть периода). В этом генераторе между полюсами магнита вращались две взаимно перпендикулярные катушки. В то время, когда витки одной катушки находились под полюсами и индуцирующийся в них ток был максимальным, витки другой катушки находились между полюсами (на нейтральной линии) и электродвижущая сила в них была равна нулю. Следовательно, два тока, генерируемые в этих катушках, были тоже сдвинуты по фазе относительно друг друга на четверть периода. Аналогичным способом можно было получить трехфазный ток (используя три катушки под углом 60 градусов друг к другу), но Тесла считал наиболее экономичной двухфазную систему. В самом деле, многофазные системы тока требуют большого количества проводов. Если двигатель, работающий на обычном переменном (однофазном) токе, требует всего двух подводящих проводов, то работающий на двухфазном — уже четырех, на трехфазном — шести и т.д. Концы каждой катушки были выведены на кольца, расположенные на валу генератора. Ротор двигателя тоже имел обмотку в виде двух расположенных под прямым углом друг к другу замкнутых на себя (то есть не имеющих никакой связи с внешней электрической цепью) катушек.

Изобретение Теслы знаменовало собой начало новой эры в электротехнике и вызвало к себе живейший интерес во всем мире. Уже в

июне 1888 году фирма «Вестингауз Электрик Компани» купила у него за миллион долларов все патенты на двухфазную систему и предложила организовать на своих заводах выпуск асинхронных двигателей. Эти двигатели поступили в продажу в следующем году. Они были гораздо лучше и надежнее всех существовавших до этого моделей, но не получили широкого распространения, так как оказались весьма неудачно сконструированы. Обмотка статора в них выполнялась в виде катушек, насаженных на выступающие полюса. Неудачной была и конструкция ротора в виде барабана с двумя взаимно перпендикулярными, замкнутыми на себя катушками. Все это заметно снижало качество двигателя как в момент пуска, так и в рабочем режиме.

Вскоре индукционный двигатель Теслы был значительно переработан и усовершенствован русским электротехником Доливо-Добровольским. Исключенный в 1881 году по политическим мотивам из Рижского политехнического института, Доливо-Добровольский уехал в Германию. Здесь он закончил Дармштадтское высшее техническое училище и с 1887 года начал работу в крупной германской электротехнической фирме АЭГ. Первым важным новшеством, которое внес Доливо-Добровольский в асинхронный двигатель, было создание ротора с обмоткой «в виде беличьей клетки». Во всех ранних моделях асинхронных двигателей роторы были очень неудачными, и поэтому КПД этих моторов был ниже, чем у других типов электрических двигателей. (Феррарис, о котором упоминалось выше, создал асинхронный двухфазный двигатель с КПД порядка 50% и считал это пределом.) Очень большое значение играл здесь материал, из которого изготавливался ротор, поскольку тот должен был удовлетворять сразу двум условиям: иметь малое электрическое сопротивление (чтобы индуцируемые токи могли свободно протекать через его поверхность) и иметь хорошую магнитную проницаемость (чтобы энергия магнитного поля не растрачивалась понапрасну). С точки зрения уменьшения электрического сопротивления лучшим конструктивным решением мог бы стать ротор в виде медного цилиндра. Но медь плохой проводник для магнитного потока статора и КПД такого двигателя был очень низким. Если медный цилиндр заменяли стальным, то магнитный поток резко возрастал, но, поскольку электрическая проводимость стали меньше, чем меди, КПД опять был невысоким. Доливо-Добровольский нашел выход из этого противоречия: он выполнил ротор в виде стального цилиндра (что уменьшало его магнитное сопротивление), а в просверленные по периферии последнего каналы стал закладывать медные стержни (что уменьшало электрическое сопротивление). На лобовых частях ротора эти стержни электрически соединялись друг с другом (замыкались сами на себя). Решение Доливо-Добровольского оказалось наилучшим. После того как он получил в 1889 году патент на свой ротор, его устройство принципиально не менялось вплоть до настоящего времени.

Вслед за тем Доливо-Добровольский стал думать над конструкцией статора неподвижной части двигателя. Конструкция Теслы казалась ему нерациональной. Поскольку КПД электрического двигателя напрямую зависит от того, насколько полно магнитное поле статора используется ротором, то, следовательно, чем больше магнитных линий статора

замыкаются на воздух (то есть не проходят через поверхность ротора), тем больше потери электрической энергии и тем меньше КПД. Чтобы этого не происходило, зазор между ротором и статором должен быть как можно меньше. Двигатель Теслы с этой точки зрения был далек от совершенства — выступающие полюса катушек на статоре создавали слишком большой зазор между статором и ротором. Кроме того, в двухфазном двигателе не получалось равномерное движение ротора. Исходя из этого, Доливо-Добровольский видел перед собой две задачи: повысить КПД двигателя и добиться большей равномерности его работы. Первая задача была несложной — достаточно было убрать выступающие полюса электромагнитов и равномерно распределить их обмотки по всей окружности статора, чтобы КПД двигателя сразу увеличилось. Но как разрешить вторую проблему? Неравномерность вращения можно было заметно уменьшить, лишь увеличив число фаз с двух до трех. Но был ли этот путь рациональным? Получить трехфазный ток, как уже говорилось, не представляло большого труда. Построить трехфазный двигатель тоже было нетрудно — для этого достаточно разместить на статоре три катушки вместо двух и каждую из них соединить двумя проводами с соответствующей катушкой генератора. Этот двигатель должен был по всем параметрам быть лучше двухфазного двигателя Теслы, кроме одного момента — он требовал для своего питания шести проводов, вместо четырех. Таким образом, система становилась чрезмерно громоздкой и дорогой. Но, может быть, существовала возможность подключить двигатель к генератору как-нибудь по другому? Доливо-Добровольский проводил бессонные ночи над схемами многофазных цепей. На листах бумаги он набрасывал все новые и новые варианты. И, наконец, решение, совершенно неожиданное и гениальное по своей простоте, было найдено.

Действительно, если сделать ответвления от трех точек кольцевого якоря генератора и соединить их с тремя кольцами, по которым скользят щетки, то при вращении якоря между полюсами на каждой щетке будет индуцироваться один и тот же по величине ток, но со сдвигом во времени, которое необходимо для того, чтобы виток переместился по дуге, соответствующей углу 120 градусов. Иначе говоря, токи в цепи будут сдвинуты относительно друг друга по фазе также на 120 градусов. Но этой системе трехфазного тока оказалось присуще еще одно чрезвычайно любопытное свойство, какого не имела ни одна другая система многофазных токов — в любой произвольно взятый момент времени сумма токов, текущих в одну сторону, равна здесь величине третьего тока, который течет в противоположную сторону, а сумма всех трех токов в любой момент времени равна нулю.

Например, в момент времени t1 ток i2 проходит через положительный максимум, а значения токов i1 и i3, имеющих отрицательное значение, достигают половины максимума и сумма их равна току i2. Это означает, что в любой момент времени один из проводов системы передает в одном направлении такое же количество тока, какое два других вместе передают в противоположном направлении. Следовательно, предоставляется возможность пользоваться каждым из трех проводов в качестве отводящего проводника для двух других, соединенных параллельно, и вместо шести проводов обойтись всего тремя!

Чтобы пояснить этот чрезвычайно важный момент, обратимся к воображаемой схеме. Представим себе, что через круг, вращающийся вокруг своего центра, проходят три соединенных между собой проводника, в которых протекают три переменных тока, сдвинутых по фазе на 120 градусов. При своем вращении каждый проводник находится то на положительной, то на отрицательной части круга, причем при переходе из одной части в другую ток меняет свое направление. Эта система вполне обеспечивает нормальное протекание (циркуляцию) токов. В самом деле, в некоторый момент времени проводники I и II оказываются соединенными параллельно, а III отводит от них ток. Некоторое время спустя II переходит на ту же сторону, где находится III; теперь уже II и III работают параллельно, а I как общий отводящий ток провод. Далее III переходит на ту сторону, где еще находится I; теперь II отводит то количество, что III и I подводят вместе. Затем I переходит на ту сторону, где еще находится II, и т.д.

В приведенном примере ничего не говорилось об источниках тока. Как мы помним, этим источником является трехфазный генератор. Изобразим обмотки генератора в виде трех катушек. Для того чтобы протекание тока происходило описанным нами способом, эти катушки могут быть включены в цепь двояким образом. Мы можем, к примеру, разместить их на трех сторонах треугольника, допустим левого; таким образом, вместо трех его сторон мы получим три катушки I, II и III, в которых индуцируются токи со смещением фаз на 1/3 периода. Мы можем также переместить точки приложения электродвижущих сил и на концы параллельных проводников. Если мы поместим здесь наши катушки, то получим другое соединение. Треугольники, служащие теперь лишь проводящими соединениями для трех левых концов катушек, могут быть стянуты в одну точку. Эти соединения, из которых первое называется «треугольником», а второе — «звездой», широко применяются как в двигателях, так и в генераторах.

Свой первый трехфазный асинхронный двигатель Доливо-Добровольский построил зимой 1889 года. В качестве статора в нем был использован кольцевой якорь машины постоянного тока с 24-мя полузакрытыми пазами. Учитывая ошибки Теслы, Доливо-Добровольский рассредоточил обмотки в пазах по всей окружности статора, что делало более благоприятным распределение магнитного поля. Ротор был цилиндрическим с обмотками «в виде беличьей клетки». Воздушный зазор между ротором и статором составлял всего 1 мм, что по тем временам было смелым решением, так как обычно зазор делали больше. Стержни «беличьей клетки» не имели никакой изоляции. В качестве источника трехфазного тока был использован стандартный генератор постоянного тока, перестроенный в трехфазный генератор так, как это было описано выше.

Впечатление, произведенное первым запуском двигателя на руководство АЭГ, было огромным. Для многих стало очевидно, что долгий тернистый путь создания промышленного электродвигателя наконец пройден до конца. По своим техническим показателям двигатели Доливо-Добровольского превосходили все существовавшие тогда

электромоторы — обладая очень высоким КПД, они безотказно работали в любых режимах, были надежны и просты в обращении. Поэтому они сразу получили широкое распространение по всему миру. С этого времени началось быстрое внедрение электродвигателей во все сферы производства и повсеместная электрификация промышленности.

59. ТРАНСФОРМАТОР

О физической сути явления трансформации токов уже сообщалось в главе, посвященной телефону. Нужно, однако, сказать еще несколько слов об изобретении этого замечательного устройства, позволившем разрешить множество больших и малых проблем электротехники. Вполне логично утверждать, что первый трансформатор появился одновременно с открытием явления электромагнитной индукции. Один из опытов Фарадея заключался в том, что он пускал ток от батареи через обмотки катушки. При этом возникал ток в обмотках второй катушки, которая находилась поблизости, но никак не была связана с первой. Моментальное прохождение тока регистрировалось гальванометром. Сам Фарадей, впрочем, никогда не использовал этот эффект для преобразования напряжения.

В 1848 году Румкорф первым обратил внимание физиков на удивительные способности трансформатора создавать токи очень высокого напряжения. Но прошло еще несколько лет, прежде чем ему удалось создать работающую модель этого прибора. В результате, в 1852 году появилась знаменитая индукционная катушка Румкорфа, которая сыграла огромную роль в истории техники. При изготовлении этого первого трансформатора изобретателю пришлось преодолеть значительные трудности. Для того чтобы увеличить число витков в обмотке вторичной катушки, Румкорф должен был применять очень тонкую проволоку и при этом тщательно следить, чтобы высокое напряжение не пробило ее изоляции. Купив несколько километров тонкой, как волос, проволоки, он тщательно заизолировал ее, а затем аккуратно навил на катушку виток к витку. С помощью своей катушки Румкорф мог получать колебания тока очень высокого напряжения. Постоянный ток не поддается трансформации. Для того чтобы превратить постоянный ток батареи в переменный, Румкорф последовательно с первичной катушкой включил прерыватель, который периодически замыкал и размыкал ток первичной цепи (обычно с частотой от нескольких десятков до нескольких сотен раз в секунду). При замыкании первичного тока от батареи во вторичной обмотке наводилось напряжение, которое было выше первичного в таком же отношении, в каком находилось количество витков во вторичной и первичной обмотках. При размыкании тока первичной обмотки во вторичной наводилось еще более высокое напряжение. Величина его была тем больше, чем быстрее шло размыкание тока. В качестве прерывателя применялась пружинная пластинка, которая притягивалась сердечником катушки и размыкала цепь. Частота прерываний зависела от массы и упругости пружины, от количества витков в первичной обмотке и от напряжения батареи.

На протяжении нескольких десятилетий трансформаторы почти не использовались в технике и имели исключительно научное применение. Только в конце 70-х годов индукционные катушки стали широко использоваться в телефонных аппаратах и при устройстве электрического

освещения. Дело в том, что после распространения свечи Яблочкова в Европе электротехники столкнулись с так называемой проблемой «дробления» электрической энергии. Она состояла в следующем. Как правило, от одной генераторной установки должно было питаться множество лампочек. Между тем при последовательном соединении многих свечей режим работы сети становился неустойчивым. Потухание только одной свечи было равносильно разрыву сети, после чего гасли и остальные свечи. Если свечи включались в цепь параллельно, то обычно загоралась только та из них, сопротивление которой было наименьшим (потому что ток, как известно, идет всегда по линии наименьшего сопротивления). Когда эта свеча полностью выгорала, загоралась следующая, сопротивление которой было наименьшим, и так далее. Столкнувшись с этой проблемой, Яблочков предложил использовать для «дробления» энергии индукционные катушки.

При этом соединении в цепь последовательно включались первичные обмотки катушек, а во вторичную обмотку, в зависимости от ее параметров, могли включаться одна, две, три или более свечей. Катушки работали при этом в режиме трансформатора, давая на выходе необходимое напряжение. При потухании лампы цепь не прерывалась, так что отдельные свечи продолжали гореть.

С развитием техники переменных токов трансформаторы получили важное значение. В 1882 году Голяр и Гиббс взяли патент на трансформатор, который использовался уже не только для «дробления» энергии, но и для преобразования напряжения.

На деревянной подставке укреплялось некоторое число вертикальных индукционных катушек, первичные обмотки которых были соединены последовательно. Вторичные обмотки делились на секции, и каждая секция имела пару выводов для присоединения приемников тока, которые действовали независимо друг от друга. Сопротивление в первичной цепи (а, следовательно, и силу тока) можно было регулировать, перемещая внутри катушек сердечники. Сердечники первичной и вторичной обмоток не были соединены между собой, поэтому эти трансформаторы имели разомкнутую магнитную систему. Однако вскоре было замечено, что если вторичную и первичную катушки насадить на единый сердечник, то трансформатор будет работать гораздо лучше — потери энергии сократятся, а КПД повысится. Первый такой трансформатор с замкнутой магнитной системой был создан в 1884 году английскими изобретателями братьями Джонсом и Эдуардом Гопкинсон.

Сердечник этого трансформатора был набран из стальных полос или проволок, разделенных изоляционным материалом, что снижало потери энергии на вихревые токи. На этот сердечник, чередуясь, помещали катушки высшего и низшего напряжения.

В 1885 году венгерский электротехник Дери доказал, что трансформаторы должны включаться в цепь параллельно, и взял патент на этот способ соединения. Только после этого начался промышленный выпуск трансформаторов однофазного переменного тока. Поскольку мощные трансформаторы испытывали при своей работе значительный перегрев, была разработана система их масляного охлаждения (внутрь трансформатора стали помещать керамический сосуд с маслом).

Трансформаторы оказались чрезвычайно полезны и при трехфазной системе. Вообще, система трехфазного тока не получила бы в первые же годы своего существования такого широкого применения, если бы она не решала проблемы передачи энергии на большие расстояния. Но такая передача, как будет показано ниже, выгодна только при высоком напряжении, которое, в случае переменного тока, получается при помощи трансформатора. Трехфазная система не представляла принципиальных затруднений для трансформирования энергии, но требовала трех однофазных трансформаторов вместо одного при однофазной системе. Такое увеличение числа довольно дорогих аппаратов не могло не вызвать стремления найти более удовлетворительное решение.

В 1889 г. Доливо-Добровольский изобрел трехфазный трансформатор с радиальным расположением сердечников. В этом случае обмотки высшего и низшего напряжений каждой фазы располагались на соответствующих радиальных сердечниках, а магнитный поток заключался на наружной оболочке (внешнем ярме). Затем Доливо-Добровольский нашел, что проще разместить стержни с обмотками параллельно, а торцы стержней (сердечников) соединить одинаковым ярмом. Тогда вся система получалась более компактной. Этот тип трансформатора получил название «призматического».

Наконец, в октябре 1891 года Доливо-Добровольский взял патент на трехфазный трансформатор с параллельными стержнями, расположенными в одной плоскости. Его конструкция оказалась настолько удачной, что без принципиальных изменений сохранилась до наших дней.

60. ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

В последней трети XIX века во многих крупных промышленных центрах Европы и Америки стала очень остро ощущаться энергетическая проблема. Жилые дома, транспорт, фабрики и мастерские требовали все больше топлива, подвозить которое приходилось издалека, вследствие чего цена на него постоянно росла. В этой связи то здесь, то там стали обращаться к гидроэнергии рек, гораздо более дешевой и доступной. Вместе с тем повсеместно возрастал интерес к электрической энергии. Уже давно было отмечено, что этот вид энергии чрезвычайно удобен: электричество легко генерируется и так же легко преобразуется в другие виды энергии, без труда передается на расстояние, подводится и дробится.

Первые электрические станции обычно представляли собой электрогенератор, присоединенный к паровой машине или турбине, и предназначались для снабжения электроэнергией отдельных объектов (например, цеха или дома, в крайнем случае, квартала). С середины 80-х годов стали строиться центральные городские электростанции, дававшие ток прежде всего для освещения. (Первая такая электростанция была построена в 1882 году в Нью-Йорке под руководством Эдисона.) Ток на них вырабатывался мощными паровыми машинами. Но уже к началу 90-х годов стало ясно, что таким образом энергетическую проблему не разрешить, поскольку мощность центральных станций, расположенных в центральной части города, не могла быть очень большой. Использовали они те же уголь и нефть, то есть не снимали проблемы доставки топлива.

Дешевле и практичнее было возводить электростанции в местах с дешевыми топливными и гидроресурсами. Но, как правило, местности, где можно было в большом количестве получать дешевую электроэнергию, были удалены от промышленных центров и больших городов на десятки и сотни километров. Таким образом, возникла другая проблема — передачи электроэнергии на большие расстояния.

Первые опыты в этой области относятся к самому началу 70-х годов XIX века, когда пользовались в основном постоянным током. Они показали, что как только длина соединительного провода между генератором тока и потреблявшим этот ток двигателем превышала несколько сотен метров, ощущалось значительное снижение мощности в двигателе из-за больших потерь энергии в кабеле. Это явление легко объяснить, если вспомнить о тепловом действии тока. Проходя по кабелю, ток нагревает его. Эти потери тем больше, чем больше сопротивление провода и сила проходящего по нему тока. (Количество выделяющейся теплоты Q легко вычислить. Формула имеет вид: $Q=R \cdot I2$, где I — сила проходящего тока, R — сопротивление кабеля. Очевидно, что сопротивление провода тем больше, чем больше его длина и чем меньше его сечение. Если в этой формуле принять $I=P/U$, где P — мощность линии, а U — напряжение тока, то формула примет вид $Q=R \cdot P2/U2$. Отсюда видно, что потери на тепло будут тем меньше, чем больше напряжение тока.) Имелось только два пути для снижения потерь в линии электропередачи: либо увеличить сечение передающего провода, либо повысить напряжение тока. Однако увеличение сечения провода сильно удорожало его, ведь в качестве проводника тогда использовалась достаточно дорогая медь. Гораздо более выигрыша сулил второй путь.

В 1882 году под руководством известного французского электротехника Депре была построена первая линия электропередачи постоянного тока от Мисбаха до Мюнхена, протяженностью в 57 км. Энергия от генератора передавалась на электродвигатель, приводивший в действие насос. При этом потери в проводе достигали 75%. В 1885 году Депре провел еще один эксперимент, осуществив электропередачу между Крейлем и Парижем на расстояние в 56 км. При этом использовалось высокое напряжение, достигавшее 6 тысяч вольт. Потери снизились до 55%. Было очевидно, что, повышая напряжение, можно значительно повысить КПД линии, но для этого надо было строить генераторы постоянного тока высокого напряжения, что было связано с большими техническими сложностями. Даже при этом сравнительно небольшом напряжении Депре приходилось постоянно чинить свой генератор, в обмотках которого то и дело происходил пробой. С другой стороны, ток высокого напряжения нельзя было использовать, поскольку на практике (и прежде всего для нужд освещения) требовалось совсем небольшое напряжения, порядка 100 вольт. Для того чтобы понизить напряжение постоянного тока, приходилось строить сложную преобразовательную систему: ток высокого напряжения приводил в действие двигатель, а тот, в свою очередь, вращал генератор, дававший ток более низкого напряжения. При этом потери еще более возрастали, и сама идея передачи электроэнергии становилась экономически невыгодной.

Переменный ток в отношении передачи казался более удобным хотя бы уже потому, что его можно было легко трансформировать, то есть в очень широких пределах повышать, а затем понижать его напряжение. В 1884 году на Туринской выставке Голяр осуществил электропередачу на расстояние в 40 км, подняв с помощью своего трансформатора напряжение в линии до 2 тысяч вольт. Этот опыт дал неплохие результаты, но и он не привел к широкому развитию электрификации, поскольку, как уже говорилось, двигатели однофазного переменного тока по всем параметрам уступали двигателям постоянного тока и не имели распространения. Таким образом, и однофазный переменный ток было невыгодно передавать на большие расстояния. В следующие годы были разработаны две системы многофазных токов — двухфазная Теслы и трехфазная Доливо-Добровольского. Каждая из них претендовала на господствующее положение в электротехнике. По какому же пути должна была пойти электрификация? Точного ответа на этот вопрос поначалу не знал никто. Во всех странах шло оживленное обсуждение достоинств и недостатков каждой из систем токов. Все они имели своих горячих сторонников и ожесточенных противников. Некоторая ясность в этом вопросе была достигнута только в следующем десятилетии, когда был сделан значительный прорыв в деле электрификации. Огромную роль в этом сыграла Франкфуртская международная выставка 1891 года.

В конце 80-х годов встал вопрос о сооружении центральной электростанции во Франкфурте-на-Майне. Многие германские и иностранные фирмы предлагали городским властям различные варианты проектов, предусматривающие применение либо постоянного, либо переменного тока. Обер-бургомистр Франкфурта находился в явно затруднительном положении: он не мог сделать выбор там, где это было не под силу даже многим специалистам. Для выяснения спорного вопроса и решено было устроить во Франкфурте давно планировавшуюся международную электротехническую выставку. Ее главной целью должна была стать демонстрация передачи и распределения электрической энергии в различных системах и применениях. Любая фирма могла продемонстрировать на этой выставке свои успехи, а международная комиссия из наиболее авторитетных ученых должна была подвергнуть все экспонаты тщательному изучению и дать ответ на вопрос о выборе рода тока. К началу выставки различные фирмы должны были построить свои линии передачи электроэнергии, причем одни собирались демонстрировать передачу постоянного тока, другие — переменного (как однофазного, так и многофазного). Фирме АЭГ было предложено осуществить передачу электроэнергии из местечка Лауфен во Франкфурт на расстояние 170 км. По тем временам это было огромное расстояние, и очень многие считали саму идею фантастической. Однако Доливо-Добровольский был настолько уверен в системе и возможностях трехфазного тока, что убедил директора Ротенау согласиться на эксперимент.

Когда появились первые сообщения о проекте электропередачи Лауфен — Франкфурт, электротехники во всем мире разделились на два лагеря. Одни с энтузиазмом приветствовали это смелое решение, другие отнеслись к нему как к шумной, но беспочвенной рекламе. Подсчитывали возможные потери энергии. Некоторые считали, что они составят 95%, но

даже самые большие оптимисты не верили, что КПД такой линии превысит 15%. Наиболее известные авторитеты в области электротехники, в том числе знаменитый Депре, высказывали сомнения в экономической целесообразности этой затеи. Однако Доливо-Добровольский сумел убедить руководство компании в необходимости взяться за предложенную работу.

Поскольку до открытия выставки оставалось совсем мало времени, строительство ЛЭП проходило в большой спешке. За полгода Доливо-Добровольский должен был спроектировать и построить небывалый по мощности асинхронный двигатель на 100 л.с. и четыре трансформатора на 150 киловатт, при том что максимальная мощность однофазных трансформаторов составляла тогда только 30 киловатт. Не могло быть и речи об опытных конструкциях: на это просто не хватало времени. Даже построенный двигатель и трансформаторы не могли быть испытаны на заводе, так как в Берлине не было трехфазного генератора соответствующей мощности (генератор для Лауфеновской станции строили в Эрликсоне). Следовательно, все элементы электропередачи предстояло включить непосредственно на выставке в присутствии многих ученых, представителей конкурирующих фирм и бесчисленных корреспондентов. Малейшая ошибка была бы непростительной. Кроме того, на плечи Доливо-Добровольского легла вся ответственность за проектирование и монтажные работы при сооружении ЛЭП. Собственно, ответственность была даже больше — ведь решался вопрос не только о карьере Доливо-Добровольского и престиже АЭГ, но и о том, по какому пути пойдет развитие электротехники. Доливо-Добровольский прекрасно понимал всю важность стоявшей перед ним задачи и писал позже: «Если я не хотел навлечь на мой трехфазный ток несмываемого позора и подвергнуть его недоверию, которое вряд ли удалось бы потом быстро рассеять, я обязан был принять на себя эту задачу и разрешить ее. В противном случае опыты Лауфен-Франкфурт и многое, что потом должно было развиться на их основе, пошли бы по пути применения однофазного тока».

В Лауфене была в короткий срок построена небольшая гидроэлектростанция. Турбина мощностью 300 л.с. вращала генератор трехфазного тока, спроектированный и построенный, как уже говорилось, на заводе в Эрликсоне. От генератора три медных провода большого сечения вели к распределительному щиту. Здесь были установлены амперметры, вольтметры, свинцовые предохранители и тепловые реле. От распределительного щита три кабеля шли к трем трехфазным трансформаторам «призматического» типа. Обмотки всех трансформаторов соединялись в звезду. Предполагалось вести электропередачу при напряжении в 15 тысяч вольт, но все расчеты делались на работу в 25 тысяч вольт. Для достижения такого высокого напряжения планировалось включить по два трансформатора на каждом конце линии, так чтобы их обмотки низшего напряжения были соединены параллельно, а обмотки высшего — последовательно.

От трансформаторов в Лауфене начиналась трехпроводная линия, подвешенная на 3182 деревянных опорах высотой 8 и 10 м со средним пролетом 60 м. Никаких выключателей на линии не было. Для того чтобы в случае необходимости можно было быстро отключить ток,

предусматривались два оригинальных приспособления. Рядом с Лауфенской гидроэлектростанцией были установлены две опоры на расстоянии 2, 5 м одна от другой. Здесь в разрыв каждого провода линии включалась плавкая вставка, состоявшая из двух медных проволок диаметром 0, 15 мм. Во Франкфурте и вблизи железнодорожных станций (часть линии шла вдоль железнодорожного полотна) были установлены так называемые угловые замыкатели. Каждый из них представлял собой металлический брус, подвешенный с помощью шнура на Г-образной опоре. Достаточно было дернуть за шнур, и брус опускался на все три провода, создавая искусственное короткое замыкание, что вызывало перегорание плавких вставок в Лауфене и обесточивание всей линии. Во Франкфурте провода подходили к понижающим трансформаторам (они находились на выставке в специальном павильоне), которые снижали напряжение на выходе до 116 вольт. К одному из этих трансформаторов было подключено 1000 ламп накаливания по 16 свечей (55 ватт) каждая, к другому — большой трехфазный двигатель Доливо-Добровольского, размещавшийся в другом павильоне.

Линейное напряжение генератора в Лауфене составляло 95 вольт. Повышающий трансформатор имел коэффициент трансформации равный 154. Следовательно, рабочее напряжение в ЛЭП составляло 14650 вольт (95•154). Для того времени это было очень высокое напряжение. Правительства земель, через которые проходила ЛЭП, были встревожены ее сооружением. У некоторых возникало чувство страха даже перед деревянными столбами, на которых были укреплены таблички с черепами. Особые опасения вызывала возможность обрыва провода и падения его на рельсы железной дороги. Выставочному комитету и сооружавшим линиям фирмам пришлось провести огромную разъяснительную работу, чтобы убедить правительственных чиновников в том, что все возможные опасности предусмотрены и что линия надежно защищена. Администрация Бадена все же не разрешала соединять участок уже готовой линии на баденской границе. Для того чтобы устранить последние препятствия и рассеять сомнения местных властей, Доливо-Добровольский провел опасный, но весьма убедительный эксперимент. Когда линия была впервые включена под напряжение, один из проводов на границе Бадена и Гессена был искусственно оборван и с яркой вспышкой упал на рельсы железной дороги. Доливо-Добровольский сейчас же подошел и поднял провод голыми руками: настолько он был уверен, что сработает сконструированная им защита. Этот «метод» доказательства оказался очень наглядным и устранил последнюю преграду перед испытаниями линии.

25 августа 1891 года в 12 часов дня на выставке впервые вспыхнули 1000 электрических ламп, питаемых током Лауфенской гидроэлектростанции. Эти лампы обрамляли щиты и арку над входом в ту часть выставки, экспонаты которой относились к электропередаче Лауфен — Франкфурт. На следующий день был успешно испытан двигатель мощностью в 75 киловатт, который 12 сентября впервые привел в действие десятиметровый водопад. Несмотря на то что линия, машины, трансформаторы, распределительные щиты изготовлялись в спешке (некоторые детали, по свидетельству Доливо-Добровольского, продумывались всего в течение часа), вся установка, включенная без

предварительного испытания, к удивлению одних и к радости других, сразу же стала хорошо работать. Особое впечатление на посетителей выставки произвел водопад. Однако лица, более осведомленные в вопросах физики и электротехники, радовались в этот день не огромному водопаду, сверкавшему тысячами стеклянных брызг, подсвеченных десятками разноцветных ламп. Их восторг был связан с пониманием того, что этот прекрасный искусственный водопад приводится в действие источником, находящимся на расстоянии 170 км на реке Неккар у местечка Лауфен. Они видели перед собой блестящее решение проблемы передачи энергии на большие расстояния.

В октябре международная комиссия приступила к испытаниям Лауфен-Франкфуртской линии электропередачи. Было установлено, что потери при электропередаче составляют всего 25%, что являлось очень хорошим показателем. В ноябре линия была испытана при напряжении в 25 тысяч вольт. При этом КПД ее увеличился, и потери снизились до 21%. Подавляющее большинство электриков всех стран мира (выставку посетило более миллиона человек) по достоинству оценило значение Лауфен-Франкфуртского эксперимента. Трехфазный ток получил очень высокую оценку, и ему отныне был открыт самый широкий путь в промышленность. Доливо-Добровольский сразу выдвинулся в число ведущих электротехников планеты, и имя его приобрело мировую известность.

Так была разрешена главная энергетическая проблема конца XIX века — проблема централизации производства электроэнергии и передачи ее на большие расстояния. Для всех стал ясен способ, каким многофазный ток мог быть подведен от далекой электростанции к каждому отдельному цеху, а потом и отдельному станку. Ближайшим следствием возникновения техники многофазного тока явилось то, что в последующие годы во всех развитых странах началось бурное строительство электростанций и широчайшая электрификация промышленности. Правда, в первые годы она еще осложнялась ожесточенной борьбой между конкурирующими компаниями, стремившимися внедрить тот или иной тип тока. Так, в Америке сначала взяла вверх компания Вестингауза, которая, скупив патенты Теслы, старалась распространить двухфазный ток. Триумфом двухфазной системы стало строительство в 1896 году мощной ГЭС на Ниагарском водопаде. Но трехфазный ток вскоре повсеместно был признан наилучшим. Действительно, двухфазная система требовала проведения четырех проводов, а трехфазная — только трех. Кроме большей простоты, она сулила значительную экономию средств. Позже Тесла, по примеру Доливо-Добровольского, предложил объединять два обратных провода вместе. При этом происходило сложение токов, и в третьем проводе тек ток примерно в 1, 4 раза больший, чем в двух других. Поэтому сечение этого провода было в 1, 4 раза больше (без этого увеличения сечения в цепи возникали перегрузки). В результате затраты на двухфазную проводку все равно оказывались больше, чем на трехфазную, между тем как двухфазные двигатели по всем параметрам уступали трехфазным. В XX веке трехфазная система утвердилась повсеместно. Даже Ниагарская электростанция была со временем переоборудована на трехфазный ток.

61. ГРАММОФОН

Среди замечательных технических достижений XIX века далеко не последнее место занимает изобретение звукозаписи. Впервые устройство, позволяющее записывать звук, было создано в 1857 году Леоном Скоттом. Принцип действия его фоноавтографа был очень прост: игла, которой передавались колебания звуковой диафрагмы, вычерчивала кривую на поверхности вращавшегося цилиндра, покрытого слоем сажи. Звуковые волны в этом приборе получали как бы зримый образ, но не более того — понятно, что воспроизвести записанный на саже звук было невозможно. Следующий важный шаг на этом пути был сделан знаменитым американским изобретателем Эдисоном. В 1877 году Эдисон создал первую «говорящую машину» — фонограф, позволявшую производить не только запись, но и воспроизведение звука. О своем изобретении Эдисон рассказывал так: «Однажды, когда я еще работал над улучшением телефонного аппарата, я как-то запел над диафрагмой телефона, к которой была припаяна стальная игла. Благодаря дрожанию пластинок игла уколола мне палец, и это заставило меня задуматься. Если бы можно было записать эти колебания иглы, а потом снова провести иглой по такой записи, отчего бы пластинке не заговорить? Я попробовал сначала пропустить обыкновенную телеграфную ленту под острием телефонной диафрагмы и заметил, что получилась какая-то азбука, а потом, когда я заставил ленту с записью вновь пройти под иглой, мне послышалось, правда, очень слабо: „Алло, алло“. Тогда я решил построить прибор, который работал бы отчетливо, и дал указание моим помощникам, рассказав, что я придумал. Они надо мной посмеялись».

Принцип фонографа был в общих чертах тот же, что у телефона. Звуковые волны с помощью говорной трубы приводились к пластинке из очень тонкого стекла или слюды и резцом, прикрепленным к ней, записывались на быстро вращающийся вал, покрытый оловянной фольгой. На фольге получались следы, форма которых соответствовала колебаниям пластины и, следовательно, падающим на нее звуковым волнам. Этой полосой листового олова можно было пользоваться для получения на том же приборе тех же звуков. При равномерном вращении полосы резец, прикрепленный к пластинке проходил вдоль сделанной им ранее борозды. Вследствие этого пластинка приводилась резцом в те же самые колебания, которые она прежде сама передавала ему под действием голоса и звукового инструмента и начинала звучать подобно мембране телефона. Таким образом фонограф воспроизводил всякий разговор, пение и свист.

Первые приборы Эдисона, созданные в 1877 г., были еще очень несовершенны. Они хрипели, гнусавили, чрезмерно усиливали некоторые звуки, совсем не воспроизводили других, и вообще, больше напоминали попугаев, чем репродукторы человеческой речи. Другой их недостаток состоял в том, что звук можно было различить, лишь приложив ухо к диафрагме. Это происходило во многом из-за того, что валик двигался недостаточно ровно по поверхности, которую не могли сделать совершенно гладкой. Игла, переходя из одного углубления в другое, испытывала собственные колебания, передававшиеся в виде сильных шумов.

Эдисон упорно работал над улучшением фонографа. Особенно много проблем встретил он с воспроизведением звука "с", который никак не

хотел записываться. Он сам вспоминал позже: «В течение семи месяцев я работал почти по 18-20 часов в сутки над одним словом „специя“. Сколько раз я ни повторял в фонограф: специя, специя, специя — прибор упорно твердил мне одно и то же: пеция, пеция, пеция. С ума можно было сойти! Но я не упал духом и настойчиво продолжал свою работу, пока не преодолел затруднения. Насколько трудна была моя задача, вы поймете, если я скажу, что следы, получающиеся на цилиндре в начале слова, имели в глубину не более одной миллионной доли дюйма! Легко делать удивительные открытия, но трудность состоит в усовершенствовании их настолько, чтобы они получили практическую ценность». После многих экспериментов был найден более или менее подходящий материал для валиков — сплав воска и некоторых растительных смол (этот рецепт Эдисон держал в секрете). В 1878 году он основал специальную фирму по производству фонографов. Одновременно во всех газетах была развернута широкая реклама его изобретения. Уверяли, что фонограф можно будет применять для диктовки писем, издания звуковых книг, воспроизведения музыки, изучения иностранных языков, записи телефонных сообщений и многих других целей.

Но, увы, ни одно из этих обещаний не было исполнено даже в 1889 году, когда был сконструирован новый фонограф, не имевший многих недостатков прежнего.

Принцип его действия остался прежним. Восковой цилиндр W приводился во вращение находившимся в ящике K электродвигателем с очень спокойным и равномерным ходом. Регулятор G через включение и выключение сопротивлений управлял скоростью вращения цилиндра (125 об/мин). Рычаг A, поддерживающий говорную трубку и пластинку, покоился на салазках. Эти салазки передвигались вдоль направляющего бруска F с помощью гайки с винтовой нарезкой M, которая лежала на валике главного винта, имевшего мелкую нарезку и образовывавшего ось цилиндра C. Нарезка эта представляла образцовое произведение механики и имела сто винтовых ходов на один дюйм. Два рычажка A и B служили для насаживания гайки с главного стержня. Пластинки фонографа состояли из очень тонкого стекла; из них одна имела острый резец для записи колебаний пластинки на восковом цилиндре, другая — тупой резец для воспроизведения. Третья, несколько более крепкая пластинка, была снабжена маленьким острым резцом для того, чтобы приведенные в негодность восковые цилиндры вновь обтачивать и таким образом пользоваться ими для новых записей. Для усиления звука использовалась труба с раструбом.

Пишущая часть представляла собой вделанную в металлическое кольцо круглую диафрагму, пространство над которой было закрыто крышкой с раструбом. Если говорить в этот раструб, то звуковые волны достигали диафрагмы и приводили ее в колебательное движение. Снизу к середине диафрагмы было прикреплено тонкое пишущее острие, с помощью которого вырезалась на восковой оболочке барабана бороздка, более или менее глубокая, соответственно колебаниям диафрагмы. Диафрагма со своими принадлежностями поддерживалась на рычаге, который был прикреплен к скользящему приспособлению, и вместе с последним передвигалась при вращении барабана справа налево. Чтобы

это передвижение происходило согласно с вращением барабана, на скользящем приспособлении был укреплен второй рычаг, который своим концом покоился на винтовом шпинделе, налегая на него частью гайки. Таким образом, при движении шпинделя передвигалось скользящее приспособление, а так как шпиндель был соединен бесконечным шнуром с валом барабана, то скользящее приспособление и вместе с ним штифт двигались согласно с его вращением, и штифтик вырезал на восковой массе винтовую линию. Пока диафрагма не колебалась, штифтик вырезал бороздку равномерной глубины, но как скоро диафрагма начинала колебаться под влиянием звуковых волн, глубина бороздки все время то уменьшалась, то увеличивалась. Эту волнообразную полосу потом использовали для приведения в движение другой подобной диафрагмы, к которой был прикреплен скользящий по бороздке штифтик.

Однако и новый усовершенствованный фонограф не получил широкого практического применения. Кроме высокой цены, распространению его мешало практическое несовершенство. Валик не мог вместить много информации и заполнялся через несколько минут. Более или менее значительная корреспонденция требовала большого числа валиков. После нескольких прослушиваний копия разрушалась. Сама передача аппарата была далека от совершенства. Кроме того, с воскового валика невозможно было получить копии. Всякая запись была уникальной и с порчей валика пропадала навсегда.

Все эти недостатки были благополучно преодолены Эмилем Берлинером, который в 1887 году взял патент на другой звукозаписывающий прибор — граммофон. Хотя принцип устройства граммофона и фонографа был один и тот же, граммофон имел ряд существенных отличий, которые и обеспечили ему широчайшее распространение. Прежде всего, игла в записывающем аппарате Берлинера располагалась параллельно плоскости диафрагмы и чертила извилистые линии (а не борозды, как у Эдисона). Кроме того, вместо громоздкого и неудобного валика Берлинер избрал круглую пластинку.

Запись происходила следующим образом. На диск большого диаметра с бортиком устанавливали предназначенный для записи звука полированный цинковый диск. Сверху на него наливали раствор воска в бензине. Диск-ванна получал вращение от ручки через фрикционную передачу, а система шестерней и ходового винта связывала вращение диска с радиальным ходом записывающей мембраны, укрепленной на стойке. Этим достигалось движение записывающего устройства по спиралеобразной линии. Когда бензин испарялся, на диске оставался очень тонкий слой воска, и диск был готов к записи. Нанесение звуковой канавки Берлинер производил почти так же, как Эдисон, при помощи записывающей мембраны, снабженной трубкой с небольшим рупором и передававшей свои колебания иридиевому острию.

Главное достоинство записи по способу Берлинера состояло в том, что с диска можно было легко получать копии. Для этого записанный диск прежде всего погружали в водный раствор хромовой кислоты. Там, где поверхность диска была покрыта воском, кислота не оказывала на него никакого воздействия. Только в звуковых канавках, поскольку записывающее острие срезало воск до самой поверхности диска, цинк

растворялся под действием кислоты. При этом звуковая канавка протравливалась до глубины около 0, 1 мм. Затем диск промывали и удаляли воск. В таком виде он уже мог служить для воспроизведения звука, но фактически являлся лишь оригиналом для изготовления медных гальванических копий.

Принцип гальванопластики был открыт в 1838 году русским электротехником Якоби. Выше уже упоминались электролиты — жидкости, проводящие через себя электрический ток. Особенностью электролитов является то, что в растворах (или расплавах) их молекулы распадаются на положительные и отрицательные ионы. Благодаря этому становится возможным электролиз — химическая реакция, которая протекает под воздействием электрического тока. Для проведения электролиза в ванну помещают металлические или угольные стержни, которые соединяют с постоянным источником тока. (Электрод, подключенный к отрицательному полюсу батареи, называют катодом, а электрод, соединенный с положительным полюсом — анодом.) Электрический ток в электролите представляет процесс движения ионов к электродам. Положительно заряженные ионы движутся к катоду, а отрицательно заряженные — к аноду. На электродах происходит реакция нейтрализации ионов, которые, отдавая лишние электроны или получая недостающие, превращаются в атомы и молекулы. К примеру, каждый ион меди получает на катод два недостающих электрона и осаждается на нем в виде металлической меди. При этом осадок дает точное рельефное изображение катода. Это последнее свойство как раз и используется при гальванопластике. С копируемых предметов снимается копия (матрица), представляющая их обратное негативное изображение. Затем копия подвешивается в качестве катода (отрицательного полюса) в гальваническую ванну. В качестве анода (положительного полюса) берется тот металл, из которого изготовлялась копия. Раствор ванны должен содержать в себе ионы того же металла.

Точно так же действовал Берлинер — он погружал цинковый диск в ванну с раствором медной соли и подключал к нему отрицательный полюс батареи. В процессе электролиза на диске осаждался слой меди толщиной в 3-4 мм, в точности повторявший все детали диска, но с обратным рельефом (то есть на месте канавок получались бугорки, но в точности повторяющие все их извивы). Затем полученную медную копию отделяли от цинкового диска. Она служила матрицей, с которой можно было отпрессовывать диски-пластинки из какого-нибудь пластического материала. В начале для этой цели применяли целлулоид, эбонит, всевозможные восковые массы и тому подобные вещества. Самая первая в истории граммофонная пластинка была изготовлена Берлинером в 1888 году из целлулоида. Граммофонные пластинки, поступившие в начале 90-х годов в продажу, были выполнены из эбонита. Оба эти материала не годились для назначенной цели, так как плохо подавались прессовке и потому недостаточно точно воспроизводили рельеф матрицы. Проделав множество опытов, Берлинер в 1896 году создал специальную шеллачную массу (в состав ее входили шеллак — смола органического происхождения, тяжелый шпат, зола и некоторые другие вещества), которая оставалась потом на протяжении многих десятилетий основным материалом для изготовления пластинок.

Проигрывание пластинок происходило на специальном устройстве — граммофоне. Главной частью звукоснимающего прибора здесь была слюдяная пластинка, сцепленная рычагом с зажимом, в который вставлялись сменные стальные иглы. Между зажимом и корпусом мембраны помещались резиновые прокладки. Первоначально граммофон приводился в движение от руки, а затем стал устанавливаться на ящик с часовым механизмом.

Как записывающее устройство, так и первые граммофоны Берлинера были весьма несовершенны. Шипение, треск и искажения были их постоянными спутниками. Тем не менее это изобретение имело огромный коммерческий успех — за какие-нибудь десять лет граммофоны распространились по всему миру и проникли во все слои общества. К 1901 году было выпущено уже около четырех миллионов пластинок. Фонографы не могли выдержать конкуренции с творением Берлинера, и Эдисону пришлось свернуть их производство.

62. ЭЛЕКТРОЛИЗ АЛЮМИНИЯ

Современную жизнь невозможно представить без алюминия. Этот блестящий легкий металл, прекрасный проводник электричества, получил в последние десятилетия самое широкое применение в различных отраслях производства. Между тем известно, что в свободном виде алюминий не встречается в природе, и вплоть до XIX века наука даже не знала о его существовании. Только в последней четверти XIX века была разрешена проблема промышленного производства металлического алюминия в свободном виде. Это стало одним из крупнейших завоеваний науки и техники этого периода, значение которого мы, может быть, еще не оценили до конца.

По содержанию в земной коре алюминий занимает первое место среди металлов и третье среди других элементов (после кислорода и кремния). Земная кора на 8, 8% состоит из алюминия (отметим для сравнения, что содержание железа в ней — 4, 2%, меди — 0, 003%, а золота — 0, 000005%). Однако этот химически активный металл не может существовать в свободном состоянии и встречается только в виде различных и очень разнообразных по своему составу соединений. Основная их масса приходится на оксид алюминия (Al_2O_3). Это соединение каждый из нас встречал не один раз — в обиходе оно называется глиноземом, или просто глиной. Глина примерно на треть состоит из оксида алюминия и является потенциальным сырьем для его производства. Вся трудность состоит в том, чтобы восстановить алюминий (отнять у него кислород). Химическим путем добиться этого чрезвычайно сложно, так как связь двух элементов здесь очень прочная. Уже первое знакомство с алюминием наглядно продемонстрировало все сложности, которые ожидали ученых на этом пути.

В 1825 году датскому физику Гансу Эрстеду впервые удалось получить металлический алюминий в свободном состоянии из его оксида. Для этого Эрстед прежде всего смешал глинозем с углем, раскалил эту смесь и пропустил через нее хлор. В результате получился хлористый алюминий ($AlCl_3$). В то время уже было известно, что химически более активные металлы способны вытеснять менее активные из их солей.

Эрстед подверг хлористый алюминий действию калия, растворенного в ртути (амальгамой калия) и получил амальгаму алюминия (при быстром нагревании хлористого алюминия с амальгамой калия образовался хлористый калий, алюминий же ушел в раствор). Подвергнув эту смесь дистилляции, Эрстед выделил небольшие слитки алюминия. Несколько другим способом алюминий получил в 1827 году немецкий химик Велер, который пропускал пары хлористого алюминия над металлическим калием (при этом, как и в реакции Эрстеда химически, более активный калий вытеснял алюминий и сам соединялся с хлором). Но оба способа не могли применяться в промышленности, так как для восстановления алюминия здесь использовался очень дорогой калий.

Позже французский физик Сен-Клер-Девилль разработал другой химический процесс получения алюминия, заменив калий более дешевым, но все же достаточно дорогим натрием. (Суть этого способа заключалась в том, что хлористый алюминий нагревали с натрием, который вытеснял алюминий из соли, заставляя его выделяться в виде небольших корольков.) На протяжении нескольких десятилетий алюминий получали именно таким образом. Исследуя свойства алюминия, Девилль пришел к заключению, что тот может в будущем иметь огромное значение для техники. В своем докладе Французской академии наук он писал: «Этот металл, белый и блестящий, как серебро, не чернеющий на воздухе, поддающийся переплавке, ковке и протяжке, обладающий к тому же замечательной легкостью, может оказаться очень полезным, если удастся найти простой способ его получения. Если далее вспомнить, что этот металл чрезвычайно распространен, что его рудой является глина, то можно лишь пожелать, чтобы он нашел широкое применение». Первые слитки алюминия, полученные Девиллем, демонстрировались на всемирной Парижской выставке в 1855 году и вызвали к себе живейший интерес.

В 1856 году на заводе братьев Тисье в Руане Девилль организовал первое промышленное предприятие по выпуску алюминия. При этом стоимость 1 кг алюминия сначала равнялась 300 франкам. Через несколько лет удалось снизить продажную цену до 200 франков за 1 кг, но все равно она оставалась исключительно высокой. Алюминий в это время употребляли как полудрагоценный металл для производства различных безделушек, причем он приобрел в этом виде даже некоторую популярность из-за своего белого цвета и приятного блеска. Впрочем, по мере совершенствования химических методов выделения алюминия цена на него с годами падала. Например, завод в Олбери (Англия) в середине 80х гг. выпускал до 250 кг алюминия в день и продавал его по цене 30 шиллингов за кг, иными словами, цена его за 30 лет снизилась в 25 раз.

Уже в середине XIX века некоторые химики указывали на то, что алюминий можно получать путем электролиза. В 1854 году Бунзен получил алюминий путем электролиза расплава хлористого алюминия.

Почти одновременно с Бунзеном получил электролитическим путем алюминий Девилль. Аппарат Девилля состоял из фарфорового тигля P, вставленного в пористый глиняный тигель H и снабженного крышкой D, в которой имелась щель для ввода платинового электрода K и большое отверстие для пористого глиняного сосуда R. В последнем был помещен угольный стержень A, являвшийся положительным электродом. Тигель и

глиняный сосуд заполнялись до одного уровня расплавленным двойным хлоридом алюминия и натрия (двойной хлорид получали путем смешивания двух частей сухого хлорида алюминия и поваренной соли). После погружения электродов уже при небольшом токе в расплаве начиналось разложение двойного хлорида, и на платиновой пластинке выделялся металлический алюминий. Однако в то время нельзя было и думать о том, чтобы поддерживать соединения в расплавленном состоянии, пользуясь только нагреванием при прохождении тока. Приходилось поддерживать необходимую температуру другим способом извне. Это обстоятельство, а также то, что электроэнергия в те годы стоила очень дорого, помешало распространению данного способа производства алюминия. Условия для его распространения возникли только после появления мощных генераторов постоянного тока.

В 1878 году Сименс изобрел электрическую дуговую печь, применявшуюся прежде всего при плавке железа. Она состояла из угольного или графитового тигля, являвшегося одним полюсом. Вторым полюсом служил расположенный сверху угольный электрод, который перемещался внутри тигля в вертикальной плоскости для регулирования электрического режима. При заполнении тигля шихтой она нагревалась и расплавлялась или электрической дугой или за счет сопротивления самой шихты при прохождении через нее тока. Никаких внешних источников тепла для печи Сименса не требовалось. Создание этой печи стало важным событием не только для черной, но и для цветной металлургии.

Теперь все условия для электролитического способа производства алюминия были налицо. Дело оставалось за разработкой технологии процесса. Вообще говоря, алюминий можно получать непосредственно из глинозема, но трудность заключалась в том, что оксид алюминия очень тугоплавкое соединение, которое переходит в жидкое состояние при температуре около 2050 градусов. Для того чтобы нагреть глинозем до такой температуры и затем поддерживать ее во время реакции, требовалось огромное количество электроэнергии. В то время этот способ казался неоправданно дорогим. Химики искали иной путь, пытаясь выделить алюминий из какого-нибудь другого менее тугоплавкого вещества. В 1885 году эту задачу независимо друг от друга разрешили француз Эру и американец Холл.

Любопытно, что обоим в момент, когда они совершили свое выдающееся открытие, было по 22 года (и тот и другой родились в 1863 г.). Эру еще с 15 лет, после того как познакомился с книгой Девилля, постоянно думал об алюминии. Основные принципы электролиза он разработал, еще будучи студентом, в 20 лет. В 1885 году после смерти отца Эру унаследовал небольшую кожевенную фабрику близ Парижа и немедленно принялся за опыты. Он приобрел электрогенератор Грамма и сначала попробовал разложить электрическим током водные растворы солей алюминия. Потерпев на этом пути неудачу, он решил подвергнуть электролизу расплавленный криолит — минерал, в состав которого входит алюминий (химическая формула криолита Na_3AlF_6). Опыты Эру начал в железном тигле, который служил катодом, а анодом являлся опущенный в расплав угольный стержень. Поначалу ничего не обещало успеха. При пропускании тока железо тигля вступило в реакцию с криолитом,

образовав легкоплавкий сплав. Тигель расплавился, и содержимое его вылилось наружу. Никакого алюминия Эру таким путем не получил. Однако криолит представлял собой очень заманчивое сырье, поскольку плавился при температуре всего 950 градусов. Эру пришла мысль, что расплав этого минерала можно использовать для растворения более тугоплавких солей алюминия. Это была очень плодотворная идея. Но какую соль избрать для опытов? Эру решил начать с той, которая давно уже служила сырьем для химического производства алюминия — с двойного хлорида алюминия и натрия. И тут при проведении эксперимента произошла ошибка, которая и привела его к замечательному открытию. Расплавив криолит и добавив к нему двойной хлорид алюминия и натрия, Эру неожиданно заметил, что угольный анод начал быстро обгорать. Объяснение этому могло быть только одно — в ходе электролиза на аноде стал выделяться кислород, вступавший в реакцию с углеродом. Но откуда мог взяться кислород? Эру внимательно изучил все купленные реактивы и тут обнаружил, что двойной хлорид разложился под действием влаги и превратился в глинозем. Тогда все происшедшее стало ему понятно: оксид алюминия (глинозем) растворился в расплавленном криолите и молекула Al_2O_3 распалась на ионы алюминия и кислорода. Далее в ходе электролиза отрицательно заряженные ионы кислорода отдавали аноду свои электроны и восстанавливались в химический кислород. Но в таком случае, какое вещество восстанавливалось на катоде? Им мог быть только алюминий. Поняв это, Эру уже намеренно добавил глинозем к расплаву криолита и таким образом получил на дне тигля корольки металлического алюминия. Так был открыт применяющийся по сей день способ получения алюминия из глинозема, растворенного в криолите. (Криолит не участвует в химической реакции, его количество в ходе электролиза не уменьшается — он используется здесь только как растворитель. Процесс идет следующим образом: к расплаву криолита периодически добавляют порциями глинозем; в результате электролиза на аноде выделяется кислород, а на катоде — алюминий.) На два месяца позже точно такой же способ производства алюминия открыл американец Холл.

На свое изобретение Эру в апреле 1886 года получил первый патент. В нем он еще не отказался от внешнего нагревания ванны с электролитом для поддержания нужной температуры расплава. Но уже в следующем году он взял второй патент на способ получения алюминиевой бронзы, в котором отказался от внешнего нагрева и писал, что «электрический ток производит достаточное количества тепла для того, чтобы глинозем поддерживать в расплавленном состоянии».

Поскольку никто во Франции не заинтересовался его открытием, Эру уехал в Швейцарию. В 1887 году компания «Сыновья Негер» подписала с ним контракт о реализации его изобретения. Вскоре было основано Швейцарское металлургическое общество, которое на заводе в Нейгаузене развернуло производство сначала алюминиевой бронзы, а потом чистого алюминия.

Промышленную установку для электролиза алюминия, также как и всю технологию производства, разработал Эру. Печь представляла собой железный ящик, изолированно установленный на земле. Поверхность ванны изнутри была покрыта толстыми угольными пластинами, которые

являлись отрицательным электродом (катодом). Сверху в ванну опускался положительный электрод (анод), который представлял собой пакет угольных стержней. Электролиз происходил при очень сильном токе (порядка 4000 ампер), но при небольшом напряжении (всего 12-15 вольт). Большая сила тока, как уже говорилось в предыдущих главах, приводила к значительному повышению температуры. Криолит быстро плавился, и начиналась электрохимическая реакция восстановления, в ходе которой металлический алюминий собирался на угольном полу ванны.

Уже в 1890 году завод в Нейгаузене получил свыше 40 тонн алюминия, а вскоре стал выпускать по 450 тонн алюминия в год. Успехи швейцарцев вдохновили французских промышленников. В Париже образовалось электротехническое общество, которое в 1889 году предложило Эру стать директором вновь основанного алюминиевого завода. Через несколько лет Эру основал в разных частях Франции, где имелась дешевая электрическая энергия, еще несколько алюминиевых заводов. Цены на алюминий постепенно упали в десятки раз. Медленно, но неуклонно этот замечательный металл стал завоевывать свое место в человеческой жизни, сделавшись вскоре столь же необходимым, как известные с глубокой древности железо и медь.

63. БУРЕНИЕ НА НЕФТЬ

До появления керосина во многих странах основным средством освещения служили восковые свечи и китовый жир. Ради последнего были истреблены сотни тысяч китов. Вскоре киты стали редкостью, и появилась необходимость в замене китового жира каким-нибудь другим маслом. Тогда прибегли к смеси скипидара со спиртом; делали также попытки добывать масло из угля посредством перегонки. В 1844 году американский химик Абрам Геснер получил из угля осветительное масло, которое он назвал «керосином». Но впоследствии название «керосин» закрепилось за очищенной нефтью. Способ получения керосина из нефти был открыт в 1857 году Феррисом. В отличие от сырой нефти (которую тоже пытались применять для освещения) керосин горел намного лучше, причем без копоти и чада, что и обеспечило успех новому изобретению. С этого времени темпы добычи нефти стали неуклонно возрастать.

Тогда же в Нью-Йорке было основано общество для разработки нефтяных источников в штате Пенсильвания. Добыча поначалу велась самым примитивным колодезным способом, при котором рабочие-нефтяники вырывали глубокую яму и черпали из нее нефть как воду ведрами. У одного из руководителей общества, Бисселя, вскоре явилась мысль добывать нефть при помощи буровых скважин. Идея эта кажется очень простой, однако прежде она никому не приходила в голову. Биссель узнал, что с помощью бурения уже много лет добывают воду из глубинных соляных источников (из этой воды потом выпаривали соль), причем многие из этих источников были брошены, потому что вместе с водой содержали нефть. Таким образом, можно было заключить, что нефть и вода находятся под землей поблизости друг от друга и ничего не мешает выкачивать из скважины нефть с помощью насосов точно так же, как это делали с водой. Многие, впрочем, отнеслись к этому предложению с недоверием.

Искусство бурения земли к середине XIX века прошло долгий путь развития, но в целом стояло еще на достаточно примитивном уровне. Преобладающим способом было так называемое ударное бурение, при котором скважина выдалбливалась в породе ударами клинообразного разрушающего инструмента — плоского долота или бура. Бурение происходило при этом следующим образом. Сначала выбирали место под скважину. Затем строили вышку и тщательно устанавливали направляющую трубу. Буровая вышка служила станком для подъема бура. Бурение осуществлялось ударами. На конце шеста укреплялась тяжелая головка с резцами: при помощи каната, перекинутого через блок, ее опускали, а затем снова поднимали. Силой своей тяжести она дробила породу. Чтобы скважина получила правильную форму, долото перед каждым ударом поворачивали на определенный угол. Когда бур углублялся в землю на всю свою длину, к нему прикручивали штангу длиной около 3 м. В пробуренную скважину для крепления стенок опускали железные трубы. Для извлечения раздробленных частиц породы их смачивали водой и превращали в грязь, которую периодически извлекали наверх при помощи желонки — длинного ведра с клапаном на конце. Понятно, что каждый раз для этого приходилось вынимать из скважины бурильный инструмент и развинчивать его на части. На эту работу (подъем, развинчивание и свинчивание ударного инструмента) уходило огромное количество рабочего времени. Если грунт был мягкий, за день можно было пройти до 18 м, но обычно успевали пробурить не более 3-4 м. Чем большей глубины достигал бур, тем медленнее шла работа.

В 1846 году Фовель изобрел способ промывки скважин водяной струей. Он начал употреблять полые штанги и нагнетать в них воду, которую затем выкачивали между стенок бура и скважины вместе с обломками размельченной породы. Это изобретение составило эру в истории буровой техники. При таком устройстве бурения не могло быть никогда скопления грязи на дне скважин и не было надобности в постоянном подъеме инструмента. Этим изобретением Фовеля трудности бурения были уменьшены на 9/10, и оно сразу начало бурно развиваться. Стоимость буровых работ уменьшилась в 10 раз.

В таком положении находились дела, когда Биссель решил применить буровую технику для поиска и добычи нефти. Тогда он еще не подозревал, какой переворот в экономике совершит его идея. Проведение бурения было поручено инженеру Дрейку. В марте 1858 года близ города Тайтесвилла в Пенсильвании была вырыта глубокая открытая шахта, со дна которой приступили к бурению.

История этой первой нефтяной скважины полна драматических эпизодов, Дрейку с самого начала приходилось преодолевать множество затруднений из-за недостатка нужных людей и инструментов. Никто не питал доверия к человеку, который хотел добывать нефть из водоподъемной шахты. Наконец Дрейк нашел опытного бурильщика, который занимался своим делом уже в течение 30 лет. Тот взялся довести скважину до конца. Но едва начав работу, бурильщики наткнулись на водяной пласт, причем вода хлынула из скважины с такой силой, что им пришлось в панике покинуть шахту — иначе они бы просто утонули. Чтобы поправить положение, Дрейк велел провести через водоносный слой и

песок большую железную трубу, после чего бурение могло продолжаться дальше. В конце апреля 1859 года, когда бурильщики достигли глубины в 21 м, из скважины пошла нефть. Таким образом, опыт удался. Когда установили насос, он стал выкачивать по 8 бочек нефти в день. Спустя неделю это количество выросло до 20 бочек. В конце октября того же года на первой скважине случился пожар и весь пункт сгорел. Однако предприниматели не отчаялись и установили на том же месте новую вышку, которая с первого дня стала давать 30 бочек в день — количество, остававшееся в течение многих лет непревзойденным.

Удачный опыт Дрейка положил начало нефтяной промышленности США. Известие об успехе его нефтяных установок быстро распространилось по всей стране. Биссель арендовал новые нефтяные участки. Другие предприниматели последовали его примеру. Вскоре начался настоящий нефтяной бум. Нефтедобыча оказалась прибыльнейшим предприятием. Бывало, что земельные участки, стоившие накануне 30-40 долларов, за несколько дней взлетали в цене до 10 тысяч долларов. Это привлекло в нефтяной бизнес множество спекулянтов и капиталистов. Огромная концентрация капиталов в этой сфере позволила творить чудеса. Со сказочной быстротой прокладывались нефтепроводы и железные дороги, как бы из-под земли в пустыне возникали города, на нефтяных полях как грибы вырастали тысячи нефтяных вышек.

Техника нефтедобычи быстро совершенствовалась. С 1858 года при ударном бурении для вытаскивания бура стали употреблять паровую машину. Но еще большее значение имел переход к более производительному роторному (вращательному) бурению. При этом способе бурения цилиндрическое отверстие как бы высверливалось непрерывно вращающимся долотом, а раздробленные частицы в процессе бурения выносились на поверхность постоянно циркулирующей струей промывочной жидкости, беспрерывно закачиваемой в скважину специальным насосом. В 1889 году Чепмен изобрел установку для роторного бурения, устройство которой принципиально не изменилось до сегодняшнего дня. Ротор (вращающий механизм) получал здесь движение от мощного двигателя внутреннего сгорания и передавал его ведущей трубе, а через нее — бурильным трубам и долоту. Сначала установку Чепмена использовали для бурения на воду. В 1901 году на ней была пробурена первая нефтяная скважина.

64. КИНЕМАТОГРАФ

Кинематограф, в том виде, в каком он появился в конце XIX века, стал конечной точкой длинного пути исканий, по которому в разное время шли многие изобретатели. У них у всех была одна и та же мечта — создать такое устройство, которое могло бы запечатлеть, а потом воспроизвести движение. Задача эта оказалась очень непростой. Даже сегодня непосвященный человек встанет перед ней в тупик. Допустим, кто-то поднимает руку. В своем движении снизу вверх рука проходит через бесконечное множество промежуточных положений. Неужели, для того чтобы показать это простое движение, надо зафиксировать их все? К счастью, в этом нет необходимости. Человеческий глаз обладает способностью схватывать и сохранять в течение некоторого времени (около 1/14 секунды) полученное им восприятие, даже после того когда вызвавшая

это восприятие картина исчезла. Именно поэтому мы не видим при быстром вращении велосипедного колеса каждую его спицу (они сливаются перед нашим взором в сплошной круг). Или другой пример — если в темноте кто-то быстро водит из стороны в сторону горящим угольком, мы не можем заметить, где в каждый данный момент находится этот уголек, потому что все его промежуточные положения сливаются в нашем восприятии в одну огненную полосу. Получается так, что при быстром движении какого-либо объекта наш глаз не замечает всех промежуточных положений — на сетчатке успевает запечатлеться всего около 14 моментальных изображений в секунду, и эти изображения сливаются между собой в движущуюся картину. В определенном смысле, это недостаток нашего глаза, мешающий ему в некоторых случаях верно отражать действительность. Но именно благодаря этому недостатку нашему восприятию стали доступны такие зрелищные искусства, как мультипликация, кинематограф или телевидение. Итак, для того чтобы зафиксировать движение, вовсе нет необходимости отмечать каждое из промежуточных положений движущегося объекта. Достаточно делать каждую секунду всего 12-14 таких запечатлений, а затем прокручивать их с такой же скоростью. Из сказанного видно, что искусство кинематографа фактически состоит из двух частей. Сначала надо запечатлеть движение (для чего необходимо сделать серию моментальных снимков отдельных его фаз), а потом надо суметь спроецировать эти моментальные картины на экран таким образом, чтобы зритель видел перед собой изображение движущегося объекта. И то и другое получилось не сразу. Понадобились усилия многих изобретателей, прежде чем были разрешены все возникшие на этом пути трудности.

Первые опыты по проецированию изображений были сделаны еще в древности. В 1646 году немецкий иезуит Афанасиус Кирхер обобщил в своей работе «Великие искусства света и теней» весь накопленный в этой области опыт и описал принцип действия магического фонаря. Волшебный фонарь служил для проецирования через систему линз на белую поверхность (экран) увеличенного изображения какого-нибудь небольшого предмета, чаще всего прозрачной пластинки с нанесенным на ней рисунком. (Каждому хорошо известен принцип действия фильмоскопа — современной разновидности волшебного фонаря.) Магический фонарь можно считать первым прообразом кинематографа, в котором еще нет передачи движения.

Это искусство было освоено лишь в первой трети XIX века. В 1833 году профессор практической геометрии австриец Симон Штампфер изобрел занятную игрушку — стробоскоп. Этот прибор представлял собой два диска, вращавшихся на одной общей оси. На одном диске, как на циферблате часов, рисовались фигурки в различных фазах какого-либо повторяющегося процесса, например, отдельные положения шагающего человека. Еще один диск, скрепленный с первым, имел радиальные щели, через которые можно было видеть расположенные за ними картинки. При быстром вращении дисков зритель, глядевший в смотровое окошко, видел последовательно на короткое мгновение каждую из картинок, но это разделенное по времени на отдельные фазы движение воспринималось им в виде слитного образа, совершающего непрерывное движение.

В 1853 году австрийский капитан-артиллерист барон Франц фон Ухатиус придумал проекционный стробоскоп — аппарат для показа живых изображений, соединявший в себе стробоскопический круг Штампфера и волшебный фонарь Кирхера. Значение его изобретения состояло в том, что теперь можно было видеть движущиеся картины на экране. Созданный Ухатиусом стробоскоп имел до 100 изображений, мелькавших в течение 30 секунд, то есть за одну секунду сменялось три-четыре изображения. Для каждого из них был устроен свой объектив. Источник света устанавливался таким образом, что пластинки с картинками, расположенные по краю колеса, одна задругой проходили перед ним. Этот прибор получил потом широкое распространение во многих странах под названием «живых картин». В 1869 году американский изобретатель Браун усовершенствовал проектор Ухатиуса, взяв в качестве источника света мощную дуговую электрическую лампу.

Большим недостатком проекционных стробоскопов была громоздкость. Места они занимали много, а на демонстрацию их изображений уходило меньше минуты. Тем не менее «живые картины» в течение нескольких десятилетий оставались любимым и популярным зрелищем. Лишь в последней четверти XIX столетия им на смену пришли более совершенные проекторы, в которых использовалась прозрачная целлулоидная пленка, намотанная на барабан. В 1888 году француз Эмиль Рейно создал «Оптический театр», представлявший собой аппарат для проекции непрерывно движущихся персонажей. Он имел следующее устройство. Персонажи были нарисованы на пленке. Демонстратор вращал барабан с помощью двух ручек. Изображения на пленке проходило мимо фонаря и проецировалось на наклонное зеркало, которое уже отражало его на просвечивающийся экран в театральном зале. Другой аппарат одновременно проецировал на экран рисованную декорацию, на фоне которой появлялись персонажи с изменяющимися позами, нарисованные на ленте. Длительность сеанса составляла от 15 до 20 минут.

«Оптический театр» Рейно демонстрировал уже не просто движение. Его герои разыгрывали пантомимы и сценки. Самая длинная его пленка длиной 36 м содержала 500 изображений, прокручивавшихся в течение 15 минут Комедия Рейно «Вокруг кабины», созданная в 1894 году, выдержала 10 тысяч сеансов, что говорит об огромном интересе современников к этому изобретению, которое можно считать прообразом современной мультипликации.

Итак, к концу 80-х годов XIX века техника проецирования изображений достигла больших успехов в передаче движения. Однако показать изображение было проще, чем запечатлеть его. Теперь посмотрим, какие достижения имелись в этой второй области.

Впервые идею кинематографа развил Томас Дю Мон, который в 1859 году получил патент на многообъективную камеру, предназначенную для съемки отдельных фаз движения. Давая описание действия своего скоростного (или, как стали говорить позже, хронофотографического) аппарата, Дю Мон показал очень тонкое понимание сути происходящего процесса. Главная идея его конструкции заключалась в следующем: 12 светочувствительных пластин, прикрепленных к бесконечной ленте,

последовательно проходили позади объектива, останавливаясь перед ним на очень короткое время. Одновременно с остановкой ленты затвор открывался и пропускал свет на фотографическую пластинку (задача затвора — открывать и закрывать окошечко объектива, оставляя его открытым лишь строго определенное время). Механизм ленты был связан с затвором, так что остановка пленки и открывание затвора совпадали с математической точностью.

Увы, в действительности аппарат Дю Мона далеко не соответствовал своему описанию и снимать им движение было совершенно невозможно. Но, несмотря на это, Дю Мона справедливо считают одним из предтеч кинематографа — соображения, высказанные в его патенте, были очень глубоки, и он совершенно правильно описал принцип действия киносъемочного аппарата будущего. Однако для того чтобы его камера стала реальностью, Дю Мону не хватало по крайней мере четырех вещей. Прежде всего, светочувствительность современных ему фотопластинок была явно недостаточной для скоростной съемки. Для получения хороших качественных снимков их надо было подвергать действию света в течение нескольких секунд, в то время как при съемке движения выдержка (то есть время, которое пластинка находится под воздействием света) должна была исчисляться десятыми и сотыми долями секунды. Во-вторых, не было еще такого совершенно необходимого для хронофотографической съемки устройства, как моментальный автоматический затвор, который позволил бы делать снимки с очень короткой выдержкой (пока выдержка исчислялась секундами, открывать и закрывать объектив можно было вручную, но при съемке со скоростью 12-14 кадров в секунду это совершенно невозможно). В третьих, сам способ съемки на фотопластинках явно не подходил для хронофотографии; необходим был новый носитель для светочувствительного слоя — фотопленка, которую можно было проматывать с необходимой скоростью. И, наконец, еще не был изобретен сам механизм движения этой пленки. Из описания Дю Мона видно, что пленка должна была не просто проходить позади объектива (что было бы несложно устроить), но делать короткие моментальные остановки, причем в строго определенное время, то есть двигаться скачкообразно. Изобретение этого скачкового механизма оказалось одной из самых трудных задач в истории создания кинематографа.

В последующие десятилетия все перечисленные проблемы были разрешены одна задругой. Ричард Мэддокс в 1871 году разработал сухобромжелатиновый фотографический процесс (усовершенствовав его в 1878 году), который давал возможность сократить выдержку при съемке до 1/200 секунды. Это открытие позволило приступить к фотографированию движения. Считается, что начало хронофотографии положили опыты американского фотографа Эдуарда Мюйбриджа. Поводом для этого послужила история одного пари. В 1872 году миллионер Стенфорд, большой любитель и знаток лошадей, поспорил со своими друзьями, которые не верили, что скаковая лошадь во время своего движения поднимает все четыре ноги. Чтобы уверить их в обратном, Стенфорд пригласил Мюйбриджа и поручил ему заснять все фазы движения лошади. Задача была далеко не простая. Чтобы исполнить поручение, Мюйбридж установил вдоль скаковой дорожки несколько фотокамер, затворы которых

соединил с протянутыми поперек дорожки нитками. Пробегая мимо камеры, лошадь рвала нитки и делала снимок. В результате многих опытов Мюйбриджу удалось получить несколько удачных фотографий, на которых были сняты отдельные фазы движения лошади. Между прочим, оказалось, что Стенфорд совершенно прав — лошадь действительно при переходе в галоп отталкивалась от земли всеми ногами и как бы взлетала в воздух. Миллионер выиграл свое пари, а Мюйбридж продолжил начатое дело и вскоре прославился на весь мир своими замечательными снимками движущихся объектов. Позднее, сделав соответствующий подбор, Мюйбридж наклеивал фотографии на стробоскоп, вращая который можно было наблюдать, например, акробата, делающего прыжок через голову, бег оленя, скачку лошадей и тому подобные сюжеты.

Таковы были первые шаги моментальной фотографии. Несовершенство техники создавало для любителей этого вида фотоискусства множество затруднений, ведь снять само движение было нельзя. Тогдашние фотоаппараты давали возможность снимать только тот предмет, который находился непосредственно перед объективом, то есть двигавшийся по известной линии. Только в этом случае можно было расставить вдоль этой линии несколько фотокамер, как это делал Мюйбридж, использовавший иногда до нескольких десятков фотоаппаратов. Это обстоятельство чрезвычайно сужало возможности хронофотографии В 1882 году французский физиолог Этьен Марей, изучавший полет птиц и насекомых, придумал, как выйти из этого затруднения: он создал специальное фотографическое ружье, позволявшее со значительной быстротой снимать отдельные последовательные фазы непрерывного движения. В ружье помещался передвигающий механизм, похожий на часовой. При нажимании курка механизм начинал вращать пластинку, на которой за секунду делалось 12 снимков. Таким образом Марей снимал полет птиц. Он был первым, кто разрешил проблему запечатления движения одним аппаратом.

Съемка на пластинку была сложным и трудоемким делом. Поэтому крупным событием в истории фотографии и значительным шагом на пути к созданию кинематографа стало изобретение фотопленки. Еще в 1877 году выдающийся польский фотограф Лев Варнерке (большая часть его жизни прошла в России и Англии) изобрел первый в мире роликовый фотоаппарат с бромсеребряной коллоидной бумажной лентой. В 1886 году французский фотограф Огюстин Пренс собрал хронофотографический аппарат с 16-ю объективами, приспособленный для съемки последовательных фаз движения. Здесь впервые в истории хронофотографии была применена светочувствительная бумажная лента, которая наматывалась на барабан точно так же, как это было в фотоаппарате с роликами, проходила позади объектива и наматывалась на другой барабан. 16 объективов располагались в четыре ряда, и каждый имел свой затвор. Пренсу также удалось осуществить проецирование заснятого изображения на экран. (В главе, посвященной фотографии, был подробно описан процесс получения позитивов и негативов, поэтому здесь мы не будем останавливаться на нем. Отметим только, что ленты для хронофотографических аппаратов (как позже и для киноаппаратов) приготовлялись точно так же, как в обыкновенной фотографии, то есть сначала получали негатив

(изображение с обратным расположением света и тени), а потом с него на другую ленту печатали позитив. Но из-за того, что лента имеет большую длину, сама технология обработки довольно сильно отличалась от обычной фотографии.) Пренс был первым, кто воплотил в жизнь идею кинематографа — он мог не только снимать движение, но и проецировать его на экран. Но вся его аппаратура была еще очень примитивной. Проекционный аппарат имел тоже 16 объективов. Для перематывания ленты Пренс придумал прорезать по ее краю специальные отверстия — перфорации, в которые попадали зубчики колеса лентопротяжного механизма. Однако бумага, как уже говорилось прежде, из-за своей грубой непрозрачной структуры была неподходящим материалом для фотографии. К тому же при перемотке она часто рвалась. Для фотопленки нужен был гибкий, прочный и в то же время совершенно прозрачный материал. Именно такими свойствами обладал целлулоид — одна из первых в истории пластмасс, синтезированная в 1868 году американским химиком Хайетом. В 1884 году Джон Карбут стал изготовлять целлулоидные фотопластинки, а с 1889 года Джордж Истмэн стал применять в фотоаппаратах гибкую целлулоидную фотопленку.

После этого хронофотография стала развиваться быстрыми темпами. В 1888 году немецкий фотограф Оттомар Аншютц изобрел моментальный шторный затвор, который мог снимать с выдержкой до одной тысячной секунды. Введение в практику этого затвора чрезвычайно облегчило скоростную съемку. Теперь не было необходимости создавать сложные камеры с 12-16 объективами, а можно было обойтись только одним. В 1888 году Пренс получил английский патент на аппарат с одним объективом и бумажной лентой (он вскоре заменил ее целлулоидной). Этот аппарат делал от 10 до 12 изображений в секунду. В том же году Марей отказался от подвижной жесткой пластинки и стал использовать длинную бумажную ленту со светочувствительным слоем, позволявшую снимать отдельные медленные движения. В 1889 году Пренс создал проекционный аппарат с одним объективом и дуговой лампой. Итак, в конце 80-х годов почти все трудности, стоявшие в свое время перед Дю Моном, были благополучно разрешены. Оставалась последняя — создание скачкового механизма, поскольку равномерное движение ленты при съемке не давало качественного изображения движения.

Первый в истории примитивный скачковый механизм был придуман в Англии. Английский фотограф Уильям Фризе-Грин работал над той же проблемой, что Марей и Пренс. Подобно им он сначала применял бумажную светочувствительную ленту, которую снабжал по краям перфорацией. Так как бумажная лента рвалась, то в своем хронофотографическом аппарате в 1889 году Фризе-Грин впервые применил недавно появившуюся перфорированную целлулоидную пленку. Тогда же он включил в конструкцию аппарата скачковый механизм.

Пленка у Фризе-Грина поступала с подающего барабана на приемный. Последний, с помощью рукоятки, вращаемой рукой, приводился в непрерывное движение. Плечо, несущее вращающийся ролик, получало движение посредством спирального кулачка и принимало положение, показанное пунктирными линиями; при своем движении оно тянуло вниз пленку, которая затем оставалась неподвижной, пока ролик отходил под

действием пружины. Одновременно с отходом плеча затвор открывался посредством такого же спирального кулачка. Последний был сконструирован на валу, приводимом в движение рукой. Каждый оборот, таким образом, экспонировал отдельный кадр пленки. Уже в 1889 году Фризе-Грин снял в Гайд-парке свой первый фильм и продемонстрировал его на фотографическом съезде в Таунн-холле. В 1890 году состоялась публичная демонстрация его фильмов в Королевском фотографическом обществе. Съемочная камера Фризе-Грина с перфорированной целлулоидной лентой имела все элементы кинематографа, кроме технически совершенного скачкового механизма прерывистого движения пленки. Однако его аппараты были очень сложны и в этом виде не могли получить широкого распространения. Более того, за пределами Англии о его изобретении почти ничего не было известно.

В середине 90-х годов сразу несколько изобретателей приблизились к созданию кинематографа. В 1893 году создал свой кинетоскоп Эдисон. Этот прибор представлял собой ящик с окуляром, через который смотрел зритель. В окуляр было видно матовое стекло, на которое снизу проецировалось заснятое на пленку изображение. В том же году Эдисон организовал свою студию, в которой были сняты первые на американском континенте фильмы — коротенькие, на 20-30 секунд демонстрации. Длина ленты не превышала 15 м. В этой студии снимались известные танцовщицы, акробаты и дрессированные животные. В апреле 1894 года в Нью-Йорке на Бродвее был открыт первый салон кинетоскопов. Заплатив 25 центов за вход, зрители шли вдоль ряда кинетоскопов и смотрели в окуляры, а служащий включал кинетоскопы один за другим. Вскоре Эдисон сделал кинетоскоп автоматическим — автомат начинал действовать после опускания в щель монеты достоинством в 5 центов. Без сомнения, кинетоскоп являлся выдающимся техническим достижением. Но все же это еще не был кинематограф. Скачкового механизма он не имел. Между тем главной частью кинематографа, «сердцем» киносъемочного и кинопроекционного аппарата являлся именно скачковый механизм для быстрой, прерывистой смены изображений. Изобретение совершенного скачкового механизма, который позволил с установленной частотой осуществлять одновременно быстрое прерывистое передвижение отдельных подвижных изображений и их мгновенную остановку, стало тем событием, которое и ознаменовало рождение кинематографа.

В 1893 году Марей создал новый хронофотографический аппарат с целлулоидной пленкой. Пленка здесь двигалась прерывисто, делая мгновенные остановки с частотой 20 отдельных снимков в секунду. Однако механизм прерывистого движения был крайне примитивным. Он состоял из электромагнита и прижимных валиков. В момент срабатывания затвора валик притягивался и останавливал пленку. Действие этого механизма было очень грубым, поэтому аппарат Муррея нельзя считать технически удовлетворительным. Тем не менее в том же году Марей снял несколько замечательных фильмов о движении живых существ.

В 1894 году Жорж Демени создал первый совершенный киноаппарат со скачковым механизмом. Этот скачковый механизм представлял собой диск с «пальцем», вращающимся по часовой стрелке.

В 1895 году свой кинопроектор и киноаппарат запатентовали братья Огюст и Луи Люмьеры, применившие в качестве скачкового механизма грейфер («вилку»). Летом и осенью того же года они сняли десять коротких фильмов по 16 м, которые явились основой для коммерческих сеансов конца 1895 — начала 1896 годов. В декабре 1895 года был открыт первый кинотеатр в подвале «Гран-кафе» на бульваре Капуцинов в Париже. Если судить строго фактически, то грейфер — это единственное оригинальное изобретение Люмьеров, притом не самое удачное (уже в 1896 году грейфер был заменен другим, более совершенным скачковым механизмом — мальтийским крестом). Однако именно на их аппарат выпала самая громкая слава. В течение первой половины 1896 года кинематограф Люмьеров демонстрировался во всех европейских столицах и имел колоссальный успех.

В апреле 1896 года Виктор Контенсуза и Бюнцли первыми применили в киноаппаратах четырехлопастный мальтийский крест — тот тип скачкового механизма, который преобладает в современных киноаппаратах.

Контенсуза имел небольшое предприятие в Париже и был опытным механиком. Он сконструировал несколько киноаппаратов для знаменитой кинофирмы «Патэ». Четырехлопастная мальтийская система состоит из ведущего диска, который имеет один палец (эксцентрик), и ведомого диска, снабженного четырьмя прорезями. При движении палец ведущего диска входит в прорезь ведомого диска и поворачивает его на 90 градусов. При этом зубчатый барабан поворачивается на 1/4 оборота. Ведомый диск за время одного оборота делает четыре остановки, причем продолжительность остановки в три раза больше времени движения. Четырехлопастный крест связан со скачковым зубчатым барабаном, передвигающим пленку. Стояние кадра определяется временем, необходимым для поворота ведущего диска на 270 градусов. После этого палец снова входит в следующую прорезь четырехлопастного креста и снова поворачивает его на 1/4 оборота. Таким образом происходит прерывистое движение пленки.

С самого своего появления кинематограф приобрел огромную популярность. Сравнительная дешевизна билетов и стремительный рост сети кинотеатров выдвинули его на первое место среди всех общедоступных развлечений. Ранний кинематограф был еще весьма несовершенным: картины сильно мигали, изображение прыгало по экрану, часто оно было довольно темно, но все же публика приходила от этих фильмов в восторг и валом валила в кинотеатры. Коммерческий успех нового изобретения превзошел все ожидания. (Капитал одной из первых кинофирм «Патэ» всего за 14 лет вырос в 30 раз — с 1 млн до 30 млн франков.)

65. РАДИОТЕЛЕГРАФ

Беспроволочный радиотелеграф по праву считают величайшим изобретением конца XIX века, открывшим новую эру в истории человеческого прогресса. Точно так же, как старый электрический телеграф положил начало электротехнике, создание радиотелеграфа послужило исходным пунктом развития радиотехники, а затем и электроники, грандиозные успехи которых мы видим теперь повсюду. В

истории двух этих изобретений можно отметить и другую интересную параллель: создатели телеграфа Земеринг и Шиллинг были первыми изобретателями, которые попытались использовать в интересах человека недавно обнаруженную диковинку — электрический ток, а в основе действия радиотелеграфов Попова и Маркони лежало только что открытое явление электромагнитного излучения. Как тогда, так и теперь техника связи первой востребовала и использовала новейшее достижение науки.

В электрическом телеграфе носителем сигнала является электрический ток. В радиотелеграфе в качестве этого носителя выступают электромагнитные волны, которые распространяются в пространстве с огромной скоростью и не требуют для себя никаких проводов. Открытие электрического тока и открытие электромагнитных волн отделяют друг от друга ровно сто лет, и на их примере можно видеть каких разительных успехов достигла за этот век физика. Если электрический ток, как мы помним, был обнаружен Гальвани совершенно случайно, то электромагнитные волны впервые проявили себя в результате совершенно целенаправленного эксперимента Герца, который прекрасно знал, что и как ему надо искать, потому что еще за двадцать лет до его замечательного открытия существование электромагнитных волн с математической точностью было предсказано великим английским физиком Максвеллом.

Чтобы понять принцип действия радиотелеграфа, вспомним, что такое электрическое поле и что такое магнитное поле. Возьмем пластмассовый шарик и потрем его шерстяной тряпочкой — шарик после этого обретет способность притягивать к себе мелкие бумажки и сор. Он, как это обычно говорят, наэлектризуется, то есть получит на свою поверхность определенный электрический заряд. В одной из предыдущих глав уже сообщалось, что этот заряд может быть отрицательным и положительным, причем два шарика заряженных одинаково будут отталкиваться друг от друга с определенной силой, а два шарика с противоположными зарядами будут притягиваться. Почему это происходит? В свое время Фарадей предположил, что каждый шарик создает вокруг себя некое невидимое возмущение, которое он назвал электрическим полем. Поле одного заряженного шарика действует на другой шарик, и наоборот. В настоящее время гипотеза Фарадея принята наукой, хотя о природе этого поля, о том, что оно из себя представляет как таковое, ничего не известно. Кроме того, что электрическое поле существует, очевидны только два его несомненных свойства: оно распространяется в пространстве вокруг всякого заряженного тела с огромной, хотя и конечной, скоростью 300000 км/с и воздействует на любое другое электрически заряженное тело, оказавшееся в этом поле, притягивая или отталкивая его с определенной силой. Разновидностью такого воздействия можно считать электрический ток. Как уже говорилось, любой электрический ток представляет собой направленное движение заряженных частиц. Например, в металлах, это движение электронов, а в электролитах — движение ионов. Что же заставляет эти частицы двигаться упорядочение в одном направлении? Ответ известен: этой силой является электрическое поле. При замыкании цепи в проводнике по всей его длине от одного полюса источника питания до другого возникает электрическое

поле, которое воздействует на заряженные частицы, заставляя их двигаться определенным образом (например, в электролите положительно заряженные ионы притягиваются к катоду, а отрицательно заряженные — к аноду).

Многое из сказанного об электрическом поле можно отнести к магнитному. Все имели дело с постоянными металлическими магнитами и знают об их свойстве притягиваться и отталкиваться друг от друга в зависимости от того, какими полюсами — одноименными или разноименными — они направлены друг к другу. Взаимодействие магнитов объясняется тем, что вокруг любого из них возникает магнитное поле, причем поле одного магнита действует на другой магнит, и наоборот. Уже отмечалось, что магнитное поле возникает в пространстве вокруг каждого движущегося заряда и любой электрический ток (который — еще раз повторим это — есть направленный поток заряженных частиц) порождает вокруг себя магнитное поле. Говорилось и об обратном явлении — явлении электромагнитной индукции, когда изменяющееся магнитное поле наводит в проводниках электрический ток. Но почему возникает этот ток и при этом возникает только тогда, когда магнитное поле меняется? Попробуем в этом разобраться. Возьмем уже рассмотренный выше трансформатор, представляющий собой две катушки, надетые на один сердечник. Включив первичную обмотку трансформатора в сеть, мы получим ток во вторичной обмотке. Это означает, что электроны во вторичной обмотке пришли в направленное движение, то есть какая-то сила начала воздействовать на них. Какова же природа этой силы? Долгое время ученые и электротехники становились в тупик перед этим вопросом. Уже используя трансформаторы, они не могли полностью понять процессы, которые в них происходили. Очевидно было только, что это явление нельзя объяснить единственно воздействием магнитного поля.

Интересную гипотезу, объясняющую это и многие другие электрические явления, выдвинул в 1864 году известный английский физик Максвелл. Чтобы понять ее, заметим, что процесс, который происходит во вторичной обмотке трансформатора, очень похож на тот, что наблюдается в любом проводнике замкнутой электрической цепи — и там и здесь электроны приходят в направленное движение. Но в проводнике цепи это происходит под воздействием электрического поля. Быть может, и во вторичной обмотке трансформатора тоже возникает электрическое поле? Но откуда оно берется? В замкнутой цепи электрическое поле появляется вследствие включения в нее источника тока (батареи или генератора). Но во вторичной цепи трансформатора, как известно, нет никаких внешних источников тока. Максвелл предположил, что электрическое поле возникает здесь под влиянием изменяющегося магнитного поля. Он пошел дальше и стал утверждать, что два эти поля теснейшим образом связаны между собой, что любое изменяющееся магнитное поле порождает электрическое, а любое изменяющееся электрическое поле порождает магнитное и что они вообще не могут существовать друг без друга, представляя как бы единое электромагнитное поле.

Теорию Максвелла можно пояснить следующим простым примером. Представим себе, что на пружине подвешен заряженный шарик. Если мы

оттянем его вниз, а потом отпустим, шарик начнет колебаться вокруг какой-то точки равновесия. Предположим, что эти колебания происходят с очень большой частотой (то есть шарик успевает подняться и опуститься несколько сотен или даже тысяч раз за одну секунду). Теперь будем измерять величину напряженности электрического поля в какой-то точке неподалеку от шарика. Очевидно, она не является величиной постоянной: когда шарик будет приближаться, напряженность увеличится, когда он будет удаляться — она уменьшится. Период этих изменений, очевидно, будет равен периоду колебаний шарика. Другими словами, в этой точке возникает переменное электрическое поле. Следуя гипотезе Максвелла, мы должны предположить, что это изменяющееся электрическое поле породит вокруг себя изменяющееся с той же периодичностью магнитное поле, а последнее вызовет появление переменного электрического поля уже на большем расстоянии от заряда и так далее. Таким образом, в окружающем шарик пространстве возникнет система периодически изменяющихся электрических и магнитных полей. Образуется так называемая электромагнитная волна, бегущая по всем направлениям от колеблющегося заряда со скоростью 300000 км/с. С каждым новым колебанием шарика в пространство излучается очередная электромагнитная волна. Сколько колебаний, столько и волн. Но сколько бы волн ни излучалось в единицу времени, скорость их распространения строго постоянна. Если предположить, что шарик совершает одно колебание в секунду, то за это время «головная» часть волны окажется на расстоянии 300000 км от источника излучения. Если частота составляет 1000000 колебаний в секунду, то все эти волны заполнят за 1 секунду пространство, считая по прямой линии в сторону от источника излучения 300000 км. На долю же каждой отдельной волны придется путь в 300 м. Таким образом длина каждой волны напрямую связана с частотой колебания сгенерировавшей ее системы.

Заметим, что эта волна как бы в самой себе имеет все условия для своего распространения. Хотя каждая плотная среда в той или иной степени ослабляет ее силу, электромагнитная волна в принципе может распространяться и в воздухе, и воде, проходить сквозь дерево, стекло, человеческую плоть. Однако наилучшей средой для нее является вакуум. Теперь посмотрим, что произойдет, если на пути распространения электромагнитной волны окажется проводник. Очевидно, электрическое поле волны будет воздействовать на электроны проводника, которые вследствие этого придут в направленное движение, то есть в проводнике возникнет переменный электрический ток, имеющий тот же период колебания и ту же частоту, что и породившее его электрическое поле. Таким образом, можно дать объяснение явлению электромагнитной индукции, открытой Фарадеем.

Понятно, что наш пример несколько идеален. В реальных условиях электромагнитное поле, излучаемое колеблющимся заряженным шаром, будет очень слабым, и напряженность его на большом расстоянии практически равна нулю. Ток, наводимый во вторичном проводнике, будет настолько мал, что его не зарегистрируют никакие приборы. По этой причине при жизни Максвелла его теория не получила экспериментального подтверждения. Многие ученые разделяли его взгляды и искали способ,

который помог бы обнаружить электромагнитные волны. Опыты в этом направлении стали исходной точкой для развития радиотехники.

Только в 1886 году немецкий физик Герц провел эксперимент, подтверждавший теорию Максвелла. Для возбуждения электромагнитных волн Герц применил прибор, названный им вибратором, а для обнаружения — другой прибор — резонатор.

Вибратор Герца состоял из двух стержней одинаковой длины, которые присоединялись к зажимам вторичной обмотки индукционной катушки. На обращенных друг к другу концах стержней укреплялись небольшие металлические шары. При прохождении индукционного тока через вторичную обмотку катушки между шарами проскакивала искра, и в окружающее пространство излучались электромагнитные волны. Резонатор Герца состоял из согнутой в кольцо проволоки, на обоих концах которой тоже укреплялись металлические шарики. Под действием переменного магнитного поля электромагнитной волны в резонаторе наводился переменный электрический ток, в результате чего между шариками происходил разряд. Таким образом, при разряде в вибраторе наблюдалось проскакивание искры между шариками резонатора. Объяснить это явление можно было только исходя из теории Максвелла, так что благодаря опыту Герца со всей очевидностью было доказано существование электромагнитных волн.

Герц был первым человеком, который сознательно управлял электромагнитными волнами, но он никогда не ставил перед собой задачи создать устройство, позволявшее наладить беспроволочную радиосвязь. Однако эксперименты Герца, описание которых появилось в 1888 году, заинтересовали физиков всего мира. Многие ученые стали искать пути усовершенствования излучателя и приемника электромагнитных волн. Резонатор Герца был прибором очень малой чувствительности и поэтому мог улавливать испускаемые вибратором электромагнитные волны лишь в пределах комнаты. Сначала Герцу удалось осуществить передачу на расстояние 5, а потом — 18 м.

В 1891 году французский физик Эдуард Бранли открыл, что металлические опилки, помещенные в стеклянную трубочку, при пропускании через них электрического тока не всегда обнаруживают одинаковое сопротивление. При возникновении вблизи трубочки электромагнитных волн, например, от искры, полученной посредством катушки Румкорфа, сопротивление опилок быстро падало и восстанавливалось лишь после их легкого встряхивания. Бранли указал, что это их свойство можно использовать для обнаружения электромагнитных волн.

В 1894 году английский физик Лодж впервые использовал трубку Бранли, которую он назвал «когерером» (от латинского coheare — сцепляться, связываться) для того, чтобы регистрировать прохождение электромагнитных волн. Это позволило увеличить дальность приема до нескольких десятков метров. Для восстановления чувствительности когерера после прохождения электромагнитных волн Лодж установил непрерывно действующий часовой механизм, который постоянно встряхивал его. Фактически Лоджу оставалось сделать только шаг, чтобы создать радиоприемник, но он этого шага не сделал.

Впервые мысль о возможности применения электромагнитных волн для нужд связи была изложена русским инженером Поповым. Он указал, что передаваемым сигналам можно придать определенную длительность (например, одни сигналы сделать более длинными, другие — более короткими) и с помощью азбуки Морзе передавать без проводов депеши. Впрочем, устройство это имело смысл только в том случае, если бы удалось добиться устойчивой радиопередачи на большое расстояние. Изучив трубки Бранли и Лоджа, Попов принялся за разработку еще более чувствительного когерера. В конце концов ему удалось создать очень чувствительный когерер с платиновыми электродами, заполненный железными опилками.

Следующей проблемой явилось усовершенствование процесса встряхивания опилок после их слипания, вызванного прохождением электромагнитной волны. Часовой механизм, применявшийся Лоджем для восстановления чувствительности когерера, не обеспечивал надежного действия схемы: такое встряхивание было беспорядочным и могло привести к пропуску сигналов. Попов искал автоматический метод, который бы позволил восстанавливать чувствительность когерера только после того, как сигнал принят. Проделав много опытов, Попов изобрел способ периодического встряхивания когерера с помощью молоточка электрического звонка и применил электрическое реле для включения цепи этого звонка. Схема, разработанная Поповым, обладала большой чувствительностью, и уже в 1894 году ему удалось с ее помощью принимать сигналы на расстоянии нескольких десятков метров. Во время этих опытов Попов обратил внимание на то, что дальность действия приемника заметно увеличивается, если присоединить к когереру вертикальный провод. Так была изобретена приемная антенна, использовав которую Попов внес существенные улучшения в условия работы приемника. К 1895 году он создал прибор, который представлял собой первый в истории радиоприемник.

Этот радиоприемник был устроен следующим образом. Чувствительная трубка с металлическими опилками (когерер) укреплялась в горизонтальном положении; к одному выводу трубки присоединялся отрезок проволоки, представлявший собой приемную антенну, а к другому концу — заземленный провод. Электрическая цепь батареи замыкалась через когерер и электромагнитное реле: вследствие большого сопротивления опилок в трубке (до 100000 Ом) ток в цепи батареи был недостаточен для притяжения якоря реле. Но как только трубка подвергалась действию электромагнитных волн, опилки слипались, и сопротивление трубки значительно уменьшалось. Ток в цепи возрастал, и якорь реле притягивался. При этом происходило замыкание второй цепи, и ток направлялся через обмотки звонкового реле, в результате чего звонок приходил в действие. Молоточек ударял по звонку, при этом цепь размыкалась. Молоточек возвращался в исходное положение под действием пружины и ударял по трубке, встряхивая опилки. Таким образом, трубка вновь делалась чувствительна к электромагнитнымволнам.

7 мая 1895 года Попов демонстрировал работу своего радиоприемника во время доклада на заседании Русского

физико-химического общества. Источником электромагнитных колебаний в его опытах служил передающий вибратор Герца, только в передатчике Попова искровой разрядник включался между антенной и землей. В январе 1896 года в журнале этого общества была опубликована статья Попова с описанием его приемника.

Затем Попов присоединил к своей схеме телеграфный аппарат Морзе и ввел запись на ленту. В результате получился первый в мире радиотелеграф — передатчик и приемник с записью сигналов по азбуке Морзе.

Рассмотрим внимательно его устройство. Между батареей и первичной обмоткой катушки Румкорфа был включен телеграфный ключ Морзе. При замыкании этого ключа постоянный ток батареи шел через витки обмотки. Прерыватель с большой частотой замыкал и размыкал цепь, в результате чего (смотри главу «Трансформатор») постоянный ток преобразовывался в переменный. Благодаря электромагнитной индукции во вторичной обмотке катушки Румкорфа наводился переменный ток высокого напряжения. Эта обмотка замыкалась на разрядник. Таким образом, каждое замыкание телеграфного ключа порождало потоки искр в разряднике. Короткими или более продолжительными замыканиями производились короткие и долгие потоки искр, которые соответствовали точкам и тире азбуки Морзе. Один полюс разрядника был заземлен, а другой соединен с антенной, которая излучала порожденные разрядником электромагнитные волны в окружающее пространство.

Некоторая часть этих волн попадала в антенну приемника и индуцировала в ней слабый переменный ток. Причем длительность каждого принимаемого импульса тока точно соответствовала продолжительности сигнала разрядника. Устройство приемника было почти таким же, что в предыдущей модели: когерер соединялся с батареей и электромагнитом, реле которого при помощи местной батареи приводило в действие пишущий аппарат Морзе, включенный в цепь вместо звонка. Пока когерер не подвергался действию электромагнитных волн, его сопротивление было настолько велико, что ток в цепи когерера не протекал. Когда же на когерер оказывали действие электромагнитные волны, его сопротивление сильно уменьшалось, и сила тока в цепи возрастала настолько, что электромагнит притягивал свой якорь, включая цепь телеграфного аппарата. Это притяжение не прекращалось, пока электромагнитные волны действовали на когерер. Одновременно с замыканием цепи приходил в действие молоточек, который ударял по когереру. Сопротивление последнего увеличивалось. Однако если волны продолжали действовать, то сопротивление тотчас опять уменьшалось и состояние малого сопротивления продолжалось несмотря на сотрясения. Все это время телеграфный аппарат чертил линию на ленте. И только когда воздействие электромагнитных волн прекращалось, проявлялось действие сотрясения, и сопротивление увеличивалось до прежней величины — аппарат выключался до появления новой волны. Таким образом на телеграфной ленте вычерчивались точки и тире, соответствующие сигналам пересылаемой депеши. 24 марта 1896 года Попов демонстрировал свою аппаратуру на заседании Российского физико-химического общества и произвел передачу сигналов на

расстояние 250 м. Первая в мире радиограмма состояла из двух слов «Генрих Герц».

Одновременно с Поповым свою радиотелеграфную установку создал молодой итальянец Гульельмо Маркони. С детства он горячо интересовался электричеством, а потом увлекся идеей беспроволочного телеграфа. В 1896 году он собрал передатчик и приемник, очень похожие по своему устройству на те, которые изобрел Попов. В том же году Маркони привез свое изобретение в Англию. Мать его была англичанка, и благодаря ее связям он был хорошо принят на Британских островах. В 1896 году Маркони получил английский патент на свой радиотелеграф (это был первый патент, взятый на телеграфирование без проводов; таким образом, с формальной точки зрения, Маркони вполне справедливо считается изобретателем радио, так как первым сумел запатентовать свое изобретение). В июне 1897 года было организовано акционерное общество для применения изобретения Маркони. В свои 23 года он проявил удивительную изобретательность и предприимчивость. С первых же шагов его предприятие получило солидную финансовую основу. При любой возможности Маркони старался демонстрировать, какие выгоды давало новое средство беспроводной связи. Так, в июне 1898 года должны были состояться традиционные парусные гонки в районе Дублина. Эти гонки всегда привлекали к себе всеобщее внимание. Маркони отправился в Дублин и договорился с одной из крупных ирландских газет, что будет передавать ей по радио с парохода, находившегося в районе гонок, все сведения, которые могут интересовать публику для помещения их в экстренных выпусках газеты. Опыт удался полностью. В течение нескольких часов Маркони вел передачу, которая принималась редакцией. Полученные таким образом сведения опережали всякие другие, и газета значительно увеличила тираж. Для Маркони это тоже был большой успех: в короткий срок акционерный капитал его общества удвоился, достигнув 200 тысяч фунтов стерлингов. Это дало ему возможность быстро совершенствовать свой радиотелеграф. Через несколько лет он уже значительно опережал в своих разработках Попова.

Одним из главных элементов первых радиоприемников был когерер. Естественно поэтому, что основные усилия изобретателей, стремившихся усилить чувствительность приемных аппаратов, были направлены именно на его совершенствование. Маркони первый обратил внимание на важное свойство когерера, а именно — на зависимость его действия от величины приложенного к нему напряжения высокочастотных колебаний. Чтобы возможно полнее собрать энергию магнитного поля, создаваемого наведенным в антенне ничтожно малым током, необходимо было его усилить. Маркони нашел простой и остроумный способ решения этой проблемы. В 1898 году он включил в свой радиоприемник джиггер (что значит «сортировщик») — высокочастотный трансформатор, первичная обмотка которого включалась в одну цепь с антенной, а вторичная — подводилась к когереру. В том же году Маркони взял патент на эту схему.

Проводники a и b обозначают здесь цепь антенны, в которую была включена первичная обмотка джиггера c. В результате трансформации напряжение слабого антенного тока во вторичной цепи значительно возрастало. С джиггера d сигнал попадал на когерер j, к которому была

подключена батарея b' и реле K, включавшее телеграфный аппарат, как это было в прежних схемах. Это простое нововведение позволило в несколько раз повысить чувствительность первых радиоприемных станций. Дальность передачи сразу повысилась с 30 до 85 миль. В том же году Маркони осуществил передачу через Ла-Манш.

Другой чрезвычайно важный шаг в направлении увеличения чувствительности приемника был сделан в 1899 году ближайшим помощником Попова Рыбкиным. В одном из опытов, проводимых им, оказалось, что из-за дальности расстояния приборы не действовали. Не будучи уверен в их полной исправности Рыбкин попробовал включить в цепь когерера вместо реле и телеграфного аппарата обыкновенную телефонную трубку и узнал, что каждый разряд на станции вызывает слабый треск в телефоне, так что можно было легко принять на слух любую депешу. Самым поразительным здесь было то, что когерер при таком включении не требовал встряхивания. Явление это, в то время не совсем понятное, было объяснено только несколькими годами позже. Дело в том, что если обычно когерер работал как переменное сопротивление, которое в результате спекания металлических зерен менялось почти от бесконечности до сравнительно небольшой величины, то в данной схеме он действовал на совершенно иной основе и представлял собой не что иное, как детектор в современном понимании этого слова, то есть устройство, пропускавшее ток только в одном направлении, имевшее одностороннюю проводимость и превращавшее (выпрямлявшее) переменный ток в пульсирующий постоянный. Выпрямленные детектором ничтожные антенные токи были совершенно недостаточны для приведения в действие телеграфного реле, но зато оказывались в состоянии действовать на весьма чувствительный прибор — мембрану телефонной трубки, порождая слабые звуковые волны точно так же, как это было в обыкновенном телефоне. Приложив телефон к уху, можно было слышать длинные и короткие потрескивания, соответствующие точкам и тире азбуки Морзе.

Приемное устройство с переходом на телефон сильно упростилось. Не стало механизма, записывающего телеграфные знаки, уменьшилась батарея, отпала необходимость в постоянном встряхивании металлического порошка. Если в прежнем приемнике, работавшем на записывающий аппарат, помехи от грозовых разрядов приводили часто к ложным срабатываниям реле и искажали записи, то прием на слух при известном навыке телеграфиста давал больше возможности для выделения правильно чередующихся телеграфных знаков на фоне хаотического треска помех. Но самым существенным преимуществом нового приемника была его более значительная чувствительность.

Следующий шаг в совершенствовании радиоприемников был связан с повышением их избирательности, так как первые же попытки перейти от опытов к практическому использованию электромагнитных волн для передачи сигналов на расстояние со всей остротой показали, что дальнейшее развитие этого нового вида связи и его широкое применение окажется возможным лишь в том случае, если будут найдены эффективные способы, позволяющие одновременно работать в эфире нескольким передающим станциям.

Для случая с проводной связью эта задача решалась тогда очень просто. Достаточно было каждый из приемных аппаратов, расположенных в каком-либо пункте, соединить своими индивидуальными проводами с соответствующей передающей установкой. Но как следовало поступить в случае беспроволочной передачи? Опыты работы первых станций Попова и Маркони сразу же вскрыли все несовершенство в этом отношении применявшейся тогда аппаратуры. Прием сигналов в зоне действия двух одновременно работающих станций оказывался из-за взаимных помех совершенно невозможным. Выход был найден в передаче радиотелеграфных сигналов волнами различной длины с использованием для их выделения в приемном устройстве явления резонанса.

Чтобы разобраться в сути этого способа, рассмотрим подробнее свойства индуктивной катушки и конденсатора. Представим себе катушку с большим количеством витков, по которой проходит переменный ток. Изменяющийся электрический ток, как уже говорилось прежде, порождает в окружающем пространстве изменяющееся магнитное поле, которое в свою очередь создает изменяющееся электрическое поле. Это электрическое поле индуцирует в витках катушки электрический ток, направленный навстречу основному — происходит явление, называемое самоиндукцией. Внешне этот эффект проявляется, в частности, в том, что при замыкании цепи ток в любой катушке достигает своего максимального значения не сразу, а с некоторым опозданием по сравнению, например, с обычным прямолинейным проводником. При размыкании сети изменяющееся электрическое поле индуцирует в катушке ток, совпадающей по направлению с основным, в связи с чем ток в катушке сохраняется еще некоторое время после отключения питания. Это свойство катушки задерживать и как бы сохранять в себе некоторое время ток без всякого внешнего воздействия характеризуется особой величиной, называемой индуктивностью. Каждая катушка имеет свою индуктивность, величина которой зависит от размеров проводника и его формы, но не зависит от протекающего тока.

Что касается конденсатора, то он обычно представляет собой две пластинки, расположенные очень близко друг напротив друга, но разделенные диэлектриком, то есть веществом, не пропускающим электрический ток. Пластинки конденсатора называются его обкладками. Если подключить обкладки конденсатора к полюсам источника постоянного тока (например, к электрической батарее), то на них будет накапливаться электрический заряд, который сохранится и после того, как батарея будет отключена. Способность конденсатора накапливать заряд определяется его электроемкостью. Каждый конденсатор имеет свою электроемкость, причем величина ее зависит от площади пластин, от расстояния между ними и от свойств диэлектрика, их разделяющего. Если обкладки конденсатора соединить кусочком проволоки, то произойдет его быстрая разрядка — электроны с той пластины, где они находились в избытке, перетекут на другую, где их не хватало, после чего заряд каждой из обкладок будет равен нулю.

Ну а если конденсатор разряжать не сам на себя, а через индукционную катушку? В этом случае наблюдается очень интересное явление. Представим себе заряженный конденсатор, к обкладкам которого

присоединили катушку. Очевидно, конденсатор начнет разряжаться, и в цепи появится электрический ток, однако сила его не достигнет сразу максимального значения, а будет увеличиваться постепенно вследствие явления самоиндукции в катушке. В тот момент, когда конденсатор полностью разрядится, сила тока в катушке достигнет максимальной величины. Что же получится? Несмотря на то что обе пластины конденсатора уже будут иметь нулевой заряд, протекание тока через катушку продолжится, поскольку вследствие той же самоиндукции ток в катушке не может прекратиться мгновенно. Катушка словно превратится на несколько мгновений в источник тока и будет заряжать конденсатор точно так же, как это делала электрическая батарея. Только теперь заряды пластин меняются местами — та, которая, до этого была отрицательно заряженной, становится положительной, и наоборот. В результате, когда ток в катушке будет равен нулю, конденсатор окажется снова заряженным. Он, впрочем, в то же мгновение опять начнет разряжаться через катушку, и весь процесс повторится в обратном направлении. Если бы не было неизбежных потерь электроэнергии, такая перезарядка могла бы происходить сколь угодно долго.

Описанное явление называют электрическими колебаниями, а систему конденсатор — катушка, в которой происходят эти колебания, — колебательным контуром. В зависимости от того, сколько раз за одну секунду конденсатор успеет перезарядиться, говорят о той или иной частоте колебаний. Частота колебаний напрямую связана со свойствами колебательного контура, прежде всего, индуктивностью катушки и емкостью конденсатора. Замечено, что чем меньше эти величины, тем больше частота колебаний в контуре, то есть конденсатор успевает большее число раз перезарядиться за одну секунду.

Как и любые колебания (например, колебания маятника), колебания в системе конденсатор — катушка, если их не поддерживать извне, со временем прекратятся, так как первоначальная энергия будет расходоваться на нагрев проводов и электромагнитное излучение. Это означает, что с каждым колебанием максимальная величина тока в катушке и максимальное напряжение на обкладках конденсатора будут все меньше и меньше. Однако точно так же, как колебание маятника в механических часах, электрические колебания можно поддерживать, если, к примеру, подключить конденсатор к внешнему источнику переменного тока. Но переменный ток, как мы помним, тоже изменяет свою величину с определенной частотой, или, говоря другими словами, имеет собственную частоту колебаний. Любой колебательный контур не безразличен к тому, какую частоту колебания имеет питающий его ток. Если, к примеру, этот ток имеет слишком большую или слишком маленькую частоту колебания по сравнению с частотой колебания самого контура, то сила тока и его напряжение в колебательном контуре никогда не будут большими (поскольку это внешнее воздействие будет больше мешать его собственным колебаниям, чем помогать им). Однако в тех случаях, когда частота колебаний внешнего тока близка к собственной частоте колебаний контура, сила тока и напряжение контурного тока начинают возрастать и достигают своего максимума при полном совпадении этих частот. В этом случае говорят, что колебательный контур находится в резонансе.

Особенно ярко проявляется резонанс в контурах с небольшим сопротивлением. В этом случае напряжение на конденсаторе и катушке может во много раз превосходить внешнее напряжение питающего тока. Происходит своего рода всплеск или бросок напряжения.

Явление электрического резонанса и было использовано для осуществления избирательной радиосвязи. Маркони одним из первых стал настраивать колебательные контуры передающей и принимающей станций на одну и ту же частоту. Для этого он, в частности, использовал свой джиггер, включая параллельно его вторичной обмотке конденсатор и получая таким образом колебательный контур. Схема передатчиков также была изменена включением в цепь антенны индуктивных катушек и конденсаторов, так что каждая передающая станция могла передавать сигналы с определенной частотой колебания волны. Поскольку теперь несколько радиостанций передавали сообщения каждая со своей частотой, то излучаемые ими волны возбуждали в приемной антенне переменные токи различных частот. Но приемник выбирал только те сигналы, частота которых совпадала с собственной частотой колебания его колебательного контура, ведь только в этом случае наблюдалось явление резонанса. Джиггер в этой схеме работал как фильтр и усиливал не любой антенный ток (как это было прежде), а выделял среди них ток той частоты, на которую был настроен данный приемник. С этого времени резонансные контуры стали неотъемлемой частью как приемных, так и передающих устройств.

В начале XX века уже несколько десятков ученых во многих странах с увлечением занимались беспроволочным телеграфом. Однако наибольшие успехи по-прежнему были связаны с именем Маркони, который, несомненно, был одним из самых выдающихся радиотехников этого времени. После ряда опытов передачи на большие расстояния Маркони сделал поразительное открытие — оказалось, что выпуклость земного шара нисколько не мешает движению электромагнитных волн. Это подтолкнуло его к эксперименту по телеграфированию через океан. Уже в 1901 году состоялась первая в истории трансатлантическая радиопередача, во время которой помощник Маркони, Флеминг, передал с английской станции в Польдю кодом Морзе букву "S", а Маркони, находившийся на другом берегу Атлантического океана, на острове Ньюфаундленде, принял ее на расстоянии 1800 миль.

Следующим важным моментом в усовершенствовании приемников стало создание новых волноуловителей (детекторов). Когерер Бранли сыграл важную роль в первые годы развития радиосвязи. Однако он был слишком капризным и сложным в обращении. Кроме того, его приходилось постоянно встряхивать для восстановления способности отзываться на очередной радиосигнал. Одной из центральных задач стало создание «самонастраивающегося» когерера. Первая попытка в этом направлении была сделана в 1899 году Поповым с телефоном. Вторая Маркони, сконструировавшего в начале XX века свой магнитный детектор.

Принцип действия магнитного детектора основывался на явлении так называемого гистерезиса. Дело в том, что обычно железо намагничивается с некоторым опозданием во времени. Однако намагничивание можно усилить, если в момент воздействия внешнего

магнитного поля вызвать заметное сотрясение молекул железа. Это можно сделать путем механического удара или коротким импульсом другого магнитного поля. Данное явление и было использовано Маркони.

В его магнитном детекторе на два роликовых диска натягивалась бесконечная лента из мягкой железной проволоки, двигавшаяся со скоростью пять дюймов в секунду и проходившая под полюсами двух постоянных магнитов внутри небольшой стеклянной трубки. На эту трубку наматывались первичная и вторичная обмотки, причем первичная обмотка включалась в цепь антенны, а вторичная присоединялась к телефону. Проходя под полюсами магнита, железная лента намагничивалась сначала в одном, а потом в противоположном направлении. Само перемагничивание происходило под средними сдвоенными одноименными полюсами, но не тотчас в момент прохождения под ними ленты, а несколько запаздывая (из-за упомянутого выше свойства железа). Картина магнитных линий, исходивших из полюсов и замыкавшихся в железной проволоке, искажалась, и магнитные линии представлялись как бы увлекаемыми проволокой в сторону движения. Высокочастотное магнитное поле, образовавшееся внутри первичной обмотки во время прохождения принимаемого радиосигнала, мгновенно ослабляло явление гистерезиса в железной проволоке и производило в ней ударное перемагничивание. Конфигурация силовых линий резко изменялась, и они устанавливались в том положении, которое свойственно им при неподвижной проволоке. Это внезапное смещение силовых линий создавало мгновенный ток во вторичной обмотке, вызывавший звук в телефоне. Прибор не требовал встряхиваний и был всегда готов к приему очередного сигнала. В те же годы другими радиотехниками были предложены другие типы детекторов.

С этого времени началось бурное развитие радиотехники. В 1902 году, используя свой магнитный детектор, Маркони провел серию замечательных опытов на итальянском военном крейсере «Карло Альберто». Во время плавания из Италии в Англию и Россию он совершенно свободно вел прием на расстоянии 2000 км от Польдю, где находилась передающая станция. В ноябре того же 1902 года была устроена официальная радиосвязь между США и Англией. Президент Рузвельт и король Эдуард VIII обменялись приветственными радиограммами. А в октябре 1907 года фирма Маркони открыла для широкой публики первую в истории радиотелеграфную станцию, передающую сообщения из Европы в Америку. Интерес к этой новинке оказался огромным — в первый же день было передано 14 тысяч слов.

66. ДИЗЕЛЬ

Как известно, одним из основных показателей, по которому оценивается работа любого, в том числе теплового, двигателя, является его КПД. Чем больше энергии, выделившейся при сгорании топлива, превращается в полезную работу, чем меньше ее теряется при различных преобразованиях, тем лучше. Во всех существующих тепловых двигателях эти потери очень велики, так что более двух третей выделившейся в них энергии растрачивается попусту. В чем здесь причина? Происходит ли это из-за неудачной конструкции, или же тепловой двигатель в принципе не может иметь высокий КПД по самой своей природе? Впервые над этим вопросом задумался французский инженер Карно, выпустивший в 1824 году

классический труд «Размышление о движущей силе огня». Карно поставил перед собой задачу выяснить, каким образом должны протекать процессы в идеальном тепловом двигателе, чтобы КПД его был максимально возможным. Путем расчетов он в конце концов вывел понятие о круговом процессе в работе всех тепловых двигателей (его называют «циклом Карно»), при котором между двумя температурами Т1 и Т2 рабочего тела двигателя (рабочее тело — это тот газ, который двигает поршень; им может быть пар в паровой машине или взрывчатая смесь в газовом двигателе) можно получить максимум полезной работы, а следовательно, и самый высокий КПД. Работа этого гипотетического высокоэффективного двигателя, как доказал Карно, должна складываться из четырех циклов. На первом цикле к рабочему телу подводится тепло Q1 от верхнего уровня Т1 при постоянной температуре этого уровня (то есть на этом цикле рабочее тело должно расширяться, сохраняя постоянную температуру, что и достигается за счет нагревания тела). Во время второго цикла происходит расширение рабочего тела, но уже без подвода тепла, до тех пор, пока температура его не опустится до нижнего уровня Т2. На третьем цикле рабочее тело сжимается при постоянной температуре Т2 (для этого было необходимо постоянно отводить тепло Q2). На четвертом этапе рабочее тело сжималось без отвода тепла до тех пор, пока его температура не поднимется вновь до Т1. В случае соблюдения всех этих условий, по расчетам Карно, КПД двигателя определялся формулой 100•(1 — Т2/Т1) и достигал порядка 70-80%.

На протяжении всего XIX века расчеты Карно будоражили творческую мысль изобретателей, которые старались найти ответ на вопрос: каким образом работу реальных тепловых двигателей приблизить к работе по «циклу Карно» и получить максимально возможный КПД. Но все попытки построить такой двигатель оказались безуспешны. Например, КПД паровой машины при мощности в 100 л.с. не превышал 13%, а в маломощных двигателях он был менее 10%. КПД бензиновых и газовых двигателей получался несколько выше, но тоже не превосходил 22-24%.

Таково было положение дел, когда в начале 90-х годов за создание «идеального двигателя» взялся молодой немецкий инженер Рудольф Дизель. Еще будучи студентом, он поставил перед собой цель разработать такой мотор, показатели которого были бы близки к «циклу Карно», причем этот двигатель должен был превосходить обычный бензиновый как по мощности, так и по экономичности.

После нескольких лет упорной работы проект двигателя был разработан. Суть идеи Дизеля сводилась к следующему. На первом этапе поршень сжимал воздух в цилиндре до высокого давления, за счет чего температура в цилиндре повышается до температуры воспламенения горючего (это соответствовало четвертому циклу Карно — сжатию без отвода тепла). Таким образом, в цилиндре достигалось давление порядка 90 атм и температура около 900 градусов. Горючее подавалось в цилиндр в конце цикла сжатия и вследствие высокой температуры воздуха воспламенялось от одного соприкосновения с ним без всякого внешнего зажигания. Нагнетание горючего осуществлялось равномерно, так что часть обратного движения поршня и расширение газов происходили при постоянной температуре (в соответствии с первым «циклом Карно»). Далее

поршень двигался уже под влиянием высокого давления без горения топлива (второй «цикл Карно»). Третьему циклу соответствовали выхлоп и всасывание свежей порции атмосферного воздуха. Затем все циклы повторялись. Благодаря такому устройству Дизель думал повысить КПД своего мотора до неслыханной величины — 73%. Поначалу в качестве горючего он рассчитывал применить пары аммиака, но потом остановил свой выбор на угольном порошке. В 1892 году Дизель получил патент на описанный принцип работы двигателя, а в 1893 году выпустил брошюру «Теория и конструкция рационального теплового двигателя» с описанием мотора и своими математическими выкладками.

Брошюра привлекла к себе большое внимание. Впрочем, большинство инженеров считало идею Дизеля несбыточной. Крупнейший специалист по газовым двигателям того времени Келер предупреждал, что получить такой высокий КПД невозможно, поскольку в двигателе Дизеля очень высоки потери мощности на сжатие воздуха до температуры воспламенения, и при работе по «циклу Карно» вся полезная работа будет расходоваться только на поддержание его собственного движения. Тем не менее Дизель стал настойчиво предлагать свою модель различным немецким фирмам. Поначалу он повсеместно встречал отказ. Не отчаиваясь, он продолжал переписку, спорил, доказывал и наконец добился успеха: фирма Круппа в Эссене согласилась финансировать расходы, а руководство Аугсбургского завода — изготовить пробный образец.

Уже в июле 1893 года был изготовлен первый одноцилиндровый двигатель Дизеля. В соответствии с первоначальным проектом, сжатие в его цилиндре должно было достигать 90 атм, а температура перед началом впуска горючего — 900 градусов. Поскольку температура не должна была сильно превышать этот предел, никакой системы охлаждения для мотора не предусматривалось. Компрессор также не планировался — угольный порошок предполагалось вдувать насосом.

Но еще на стадии сборки Дизель, проверив свои расчеты, убедился, что Келер прав — затраты мощности двигателя на сжатие воздуха до 90 атмосфер оказались чрезмерно велики и «съедали» весь выигрыш в КПД за счет работы по «циклу Карно». Пришлось прямо на ходу переделывать задуманное. Чтобы снизить потери мощности на сжатие, Дизель решил уменьшить давление в цилиндре более чем вдвое — до 35-40 атм. В связи с этим температура сжатого воздуха вместо 900 градусов должна была составлять всего 600. Это было очень мало — разность температур в формуле Карно оказывалась слишком незначительной для получения высокого КПД. Чтобы поправить дело и повысить мощность мотора, Дизелю пришлось отказаться и от второго важного момента своей конструкции — расширения рабочего тела при постоянной температуре. Он рассчитал, что температура при сгорании топлива должна возрастать до 1500 градусов. А это, в свою очередь, требовало, во-первых, самого интенсивного охлаждения мотора, а во-вторых, более калорийного горючего. Угольная пыль не могла дать такой высокой температуры, поэтому Дизель был принужден обратиться к жидкому топливу. Но при первой же попытке впрыснуть в цилиндр бензин, произошел взрыв, едва не унесший жизни изобретателя и его помощников.

Так закончилось первое испытание. Оно имело двоякий результат. Дизелю пришлось шаг за шагом довольно сильно отступить от первоначальной схемы своего «идеального мотора». Но, с другой стороны, некоторые принципиальные моменты его расчетов подтвердились — сильное сжатие рабочей смеси вело к повышению КПД и, кроме того (взрыв доказал это), оказалось, что топливо действительно можно воспламенять путем сжатия, не прибегая к дорогостоящей системе зажигания. Поэтому фирмы, финансировавшие проект, остались в целом удовлетворены достигнутым успехом, и Дизель получил возможность продолжать свои эксперименты.

В июне 1894 году был построен второй двигатель, для которого Дизель придумал форсунку, управлявшую впрыском керосина. В этой модели давление в цилиндре доводилось до 35-40 атм, а температура в конце сжатия — до 500-600 градусов. Мотор не только удалось запустить, но и заставить работать на холостом ходу с частотой до 80 оборотов в минуту. Это был большой успех — идея Дизеля оказалась жизнеспособной. В 1895 году был построен третий двигатель, который мог уже работать с небольшой нагрузкой. Для впрыскивания керосина здесь впервые был предусмотрен компрессор. Кроме того, пришлось разработать систему интенсивного охлаждения, чтобы предотвратить заклинивание цилиндра. Только после этого в 1896 году запуск нового опытного образца принес успех. При испытании с нагрузкой КПД мотора оказался 36%, а расход керосина составил около 200 г на лошадиную силу в час. Хотя эти показатели и были очень далеки от параметров «идеального мотора», они все же впечатляли: КПД нового двигателя оказался на 10-12% выше, чем у бензиновых двигателей того времени, а по своей экономичности он превосходил их почти в два раза. Пусть Дизелю не удалось исполнить свою мечту, все же сделанное им имело огромное значение — благодаря его настойчивости была разработана принципиально новая конструкция двигателя внутреннего сгорания, которая была и остается лучшей на протяжении ста последних лет.

Работал новый мотор следующим образом. При первом ходе поршня за счет живой силы маховика, запасенного за предыдущую работу машины, воздух всасывался внутрь цилиндра. Во время второго хода, совершаемого также за счет живой силы маховика, запертый в цилиндре воздух сжимался до 35 атм. При этом теплота, выделявшаяся при сжатии, доводила его до температуры воспламенения горючего. В начале третьего хода при помощи насоса вводился керосин. Это впрыскивание продолжалось лишь незначительную часть хода. В течение остальной части хода газовая масса расширялась, и поршню сообщалась рабочая сила, которая и передавалась через шатун коленчатому валу двигателя. При четвертом ходе продукты сгорания извергались через выхлопную трубу в атмосферу.

Двигатель был снабжен компрессором, который в особом резервуаре сгущал воздух при давлении, несколько превышавшем самое высокое давление в цилиндре. Из этого резервуара воздух через трубку очень незначительного диаметра направлялся в маленькую камеру форсунки, то есть аппарата для распыления подаваемого горючего, куда

одновременно подавался керосин. Эта камера сообщалась с внутренностью цилиндра при помощи маленького отверстия, запираемого иглой: когда эта игла приподнималась, керосин вгонялся в цилиндр благодаря избытку давления в камере. Горение в цилиндре регулировалось, смотря по силе, которую должен был развить двигатель, либо изменением продолжительности впуска горючего, либо изменением давления в компрессоре. Этот же сжатый воздух употреблялся и для начального пуска двигателя из холодного состояния. Наверху двигателя помещался распределительный вал с пятью кулачками один управлял клапаном, впускавшим воздух, другой — клапаном, впускавшим керосин, третий — клапаном, выпускавшим продукты сгорания. Два последних кулачка управляли клапанами, при помощи которых впускался сжатый воздух в цилиндр при первоначальном пуске двигателя.

Первые же официальные испытания нового двигателя произвели настоящую сенсацию среди инженеров. С этого времени началось победное шествие «дизелей» по всему миру. Многие фирмы, которые прежде не откликнулись на предложение Дизеля, спешили купить у него право строить изобретенные им моторы, и это право обходилось им теперь недешево (например, Эммануил Нобель, желая наладить производство дизелей в России, заплатил Дизелю около 500 тысяч долларов). Уже в 1898 году Дизель, совершенно неожиданно для себя, сделался миллионером. Впрочем, первые двигатели, пущенные в серийное производство, оказались неудовлетворительными, капризными и часто выходили из строя. Выпуск такой сложной и высокотехнологичной машины оказался не под силу многим заводам с устаревшим оборудованием. Как в свое время Уатту, Дизелю пришлось потратить много сил на то, чтобы довести до совершенства производственный процесс изготовления дизелей — разработать новые станки, найти подходящие сплавы, подготовить специалистов. В течение нескольких лет он кочевал по Европе и Америке, посещая заводы, на которых шло производство его моторов. К началу XX века основные трудности были преодолены, и дизели стали постепенно завоевывать все новые и новые сферы применения в промышленности и транспорте. В 1900 году на Всемирной выставке в Париже двигатели Дизеля получили гран при. Особенно подняло престиж новых моторов известие о том, что завод Нобеля в России наладил выпуск очень неплохих двигателей, работавших на сырой нефти.

67. АВТОМОБИЛЬ

Автомобиль принадлежит к числу тех величайших изобретений, которые, подобно колесу, пороху или электрическому току, имели колоссальное влияние не только на породившую их эпоху, но и на все последующие времена. Его многогранное воздействие далеко не ограничивается сферой транспорта. Автомобиль сформировал современную индустрию, породил новые отрасли промышленности, деспотически перестроил само производство, впервые придав ему массовый, серийный и поточный характер. Он преобразил внешний облик планеты, которая опоясалась миллионами километров шоссейных дорог, оказал давление на экологию и поменял даже психологию человека. Влияние автомобиля сейчас настолько многопланово, что ощущается во всех сферах человеческой жизни. Он сделался как бы зримым и наглядным

воплощением технического прогресса вообще, со всеми его достоинствами и недостатками.

В истории автомобиля было много удивительных страниц, но, возможно, самая яркая из них относится к первым годам его существования. Не может не поражать стремительность, с которой это изобретение прошло путь от появления до зрелости. Понадобилась всего четверть века на то, чтобы автомобиль из капризной и еще ненадежной игрушки превратился в самое популярное и широко распространенное транспортное средство. Уже в начале XX века он был в главных чертах идентичен современному автомобилю.

Опишем в нескольких словах принцип действия и назначение основных узлов автомашины в том виде, в каком они сложились к 1901-1902 годах. Источником движения служил бензиновый мотор. Бензин поступал из бака 3 в карбюратор, где он распылялся и смешивался с воздухом, так что образовывалась горючая газовая смесь. Водитель, управляя особым клапаном в карбюраторе, мог увеличить или уменьшить количество этой смеси в цилиндрах двигателя. С увеличением притока газа мотор начинал работать быстрее, так как сила взрыва возрастала, а с уменьшением ее подачи сила ослабевала, и скорость вращения мотора уменьшалась. Этим приемом водители пользуются по сей день, нажимая или отпуская педаль газа.

Газовая смесь, подготовленная в карбюраторе, поступала в двигатель 1, где при помощи запального или зажигательного приспособления 4 она взрывалась. Последовательные взрывы сильно нагревали цилиндры, так что двигатель нуждался в постоянном охлаждении. Обыкновенно охлаждение стенок рабочих цилиндров совершалось путем циркуляции воды. Циркуляция производилась за счет помпы (водяного насоса) 7, приводимого во вращение двигателем. Чтобы иметь возможность пользоваться для охлаждения одной и той же водой, последняя пропускалась через радиатор (холодильник) 8, в котором вода охлаждалась током воздуха. Отработанные газы выпускались в атмосферу через глушитель 5, ослаблявший шум выхлопа.

Поршни мотора вращали коленчатый вал. Далее работа двигателя передавалась задним ведущим колесам при посредстве механизма сцепления 9, через коробку передач 13 и 10 и кардан 11. Сцепление позволяло разобщать или передавать работу двигателя на механизм перемены скоростей. Коробка скоростей (передач) давала возможность изменять скорость автомобиля, не изменяя хода двигателя. Кардан представлял собой вал, выходящий из коробки скоростей и снабженный одним или двумя карданными соединениями. Он приводил в движение дифференциал, расположенный на задней оси.

Остановимся коротко на устройстве каждого из этих приспособлений. О работе бензинового двигателя и запального зажигания рассказывалось в одной из предыдущих глав. Электрическое зажигание, постепенно вытеснившее запальное, применялось уже на многих ранних моделях автомобилей. Источником тока здесь служили батарея или аккумулятор. Иногда искра получалась с помощью магнитоэлектрической машины (магнето). Цель системы зажигания состояла в том, чтобы в каждом цилиндре двигателя в момент наибольшего сжатия поршнем

взрывчатой смеси проскакивала электрическая искра, воспламеняющая газ. Для того чтобы воспламенение сильно сжатой смеси происходило бесперебойно, ток для получения искры должен был составлять порядка 15 тысяч вольт. Поначалу прибор для зажигания состоял из двух частей источника тока и катушки Румкорфа. Особую роль в системе автомобильного зажигания играет прерыватель тока. Так как искра должна проскакивать в цилиндре в точно установленный момент, прерыватель помещается на распределительном валу двигателя таким образом, что сам двигатель управляет своим зажиганием. Известно, что первые автомобилисты имели много причин жаловаться на электрическое зажигание: оно долго оставалось капризным и ненадежным. Огромный шаг вперед был сделан с изобретением магнето, которое стало устанавливаться на автомобилях с 1902 года. В этой конструкции нашли исключительно надежный источник тока. В основе действия магнето лежал уже описанный принцип электромагнитной индукции. На валу, вращаемом двигателем, устанавливалась индукционная катушка, которая крутилась между полюсами постоянного магнита. На якоре катушки помещалась обмотка из толстой проволоки, а поверх нее — обмотка из тонкой проволоки. В силу электромагнитной индукции в этой вторичной обмотке индуцировался ток высокого напряжения. Концы катушки проводились в цилиндр и замыкались на электрическую свечу. Дважды за один оборот, проходя через максимумы тока, магнето давало разряд искры.

Так в общих чертах осуществлялась работа двигателя. Теперь о том, как происходила передача движения. При запуске двигателя рабочее усилие возникало в нем не мгновенно. Поэтому в момент запуска двигатель должен был отсоединяться от коробки передач, то есть работать вхолостую (в первых автомобилях это было особенно важно, так как запуск производился вручную, при помощи вращения специальной пусковой рукоятки; понятно, что человеку было не под силу это сделать, если бы двигатель находился под нагрузкой). Кроме того, отсоединять двигатель от нагрузки совершенно необходимо при переключении скоростей. Это разъединение происходило (и происходит) посредством механизма сцепления. В первые годы существования автомобиля сцепление и расцепление двигателя производили путем перемещения приводного ремня с рабочего шкива на шкив холостого хода (подробнее об устройстве такого сцепления будет сказано немного ниже). Но уже в последние годы XIX века ему на смену пришло более совершенное сцепление с помощью усеченного конуса. Для этого рабочий вал двигателя и приемный вал снабжались конусами, так что один конус входил в другой, причем меньший конус заклинивался в большем, соединяясь с ним в одно целое. Специальная пружина постоянно толкала внутренний конус в маховик, образующий наружный конус, чем и достигалось прочное сцепление. Чтобы прервать это сцепление, достаточно было нажать на специальную педаль. Приложенное при этом усилие приводило к рассоединению.

За сцеплением находилась коробка передач (или скоростей). Для чего она нужна? Бывают случаи, когда простого увеличения подачи газа недостаточно для того, чтобы автомобиль преодолел какое-либо препятствие (например, подъем или просто плохую дорогу). Коробка передач (скоростей) как раз и служила для более кардинальной

регулировки усилий двигателя. Назначение ее состоит в том, чтобы, не изменяя скорости вращения вала двигателя, менять скорость вращения передаточного вала (и, следовательно, ведущих колес). Первые автомобили имели только две передачи и осуществляли их при помощи ремней. Однако ременная передача недолго удержалась на практике. Понемногу пришли к выводу, что удовлетворительно разрешить проблему перемены скоростей можно лишь с помощью совокупности шестерней, которые могут дать три или четыре скорости для переднего хода и одну для заднего. Впервые такие коробки передач стали устанавливать на автомобилях фирмы «Панар и Левассор» в начале 90-х годов XIX века. Рассмотрим действие этой еще очень простой по своему устройству коробки передач. Если бы не было коробки передач, то с рабочего вала мотора M усилие передавалось бы на вал P, а с него, при помощи конической зубчатой передачи, на зубчатку Q дифференциала, вращающую колесо R. В этом случае зубчатка Q совершала бы в минуту столько же оборотов, сколько совершает их рабочий вал мотора. Но тогда, когда между мотором и колесом помещается коробка передач, рабочий вал как бы разрезается на две части. При этом первичный вал P принимает движение с мотора, а вторичный вал S передает его на заднюю ось. Оба вала связываются между собой системой зубчатых колес (шестерен). Шестерни a и b на валу S закреплены неподвижно, а шестерни A и B на валу P надеты на подвижную каретку, которая может перемещаться с помощью рычага переключения передач. Допустим, водитель перемещает каретку AB так, чтобы шестерня A произвела зацепление с зубцами шестерни a. Что мы получим? Если мотор делает 1200 оборотов в минуту и если диаметр A равен 10 см, а диаметр a равен 20 см, то вал P будет делать 1200 об/мин, а вал S — вдвое меньше, то есть всего лишь 600. В этом случае, если окружность конической шестерни вчетверо меньше зубчатки Q, рабочие колеса будут делать всего 150 об/мин. Допустим, каретку передвигают так, что B зацепляется за b. Если диаметр B равен 8 см, а диаметр b — 12 см, то скорость вала S будет составлять 800 об/мин, а колеса будут делать 200 об/мин. Подобные же рассуждения приложимы еще к двум сочетаниям шестерен A-b и B-a, и таким образом мы получим весьма простое объяснение действия четырехскоростной коробки передач.

Далее следует кардан. Уже перед первыми изобретателями встала проблема передачи движения от мотора к колесам. Дело в том, что эта передача не может быть жесткой. В самом деле, двигатель прочно соединен с рамой, но рама соединена с колесами не жестко, а с помощью системы рессор. Так как автомобиль подскакивает на неровностях, то рабочий вал двигателя и задняя ось непрерывно поднимаются и опускаются друг относительно друга, и эти смещения тем больше, чем хуже дорога. Если бы рабочий вал был жестко соединен с задней осью, малейшее сотрясение привело бы к его поломке. Итак, передача должна быть гибкой, то есть такой, при которой задняя ось могла бы свободно перемещаться вверх и вниз, не теряя связи с двигателем. В первых автомобилях привод от двигателя к ведущим колесам осуществлялся при помощи цепной передачи, которая получила широкое распространение в велосипедах. Цепь давала необходимую гибкость и обладала многими достоинствами, но она очень быстро загрязнялась и требовала почти

ежедневного ухода. Поэтому очень скоро ей на смену пришел карданный вал. (Эта передача между двумя валами была изобретена итальянцем Кардано еще в XVI веке).

Соединение задних колес с осью тоже представляет определенную трудность. В главе, посвященной колесу, уже говорилось, что при движении экипажа по неровной дороге или на поворотах его колеса проходят разные пути, то есть вращаются с разной частотой. Для ведомых колес, не связанных жестко с осью, это требование выполняется автоматически. Но ведущие колеса нельзя свободно посадить на ось, поскольку через ось к ним передается вращение мотора. Однако и жестко их соединить нельзя, так как в процессе движения будет происходить проскальзывание одного колеса или пробуксовка другого, что резко ухудшает управляемость машиной — она не слушается руля и на большой скорости может не вписаться в поворот. Для соединения задних колес с осью служит дифференциал, который и дает возможность ведущим колесам вращаться независимо, не теряя связи с мотором. Чтобы понять принцип действия дифференциала, мысленно разрежем заднюю ось на две полуоси. На внешние концы этих полуосей будут насажены колеса, а на внутренние — две конических шестерни, расположенные параллельно одна против другой. Эти шестерни соединены между собой двумя коническими шестернями-сателлитами и заключены внутри прочного кольца, которое служит оболочкой всему прибору.

Движение от мотора M через сцепление V, передаточный вал A и коническую передачу P-Q передается на коробку дифференциала K, которая прикручена болтами к шестерне Q и вращается вместе с ней. С внутренней стороны коробки насажены два конических зубчатых колеса-сателлита EE, от которых приводятся в движение конические зубчатые колеса FF, наглухо насаженные на концы полуосей S и T, связанных с задними колесами G и D.

Когда автомобиль едет прямо, задние колеса вращаются с одной и той же скоростью, следовательно, сателлиты EE испытывают одинаковое давление и потому остаются неподвижными. При этом вся коробка дифференциала может рассматриваться как монолитная система, действующая так, как будто полуоси S и T жестко связаны между собой. Но если автомобиль делает поворот, то колесо, обращенное внутрь, оказывает большее сопротивление движущей силе. В этом случае одна шестерня F начинает вращаться медленнее, чем другая шестерня F, связанная с внешним колесом. Вследствие этого сателлиты начинают вращаться вокруг своей оси и передают усилие с внутреннего колеса на внешнее. К примеру, если шестерня Q (и связанная с ней коробка дифференциала) делает 100 об/мин, то колесо D начинает делать 80 об/мин, а колесо G 120 об/мин.

Все описанные устройства имели уже первые автомобили (точно так же, как и многие другие атрибуты современных автомашин: систему подвески, рулевые тяги, тормоза, шарикоподшипники и т.д.), из чего можно заключить, что бензиновый автомобиль, как транспортное средство, с самого начала обладал значительным совершенством. Это стало возможным благодаря тому, что в автомобилестроение был перенесен многолетний опыт использования других сухопутных транспортных средств: конного экипажа, паромобиля и велосипеда. Автомобиль очень многим

обязан своим предшественникам, и наш дальнейший рассказ послужит тому подтверждением.

Так, например, подвески, рессоры, рулевое приспособление и тормоза достались автомобилю от карет и конных экипажей. Еще в 1640 году англичанин Блаунт построил первый экипаж со стальными С-образными рессорами, а в 1804 году английский мастер Эллот изобрел так называемые эллиптические или «лежачие» рессоры. В 1818 году Акерман придумал устройство для управления экипажем. В конструкции Акермана передняя ось состояла из трех частей — средней, неподвижной, закрепленной с помощью рессор на раме или на корпусе экипажа, и двух крайних частей (цапф), связанных со средней частью шарнирами. При повороте колеса вместе с цапфами, на которых они вращались, поворачивались вокруг вертикальной оси шарниров. Точно так же устроена передняя ось автомобиля.

Монолитные резиновые шины также впервые были установлены на каретах их в 1847 году изобрел англичанин Хэнком.

Непосредственным предшественником бензинового автомобиля стал паромобиль. Первым практически действовавшим паровым автомобилем считается паровая телега, построенная французом Кюньо в 1769 году. Перевозя до 3 тонн груза, она передвигалась со скоростью всего 2-4 км/ч. Были у нее и другие недостатки. Тяжелая машина очень плохо слушалась руля, постоянно наезжала на стены домов и заборы, производя разрушения и терпя немалый урон. Две лошадиные силы, которые развивал ее двигатель, давались с трудом. Несмотря на большой объем котла, давление быстро падало. Через каждые четверть часа для поддержания давления приходилось останавливаться и разжигать топку. Одна из поездок закончилась взрывом котла. К счастью, сам Кюньо остался жив.

Последователи Кюньо оказались удачливее. В 1803 году уже известный нам Тривайтик построил первый в Великобритании паровой автомобиль. Машина имела огромные задние колеса около 2, 5 м в диаметре. Между колесами и задней частью рамы крепился котел, который обслуживал стоявший на запятках кочегар. Паромобиль был снабжен единственным горизонтальным цилиндром. От штока поршня через шатунно-кривошипный механизм вращалось ведущее зубчатое колесо, которое находилось в зацеплении с другим зубчатым колесом, укрепленным на оси задних колес. Ось этих колес шарнирно соединялась с рамой и поворачивалась при помощи длинного рычага водителем, сидящим на высоком облучке. Кузов подвешивался на высоких С-образных рессорах. С 8-10 пассажирами автомобиль развивал скорость до 15 км/ч, что, несомненно, являлось очень неплохим для того времени достижением. Появление этой удивительной машины на улицах Лондона привлекало массу зевак, не скрывавших своего восторга.

В дальнейшем паромобили совершенствовались. «Золотой век» паромобилей относится к 20-30-м годам XIX столетия. Несколько десятков паровых омнибусов сконструировали и построили в это время англичане Герни и Уолтер Хэнкок. Паровые омнибусы Хэнкок использовались на пригородных маршрутах вблизи Лондона. На хороших дорогах они развивали до 30 км/ч. Это было намного больше, чем скорость почтовых дилижансов. С развитием железных дорог паровые омнибусы постепенно

исчезли, однако строительство паровых автомобилей продолжалось и позже. Усилиями многих изобретателей удалось в конце концов создать мощный и компактный паровой двигатель, позволявший развивать хорошую скорость. В 1888 году замечательный французский инженер Серполле придумал генератор с мгновенным парообразованием. Этот генератор представлял собой спираль стальной трубы, сплющенной настолько, что внутренний канал принимал форму узкой капиллярной щели. Спираль была окружена чугунным кожухом. Такая конструкция котла обеспечивала чрезвычайно быстрое парообразование. Причем спираль предварительно нагревалась, и вода, поступавшая в последнюю, испарялась почти моментально. С этим котлом паромобиль легко развивал скорость до 140 км/ч и мог долгое время успешно конкурировать с бензиновыми автомобилями. Однако слабым местом паромобилей был котел, делавший их очень неэкономичными. КПД даже очень хороших автомобильных паровых двигателей составлял всего 5-7%. Это в конце концов и предопределило судьбу паромобилей — они уступили место автомобилям с двигателем внутреннего сгорания. Однако эра паровых автомашин не прошла бесследно. Некоторые важные элементы современных автомобилей возникли в эту эпоху. Самыми замечательными можно считать два изобретения: в 1834 году американский инженер Робертс изобрел дифференциал, а в 1843 году Хилль придумал коробку передач.

Колеса со спицами, легкие трубчатые рамы, шарикоподшипники и пневматические шины автомобиль получил от велосипеда.

Автомобиль в современном смысле этого слова появился только после создания компактного и экономичного двигателя внутреннего сгорания, который произвел подлинный переворот в транспортной технике.

Первый автомобиль с бензиновым двигателем построил в 1864 году австрийский изобретатель Зигфрид Маркус. Увлекаясь пиротехникой, Маркус однажды поджег электрической искрой смесь паров бензина и воздуха. Пораженный силой последовавшего взрыва, он решил создать двигатель, в котором бы этот эффект нашел применение. В конце концов ему удалось построить двухтактный бензиновый двигатель с электрическим зажиганием, который он и установил на обыкновенную повозку. В 1875 году Маркус создал более совершенный автомобиль.

Официальная слава изобретателей автомобиля принадлежит двум немецким инженерам — Бенцу и Даймлеру. Бенц конструировал двухтактные газовые двигатели и являлся хозяином небольшого завода по их производству. Двигатели имели хороший спрос, и предприятие Бенца процветало. Он имел достаточно средств и досуга для других разработок. Мечтой Бенца было создание самодвижущегося экипажа с двигателем внутреннего сгорания. Собственный двигатель Бенца, как и четырехтактный двигатель Отто, для этого не годился, поскольку они имели малую скорость хода (около 120 оборотов в минуту). При некотором понижении числа оборотов они глохли. Бенц понимал, что машина, снабженная таким мотором, будет останавливаться перед каждым бугорком. Нужен был быстроходный двигатель с хорошей системой зажигания и аппаратом для образования горючей смеси.

Конструкцию машины и двигателя к ней Бенц создавал и продумывал в течение 20 лет. Наконец ему удалось собрать подходящий четырехтактный одноцилиндровый двигатель мощностью 0, 75 л.с., снабженный тяжелым горизонтальным маховиком, со скоростью вращения вала порядка 300 об/мин. В качестве горючего Бенц использовал бензин, зажигание горючей смеси осуществлялось при помощи электрической искры, а источником питания служила батарея, с которой ток подавался на индукционную катушку Румкорфа. Впрочем, все это действовало очень плохо: из-за неполадок в системе зажигания первые поездки Бенца оказались сплошным мучением и часто заканчивались тем, что заглохший автомобиль доставляла домой запряженная в него лошадь. Для получения горючей смеси Бенц создал один из первых в истории карбюраторов. Мотор был окружен металлическим кожухом со свободным пространством между ним и поверхностью цилиндра. Это пространство было заполнено для охлаждения водой. Полость под кожухом соединялась двумя трубками с особым баком для воды. По одной трубке нагретая вода стекала в бак, по другой более холодная поступала к цилиндру. Течение воды устанавливалось самотеком. Сделанный в «велосипедную эпоху», этот первый автомобиль очень напоминал трехколесный велосипед. Он имел трубчатую раму, тангентные колеса со спицами и цепную передачу. Скорость его достигала 13 км/ч.

Непосредственно соединить мотор с задней осью было нельзя из-за очень большой скорости вращения моторного вала. Для того чтобы от большой скорости вращения перейти к умеренной, Бенц ввел на своем автомобиле простой механизм, позже известный под названием сцепления. Образцом для этого ему послужила широко распространенная в то время в производстве ременная передача. (Она была незаменима, когда требовалось передать усилие от общего источника движения к индивидуальному.) Эта передача состояла из двух колес с гладкими ободьями (их называют шкивами) и ремня, перекинутого между ними. Из этих двух колес одно является ведущим, а второе ведомым, ремень же служит для передачи движения. Точно такая же передача имелась на всех первых автомобилях. На валу мотора в автомобиле Бенца помещался шкив, ширина которого была вдвое больше ширины ремня. Поблизости находился промежуточный вал, на котором находилось два шкива одинакового диаметра, причем ширина каждого из них равнялась ширине ремня. С помощью вилки, охватывающей ремень сверху, можно было легко передвигать его с одного шкива на другой, вызывая этим сцепление и расцепление. Один из этих шкивов — рабочий — был накрепко скреплен с валом, другой — холостой — сидел свободно. С помощью бесконечного ремня вращение от этого вала передавалось второму дополнительному валу, на котором по концам были наглухо насажены два небольших зубчатых колеса (шестерни). Через эти шестерни перекидывались бесконечные цепи, соединенные с большими шестернями на задней оси. Эти последние шестерни были жестко связаны с задними колесами, свободно сидевшими на оси. Если во время работы мотора ремень находился на рабочем шкиве, то колеса автомобиля начинали вращаться. Чтобы остановить его, достаточно было при помощи вилки и свободного рычага перевести ремень на холостой шкив.

С 1885 по 1893 год Бенц реализовал 69 автомобилей этой модели, выпуск которых наладил на своем заводе. С 1894 года он начал производить четырехколесные автомобили «Вело», с двухцилиндровым двигателем и пневматическими шинами. После этого торговля пошла бойко. За один 1894 год было продано 67 машин. Дальше объемы производства нарастали: в 1896 году у Бенца купили 181 машину, а в 1900 году — уже 603.

Одновременно с Бенцем приступил к выпуску автомобилей Даймлер. В 1883 году он изготовил свой первый бензиновый двигатель, который предполагал использовать для транспорта. Так же как и Бенц, Даймлер считал показательной чертой «транспортного» двигателя значительную частоту вращения его вала, обеспечиваемую интенсивным воспламенением горючей смеси. Уже первые двигатели Даймлера имели частоту вращения до 900 оборотов в минуту, то есть в 4-5 раз больше, чем у стационарных газовых двигателей Отто. Рассчитаны они были исключительно на жидкое топливо — бензин или керосин. Зажигание, как и в стационарных двигателях, происходило запальной трубкой. Благодаря большой частоте вращения «транспортные» двигатели оказались гораздо меньше и легче стационарных. Чтобы защитить двигатели от пыли и грязи их окружали специальными кожухами. Предусматривались водяная рубашка охлаждения и пластинчатый радиатор. Для пуска двигателя служила рукоятка.

В 1885 году Даймлер поставил свой бензиновый двигатель на велосипед, а в 1886 году — на четырехколесный экипаж. В 1889 году эта машина экспонировалась на выставке в Париже, где французские фабриканты Панар, Левассор и Пежо купили лицензии на двигатель Даймлера. Эта сделка оказалась очень важной для истории автомобилестроения.

Рене Панар и Этьен Левассор с 1886 года были совладельцами фирмы, изготовлявшей деревообрабатывающие станки. В 1891 году фирма выпустила свой первый автомобиль с V-образным двигателем Даймлера (даймлеровским здесь был только мотор, вся остальная конструкция автомобиля — совершенно оригинальная). В том же году был изготовлен более совершенный автомобиль, который произвел настоящую сенсацию. В истории за ним закрепилось название первого «настоящего» автомобиля. Машина имела расположенный в передней части рамы под капотом двигатель и настоящую зубчатую коробку передач с задней и четырьмя передними скоростями. Успех, выпавший на долю первого «Панара», оказался не случайным. На протяжении десяти лет машины этой фирмы оставались наиболее совершенными автомобилями. Именно на них впервые были поставлены монолитные резиновые шины и самые совершенные двигатели Даймлера с карбюраторами. В 1896 году Левассор и Панар разработали систему сцепления усеченным конусом, которая пришла на смену старой ременной передаче.

В 1894 году состоялись первые в истории автомобильные гонки по трассе Париж — Руан (127 км). К участию в них допускались автомобили с любыми двигателями. Заявки подали 102 гонщика. Однако только 21 автомобиль сумел взять старт (14 из них имели двигатели внутреннего

сгорания, 7 — паровые двигатели), а закончили гонку только 13 бензиновых и 2 паровых автомобиля. Первый приз поделили «Панар» Левассора (который сам вел машину) и «Пежо» с двигателями Даймлера. Они показали среднюю скорость 20, 5 км/ч. Эти две машины были признаны также наиболее экономичными, безопасными и удобными в обращении.

Автомобили быстро совершенствовались Еще в 1891 году Эдуард Мишлен, владелец завода резиновых изделий в Клермон-Ферране, изобрел съемную пневматическую шину для велосипеда (камера Данлопа заливалась в покрышку и приклеивалась к ободу). В 1895 году начался выпуск съемных пневматических шин для автомашин. Впервые эти шины были опробованы в том же году на гонке Париж — Бордо — Париж. Оснащенный ими «Пежо» с трудом доехал до Руана, а потом был вынужден сойти с дистанции, так как шины беспрерывно прокалывались. Тем не менее специалисты и автолюбители были поражены плавностью хода машины и комфортностью езды на ней. С этого времени пневматические шины постепенно вошли в жизнь, и ими стали оснащаться все автомобили. Победителем же на этих гонках был опять Левассор. Когда он остановил машину на финише и ступил на землю, то сказал: «Это было безумие. Я делал 30 километров в час!» Сейчас на месте финиша стоит памятник в честь этой знаменательной победы. На нем выбиты слова Левассора, вошедшие в историю. К несчастью, этот замечательный конструктор и гонщик во время гонок 1896 года Париж — Марсель — Париж потерпел тяжелую аварию и вскоре скончался. После его смерти фирма «Панар» не смогла удержать первенствующего положения на рынке. Оно перешло к фирме Даймлера.

В 1890 году Даймлер, объединившись с богатым предпринимателем Дуттенхофнером, создал акционерную компанию «Даймлер Моторен». В 1891 году он выпустил первый четырехцилиндровый автомобильный двигатель. Дела фирмы сначала не ладились, но потом быстро пошли в гору. Новая эра в истории автомобиля началась в 1901 году, когда фирмой «Даймлер Моторен» был выпущен первый «Мерседес». (Готлиб Даймлер к этому времени уже умер, но его сын Пауль, замечательный конструктор и умный предприниматель, достойно продолжил его дело.)

Первый «мерседес» имел уже все черты современного автомобиля: раму из прессованных стальных профилей, сотовый бронзовый радиатор, настоящую коробку передач и четырехцилиндровый двигатель мощностью 35 л.с., позволявший развивать скорость в 70 км/ч. Эта красивая, элегантная и надежная машина имела невероятный успех. Она выиграла множество гонок и породила массу подражаний. Можно сказать, что с появлением первого «мерседеса» закончилось детство автомобиля и началось стремительное развитие автомобильной промышленности.

68. ТЕПЛОХОД

В начале XX века произошли значительные перемены в кораблестроении — на смену пароходам, широко использовавшимся в течение ста лет на всех водных транспортных путях, приходят более совершенные суда с дизельным приводом.

Начало этому важному перевороту было положено в России — именно здесь был создан первый реверсный судовой дизель и были построены первые в мире теплоходы и подводные лодки. Инициатором

всех этих разработок выступила одна из крупнейших российских фирм «Товарищество братьев Нобель». Нобели одними из первых оценили важное значение изобретения Рудольфа Дизеля. Едва появились сообщения о его двигателе, Эммануил Нобель завязал переговоры о покупке лицензии. Главное, что подкупало Нобеля в новом двигателе, — это то, что он мог работать на тяжелом топливе. В 1898 году, заплатив огромные по тем временам деньги (около 500 тысяч рублей), Нобель получил чертежи 20-сильного дизеля. После их тщательного изучения на Петербургском заводе фирмы многие детали двигателя были изменены как по конструктивным соображениям, так и, главным образом, потому, что первый двигатель решено было заставить работать на нефти, а не на керосине. Трудности использования нефтяного топлива тогда еще нигде в мире не были преодолены.

Первый в мире работающий на нефти двигатель Дизеля был пущен в ход в 1899 году. Он развивал 25 л.с. и затрачивал в час около четверти килограмма нефти на 1 л.с. Это был важный успех, но заветной мечтой Нобеля было применение дизеля в качестве судовой машины. В то время среди многих инженеров еще было распространено скептическое отношение к дизелям. Большинство считало, что эти двигатели не годятся в качестве привода для движения судов. Причины для этого были достаточно вескими. Во-первых, дизели не имели заднего хода (реверса) и, установленные на корабле, могли вращать винт только в одну сторону. Во-вторых, первые дизели было невозможно запустить при некоторых крайних положениях поршня. В третьих, работа дизелей с трудом поддавалась регулировке — было трудно поменять режим их работы, например, уменьшить или увеличить частоту вращения вала, увеличивая или уменьшая тем самым скорость движения судна. Эти недостатки, не имевшие большого значения при стационарной установке и небольших размерах дизеля, работавшего под постоянной нагрузкой, были весьма существенным изъяном для транспортного двигателя. Широко применявшаяся тогда паровая машина имела в этом смысле перед дизелем преимущество — реверс, изменение частоты вращения вала и пуск из любого положения достигались на ней без всякого труда. В таком случае, казалось бы, стоило ли вообще связываться с дизелем? Оказывается, стоило — в этом убеждали Нобеля элементарные расчеты.

Огромное достоинство дизеля заключается в его высоком КПД и, следовательно, в его экономичности. Поскольку дизели требовали в четыре раза меньше топлива по сравнению с паровыми машинами той же мощности, легко было представить себе, какие огромные перспективы открывало перед судоходством такое сокращение в весовом отношении расходов топлива, как в коммерческом, так и особенно в военном флоте. Сравнивая обычное паровое судно с тепловым, предназначенным для одинакового по дальности плавания, легко было рассчитать, что второе из них, снабженное дизелем, сможет взять вчетверо меньший по весу запас топлива, увеличив за этот счет свою грузоподъемность. Наоборот, если будет взято обоими одинаковое количество топлива, то, очевидно, теплоход сможет пройти в четыре раза большее расстояние, нежели пароход. Конечно, для малой дальности плавания разница между обоими типами судов была не так уж велика, но при повышении дальности

плавания разница между теплоходом и пароходом увеличивалась исключительно. При рейсе в 10 тысяч миль с грузоподъемностью в 1000 т пароход фактически мог перевести в два раза больше груза, чем такой же пароход. Для условий русского судоходства это имело колоссальное значение, так как возникала возможность, не прибегая к погрузкам дополнительного топлива в пути, пройти с собственным запасом большее расстояние. Были и другие немаловажные преимущества. Например, загрузка теплохода нефтью осуществлялась наливом, в то время как уголь приходилось грузить вручную. Правда, невыгодность парохода компенсировалась дешевизной угольного топлива, но для Нобеля, одного из крупнейших нефтяных магнатов того времени, эта сторона не имела существенного значения.

Невзирая на все сложности, Нобель велел своим инженерам приступить к проектированию первого теплохода. Для того чтобы новое судно могло маневрировать, он распорядился связать дизель с гребным валом не непосредственно, а через передачу, позволявшую изменять как направление вращения винта, так и число его оборотов. В 1903 году на наливной барже «Вандал», изготовленной на Сормовском заводе и привезенной в Петербург, были установлены три дизеля по 120 л.с. В паре с этими дизелями работали три электрогенератора, вырабатывавшие ток для трех электродвигателей, вращавших гребные винты. За счет переключения обмоток на «Вандале» можно было менять режим и направление вращения. Испытания нового судна дали обнадеживающие результаты, но в целом такая система привода едва ли могла считаться удачной и таила в себе много неудобств — прежде всего она была дорогой и неэкономичной в смысле затрат энергии.

В том же году Нобель купил лицензию на двигательную установку Дель-Пропосто, позволявшую более экономично использовать дизель в качестве судовой машины. Принцип ее действия заключался в том, что на переднем ходу дизель непосредственно связывался с гребным винтом, а электрическая передача применялась лишь для заднего хода и маневрирования. Это значительно снижало потери энергии, ведь большую часть времени винты получали вращение непосредственно от дизеля, а для маневрирования и заднего хода не требовалось полной мощности. В 1904 году по этой системе было оборудовано нефтеналивное судно «Сармат». Оно было снабжено двумя дизелями по 180 л.с. и двумя электрогенераторами. Каждый дизель соединялся с электрогенератором, а потом через муфту с гребным винтом, на котором располагался электромотор. При переднем ходе дизель работал прямо на винт, а генератор и электродвигатель вращались, не давая и не получая тока, как маховики. При заднем ходе двигатель начинал работать на электрогенератор, который посылал ток на электромотор и давал гребному винту обратное вращение.

Результаты первых же рейсов «Сармата» показали все преимущества дизельных установок на судах. Расходы нефти против однотипных пароходов (которые работали на нефти, а не на угле) оказались в пять раз меньшими. В то же время маневрирование и управление нисколько не ухудшились. О технических испытаниях теплохода печатались отчеты, и не только в России — «Сармат» сделался

знаменитостью. Однако отсутствие реверса все еще мешало широкому распространению теплоходов. Только в 1908 году многолетние поиски увенчались созданием реверсного двигателя. Как уже отмечалось, в реверсном двигателе необходимо было иметь, во-первых, механизм, переключающий органы распределения переднего и заднего хода, вводящий в действие одни и одновременно выключающий другие, и, во-вторых, устройство для пуска в ход двигателя при любом положении коленчатого вала. Из этих двух элементов реверса первый, то есть механизм для перестановки распределения, был создан довольно легко: на распределительном валу разместили две системы кулачков (смотри выше описание устройства дизеля) — одну для переднего, а другую для заднего хода. Передвижением всей системы в одну сторону двигатель получал распределение для переднего хода, передвижением в обратную — для заднего. Реверсировка двигателя (переход от «полного вперед» до «полного назад») занимала 10-12 секунд. Устройство для пуска в ход, наоборот, составляло главную и более трудную задачу, но и она была очень удачно разрешена русскими инженерами на заводе Нобеля. Правда, эти дизельные машины были изготовлены не для теплохода, а для подводной лодки «Минога», спущенной в 1908 году, которая, таким образом, стала первой в мире дизельной подводной лодкой.

Дизели на «Миноге» были трехцилиндровые. Задача выхода из мертвого хода была разрешена следующим образом: переход от работы системы воздухом на работу нефтью происходил не сразу, а постепенно — сначала все цилиндры работали воздухом, затем один переключался на нефть, после того как он давал рабочий ход, на нефть переводился второй цилиндр и так далее. Разновременность и последовательность вспышек в цилиндре выводили коленчатый вал из любого положения. Одновременно путем уменьшения и увеличения подачи нефти было достигнуто регулирование числа оборотов. Таким образом, были разрешены все проблемы по созданию судовой дизельной машины. Второй реверсный двигатель установили на подводной лодке «Акула», а потом Нобель стал оснащать ими свои нефтеналивные суда.

После успешных испытаний в России дизель-моторы в качестве судовых машин стали внедрятся по всему миру. Сначала дизели ставили только на небольшие суда, но во втором десятилетии XX века наступил перелом и в морском судостроении. В 1911 и 1912 годах на верфях Германии и Англии приступили к постройке нескольких крупных теплоходов. В 1912 году со стапелей в Дании сошел первый товарно-пассажирский теплоход «Зеландия», водоизмещением 3200 т и грузоподъемностью 7400 т. За его первым плаванием из Копенгагена в Лондон следил весь мир. Вскоре было подсчитано, что эксплуатация «Зеландии» дает 160 тысяч марок экономии в год по сравнению с пароходами того же класса. Это решило судьбу нового вида транспорта.

69. АККУМУЛЯТОР

Открытие аккумулирующего эффекта относится к числу важнейших и значительнейших изобретений в области электротехники. Очень часто возникала и возникает необходимость питать электричеством приборы или механизмы в таком месте, где нет источников энергии. Долгое время для этих целей использовали гальваническую батарею, но она была слабым,

дорогим и чрезмерно громоздким источником тока. Создание электрического аккумулятора значительно упростило эту задачу.

Еще в 1802 году Риттер открыл, что две медные пластины, опущенные в кислоту и соединенные с гальванической батареей, заряжаются и их потом можно в течение короткого времени использовать как постоянный источник тока. Это явление позже изучалось многими другими учеными. В 1854 году немецкий военный врач Вильгельм Зинстеден наблюдал следующий эффект: при пропускании тока через свинцовые электроды, погруженные в разведенную серную кислоту, положительный электрод покрывался двуокисью свинца PbO_2, в то время как отрицательный электрод не подвергался никаким изменениям. Если такой элемент замыкали потом накоротко, прекратив пропускание через него тока от постоянного источника, то в нем появлялся постоянный ток, который обнаруживался до тех пор, пока вся двуокись свинца не растворялась в кислоте. Таким образом, Зинстеден вплотную приблизился к созданию аккумулятора, однако он не сделал никаких практических выводов из своего наблюдения.

Только пять лет спустя, в 1859 году, французский инженер Гастон Планте случайно сделал то же самое открытие и построил первый в истории свинцовый аккумулятор. Этим было положено начало аккумуляторной техники.

Аккумулятор Планте состоял из двух одинаковых свинцовых пластин, навитых на деревянный цилиндр. Друг от друга они отделялись тканевой прокладкой. Устроенный таким образом прибор помещали в сосуд с подкисленной водой и соединяли с электрической батареей. Спустя несколько часов, отключив батарею, можно было снимать с аккумулятора достаточно сильный ток, который сохранял в течение некоторого времени свое постоянное значение.

Чем объясняются процессы, протекающие в аккумуляторе? Как и в гальваническом элементе, электрический ток здесь — следствие химической реакции, которая может протекать многократно в обе стороны. Представим себе, что мы начинаем зарядку разрядившегося аккумулятора, присоединив его к источнику постоянного тока. Обычно еще не заряженная масса положительной свинцовой пластинки содержит на себе остатки предыдущего цикла — окись свинца PbO и сернокислый свинец $PbSO_4$, а отрицательная — только окись свинца PbO. Под действием электрического тока электролит — подкисленная вода — начинает разлагаться: на положительном электроде выделяется кислород, который тут же окисляет окись свинца и сернокислый свинец до перекиси PbO_2 (причем кислотный остаток SO_4 уходит в раствор), а на отрицательной пластине выделяется водород. Последний соединяется с кислородом окиси, образуя металлический свинец и воду. Затем газ начинает накапливаться в порах свинцовой пластины.

Если заряженный аккумулятор включить в цепь, то ток, проходивший через аккумулятор во время зарядки, меняет свое направление. Вследствие этого на той пластинке, где раньше выделялся кислород, начинает выделяться водород, который вступает в реакцию с кислородом перекиси свинца. На другой пластинке происходит выделение кислорода. Серная кислота из жидкости переходит на положительный

электрод и опять образует сернокислый свинец, тогда как водород и свинец на отрицательной пластине окисляются, первый — в воду, второй — в окись свинца. В несколько упрощенном виде (без учета параллельных процессов) химическая реакция разрядки имеет вид:

$PbO2 + Pb + 2H2SO4 = 2PbSO4 + 2H2O$.

При зарядке явления идут в противоположную сторону. Эта реакция, сопровождаемая выделением электрического тока, продолжается до тех пор, пока количество окиси свинца на обеих пластинках не уравновешивается. Та же реакция идет в разомкнутом аккумуляторе, но намного медленнее. При заряжении (вследствие выделения кислотного остатка в раствор) удельный вес жидкости в аккумуляторе увеличивается, а при разряжении — уменьшается (поскольку при разряжении серная кислота соединяется с окисью свинца и образует на электродах сернокислый свинец). Во время разрядки энергия химических реакций превращается в электрическую, а во время зарядки — наоборот.

Существенным недостатком аккумулятора Планте была его небольшая емкость — он слишком быстро разряжался. Вскоре Планте заметил, что емкость можно увеличить специальной подготовкой поверхности свинцовых пластин, которые должны быть по возможности более пористыми. Чтобы добиться этого, Планте разряжал заряженный аккумулятор, а затем опять пропускал через него ток, но в противоположном направлении. Этот процесс формовки пластин повторялся многократно в течение приблизительно 500 часов и имел целью увеличить на обеих пластинках слой окиси свинца.

До тех пор, пока не была изобретена динамо-машина, аккумуляторы представляли для электротехников мало интереса, но когда появилась возможность легко и быстро заряжать их с помощью генератора, аккумуляторы получили широчайшее распространение. В 1882 году Камилл Фор значительно усовершенствовал технику изготовления аккумуляторных пластин. Если аккумулятор Планте начинал хорошо работать лишь после многократной зарядки и разрядки (пока пластины не делались пористыми), в аккумуляторе Фора формирование пластин происходило гораздо быстрее. Суть усовершенствования Фора заключалась в том, что он придумал покрывать каждую пластинку суриком или другим окислом свинца. При заряжении слой этого вещества на одной из пластин превращался в перекись, тогда как на другой пластинке вследствие реакции получалась низкая степень окисла. Во время этих процессов на обеих пластинах образовывался слой окислов с пористым строением, что способствовало скоплению выделяющихся газов на электродах. Чтобы масса окислов, образующаяся на пластинах, не отваливалась, их покрывали тканью. Аккумулятор Фора не только заряжался быстрее аккумулятора Планте, но имел также значительно большую емкость и мог давать очень сильный ток. Он состоял из параллельных свинцовых пластин, помещенных близко одна от другой и соединенных через одну, так что каждый электрод одного знака помещался между двумя электродами противоположного.

Изобретение Фора сразу обратило на себя внимание электротехников. Немецкий банкир Фолькмар, который взялся за производство аккумуляторов Фора, вскоре еще более усовершенствовал

их. В прежних аккумуляторах слой окислов, как уже говорилось, плохо держался на решетке и при тряске легко отваливался. Это было серьезным изъяном конструкции, поскольку мешало применять аккумуляторы на транспорте. Чтобы поправить дело, Фолькмар предложил делать свинцовые пластинки не сплошными, а в виде решеток, отверстия которых набивали губчатым свинцом. На таких решетках активная масса уже не просто налипала к свинцу, а прочно держалась в ячейках.

В начале XX века усовершенствованием аккумулятора занялся Эдисон, который хотел сделать его более приспособленным для нужд транспорта. В связи с этой задачей требовалось облегчить вес аккумуляторов, увеличить их емкость, избавиться от ядовитого свинца и едкой серной кислоты, которая быстро разъедала свинцовые пластины, после чего их приходилось заменять.

Как обычно, Эдисон приступил к делу с большим размахом: он создал специальную лабораторию с большим штатом специалистов-химиков и поручил им исследования по всем перечисленным направлениям. По существу, речь шла о создании совершенно нового типа аккумулятора, в котором электролитом служила щелочь, а отрицательным электродом — измельченное железо с некоторыми примесями. Долгое время не удавалось выбрать материал для положительного электрода. Поскольку химические процессы в щелочном аккумуляторе были очень сложны и не до конца понятны, приходилось идти буквально ощупью. В экспериментальных моделях положительный электрод делали из угля, поры которого заполняли различными веществами: испробовали множество металлов и их соединений, но все они давали недостаточно хороший результат. Наконец, остановились на никеле, который оказался наиболее подходящим. Так Эдисон пришел к железно-никелевому аккумулятору с электролитом в виде едкого кали. (Химическая реакция, протекающая при разряде в щелочном аккумуляторе, в несколько упрощенном виде описывается уравнением:

$2NiOOH + Fe + 2H_2O = 2Ni(OH)_2 + Fe(OH)_2$;

при зарядке процесс идет в обратном направлении; электролит KOH, хотя и создает необходимую среду, в реакции участия не принимает.)

Было изготовлено несколько таких аккумуляторов для всесторонних испытаний, и тут исследователей постигло разочарование — емкость аккумуляторов оказалась очень маленькой. Эдисон обратил внимание, что чистота материала имеет большое значение для увеличения емкости. Он заказал для проб высокосортный канадский никель, после чего емкость аккумуляторов сразу возросла в три раза. В Вест-Оренджe была построена небольшая фабрика для рафинирования (очистки) железа и никеля. Емкость нового аккумулятора оказалась в 2, 5 раза больше, чем у старого свинцового. Эдисон утверждал, что это самый большой прогресс в аккумуляторной технике со времен ее зарождения.

Дальнейшие опыты оказались настолько успешными, что в 1903 году Эдисон решил приступить к промышленному производству своих аккумуляторов на специально построенном для этого заводе. Однако первые щелочные аккумуляторы, поступившие в продажу, оказались весьма далеки от совершенства: они плохо держали заданную величину напряжения, часто давали течь и имели много других мелких дефектов. От

распространителей стали поступать многочисленные рекламации. Эдисону пришлось остановить завод и вновь заняться усовершенствованием своего изобретения. Несмотря на неудачи, он продолжал твердо верить в успех дела. Доводка была поручена сразу нескольким группам: одна работала над усовершенствованием сварки аккумуляторных сосудов, другая — над рафинированием железа, третья занималась никелем и присадками к нему. К 1905 году было проведено более 10 тысяч дополнительных опытов, а в 1910 году значительно усовершенствованный аккумулятор вновь поступил в производство. В первый же год было выпущено продукции на 1 миллион долларов, и вся она нашла хороший сбыт. Вскоре новый портативный аккумулятор получил широкое распространение в транспорте, на электростанциях, в небольших судах и на подводных лодках.

70. ТРАКТОР

Трактор — это универсальная машина, предназначенная перемещать и приводить в действие прицепляемые к ней разнообразные сельскохозяйственные механизмы. Из этого видно, что функции трактора двоякие: он, во-первых, работает как тягач, а во-вторых, как привод, что позволяет использовать его при выполнении самых разнообразных сельскохозяйственных работ. Выгоды трактора очевидны — скорость, экономия времени, производительность. Поэтому появление его составило революцию в сельском хозяйстве, быть может, самую важную со времен появления плуга. С этого времени механическая тяга стала постепенно вытеснять из сельскохозяйственного производства мускульную силу животных.

Первые тракторы были паровыми. Еще в 1850 году английский изобретатель Уильям Говард применял для пахоты паровой автомобиль (локомобиль). Изобретение получило распространение, и паровые плуги широко использовались во второй половине XIX века в некоторых европейских странах (особенно в Англии, где их насчитывалось более 2 тысяч). Первые тракторы с двигателями внутреннего сгорания, сконструированные инженерами Хартом и Парром, были собраны в США в 1901 году. Их появление было встречено с восторгом, и американские фермеры возлагали на них большие надежды. Но быстро наступило разочарование, так как тракторы из-за своего огромного веса больше разрушали почву, чем помогали обрабатывать ее. К тому же они были чрезмерно велики для средней фермы. В ходе их использования обнаружилось множество конструкционных недостатков. Тракторы часто ломались, ремонт их требовал массу времени и больших затрат.

Однако постепенно эти машины совершенствовались. В 1907 году на рынок поступили уже вполне работоспособные тракторы. Их вес, размеры и мощность уменьшились, зато повысилась надежность, что сделало применение трактора удобным в среднем по величине хозяйстве. Была создана сеть ремонтных мастерских, налажен выпуск запчастей, благодаря чему отрицательное отношение фермеров к этой машине было преодолено за несколько лет, и в Америке начался рост тракторной промышленности. В 1920 году в США было продано уже около 200 тысяч тракторов различных конструкций. В 1912 году фирма «Холт» впервые начала выпуск гусеничных тракторов.

Вскоре трактор взял на себя приблизительно 80-90% всех пахотных работ на ферме. Помимо этого тракторный двигатель использовался для приведения в действие различных сельскохозяйственных машин (для этого он снабжался специальным шкивом). К нему могли подключаться молотилки, косилки, мельницы, лесопилки, маслобойки, соломорезки и другие вспомогательные механизмы. Трактор также брал на себя около половины работ, связанных с уборкой урожая. В дальнейшем благодаря созданию различных прицепных машин сфера применения трактора расширилась в несколько раз.

71. АЭРОПЛАН

Идея авиации — одна из самых древних в истории человечества. В мифах, преданиях, исторических хрониках можно найти свидетельства о множестве предпринятых в разные века попытках человека осуществить свою давнюю мечту подняться в воздух и лететь подобно птице. Но все это были дилетантские предприятия, в которых видно больше энтузиазма, чем расчета, и потому они неизменно кончались неудачей. Только в последней четверти XIX века появились первые свидетельства того, что полет на аппаратах тяжелее воздуха может когда-нибудь стать реальностью. Почему же это искусство так долго оставалось для человека недостижимой мечтой? Дело в том, что в отличие от аэростата аэроплан не плывет по воздуху, а опирается на него при полете, подчиняясь сложным аэродинамическим законам.

Правильное объяснение феномена полета было дано уже в XVIII-XIX веках, но наука об искусстве летать — аэродинамика — возникла только в первые десятилетия XX века. Отчего птицы, хотя они и тяжелее воздуха, не падают на землю? Дело в том, что в воздухе на нижнюю поверхность их крыльев оказывает действие так называемая подъемная сила, которая превосходит силу тяжести, действующую в противоположном направлении. Откуда берется эта сила, объяснил еще в первой половине XVIII века известный математик и физик Бернулли. В 1738 году в своем капитальном труде «Гидродинамика» он вывел закон, носящий теперь его имя. Суть закона Бернулли (сформулированного им для жидкостей, но справедливого также для газов) заключается в том, что с увеличением скорости потока давление его на стенки сосуда уменьшается. Действие закона Бернулли очень легко наблюдать на опыте Возьмем, например, листок бумаги и будем дуть на него — дальний край листка немедленно поднимется вверх, словно что-то толкает его снизу. Это «что-то» и есть уже упомянутая подъемная сила. Она возникла вследствие того, что воздух над поверхностью листка движется много быстрее того, что находится под ним. Следовательно, давление на лист сверху оказывается заметно меньше того атмосферного давления, что давит на него снизу. Если подъемная сила больше силы тяжести, листок поднимается.

Однако ситуацию нашего опыта не так легко повторить в реальной обстановке. Чтобы приподнять край листка, мы намеренно обдували его так, как нам это было удобно. А как заставить подняться вверх какой-нибудь крылатый аппарат, который находится в реальном воздушном потоке? Очевидно, крыло этого аппарата должно быть не плоским, как лист, а иметь такую форму, чтобы скорость обтекания его сверху и снизу была неодинаковой — снизу медленнее, чем сверху. Тогда давление на

поверхность крыла сверху будет меньше, чем снизу. Подъемную силу можно регулировать, изменяя угол атаки крыла (так называется угол между плоскостью крыла и потоком воздуха). Чем больше угол атаки — тем больше подъемная сила.

Но взлететь мало — надо уметь удержать аэроплан в воздухе. Ведь подъемная сила сохраняется лишь до тех пор, пока несущая поверхность крыла правильно ориентирована относительно воздушного потока. Нарушится ориентация — пропадет подъемная сила, и аэроплан рухнет на землю, словно провалится в яму. Устойчивость — эта главная проблема для любого летающего аппарата тяжелее воздуха. Если он не имеет механизма, обеспечивающего устойчивость, то превращается в игрушку коварного ветра. Опасности подстерегают такую машину на каждом шагу. Любой порыв ветра или неверный маневр пилота может привести к тому, что аэроплан завалится на бок или нос, перевернется и упадет.

К счастью, первые авиаторы имели хотя и смутное, но верное представление об ожидающих их опасностях и сумели до некоторой степени приготовиться к ним. Первый шаг в небо был сделан с помощью моделей. Прямыми предшественниками всех современных самолетов следует, видимо, считать игрушечные аэропланы Пено, которые он строил с 1871 года и запускал с помощью резиновых моторчиков. При весе в несколько граммов они летали по несколько десятков секунд. Эти модели, можно сказать, были первым зримым доказательством того, что аппараты тяжелее воздуха вообще способны летать. В 1872 году Пено пришел к чрезвычайно важному выводу, что для устойчивого полета аэроплана ему необходимо хвостовое оперение. Вскоре ему удалось придать своим аппаратам хорошую устойчивость относительно всех трех осей.

Впрочем, это было только начало. Прошло тридцать лет, прежде чем удалось создать самолет, способный поднять в небо человека. В конце XIX века в разных странах было сделано несколько попыток сооружения больших аэропланов с мощными двигателями. В 1894 году огромный самолет с размахом крыльев) 31, 5 м и весом около 3, 5 т попытался поднять в воздух известный изобретатель Хайрам Максим. Но при первой же попытке машина разбилась. Максим, потративший на свой опыт 20 тысяч фунтов стерлингов, более не возвращался к сооружению самолетов. Известный американский астроном Самюэль Лэнгли, получив от правительства США 50 тысяч долларов, в начале 1900-х годов построил несколько больших летательных аппаратов, которые неизменно разбивались при каждой попытке подняться в воздух. Во Франции подобными экспериментами и с тем же успехом занимался в конце 90-х годов инженер Клеман Адер. Истратив на его аппараты около 500 тысяч франков, французское правительства отказало изобретателю в дальнейших субсидиях.

В целом путь, избранный Максимом, Лэнгли, Адером, а также некоторыми другими изобретателями, оказался тупиковым. Развитие авиации пошло по другой дороге, которую указал немецкий изобретатель Отто Лилиенталь. В то время как другие уделяли все свое внимание «моторному полету», Лилиенталь поставил перед собой другую цель — постигнуть прежде всего секрет безмоторного парящего полета. Вместо дорогостоящих машин он строил легкие планеры и упорно работал над их

совершенствованием. Кажется, идея планера это первое, о чем должны были подумать авиаторы, но в действительности все было по-другому. Вплоть до XIX века изобретатели при своих попытках оторваться от земли подражали гребному полету птицы. Из-за этого упорного старания следовать природе человек сравнительно поздно освоил планирующий полет. Между тем технические возможности для осуществления такого полета имелись уже в древности. Общее заблуждение состояло в том, что для полета, кроме крыльев, предполагали еще и наличие какой-то механической силы. Именно на этом пункте и сосредоточивались все усилия изобретателей.

Впервые внимание к парящему полету привлекла моментальная фотография. Известный немецкий фотограф Оттомар Аншютц, о котором уже говорилось в одной из предыдущих глав, сделал серию снимков полета аиста. Говорят, эти снимки попали в 1890 году на глаза Отто Лилиенталю и подтолкнули его к мысли построить планер. Действительно, фотографии Аншютца неоспоримо свидетельствовали, что в воздухе возможен такой полет, при котором работа, необходимая для передвижения и подъема летательного аппарата, осуществляется не им самим, а воздухом. Несколько фотографий изображали парящих аистов, которых поднимал вверх порыв ветра.

Первый планер Лилиенталя состоял из ивового, обтянутого материей каркаса, образующего округлые, вогнутые наподобие птичьих крылья в два яруса с небольшим хвостом сзади. Весь аппарат весил всего 20 кг. Лилиенталь подвешивался к нему, продев руки в два прикрепленных под крыльями ремня, и сбегал с холма навстречу ветру. Сначала он держал крылья наклоненными передним краем вниз, а затем подставлял ветру нижнюю их поверхность и, поднимая крылья, скользил по восходящему потоку. Равновесие поддерживалось балансированием тела вперед, назад и в сторону. Первоначально полеты были очень короткие — метров на 15 и производились с небольшого песчаного холма. Потом они стали более продолжительными и происходили с холма высотой 30 м. С 1891 по 1896 год Лилиенталь совершил более 2000 удачных скользящих полетов. В конце концов он мог пролетать более 100 м, находясь в воздухе до 30 секунд. Таким образом, Лилиенталь первый доказал возможность планирующего полета и первый правильно подошел к изучению аэродинамических сил, воздействующих на крыло. Эксперименты Лилиенталя привлекли к себе внимание во многих странах. Вскоре у него появились последователи. Но в августе 1896 года, во время одного из своих полетов, подхваченный резким порывом ветра, Лилиенталь упал с высоты 15 м и сломал позвоночник. В тот же день он умер.

В дальнейшем большое влияние на развитие летательных аппаратов оказали опыты американца Октава Шанюта. Первые его планеры были построены по образцу планеров Лилиенталя. Затем Шанют стал вносить в них различные изменения и в конце концов создал биплан с ровным крылом. Он также уделил большое внимание оформлению хвостового оперения, поместив там подвижные рули высоты и направления. Этот планер стал этапной конструкцией в истории авиации. Простой, рациональный, легкий, но в то же время прочный, он был лучшим летательным аппаратом своего времени. Наиболее яркая его особенность

— конструкция крыла с горизонтальными очертаниями — стала в дальнейшем общепринятой. Шанют был первым, кто перестал рабски подражать форме птичьего крыла. Однако выравнивание планера оставалось таким же, как и у Лилиенталя — пилот повисал снизу на ремнях и, балансируя своим телом, поддерживал устойчивость аппарата. Однако и Шанют оставался в небе редким гостем. Длительность его полетов исчислялась секундами, а дальность — десятками метров.

Искусство полета в подлинном смысле этого слова впервые в истории освоили братья Уилбер и Орвилл Райт, владельцы велосипедной мастерской в небольшом американском городке Дейтоне. Они приступили к своим опытам в то время, когда в авиации установился глухой период затишья: летательные машины Адера и Максима, стоившие огромных денег, не полетели, смелый планерист Лилиенталь разбился. Ближайшей целью, которую поставили перед собой Райт, было добиться устойчивого и управляемого полета. В 1899 году они сделали свое первое (и как оказалось в дальнейшем, самое замечательное) открытие — они установили, что для обеспечения поперечной устойчивости аэроплана необходимо перекашивать концы его крыльев. Мысль эта пришла Уилберу Райту. Однажды, сгибая картонную коробку, он неожиданно подумал, что таким же образом можно изгибать концы крыльев аэроплана — одно вверх, другое вниз — и тем самым избавить его от заваливания в боковую сторону. После этого Райт стали продумывать устройство своего первого планера и выбрали схему, созданную Шанютом — биплан с двумя поддерживающими поверхностями, расположенными одна под другой.

Свой первый планер братья построили в 1900 году. Он точно воспроизводил аппараты Шанюта и только по своим размерам сильно превосходил их. Но были и некоторые отличия. Райт отказались от хвостового оперения, которое, по их словам, «скорее являлось источником неприятности, чем помощи». Они отказались также от регулирования устойчивости путем перемещения центра тяжести и снабдили свой аппарат настоящими рулями. Впереди планера они поместили горизонтальную поверхность — так называемый «руль высоты». Уклоняя эту поверхность вверх и вниз, можно было выравнивать все колебания аппарата в направлении полета (продольная устойчивость). Поперечная устойчивость обеспечивалась за счет перекашивания крыльев. Это был первый в истории планер, уверенно слушавшийся руля. Он прекрасно выдержал испытания — не только легко взмывал в воздух, но и поднимал человека. Пилот не подвешивался здесь на ремнях снизу аппарата, как это бывало прежде у других конструкторов, а лежал как на салазках. В 1901 году Райт построили второй планер по образцу первого, но только больших размеров.

Опробуя эти аппараты, они убедились, что им сильно не хватает теоретических знаний по аэродинамике. Впрочем, в то время эта наука находилась в самом зачаточном состоянии. Собрав все книги, посвященные описанию полета тел, какие они только смогли достать, Райт убедились, что не далеко смогут улететь на таком багаже. Недостающие таблицы они решили составить самостоятельно. Измерение сил сопротивления движущихся в воздухе тел можно производить двумя способами: или передвигать тело с определенной скоростью по спокойному воздуху, или обдувать неподвижное тело, направляя на него с определенной скоростью

воздух. Лэнгли и Максим производили свои опыты исключительно первым способом, вращая предметы или модели рукой по воздуху. При этом способе очень трудно было измерить, под каким углом находилась вращаемая плоскость или модель в тот или иной момент. Кроме того, результаты испытаний искажались влиянием центробежной силы. Неудивительно, что они были противоречивыми и неточными. Райт избрали второй способ. В том же году они соорудили «ветряной туннель» — аэродинамическую трубу, в которую воздух нагнетался с помощью вентилятора. Для своего времени это было замечательное изобретение, которое сразу дало им огромное преимущество перед другими конструкторами и быстро продвинуло их к цели. В своей трубе братья испытали более 200 моделей, различных по форме профилей. Они изготовлялись из листового железа, чтобы их можно было изгибать различным образом. Такое систематическое измерение величин сопротивлений различных поверхностей и профилей крыльев при различных углах атаки в аэродинамической трубе никогда раньше до братьев Райт не производилось. Неудивительно, что и результаты этих упорных систематических опытов были решающими для их дальнейших успехов.

Главным результатом всех этих экспериментов стало определение так называемого центра давления, то есть равнодействующей всех сил давления на крыло при различных углах атаки. Значение положения равнодействующей, или центра давления, совершенно необходимо при конструировании аэропланов и при расчете их устойчивости. Другим важным результатом было определение подъемной силы крыльев и силы лобового сопротивления при разной скорости. Результаты своих исследований братья систематизировали в особых таблицах, которые потом служили для них карманным справочником. После этого, уже с учетом аэродинамических изысканий, они взялись за конструирование нового планера.

Третий планер 1902 года, в отличие от двух первых, имел вертикальный хвост. Пилот ложился здесь в особую колыбель между разрезом нижней плоскости и, приподнявшись на локтях, управлял руками передним рулем высоты, а движением тела вбок скашивал проволочными тросами концы крыльев. Запуская планер, два человека сбегали с ним с высокой горы против ветра.

Хвост был устроен вследствие того, что два предыдущих планера имели склонность к вращению вокруг горизонтальной оси и могли перевернуться во время перекашивания крыльев. Райт поняли, что одним только перекашиванием крыльев невозможно добиться хорошей управляемости планера. Сначала вертикальный руль был неподвижным, но потом, когда обнаружилось, что планер перестает слушаться руля при наклоне вбок, Орвилл Райт предложил сделать вертикальный руль подвижным. Тогда, поворачивая его в сторону противоположного крыла, можно было восстанавливать поперечное равновесие. Тем самым должна была компенсироваться разница в сопротивлении опущенного и поднятого крыльев. Уилбер согласился с братом и дополнил его идею существенным улучшением: раз вертикальный руль необходимо поворачивать в тот момент, когда перекашиваются концы крыльев, то лучше соединить руль и

крылья проволочными тросами, чтобы действовать на них одновременно. После этого движением одного рычага стало возможно управлять поперечной устойчивостью. Таким образом, впервые в истории авиации братья Райт применили подвижный вертикальный руль. Это было их второе замечательное открытие на пути овладения воздушной стихией.

Когда Райт было нужно сделать поворот влево, он поворачивал поворотный рычаг; одновременно с этим посредством проволочных тяг задние кромки правого крыла (то есть снаружи виража) опускались. Тем самым правое крыло, загнутое до некоторой степени круче и загребающее больше воздуха, направлялось вверх. Одновременно левое крыло внутри виража опускалось вниз. В результате аэроплан в целом накренялся внутрь кривой. Правый рулевой рычаг a, служивший для поворота, обладал двойным движением. Направляя его вперед (нажимая от себя), пилот действовал на двуплечий рычаг K таким образом, что рулевые тяги тип перекладывали поворотный руль влево. Обратное оттягивание этого рулевого рычага (на себя) вызывало перекладывание руля вправо. С другой стороны, отклонение рычага a влево сообщало то же движение стержню C, перекашивая крылья посредством тяги e: правое — вниз, левое — вверх. Перекашивание несущих поверхностей путем уклонения рычага вправо и влево могло совершаться как независимо от перекашивания руля направления (посредством движения рычага вперед и назад), так и совместно с ним.

Перекашивание несущих поверхностей способствовало также сохранению боковой устойчивости при порывах ветра. Когда порыв ветра наклонял аэроплан в одну сторону, пилот немедленно подбирал круче опустившееся крыло, уменьшая одновременно угол встречи (угол несущей поверхности к направлению движения; чем он больше, тем больше сопротивление, а значит, и подъемная сила) в поднятом крыле. Таким образом, аэроплан выправлял крен, парируя порыв ветра. Для такого противодействия ветру требовалось только движение рычага a вправо или влево.

Подобное превращение крыльев из плоскости в винтообразную поверхность имело, правда, нежелательное последствие — весь планер при этом несколько поворачивался вокруг своей оси, подобно тому, как воздушный винт начинает вращаться при поступательном движении. С целью уравнять это нежелательное вращение применялись передние вертикальные серповидные поверхности v и w, укрепленные между поверхностями руля высоты, которые вращались в направлении обратном движению поворотного руля.

Второй рулевой рычаг управлял высотой полета. При отжимании его вперед рулевые поверхности становились площе, и планер опускал свой нос вниз.

Испытание планера с заново установленным вертикальным рулем сразу дало хорошие результаты. Планер хорошо слушался руля и парил в воздухе иногда по целой минуте. В то время никто в мире не мог похвастаться такими прекрасными результатами. Можно сказать, что уже тогда планер братьев Райт был самым совершенным летательным аппаратом на Земле. Он обладал уже всеми отличительными чертами аэроплана: у него было два аэродинамически правильно рассчитанных

крыла, горизонтальный руль высоты спереди и вертикальный руль направления сзади, перекашивание концов крыльев для поперечной устойчивости (элероны). Планер был вполне управляем — поднимался вверх и опускался вниз, поворачивал направо и налево, не теряя устойчивости. Для того чтобы стать аэропланом, планеру не хватало только одного — мотора с пропеллером.

К созданию его Райт приступили в начале 1903 года. Они рассчитали, что для полета им необходим очень легкий и небольшой бензиновый двигатель с мощностью не менее 8 л.с. Несмотря на все усилия им не удалось купить готовый двигатель. Тогда они решили изготовить его сами и засели за расчеты. Вскоре был готов проект четырехцилиндрового двигателя весом около 90 кг с водяным охлаждением и электрическим зажиганием. Алюминиевый корпус был сделан в местной кузнице. Все остальные детали братья изготовили сами в своей мастерской. Несмотря на то что эта работа была для них совершенно в новинку, сразу после сборки двигатель заработал, и братья увидели в этом залог будущего успеха. Другая проблема заключалась в изготовлении пропеллеров. Разумеется, никаких теоретических расчетов для воздушного винта тогда не существовало. После долгих опытов и горячих споров Райт сделали два деревянных винта из кусков канадской сосны. Каждый имел по две лопасти и насаживался на железную ось. Вращались они навстречу друг другу и помещались позади (а не впереди, как это было принято позже) каждого крыла. Передача осуществлялась с помощью цепей. Когда двигатель, пропеллеры и передача были готовы, Райт приступили к строительству самого аэроплана. Конструкция его была точно такой же, как и у планера 1902 года, но он был сделан более прочным. Пилот, как и прежде, находился в лежачем положении.

Испытания первого аэроплана были проведены на берегу океана в Кити Хок (где братья испытывали все свои планеры). Здесь 14 декабря 1903 года Уилбер Райт совершил первый моторный полет — он продолжался 3, 5 секунды. Пролетев 32 м, аэроплан упал. После нескольких попыток 17 декабря Уилбер совершил более продолжительный полет: аэроплан находился в воздухе 59 секунд и пролетел 260 м. Из-за сильных ветров дальнейшие полеты в этом году пришлось прекратить. Братья вернулись в Дейтон очень довольные достигнутыми результатами. На первый взгляд полет, продолжавшийся всего 59 секунд, может показаться ничтожным достижением, но для того времени это была огромная победа. До братьев Райт еще ни один аппарат тяжелее воздуха не смог не то что пролететь сотню-другую метров, но и просто подняться в воздух.

Райт стали немедленно строить второй аэроплан, который был закончен в апреле 1904 года, и изготовили для него новый мотор в 16 л.с. Испытания аэроплана провели прямо в Дейтоне, используя в качестве аэродрома большое пастбище. Для подъема в воздух они придумали специальное устройство, представлявшее собой вышку, к вершине которой подвешивался груз весом около полутонны. Груз с помощью тросов соединялся с самолетом и во время своего падения создавал усилие, ускоряющее взлет. Братья учились летать, соблюдая исключительную осторожность. Как и поначалу, осваивая планер, они делали множество

взлетов и посадок. При малейшем подозрении на опасность они сажали машину на поле. Полеты долгое время проходили по кругу на небольшой высоте (около 3 м). Постепенно длительность полета возрастала. В ноябре аэроплан уже мог продержаться в воздухе около 5 минут и пролетал до 5 км. Зимой 1905 года был построен третий аэроплан с 20-сильным двигателем. Осенью, освоив все секреты управления, Райт приступили к длительным полетам. 5 октября аэроплан находился в воздухе до тех пор, пока не кончился бензин — 38 минут, и налетал за это время по кругу 39км.

Однако эти рекорды не получили в США никакой оценки и остались почти неизвестны. Более того — все попытки изобретателей заинтересовать правительство своим аэропланом остались безуспешны. Объясняется это, впрочем, очень просто — внимание всех журналистов и чиновников было обращено в это время на опыты Лэнгли. После того как Лэнгли постигла полная неудача, создание аэроплана казалось несбыточной мечтой. Сообщения о том, что два механика-самоучки собрали из подручных средств летательный аппарат, способный десятки минут находиться в воздухе, казались полным бредом. Выдача патента тоже затянулась на несколько лет. Только весной 1906 года после долгих проволочек патент был наконец получен. Между тем постройка аэропланов оказалась непосильным бременем для мастерской Райт. В 1905 году они были вынуждены из-за финансовых затруднений прекратить свои полеты. Три года никто не вспоминал об их изобретении. Только в 1907 году шумиха, поднятая во Франции слухами об их успехах, обратила наконец на них внимание местных чиновников. В том же году они получили заказ на летательный аппарат от военного министерства США, которое выплатило им за это 100 тысяч долларов.

В аэроплане 1908 года было уже два сидячих места для пилота и пассажира. В связи с этим были переделаны рычаги управления. В том же году новый аэроплан демонстрировался во Франции и произвел настоящий фурор в Европе. Уилбер Райт шутя побил на нем все рекорды, которые успели установить к этому времени французские летчики и конструкторы. 21 октября он установил абсолютный рекорд, продержавшись в воздухе целых 1, 5 часа, а 31 декабря побил его с результатом 2 часа 20 минут. Это было временем триумфа Райт. Каждый их полет собирал тысячи зрителей. Затаив дыхание, люди готовы были часами следить за аэропланом, который описывал над полем один правильный круг за другим. Самые известные люди желали познакомиться с братьями. Заказы на аэропланы сыпались на них со всех сторон. В Нью-Йорке была основана самолетостроительная компания «Райт» с капиталом в 1 миллион долларов. Уилбер Райт был избран ее председателем. Первую фабрику по производству аэропланов построили в Дейтоне.

Но влияние конструкторских идей Райт на европейском континенте оказалось не столь значительным, как можно было ожидать поначалу. Хотя «райты» и получили в первое время некоторое распространение, схема их устройства вскоре была признана недостаточно совершенной. Требовалось большое искусство, чтобы управлять ими. Из-за отсутствия хвоста эти аэропланы имели опасную тенденцию «клевать носом». Несколько катастроф 1909 года на «райтах» наглядно показали это. Причина их была очевидна — самолеты Райт не имели того самого «хвоста Пено», которым

обязательно снабжали свои машины французские авиаконструкторы. Роль этого хвоста играл в райтовском аэроплане передний руль высоты, управляемый от руки. Поэтому малейшее опоздание в действии этим рулем или неисправность в самом руле и приводах к нему всегда грозили потерей равновесия и катастрофой, тогда как «хвост Пено» действовал в этих случаях автоматически.

К тому времени, когда Райты появились во Франции, здесь уже существовала сложившаяся авиационная школа — было построено несколько десятков самолетов и установлено несколько громких рекордов. Правда, летать по-настоящему эти машины еще не могли и скорее совершали длинные прыжки. Для того чтобы стать совершенными летательными аппаратами европейским аэропланам не хватало двух вещей — устройства для перекашивания крыльев и совершенного по форме пропеллера. Наибольшего успеха достиг французский конструктор Вуазен. Построенный им в 1907 году по заказу автогонщика Фармана аэроплан «Фарман-1» до появления братьев Райт считался наилучшим. На этом самолете Фарман установил в том же году рекорд дальности полета — 771 м и впервые сумел выполнить полет по кругу. Биплан Фармана в отличие от аэроплана братьев Райт имел хвостовые поверхности для продольной устойчивости по системе Пено. Хвост значительно облегчал управление аэропланом. Кроме того, самолет Фармана был снабжен шасси, с помощью которого делал разбег против ветра.

После того как французы заимствовали у Райт систему перекашивания крыльев и форму винта, их самолеты стали по всем показателям превосходить своих заокеанских собратьев. Это сделалось очевидным уже на международных состязаниях 1909 года. Вообще этот год стал годом всеобщего триумфа аэропланов. Выдающийся французский авиатор Блерио на своем аэроплане «Блерио-11» совершил перелет через Ла-Манш. Тогда же Фарман создал свой замечательный аэроплан «Фарман-3» — прочный, устойчивый, послушный в управлении. Этот самолет стал основной учебной машиной того времени — тысячи летчиков из многих стран прошли на нем курс обучения — и одним из первых аэропланов, который стал выпускаться серийно.

72. БУТЫЛОЧНЫЙ АВТОМАТ

Стекольное производство оставалось одной из тех областей промышленности, которая вплоть до начала XX века не была затронута механизацией. Изготовление стеклянных изделий, в частности бутылок, оставалось ручным и всецело зависело от мастерства и опыта стеклодува. Выдувание осуществлялось при помощи железной трубки длиной от 1 до 1, 5 м. Один конец трубки слегка расширялся конусом и служил для набирания стекла, противоположный (сосок) был закруглен. Его брали в рот для вдувания. Около одной трети трубки для предохранения рук от жара закрывалось деревянной оправой. Перед набором расплавленной стеклянной массы конусообразный конец трубки тщательно очищали и нагревали в огне печи. Окунув затем нагретый конец в расплавленное стекло, несколько раз поворачивали трубку, при этом масса легко приставала к ней и наворачивалась в вида кома. Остуживанием наборки при вращении трубки стекло доводилось до такой густоты, при которой возможно было сглаживание его формы. Затем сосок брали в рот, и с силой

вдувая воздух через трубку, получали на другом конце ровный пузырь с желаемой толщиной стенок.

Разделка бутылки начиналась с баночки, которая превращалась в пульку посредством выдувания и одновременного оттягивания железной рогаткой в форме У (фулязкой). Для придания удлиненной формы пульку разогревали в огне печи, потом делали трубкой большой и довольно сильный размах по кругу сверху вниз, отчего пулька вытягивалась и принимала нужную форму. Затем она вкладывалась в деревянную или чугунную форму, которую плотно закрывали. При этом мастер сильно дул в бутылку, чтобы раздать еще мягкое стекло до полного приставания к стенкам формы. Последним отделывали горло бутылки: захватывали ее железными клещами с закругленными концами, освобождали горлышко от трубки, разогревали его и при помощи отделочных ножниц, имевших на концах соответствующие величине горлышка выступы, делали на горлышке утолщения прибавкою стекла.

Многочисленные попытки механизировать этот сложный производственный процесс оказались безуспешными. Положение кардинально изменилось только в 1905 году, когда американец Майкл Оуэнс взял патент на шестирукавную вакуумную машину — первый в истории бутылочный стеклодувный автомат.

Машина Оуэнса состояла из двух частей: самой машины и чаши с расплавленной до полужидкого состояния стекломассой. Машина и чаша вращались с помощью электродвигателей вокруг своих осей в разные стороны. Как и при ручном производстве выделка бутылки включала в себя несколько последовательных операций, но все они выполнялись автоматически. Набор нужной порции стекла осуществлялся с помощью специальных вакуумных головок (внутри них создавалось разряженное состояние). Машина имела по своей окружности шесть вакуумных наборных головок, на каждую из которых была надета черновая форма. Окончательная отделка происходила в чистовых формах. Их тоже было шесть. Всякий раз, когда было необходимо всосать очередную порцию стекломассы, машина опускалась; при этом наборная головка погружалась в расплавленное стекло. Это происходило шесть раз за один оборот машины, так что все вакуумные головки делали по одному всасыванию. При поднимании машины автоматический нож отрезал тянущийся за наборной головкой жгут стекломассы, который падал обратно во вращающуюся чашу.

Сначала Оуэнс, как и другие изобретатели, думал обойтись без вращающейся чаши и пытался брать стекло непосредственно из печи. Однако в результате погружения относительно холодной черновой формы и обратного падения в ванну холодного жгута стекломасса в месте всасывания значительно охлаждалась. Поэтому всасывать с него новую порцию было уже невозможно. Чтобы обойти эту трудность, Оуэнс добавил к своей конструкции вращающуюся чашу, которая представляла собой наполненный расплавленным стеклом и постоянно согреваемый резервуар. Таким путем удавалось постоянно подводить к черновым формам машины новый нетронутый участок поверхности стекломассы. Места, охлажденные погружением форм, нагревались благодаря отоплению вращающейся чаши, а также за счет отбора тепла от окружающей и притекающей свежей

стекломассы.

Следующими рабочими операциями были предварительное выдувание, передача пульки, окончательное выдувание и съем изделия с машины.

Первая машина могла производить 10-20 (в зависимости от веса) бутылок в минуту. Но это был не предел. Работа замедлялась из-за того, что приходилось раскачивать тяжелый корпус машины. В более поздних конструкциях (с 1911 года — в десятирукавной машине) Оуэнс перешел к опусканию для всасывания лишь отдельных рукавов (секций) с наборными головками (всасывающими формами). Благодаря этому вращение машины стало более спокойным, и значительно снизилась потребляемая ею мощность. Кроме того, были исключены толчки, и стало возможным повышение скорости, так что в поздних моделях производительность доходила до 90 бутылок в минуту.

Бутылочный автомат Оуэнса произвел настоящий переворот в стеклодувном деле, быть может, самый значительный за всю пятитысячелетнюю историю стеклоделия. Однако внедрение этой машины натолкнулось на значительные трудности. В 1908 года немецкий союз фабрикантов бутылочного производства купил у Оуэнса его патент за 12 миллионов марок. Это, впрочем, было сделано не для того, чтобы начать применение его машины, а как раз с противоположной целью — воспрепятствовать механизации отрасли. Ручное производство бутылок было чрезвычайно выгодно союзу, так как позволяло ему поддерживать монопольные высокие цены на этот вид продукции. Однако замысел фабрикантов не прошел — вскоре бутылочные автоматы появились на многих стекольных заводах. В США образовался концерн «Либби — Оуэнс — Форд гласс», который вскоре стал контролировать производство бутылок в Америке и многих странах Европы.

73. ПОДВОДНАЯ ЛОДКА

Создание подводной лодки — замечательное достижение человеческого разума и значительное событие в истории военной техники. Подводный корабль, как известно, обладает способностью действовать скрытно, невидимо, а следовательно, внезапно. Скрытность достигается, прежде всего, способностью погружаться, плавать на определенной глубине, не выдавая своего присутствия, и неожиданно наносить удары противнику.

Как и всякое физическое тело, подводная лодка подчиняется закону Архимеда, который гласит, что на всякое тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вверх и равная весу вытесненной телом жидкости. Можно для упрощения сформулировать этот закон так: «Тело, погруженное в воду, теряет в своем весе столько же, сколько весит вытесненный телом объем воды». Именно на этом законе основано одно из главных свойств любого корабля — его плавучесть, то есть способность удерживаться на поверхности воды. Это возможно тогда, когда вес воды, вытесненной погруженной в воду частью корпуса, равен весу судна. При таком положении корабль обладает положительной плавучестью. Если же вес вытесненной воды меньше веса корабля, то корабль будет тонуть. В этом случае считают, что корабль обладает отрицательной плавучестью.

Для подводной лодки плавучесть определяется ее способностью находиться как в подводном, так и в надводном положении. Очевидно, лодка будет находиться на поверхности, если она имеет положительную плавучесть. Получая отрицательную плавучесть, лодка будет погружаться, пока не ляжет на дно. Чтобы она не стремилась ни всплыть, ни тонуть, необходимо уравнять вес подводной лодки и вес вытесняемого ею объема воды. В этом случае лодка без хода займет в воде неустойчивое безразличное положение и будет «висеть» на любой глубине. Это значит, что лодка получила нулевую плавучесть.

Чтобы подводная лодка могла погружаться, всплывать или держаться под водой, она должна обладать способностью менять свою плавучесть. Это достигается очень простым способом — принятием на лодку водяного балласта: специальные цистерны, устроенные в корпусе лодки, то заполняются забортной водой, то вновь опорожняются. При их полном заполнении лодка обретает нулевую плавучесть. Чтобы подводная лодка всплыла, надо освободить цистерны от воды.

Однако регулировка погружения с помощью цистерн никогда не может быть точной. Маневрирование в вертикальной плоскости достигается при помощи перекладки горизонтальных рулей. Как самолет в воздухе способен менять высоту полета при помощи рулей высоты, так и подлодка действует горизонтальными рулями или рулями глубины, не меняя плавучести. Если передняя кромка пера руля выше задней, набегающий поток воды будет создавать подъемную силу, направленную вверх. И наоборот, если передняя кромка руля ниже задней, встречный поток будет давить на рабочую поверхность пера сверху вниз. Изменение направления движения подлодки в горизонтальном положении производится у подлодок, как и у надводных кораблей,, изменением угла поворота вертикального руля.

Первой подводной лодкой, получившей практическое применение, была «Тартю» («Черепаха») французского изобретателя Бюшнеля, построенная в 1776 году в США. Несмотря на свою примитивность она имела уже все элементы настоящей подводной лодки. Яйцеобразный корпус диаметром около 2, 5 м был изготовлен из меди, а в нижней части покрыт слоем свинца. Экипаж лодки состоял из одного человека. Погружение достигалось путем наполнения балластной водой специального бака (а), находившегося в самом низу. Погружение регулировалось при помощи вертикального винта (в). Всплытие осуществлялось путем откачки балластной воды двумя насосами (б), которые также приводились в действие вручную. Движение по горизонтальной линии происходило при помощи горизонтального винта (г). Для изменения направления имелся руль (е), расположенный позади места человека (ж). Вооружение этого судна, предназначенного для военных целей, состояло из мины (з) весом в 70 кг, помещавшейся в особом ящике под рулем. В момент атаки «Тортю», погрузившись, старалась подойти под киль вражеского корабля. Там мина освобождалась из ящика и, поскольку ей была придана некоторая плавучесть, всплывала, ударялась о киль судна и взрывалась. Такова была в общих чертах первая подводная лодка, создатель которой получил в США почетное имя «отца подводной лодки». Лодка Бюшнеля прославилась

после удачной атаки, проведенной ею против английского 50-пушечного фрегата «Орел» в августе 1776 года во время войны США за независимость. В общем это было неплохое начало истории подводного флота. Следующие ее страницы были связаны уже с Европой.

В 1800 году американец Фултон построил во Франции подводную лодку «Наутилус». Она имела обтекаемую сигарообразную форму при длине 6, 5 м и диаметре 2 м. В остальном «Наутилус» по своей конструкции очень напоминал «Тартю». Погружение достигалось путем наполнения балластной камеры (а), находившейся в нижней части корабля. Источником движения в погруженном состоянии была сила команды, состоявшей из трех человек. Вращение рукоятки (б) передавалось на двухлопастный винт (в), который и обеспечивал лодке поступательное движение. Для движения на поверхности использовался парус (г), крепившийся на складной мачте. Скорость хода на поверхности составляла 5-7 км/ч, а в погруженном состоянии около 2, 5 км/ч. Вместо вертикального винта Бюшнеля Фултон впервые применил два горизонтальных руля, расположенных сзади корпуса, как и на современных подводных лодках. На борту «Наутилуса» имелся баллон со сжатым воздухом, позволявший находиться под водой в течение нескольких часов.

После нескольких предварительных испытаний судно Фултона спустилось по Сене до Гавра, где состоялся его первый выход в море. Испытания прошли удовлетворительно: в течение 5 часов лодка со всем экипажем находилась под водой на глубине 7 м. Неплохими были и другие показатели — расстояние в 450 м лодка преодолела под водой за 7 минут. В августе 1801 года Фултон продемонстрировал боевые возможности своего судна. Для этой цели на рейд был выведен старый бриг. «Наутилус» приблизился к нему под водой и взорвал при помощи мины. Впрочем, дальнейшая судьба «Наутилуса» не оправдала надежд, которые возлагались на него изобретателем. Во время перехода из Гавра в Шербур он был настигнут штормом и затонул. Все попытки Фултона построить новую подводную лодку (он предлагал свой проект не только французам, но и их врагам англичанам) не увенчались успехом.

Новый этап в развитии подводного корабля представляла собой подлодка «Подводник» Буржуа и Брюна, построенная в 1860 году. Своими размерами она значительно превосходила все подводные корабли, строившиеся до этого: длина 42, 5 м, ширина — 6 м, высота — 3 м, водоизмещение — 420 т. На этой лодке впервые был установлен мотор, работающий на сжатом воздухе, что позволяло ей в момент атаки развивать скорость около 9 км/ч на поверхности и 7 км/ч под водой. К другим особенностям этого корабля надо отнести его вооружение, более серьезное и практичное, чем у его предшественников. У «Подводника» мина укреплялась на конце стержня длиной в 10 м на носу корабля. Это давало серьезные преимущества, так как позволяло атаковать противника на ходу, что было совершенно невозможно для прежних лодок. Во-первых, подводному кораблю ввиду его невысокой скорости было трудно подойти под днище атакуемого корабля, а во-вторых, если бы это и удалось сделать, то за то время, которое необходимо для всплытия пущенной мины, противник успел бы уйти. «Подводник» имел возможность, идя наперерез двигавшемуся кораблю, ударить его в борт миной, подвешенной на конце

стержня. От удара мина должна была взорваться. Однако сам «Подводник», находившийся на безопасном расстоянии 10 м, не должен был пострадать. Для погружения своего корабля Буржуа и Брюн применили комбинацию из нескольких способов. Подлодка имела цистерны для балластной воды, вертикальный винт и два горизонтальных руля. На «Подводнике» также впервые была предусмотрена продувка цистерн сжатым воздухом, что значительно уменьшало время всплытия.

Впервые подлодки получили применение во время гражданской войны в США 1861-1865 годов. В это время на вооружении у южан находилось несколько подводных лодок «Давид». Эти лодки, правда, не погружались совершенно под воду — часть рубки выступала над поверхностью моря, но все же они могли скрытно подкрадываться к кораблям северян. Длина «Давида» составляла 20 м, ширина — 3 м. Лодка была оснащена паровым двигателем и рулем погружения, расположенным в передней части корпуса. В феврале 1864 года одна из таких подводных лодок под командованием лейтенанта Диксона пустила на дно корвет северян «Гузатаник», ударив его в борт своей миной. «Гузатаник» стал первой в истории жертвой подводной войны, а подводные лодки перестали после этого быть объектом чистого изобретательства и завоевали себе право на существование наравне с другими военными кораблями.

Следующим шагом в истории подводного кораблестроения стали лодки русского изобретателя Джевецкого. Первая модель, созданная им в 1879 году, имела педальный двигатель. Экипаж из четырех человек приводил во вращение винт. От ножного привода работали также водяной и пневматический насосы. Первый из них служил для очищения воздуха внутри судна. С его помощью воздух прогонялся через баллон с едким натрием, поглощавшим углекислый газ. Недостающее количество кислорода пополнялось из запасного баллона. С помощью водяного насоса откачивалась вода из балластных цистерн. Длина лодки была 4 м, ширина — 1, 5 м.

Лодка была снабжена перископом — устройством для наблюдения за поверхностью из подводного положения. Перископ простейшей конструкции представляет собой трубу, верхний конец которой выдвигался над поверхностью воды, а нижний находился внутри лодки. В трубе устанавливались два наклонных зеркала: одно у верхнего конца трубки, другое — у нижнего. Лучи света, отражаясь сначала от верхнего зеркала, попадали затем на нижнее и отражались от него в направление к глазу наблюдателя.

Вооружение лодки состояло из мины с особыми резиновыми присосками и запалом, воспламенявшимся током от гальванической батареи (мину прикрепляли к днищу стоявшего корабля; затем лодка отплывала, разматывая провод, на безопасное расстояние; в нужный момент цепь замыкалась, и происходил взрыв). На испытаниях лодка показала прекрасную маневренность. Она была первой серийной лодкой, взятой на вооружение русской армией (всего было изготовлено 50 таких лодок). В 1884 году Джевецкий впервые снабдил свою лодку электродвигателем, приводимым в действие от аккумулятора, который обеспечивал лодке движение в течение 10 часов со скоростью около 7 км/ч. Это было важное нововведение.

В том же году швед Норденфельд поставил на свою подлодку паровую машину. Перед погружением два котла наполнялись паром под высоким давлением, что позволяло подводному судну плыть четыре часа под водой со скоростью 7, 5 км/ч. Норденфельд также впервые установил на свою лодку торпеды. Торпеда (самодвижущаяся мина) представляла собой подводную лодку в миниатюре.

Первая самодвижущаяся мина была создана английским инженером Уайтхедом и его сотрудником австрийцем Люппи. Первые испытания прошли в городе Фиуме в 1864 году. Тогда мина прошла 650 м со скоростью 13 км/ч. Движение осуществлялось за счет пневматического двигателя, к которому поступал сжатый воздух из баллона. В дальнейшем, вплоть до Первой мировой войны конструкция торпед не претерпела больших изменений. Они имели сигарообразную форму. В передней части размещались детонатор и заряд. Далее — резервуар со сжатым воздухом, регулятор, двигатель, винт и руль.

Вооруженная торпедами подлодка сделалась исключительно грозным противником для всех надводных судов. Стрельба торпедами происходила с помощью торпедных аппаратов. Торпеда по рельсам подавалась к люку (а). Люк открывался, и торпеда закладывалась внутрь аппарата. После этого открывался наружный люк, и аппарат заполнялся водой. Сжатый воздух подавался из баллона (в) через соединение в ствол аппарата. Затем торпеда с работающим мотором, винтами и рулями выпускалась наружу. Внешний люк закрывался, и вода из него уходила по трубке (с).

В последующие годы подводные лодки стали снабжаться бензиновыми двигателями внутреннего сгорания для плавания в надводном положении и электродвигателями (с питанием от аккумулятора) для перемещения под водой. Подводные суда быстро совершенствовались. Они могли стремительно всплывать и исчезать под водой. Это достигалось за счет продуманной конструкции балластных цистерн, которые разделялись теперь по своему назначению на два основных вида: цистерны главного балласта и цистерны вспомогательного балласта. Первые цистерны предназначались для поглощения плавучести подводного корабля при переходе его из надводного положения в подводное (они делились на носовую, кормовую и среднюю). К цистернам вспомогательного балласта относились расположенные в противоположных оконечностях корпуса дифферентные цистерны (носовая и кормовая), уравнительная цистерна и цистерна быстрого погружения. Назначение у каждой из них было особое. С заполнением цистерны быстрого погружения подводная лодка обретала отрицательную плавучесть и стремительно уходила под воду. Дифферентные цистерны служили для выравнивания дифферента, то есть угла наклона корпуса подводного корабля и приведения его на «ровный киль». С их помощью можно было уравновесить нос и корму подлодки, так что корпус ее занимал строго горизонтальное положение. Такой подводный корабль мог легко управляться в подводном положении.

Важным событием для подводных кораблей стало изобретение судового дизеля. Дело в том, что плавать под водой с бензиновым мотором было очень опасно. Несмотря на все меры предосторожности, летучие пары

бензина скапливались внутри лодки и могли воспламениться от малейшей искры. Вследствие этого довольно часто происходили взрывы, сопровождавшиеся человеческими жертвами.

Первая в мире дизельная подводная лодка «Минога» была построена в России. Спроектировал ее Иван Бубнов — главный конструктор на балтийском судостроительном заводе. Проект дизельной лодки был разработан Бубновым в начале 1905 года. В следующем году приступили к строительству. Два дизеля для «Миноги», как уже упоминалось выше, изготовили на заводе Нобеля в Петербурге. Строительство «Миноги» сопровождалось несколькими диверсионными актами (в марте 1908 г. случился пожар в аккумуляторном отсеке, в октябре 1909 г. кто-то подсыпал наждак в подшипники главных двигателей). Однако найти виновных в этих преступлениях не удалось. Спуск на воду состоялся в 1908 году.

Энергетическая установка «Миноги» состояла из двух дизелей, электродвигателя и аккумуляторной батареи. Дизели и электродвигатель были установлены в одну линию и работали на один гребной винт. Все моторы соединялись с гребным валом с помощью разобщительных муфт, так что по желанию капитана вал мог быть подключен к одному-двум дизелям или электромотору. Один из дизелей мог соединяться с электродвигателем и приводить его во вращение. В этом случае электродвигатель работал как генератор и заряжал аккумуляторы. Батарея состояла из двух групп по 33 аккумулятора в каждой с коридором между ними для технического обслуживания.

Длина «Миноги» — 32 м. Скорость в надводном положении — около 20 км/ч, под водой — 8, 5 км/ч. Вооружение — два носовых торпедных аппарата.

74. КРЕКИНГ-ПРОЦЕСС

Нефть представляет собой маслянистую жидкость с характерным острым запахом и различным, в зависимости от места добычи, цветом. По своему химическому строению она является чрезвычайно сложной смесью различных химических соединений, прежде всего органических веществ — углеводородов. Углеводороды называются так потому, что представляют собой химические соединения простых элементов: углерода и водорода. Кроме них в состав нефти входят сера, азот, кислород и многие другие примеси (в том числе вода и песок). Несмотря на то что углеводороды включают в себя только два элемента, количество их огромно. Это объясняется тем, что углерод и водород могут соединяться между собой в самых различных сочетаниях и пропорциях. Поэтому свойства углеводородов очень различны, и их изучением занимается большой раздел химии — химия органических веществ.

Углеводороды могут быть жидкими, газообразными и твердыми. Одни из них легче воды и кипят при более низких температурах, другие тяжелее — и кипят при более высоких. Весьма различен у них удельный вес или плотность (напомним, что удельным весом называют число, показывающее, во сколько раз объем какого-либо вещества тяжелее или легче такого же объема воды, взятой при 4 градусах). Важнейшим свойством нефти и ее продуктов, на котором основана первичная перегонка нефти, является их способность испаряться. В состав нефти

входят такие углеводороды, которые начинают испаряться даже при обыкновенной температуре. Если нефть оставить стоять в открытом сосуде без подогрева более или менее продолжительное время, то часть ее испарится, а оставшаяся часть сделается плотнее и гуще.

Вследствие того, что в состав нефти входят различные углеводороды с различной температурой кипения, нефть не имеет постоянной точки кипения, как, например, вода. Если мы станем нагревать в сосуде воду, то заметим следующее явление: термометр, погруженный в воду, вначале будет показывать постоянное повышение температуры, но как только температура достигнет 100 градусов, повышение прекратится. И дальше, сколько бы мы ни нагревали сосуд, температура не будет расти, пока не испарится вся вода. Это объясняется однородностью воды, то есть тем, что вода состоит из одинаковых молекул.

Совершенно другую картину мы будем наблюдать при нагревании в сосуде нефти. В этом случае, сколько бы мы ни подводили тепло, рост температуры не остановится. Причем в начале нагревания будут испаряться самые легкие по удельному весу углеводороды, из смеси которых получается бензин, затем более тяжелые — образующие керосин, солярку и смазочные масла. На этом принципе была основана первичная перегонка нефти. До изобретения крекинга на крупных керосиновых заводах перегонка велась в больших перегонных кубах, в которые постоянно впускали в больших количествах перегретый водяной пар и одновременно подогревали нефть из топки под котлом, сжигая уголь или горючий газ. Проходя через нефть, пар увлекал за собой наиболее легкие из нефтяных соединений с низкой температурой кипения и небольшим удельным весом. Эта смесь керосина и бензина с водой направлялась затем в холодильник и отстаивалась. Поскольку продукты перегонки были намного легче воды, они легко отделялись от нее. Затем происходил слив. Сначала стекал верхний слой с удельной плотностью до 0, 77 — бензин, который направляли в отдельный бак. Потом сливали керосин, то есть более тяжелые углеводороды с плотностью до 0, 86. Полученный таким образом сырой керосин горел плохо. Требовалась его очистка. Для этого его сначала обрабатывали сильным (66%) раствором серной кислоты, а затем раствором едкого натра. В результате получался рафинированный керосин — совершенно бесцветный, не имевший резкого запаха и горевший ровным пламенем, без гари и копоти.

В состав нефти входят еще и такие тяжелые углеводороды, которые, прежде чем достичь своей точки кипения, начинают разлагаться, и чем более нагревать нефть, тем интенсивнее будет происходить разложение. Сущность этого явления сводится к тому, что из одной большой молекулы тяжелого углеводорода образуется несколько более мелких молекул с разной температурой кипения и разным удельным весом. Это разложение стали называть крекингом (от английского to crack — разламываться, раскалываться). Таким образом, под крекингом надо понимать разложение под влиянием высокой температуры (и не только температуры, разложение может наступать, к примеру, от высокого давления и по некоторым другим причинам) сложных и крупных частиц углеводородов на более простые и мелкие. Существенным отличием крекинг-процесса от первичной перегонки является то, что при крекинге

происходит химическое изменение ряда углеводородов, тогда как при первичной перегонке идет простое разделение отдельных частей, или, как говорят, фракций, нефти в зависимости от точек их кипения.

Явление разложения нефти было замечено давно, но при обыкновенной перегонке нефти такое разложение было нежелательным, поэтому здесь и использовался перегретый пар, который способствовал испарению нефти без разложения. Нефтеперерабатывающая промышленность прошла в своем развитии через несколько этапов. Вначале (с 60-х гг. XIX в. и вплоть до начала XX в.) переработка нефти носила ярко выраженный керосиновый характер, то есть основным продуктом нефтепереработки являлся керосин, который оставался в течение полувека основным источником света. На русских нефтеперерабатывающих заводах, к примеру, образующиеся в ходе перегонки более легкие фракции рассматривались как отходы: их сжигали в ямах или сбрасывали в водоемы.

Однако интенсивное развитие автомобильного транспорта расставило другие акценты. Если в США в 1913 году насчитывалось 1 млн 250 тыс. автомобилей, то в 1917 году — около 5 млн, 1918 году — 6, 25 млн, а в 1922 году — уже 12 млн. Бензин, который в XIX веке очень мало находил применения и являлся почти что ненужным отбросом, постепенно сделался главной целью перегонки. С 1900 по 1912 год мировое потребление бензина возросло в 115 раз. Между тем при перегонке даже богатой легкими фракциями нефти на бензин приходилось всего около 1/5 от общего объема выхода. Тогда и возникла идея подвергать тяжелые фракции, выделившиеся после первичной перегонки, крекингу и получать из них тем самым более легкие бензиновые фракции. Вскоре было установлено, что исходным сырьем для крекинга могут служить не только тяжелые фракции (солярка или мазут), но и сырая нефть. Оказалось также, что крекинг-бензин превосходит по качеству тот, что получен путем обычной перегонки, так как имеет в своем составе такие углеводороды, которые плавно сгорают в цилиндрах двигателя без взрывов (детонации). Двигатель, работающий на таком бензине, не стучит и служит дольше.

При жидкостном крекинге основными моментами, определяющими сущность всего процесса, являются: температура и время, в течение которого продукт находится под влиянием этой температуры. Нефть начинает разлагаться уже при 200 градусах. Далее, чем выше будет температура, тем интенсивнее идет разложение. Точно так же — чем дольше длится крекинг, тем больше выход легких фракций. Однако при слишком высокой температуре и большой длительности крекинга процесс идет совсем не так, как требуется — молекулы расщепляются не на равные части, а дробятся так, что с одной стороны получаются слишком легкие фракции, а с другой — слишком тяжелые. Или же вообще происходит полное разложение углеводородов на водород и углерод (кокс), что, конечно же, очень нежелательно.

Оптимальные условия для крекинга, дающие наибольший выход легких бензиновых фракций, были найдены в начале XX века английским химиком Бартоном. Еще в 1890 году Бартон занимался в Англии перегонкой под давлением русских тяжелых масел (мазута) для получения из них керосина, а в 1913 году он взял американский патент на первый в истории

способ получения бензина из тяжелых нефтяных фракций. Впервые крекинг-процесс по способу Бартона в промышленных условиях был осуществлен в 1916 году, а к 1920 году в производстве находилось уже более 800 его установок.

Наиболее благоприятная температура для крекинга — 425-475 градусов. Однако если просто нагревать сырую нефть до такой высокой температуры, большая часть ее испарится. Крекинг продуктов в парообразном состоянии был связан с некоторыми трудностями, поэтому целью Бартона было не дать нефти испаряться. Но как добиться такого состояния, чтобы при нагревании нефть не закипала? Это возможно, если проводить весь процесс под высоким давлением. Известно, что под большим давлением любая жидкость закипает при более высокой, чем при нормальных условиях, температуре, и эта температура тем выше, чем больше давление.

Установка имела следующее устройство. Работающий под давлением котел (1) находился над топкою (1а), снабженной дымогарной трубой (4). Котел изготавливался из хорошего прочного железа с толщиной стенок около 2 см и был тщательно проклепан. Поднимающаяся вверх труба (5) вела к водяному холодильнику (6), откуда трубопровод (7) шел к сборному резервуару (8). После того как продукт крекинга проходил через счетный аппарат для жидкостей (10), находившаяся на днище этого резервуара труба (9) разветвлялась на две боковые трубки (10а и 10в). Каждая боковая трубка снабжалась контрольным краном; одна из них вела к трубе 11, а другая к трубе 12.

В начале крекинга котел (1) наполняли мазутом. Благодаря теплу печи (1а) содержимое котла медленно нагревалось приблизительно до 130 градусов. При этом из мазута испарялись остатки содержащейся в нем воды. Сгущаясь в холодильнике (6), вода стекала потом в резервуар (8), из которого через трубу (21) спускалась в канаву (22). Одновременно из мазута выходил воздух и другие газы. Они также попадали через холодильник в резервуар (8) и по трубе (14а) отводились в трубопровод(16).

После того как мазут избавлялся от воды, растворенного в нем воздуха и газов, он был готов к крекингу. Топку усиливали, и температура в котле медленно повышалась до 345 градусов. При этом начиналось испарение легких углеводородов, которые даже в холодильнике оставались в газообразном состоянии. Они попадали в резервуар (8), а затем через трубу 14а (выходной кран которой был закрыт) в трубопровод (17), трубу (14) и обратно в резервуар (8). Так как эти легкие газообразные фракции не находили выхода, давление внутри установки начинало повышаться. Когда оно достигало 5 атм, легкие углеводороды уже не могли улетучиваться из главного котла. Эти сжатые газы поддерживали одинаковое давление в котле (1), холодильнике (6) и резервуаре (8). Между тем под влиянием высокой температуры происходил процесс расщепления тяжелых углеводородов, которые превращались в более легкие, то есть в бензин. При температуре порядка 250 градусов они испарялись, попадали в холодильник и здесь конденсировались. Из холодильника бензин перетекал в резервуар (8) и по трубе 9, а потом 11 или 12 поступал в специальные уплотненные котлы. Здесь при пониженном давлении из бензина испарялись растворенные в нем легкие газообразные

углеводороды. Эти газы постепенно удалялись из котлов, а полученный сырой бензин сливался в специальные баки.

По мере испарения легких фракций с повышением температуры содержимое в котле (1) становилось все более упорным по отношению к теплоте. Работа прерывалась как только более половины его содержимого превращалось в бензин и проходило через холодильник. (Это количество было легко рассчитать благодаря счетчику жидкости (10).) После этого соединение с трубопроводом (17) прерывалось, а кран трубопровода (14а), соединенный с компрессором, открывался, и газ медленно улетучивался в компрессор низкого давления (одновременно закрывался трубопровод (9), прерывая связь установки с полученным бензином). Топку гасили, и когда содержимое котла (1) остывало, его сливали. Затем котел очищали от коксового налета и приготавливали к следующему запуску.

Метод крекинга, разработанный Бартоном, положил начало новому этапу в нефтеперерабатывающей промышленности. Благодаря ему удалось повысить в несколько раз выход таких ценных нефтепродуктов, как бензин и ароматические углеводороды.

75. ПОТОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Большинство великих изобретений, рассмотренных нами выше, относятся к области техники. Испокон веков технические усовершенствования позволяли революционизировать производство, многократно повышая производительность труда. Но изобретение, о котором пойдет речь в этой главе, имеет совсем другую природу — оно не из области техники и является, по существу, тем, что принято называть научной организацией труда. Оказалось, что эта область отношений, на которую долгое время не обращали должного внимания, таит в себе колоссальные возможности и может произвести в производстве революцию, равную по своему значению внедрению паровой машины или электрических моторов. Впервые огромное значение правильной организации труда продемонстрировал на своих заводах выдающийся американский предприниматель и инженер Генри Форд. Сын небогатого фермера, он за несколько лет благодаря ясному уму, холодному расчету и гениальной интуиции приобрел многомиллионное состояние и сделался одним из богатейших людей мира. Форд был блестящим инженером, талантливым изобретателем, виртуозным бизнесменом и оригинальным философом. Но все же прославился он не своими изобретательскими талантами или деловыми качествами, а тем, что разработал, воплотил в жизнь и довел до совершенства идею массового поточного конвейерного производства. Нет сомнений, что организация поточного производства — одно из величайших изобретений XX века, благодаря которому человечество за последние восемьдесят лет получило невиданный прирост материальных благ. С его повсеместным внедрением промышленность развитых стран как бы вышла на новый, качественно другой уровень и оказалась через несколько десятилетий готовой к внедрению новых высоких технологий — всеобъемлющей механизации, автоматизации и роботизации производства, то есть всего того, что принесла научно-техническая революция 50-90-х годов нашего века.

А начиналось все очень скромно. В 1893 году Генри Форд (работавший тогда механиком в электрической компании Детройта) собрал

автомобиль на газовом двигателе. Это была первая автомашина в городе и одна из немногих в Америке. Через несколько лет Форду удалось организовать «Детройтскую автомобильную компанию», в которой он занял пост главного инженера. Компания наладила выпуск автомобилей конструкции Форда, но дела ее шли неважно, так как голос Форда не имел тогда большого веса, и многие вопросы решались вопреки его рекомендациям. В 1902 году Форд отказался от своего поста, ушел из компании и с головой погрузился в конструирование нового автомобиля. Когда машина была готова, он выступил на состязаниях и победил гоночного чемпиона Америки Александра Уинтона. В 1903 году он создал новый гоночный автомобиль «999» — настоящий монстр с двигателем в 80 л.с. На этой машине гонщик Барни Олдфилд выиграл гонки 1903 года, на целый километр опередив своих соперников.

Две эти замечательные победы привлекли внимание деловых кругов к машинам Форда. В том же году было основано «Общество автомобилей Форда», в котором Генри Форд был товарищем председателя, главным инженером и директором. В последующие годы Форд постепенно скупал акции компании. В 1906 году он имел уже контрольный пакет, а к 1919 году — 92% акций. Причем за каждую акцию, которая в 1903 году стоила всего 100 долларов, он платил в 1919 году по 12500 долларов, то есть акции за 15 лет подскочили в цене в 125 раз! Это говорило о редком даже по американским меркам коммерческом успехе предприятия. За первый год существования компании было реализовано 1700 автомобилей. По тем временам это считалось неплохим показателем. Акционеры были довольны, но сам Форд считал, что 1700 автомобилей в год — это смехотворно мало. Уже тогда он мечтал выпускать такое же количество машин в день. Эти планы могли показаться беспочвенными, между тем они основывались на точном расчете. Более того, Форд был уверен, что 1000-2000 производимых в день машин — это далеко не предел и что для такой страны, как Америка; можно производить по 6-8 тысяч и даже по 10 тысяч машин в день! И их не только можно выпускать, но и с успехом продавать, наживая хорошие деньги.

В начале XX века, когда автомобиль был еще в новинку, многие смотрели на него как на приятную, но чрезвычайно дорогую игрушку, доступную только для богачей. В самом деле, автомобили, выпускаемые в то время в Европе, были очень дорогими, так что немногие могли позволить себе удовольствие иметь их. Автомобильные фирмы не только не старались рассеять это мнение, но, напротив, всячески его обыгрывали. Весь автомобильный бизнес был ориентирован на высшие слои общества: автомобили были изысканы и выпускались небольшими сериями. Постоянно подчеркивалось, что автомашина — это предмет роскоши или спорта, необходимый элемент веселой, элегантной и аристократической жизни.

Между тем политика Форда имела совершенно противоположное направление. С самого начала он старался доказать, что автомобиль не роскошь, а необходимый предмет в обиходе современного человека. Чтобы сделать автомашину доступной самым широким слоям общества, он то и дело снижал цены на свои «форды», отказываясь от сиюминутной сверхприбыли, ради расширения сбыта. Он не хотел гнаться за модой и не

желал выпускать новых моделей, так как считал, что лучше завоевать доверие покупателей беспрерывно совершенствуя одну и ту же модель. Он считал также, что коммерческий успех той или иной модели зависит в первую очередь не от внешнего вида автомобиля, а от того, насколько прочна и долговечна каждая его деталь и насколько всеобъемлющим окажется сервисное обслуживание фирмы-производителя. В то время большинство фабрикантов после продажи автомобиля прекращали всякие дела с покупателем и были даже несколько заинтересованы в том, чтобы автомобиль, проданный ими, быстрее испортился. Форд ни в коей мере не придерживался таких взглядов и уделял большое внимание созданию сети ремонтных мастерских, производству запчастей и техническому обслуживанию уже реализованных машин. Всякий покупатель его автомобиля имел право на ряд услуг со стороны компании в отношении ремонта и помощи в эксплуатации.

Впрочем, Форду не сразу удалось воплотить свои планы в жизнь. Несколько лет, как уже говорилось, он не был полновластным хозяином предприятия. Совершенной модели автомобиля, на производстве которой можно было бы сосредоточить все свои усилия, тоже пока не было. Только получив в свои руки контрольный пакет, Форд смог развернуться во всю ширь. В 1908 году была разработана конструкция недорогого, но очень надежного автомобиля, получившего наименование модели "Т". Она не содержала ни одного нового узла, который в том или ином виде не был бы уже опробован в какой-нибудь из предыдущих моделей. Новым являлся лишь материал, из которого была сделана большая часть деталей машины, — ванадиевая сталь, обладавшая удивительной легкостью и вместе с тем замечательной прочностью. Этот автомобиль сделал Форда миллионером, знаменитостью и одним из королей американской промышленности.

Создав свой совершенный автомобиль, Форд решил отныне не заниматься его модернизацией, а сосредоточиться на массовом выпуске этой единственной модели. Его планы вызвали переполох как среди акционеров, так и среди агентов по продаже. Все в один голос говорили, что рынок требует разнообразия, и единая модель оттолкнет значительную часть покупателей. На это Форд уверенно возражал, что 95% покупателей сами не знают, чего они хотят, и если им внушить доверие к новой марке, они не станут предъявлять особых претензий. Он потратил огромные деньги на рекламу, наводнив все газеты объявлениями, в которых доказывалось, что модель "Т" отвечает всем требованиям, какие только можно предъявить к совершенному автомобилю. Он постоянно подчеркивал, что его машина — не для богатых, что она предназначена для «среднего» американца, что это «семейная», «народная» машина и т.п. Все это были совершенно новые приемы в автомобильном бизнесе. До этого никто не верил, что можно изготовить недорогой, но хороший автомобиль и что вообще можно найти покупателей для автомобиля в широких кругах городской и деревенской буржуазии.

Форд первым доказал, что все это возможно. Его портативный, простой и дешевый автомобиль, доступный любому среднему американцу, как нельзя лучше отвечал требованиям времени. К 1910 году было продано уже 10 тысяч «фордов Т», а в 1911-1912 годах — 34 тысячи. Производство стремительно набирало обороты. Форд купил в пригороде Детройта, в

Хайленд-Парке, большой участок земли и начал здесь постройку огромного завода, рассчитанного на выпуск уже не тысяч, а миллионов автомобилей. Это был совершенно новый тип массового поточного производства, ранее в таких масштабах никогда и нигде не применявшийся. Именно Форд впервые сделал конвейер главной осью сборочного процесса и совершенно по-новому разработал систему разложения сложных трудоемких процессов на составные части. Он же первый осуществил идею максимально дешевого, но массового автомобиля. Это были три кита, на которых основывалось невиданное процветание его предприятия.

Сила Форда заключалась в организации труда. Все процессы на его предприятиях, от отливки деталей до завинчивания ничтожной гайки, были рационализированы с таким совершенством, какого до него никто и никогда не достигал. Производственный поток двигался от источников сырья к готовой машине, нигде не поворачивая назад. Первоначально на заводе в Хайленд-Парке сборка автомобилей производилась при помощи рабочих бригад, которые передвигались по цеху с ручными тележками и подвозили к каждому автомобилю соответствующие части для сборки. Сборочные бригады переходили от одного автомобиля к другому и таким путем собирали весь автомобиль от начала до конца.

В усовершенствованной системе Форд оставил рабочих неподвижными, а материалы стал провозить мимо них вручную. Вскоре была устроена короткая линия для окончательной сборки машин, где части перемещались мимо рабочих с помощью механической силы. Эта система по мере дальнейшего усовершенствования превратилась в конвейер. Впервые опыт со сборочным путем был произведен в апреле 1913 года на сборке магнето. До этого один рабочий в течение девяти часов рабочего дня мог собрать от 35 до 40 магнето, то есть затрачивал на каждое около 20 минут. После введения конвейера время, затрачиваемое на сборку одного магнето, сократилось до 13 минут. Несколько дней Форд простоял возле работающего конвейера, наблюдая за каждым движением рабочих. Он заметил, что сборщикам приходится нагибаться во время работы из-за того, что конвейер располагается слишком низко. Он остановил производство и велел поднять конвейер на 8 дюймов. После этого время сборки одного магнето сократилось до 7 минут. Новые усовершенствования довели его до 5 минут. Не затрачивая средств на новые машины или материалы, одним только разложением процесса сборки на 45 простейших операций и передвижением материала мимо стоявших в достаточно удобной позе и неподвижных рабочих Форд добился поразительных результатов, увеличив производительность труда почти в 4 раза.

Вскоре конвейер был применен при сборке шасси. По старому способу сборка одного шасси требовала 12 часов 8 минут. Когда попробовали разбить ее на несколько простых операций и устроили примитивный конвейер (с помощью каната и ворота шасси тянули мимо линии рабочих) сборка сократилась до 5 часов 50 минут. Форд продолжал совершенствовать конвейер. Приноравливаясь к среднему росту рабочих, он попробовал прокладывать сборные пути на разной высоте. Его инженеры трудились над раздроблением всех сложных процессов на составные части. Каждый рабочий должен был делать все меньше и меньше разнообразных движений руками. В результате всех этих

усовершенствований время сборки одного шасси сократилось до 1 часа 33 минут. При этом процесс разделения труда был доведен буквально до предела: если один рабочий вгонял болт, то гайку ставил другой, а завинчивал ее третий.

Рабочий в фордовском производстве превратился в настоящий придаток машины. На конвейере во время работы он не мог сделать лишнего шага или движения. Инструменты его должны были располагаться так, чтобы ему не приходилось искать их или наклоняться за ними. Ритм сборки воздействовал сильнее самых свирепых надсмотрщиков. Благодаря ему Форд добивался максимальных темпов, каких только можно было достичь без ущерба для качества работы.

Однако, несмотря на это, безработные со всей Америки стремились попасть к Форду, привлеченные высокой заработной платой. Поскольку производственный процесс разбивался на простейшие операции, Форд почти не нуждался в квалифицированных рабочих. Он охотно принимал к себе людей совершенно неквалифицированных, невежественных, даже калек. Уже в 1915 году, едва ли не первым из крупных промышленников, Форд ввел 5-дневную рабочую неделю и сократил рабочий день до 8 часов. Впрочем, интенсивность труда на его предприятиях была такой высокой, что стоила 10 часов работы на любом другом заводе. Каждая секунда требовала полнейшей самоотдачи. Семь часов рабочий бесчисленное количество раз повторял одно и то же движение. Разговаривать, курить или садиться во время работы строго запрещалось. Если кому-то требовалось выйти, он поднимал палец и ждал, пока надсмотрщик не присылал на его место заместителя. Во время перерыва, который продолжался всего 15 минут, в цех с разных сторон въезжали тележки, нагруженные пакетиками со стандартными завтраками, включавшими три бутерброда, кусок сладкого пирога, яблоко или апельсин. Ели рабочие прямо у станка — выходить из цеха без особого разрешения запрещалось.

Успех конвейерной сборки был настолько очевиден, что через некоторое время эта система была перенесена на все цеха фордовского завода. Все предприятия, вовлеченные Фордом в его производство, также должны были переходить на поточный метод. Купив однажды стекольный завод, Форд предложил местным специалистам производить зеркальное стекло для автомобилей непрерывной широкой лентой, без помощи ручного труда, механизируя все процессы от начала до конца. Эксперты и специалисты категорически заявили, что изменить способ производства технически невозможно. Тогда Форд послал на завод людей, никогда ранее стекольным делом не занимавшихся. Через год его инженеры разработали блестящий метод полной механизации производства. По всему заводу были установлены конвейеры и новые машины. В результате завод стал выпускать 1 млн квадратных метров первоклассного зеркального стекла в год. Площадь его по сравнению с другими стекольными заводами была вдвое меньше, а производительность — вдвое больше. После проведенной реорганизации это предприятие стало сберегать Форду 3 млн долларов в год.

Перестроив все производство и непрерывно наращивая его объемы, Форд достиг через несколько лет своей вожделенной мечты — каждый день на всех его заводах производилось 10 тысяч автомобилей, и все они

находили сбыт. Во многом благодаря Форду автомобиль стал национальной особенностью Америки. Если в 1900 году в США один автомобиль приходился на 9000 человек, то в 1929 году — один автомобиль на каждые 5 человек. Всего же к этому времени по дорогам Америки бегало 26 миллионов стандартных «фордов Т», отличавшихся только цветом и формой кузова. США имели в несколько раз больше автомобилей, чем все остальные страны мира вместе взятые, причем собственниками автомашин здесь были не только богачи, не только представители среднего класса, но также многие рабочие и фермеры. Это обстоятельство изменило облик самой страны. Если в 1893 году американские дороги считались чуть ли не самыми скверными в мире, то через каких-нибудь 20-30 лет повсюду были проложены прекрасные шоссе, по которым в обе стороны двигался поток автомобилей. Почти все автомобили были собраны на заводах Форда.

Производство такого масштаба поставило перед Фордом много сложных задач. Так, например, Форд должен был отказаться от мысли производить все свои машины в Детройте, поскольку это породило бы неразрешимые транспортные проблемы. Вместо этого он разбросал по всему миру свои сборочные заводы, которые производили из готовых деталей столько машин, сколько было возможно продать в этом месте. Перевозить машины в разобранном виде вообще оказалось выгоднее. Один товарный вагон мог, к примеру, вместить всего 7 готовых автомобилей. В разобранном же виде в него можно было погрузить 130 машин то есть вместо 18 вагонов использовался только один. Благодаря прекрасно отлаженной организации Форду удалось сократить цикл производства с 21 до 14 дней. (Производственный цикл — это период, во время которого деньги, вложенные в какое-либо предприятие, остаются связанными, он включает в себя время от покупки сырья до продажи готового автомобиля.) Таким образом, Форд получил возможность поддерживать высокий уровень производства двумя третями прежнего капитала. При огромных масштабах его деятельности это означало десятки миллионов долларов экономии в год.

В течение двух десятилетий Форд безраздельно господствовал на рынке дешевых машин. Никто из его конкурентов не мог за ту же цену дать машину равного качества. «Форд Т» занял особое положение среди автомобилей других фирм.

Завоевав американский рынок, Форд двинул свои машины в Европу. Сначала европейские автомобильные фирмы свысока смотрели на его невзрачные и неброские машины, но они вскоре поняли, что сильно недооценили этого конкурента. На всех гонках и ралли «форды» демонстрировали поразительную надежность и прекрасные ходовые качества, цена же их была на порядок ниже, чем у европейских машин. Средний класс в Европе, так же как и в Америке, не устоял перед искушением иметь свою пусть не шикарную, но надежную и неприхотливую машину. Почти во всех странах мира вскоре появились фордовские отделения, представительства и сборочные мастерские. В Канаде и Манчестере были построены крупные автомобильные заводы, а в Корке — тракторный завод.

76. ЭЛЕКТРОННАЯ ЛАМПА

Изобретение электронной лампы напрямую связано с развитием техники освещения. В начале 80-х годов XIX века знаменитый американский изобретатель Эдисон занимался усовершенствованием лампы накаливания. Одним из ее недостатков было постепенное уменьшение световой отдачи из-за потускнения баллона вследствие появления темного пятна на внутренней стороне стекла. Исследуя в 1883 году причины этого эффекта, Эдисон заметил, что часто на потускневшем стекле баллона в плоскости петли нити оставалась светлая, почти незатемненная полоса, причем эта полоса всегда оказывалась с той стороны лампы, где находился положительный ввод накальной цепи. Дело выглядело так, будто часть угольной нити накала, примыкающая к отрицательному вводу, испускала из себя мельчайшие материальные частицы. Пролетая мимо положительной стороны нити, они покрывали внутреннюю сторону стеклянного баллона всюду, за исключением той линии на поверхности стекла, которая как бы заслонялась положительной стороной нити. Картина этого явления стала более очевидна, когда Эдисон ввел внутрь стеклянного баллона небольшую металлическую пластину, расположив ее между вводами нити накала. Соединив эту пластинку через гальванометр с положительным электродом нити, можно было наблюдать текущий через пространство внутри баллона электрический ток.

Эдисон предположил, что поток угольных частичек, испускаемых отрицательной стороной нити, делает часть пути между нитью и введенной им пластинкой проводящим, и установил, что поток этот пропорционален степени накала нити, или, другими словами, световой мощи самой лампы. На этом, собственно, и заканчивается исследование Эдисона. Американский изобретатель не мог тогда и представить, на пороге какого величайшего научного открытия он стоял. Прошло почти 20 лет, прежде чем наблюдавшееся Эдисоном явление получило свое правильное всестороннее объяснение.

Оказалось, что при сильном нагревании нити лампы, помещенной в вакуум, она начинает испускать в окружающее пространство электроны. Этот процесс получил название термоэлектронной эмиссии, и его можно рассматривать как испарение электронов из материала нити. Мысль о возможности практического использования «эффекта Эдисона» впервые пришла в голову английскому ученому Флемингу, который в 1904 году создал основанный на этом принципе детектор, получивший название «двухэлектродной трубки», или «диода» Флеминга. Лампа Флеминга представляла собой обычный стеклянный баллон, заполненный разреженным газом. Внутри баллона помещалась нить накала вместе с охватывавшим ее металлическим цилиндром. Нагретый электрод лампы непрерывно испускал электроны, которые образовывали вокруг него «электронное облако». Чем выше была температура электрода, тем выше оказывалась плотность электронного облака. При подключении электродов лампы к источнику тока между ними возникало электрическое поле. Если положительный полюс источника соединяли с холодным электродом (анодом), а отрицательный — с нагретым (катодом), то под действием электрического поля электроны частично покидали электронное облако и устремлялись к холодному электроду. Таким образом между катодом и анодом устанавливался электрический ток. При противоположном

включении источника отрицательно заряженный анод отталкивал от себя электроны, а положительно заряженный катод — притягивал. В этом случае электрического тока не возникало. То есть диод Флеминга обладал ярко выраженной односторонней проводимостью. Будучи включенной в приемную схему, лампа действовала подобно выпрямителю, пропуская ток в одном направлении и не пропуская в обратном, и могла служить таким образом волноуказателем — детектором. Для некоторого повышения чувствительности лампы подавался соответствующим образом подобранный положительный потенциал. В принципе приемная схема с лампой Флеминга почти ничем не отличалась от других радиосхем того времени. Она уступала в чувствительности схеме с детектором магнитного типа, но обладала несравненно большей надежностью.

Дальнейшим выдающимся достижением в области совершенствования и технического применения электронной лампы стало изобретение в 1907 году американским инженером Де Форестом лампы, содержащей дополнительный третий электрод. Этот третий электрод был назван изобретателем «сеткой», а сама лампа — «аудином», но в практике за ней закрепилось другое название — «триод». Третий электрод, как это видно уже из его названия, был не сплошным и мог пропускать электроны, летевшие от катода к аноду. Когда между сеткой и катодом включался источник напряжения, между этими электродами возникало электрическое поле, сильно влияющее на количество электронов, достигающих анода, то есть на силу тока, текущего через лампу (силу анодного тока). При уменьшении напряжения, подаваемого на сетку, сила анодного тока уменьшалась, при увеличении — возрастала. Если на сетку подавали отрицательное напряжение, анодный ток вообще прекращался — лампа оказывалась «запертой». Замечательное свойство триода состояло в том, что управляющий ток мог быть во много раз меньше основного — ничтожные изменения напряжения между сеткой и катодом вызывали довольно значительные изменения анодного тока. Последнее обстоятельство позволяло использовать лампу для усиления малых переменных напряжений и открывало перед ней необычайно широкие возможности для практического применения. Появление трехэлектродной лампы повлекло за собой быструю эволюцию радиоприемных схем, так как возникла возможность в десятки и сотни раз усиливать принимаемый сигнал. Многократно возросла чувствительность приемников. Одна из ранних схем лампового приемника была предложена уже в 1907 году тем же Де Форестом.

Между антенной и заземлением здесь включен контур LC, на зажимах которого возникает переменное напряжение высокой частоты, образовавшееся под действием энергии, полученной из антенны. Это напряжение подавалось на сетку лампы и управляло колебаниями анодного тока. Таким образом, в анодной цепи получались усиленные колебания принимаемого сигнала, которые могли приводить в движение мембрану телефона, включенного в ту же цепь.

Первая трехэлектродная лампа-аудин Де Фореста имела множество недостатков. Расположение электродов в ней было таким, что большая часть электронного потока попадала не на анод, а на стеклянный баллон. Управляющее влияние сетки оказывалось недостаточным. Лампа была

плохо откачана и содержала значительное число молекул газа. Они ионизировались и непрерывно бомбардировали нить накала, оказывая на нее разрушительное воздействие.

В 1910 году немецкий инженер Либен создал усовершенствованную электронную лампу-триод, в которой сетка была выполнена в форме перфорированного листа алюминия и помещалась в центре баллона, деля его на две части. В нижней части лампы находилась нить накала, в верхней — анод. Такое расположение сетки позволяло усиливать ее управляющее действие, так как через нее проходил весь электронный поток. Анод в этой лампе имел форму прутика или спирали из алюминиевой проволоки, а катодом служила платиновая нить. Особое внимание Либен обратил на увеличение эмиссионных свойств лампы. В этих целях впервые было предложено покрывать нить накала тонким слоем окисла кальция или бария. Кроме того, в баллон вводились ртутные пары, которые создавали дополнительную ионизацию и увеличивали тем самым катодный ток.

Итак, электронная лампа сначала вошла в обиход в качестве детектора, потом — усилителя. Но ведущее место в радиотехнике она завоевала только после того, как была обнаружена возможность использовать ее для генерирования незатухающих электрических колебаний. Самый первый ламповый генератор создал в 1913 году замечательный немецкий радиотехник Мейсснер. На основе триода Либена он построил также первый в мире радиотелефонный передатчик и в июне 1913 года осуществил радиотелефонную связь между Науэном и Берлином на расстоянии 36 км.

Ламповый генератор содержал колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности L и конденсатора C. Уже говорилось, что если такой конденсатор зарядить, то в контуре возникают затухающие колебания. Чтобы колебания не затухали, нужно компенсировать потери энергии за каждый период.

Следовательно, энергия от источника постоянного напряжения должна периодически поступать в контур. С этой целью в электрическую цепь колебательного контура включали ламповый триод, так что колебания с контура подавались на его сетку. В анодную цепь лампы включалась катушка Lc, индуктивно связанная с катушкой L колебательного контура. В момент включения схемы ток от батареи, постепенно нарастая, движется через триод и катушку Lc. При этом по закону электромагнитной индукции в катушке L будет находиться электрический ток, который заряжает конденсатор C. Напряжение с пластин конденсатора, как это видно из схемы, подается на катод и сетку. При включении положительно заряженная пластина конденсатора соединяется с сеткой, то есть заряжает ее положительно, что способствует росту тока, проходящего через катушку Lc. Это будет продолжаться до тех пор, пока анодный ток не достигнет максимума (ведь ток в лампе определяется количеством электронов, испаряемых с катода, а их число не может быть беспредельно — возрастая до какого-то максимума, этот ток уже больше не увеличивается при росте сеточного напряжения). Когда это произойдет, через катушку Lc потечет постоянный ток. Поскольку индуктивная связь осуществляется только при переменном токе, в катушке L тока не будет. В связи с этим конденсатор начнет разряжаться. Положительный заряд

сетки, следовательно, будет уменьшаться, а это немедленно скажется на величине анодного тока — он тоже будет уменьшаться. Следовательно, и ток через катушку Lc будет убывающим, что создаст в катушке L ток противоположного направления. Поэтому, когда конденсатор C окажется разряженным, уменьшающийся ток через Lc будет по-прежнему индуктировать ток в катушке L, вследствие чего пластины конденсатора будут заряжаться, но в противоположном направлении, так что на пластине, связанной с сеткой, будет накапливаться отрицательный заряд. Это вызовет в конце концов полное прекращение анодного тока — протекание тока через катушку L вновь прекратится, и конденсатор начнет разряжаться. Вследствие этого отрицательный заряд на сетке будет все меньше и меньше, снова появится анодный ток, который будет возрастать. Так весь процесс повторится сначала. Из этого описания видно, что через сетку лампы будет протекать переменный ток, частота которого равна собственной частоте колебательного контура LC. Но эти колебания будут не затухающими, а постоянными, поскольку они поддерживаются путем постоянного добавления энергии батареи через катушку Lc, индуктивно связанную с катушкой L.

Изобретение лампового генератора позволило сделать важный шаг в технике радиосвязи — кроме передачи телеграфных сигналов, состоявших из коротких и более продолжительных импульсов, стала возможна надежная и высококачественная радиотелефонная связь — то есть передача с помощью электромагнитных волн человеческой речи и музыки. Может показаться, что радиотелефонная связь не имеет в себе ничего сложного. В самом дела, звуковые колебания с помощью микрофона легко преобразуются в электрические. Почему бы, усилив их и подав в антенну, не передавать на расстояние речь и музыку точно так же, как передавался до этого код Морзе? Однако в действительности такой способ передачи неосуществим, так как через антенну хорошо излучаются только мощные колебания высокой частоты. А медленные колебания звуковой частоты возбуждают в пространстве настолько слабые электромагнитные волны, что принять их нет никакой возможности. Поэтому до создания ламповых генераторов, вырабатывающих колебания высокой частоты, радиотелефонная связь представлялась чрезвычайно сложным делом. Для передачи звука эти колебания изменяют или, как говорят, модулируют с помощью колебаний низкой (звуковой) частоты. Суть модуляции заключается в том, что высокочастотные колебания генератора и низкочастотные от микрофона накладываются друг на друга и таким образом подаются в антенну.

Модуляция может происходить разными способами. Например, микрофон включается в цепь антенны. Так как сопротивление микрофона меняется под действием звуковых волн, ток в антенне будет в свою очередь меняться; иначе говоря, вместо колебаний с постоянной амплитудой, мы будем иметь колебания с изменяющейся амплитудой — модулированный ток высокой частоты.

Принятый приемником модулированный высокочастотный сигнал даже после усиления не способен вызвать колебания мембраны телефона или рупора громкоговорителя со звуковой частотой. Он может вызвать только высокочастотные колебания, не воспринимаемые нашим ухом.

Поэтому в приемнике необходимо произвести обратный процесс — из высокочастотных модулированных колебаний выделить сигнал звуковой частоты — или, говоря другими словами, произвести детектирование сигнала.

Детектирование осуществлялось с помощью вакуумного диода. Диод, как уже говорилось, пропускал ток только в одном направлении, превращая переменный ток в пульсирующий. Этот пульсирующий ток сглаживался с помощью фильтра. Простейшим фильтром мог быть конденсатор, подключенный параллельно с телефонной трубкой. Работа фильтра происходила так. В тот момент времени, когда диод пропускал ток, часть его ответвлялась в конденсатор и заряжала его. В промежутках между импульсами, когда диод оказывался заперт, конденсатор разряжался на трубку. Поэтому в интервале между импульсами ток протекал через трубку в ту же сторону, что и сам импульс. Каждый следующий импульс подзаряжал конденсатор. Благодаря этому через трубку протекал ток звуковой частоты, форма которого почти полностью воспроизводила форму низкочастотного сигнала на передающей станции. После усиления электрические колебания низкой частоты превращались в звук; Простейший детекторный приемник состоит из колебательного контура, связанного с антенной, и присоединенной к контуру цепи, состоящей из детектора и телефона.

Первые электронные лампы были еще очень несовершенны. Но в 1915 году Лэнгмюр и Гедэ предложили эффективный способ откачки ламп до очень малых давлений, благодаря чему на смену ионным лампам пришли вакуумные. Это подняло электронную технику на значительно более высокий уровень.

77. ТАНК

Технические предпосылки для создания танка появились еще в конце XIX столетия — к тому времени были изобретены гусеничный движитель, двигатель внутреннего сгорания, броня, скорострельные пушки и пулеметы. Первый гусеничный трактор на паровом ходу создал еще в 1888 году американец Бэтером. Накануне Первой мировой войны, как уже отмечалось, появился промышленный гусеничный трактор «Холт», который можно считать непосредственным предшественником танка.

Но одних предпосылок было мало — недоставало насущной потребности. Только начавшаяся в 1914 году Первая мировая война жестко определила эту необходимость. Когда противники бросили в наступление миллионные армии, они никак не предполагали, что пулеметы и пушки буквально сметут идущие в атаку полки и дивизии. Громадные потери заставили солдат в конце концов скрыться в окопах и блиндажах. На Западе фронт застыл и превратился в сплошную линию укреплений, протянувшуюся от Ла-Манша до границы со Швейцарией. Война зашла в так называемый позиционный тупик. Выход из него пытались найти при помощи артиллерии — тысячи орудий в течение нескольких дней, а то и недель перепахивали снарядами каждый метр неприятельских позиций. Казалось, там не осталось ничего живого. Но как только атакующая пехота выбиралась из окопов, уцелевшие пушки и пулеметы обороняющихся вновь наносили ей чудовищные потери. Вот тогда-то на поле боя и появились танки.

Мысль создать боевую гусеничную машину, способную передвигаться по пересеченной местности через окопы, рвы и проволочные заграждения, впервые высказал в 1914 году английский полковник Суинтон. После обсуждения в различных инстанциях военное министерство в целом приняло его идею и сформулировало основные требования, которым должна была отвечать боевая машина. Она должна была быть небольшой, иметь гусеничный ход, пуленепробиваемую броню, преодолевать воронки до 4 м и проволочные заграждения, развивать скорость не менее 4 км/ч, иметь пушку и два пулемета. Основным назначением танка было разрушение проволочных заграждений и подавление пулеметов противника. Вскоре фирма Фостера за сорок дней создала на базе гусеничного трактора «Холт» боевую машину, получившую название «Маленький Вилли». Его главными конструкторами были инженер Триттон и лейтенант Вильсон.

«Маленький Вилли» был испытан в 1915 году и показал неплохие ходовые качества. В ноябре фирма «Холт» приступила к изготовлению новой машины. Конструкторам предстояла трудная проблема не утяжеляя танка, увеличить его длину на 1 м, чтобы он мог преодолевать четырехметровые окопы. В конце концов это удалось достигнуть за счет того, что обводу гусеницы придали форму параллелограмма. Кроме того, оказалось, что танк с трудом берет вертикальные насыпи и крутые возвышения. Чтобы увеличить высоту зацепа, Вильсон и Триттон придумали пустить гусеницу поверх корпуса. Это значительно повысило проходимость машины, но одновременно породило ряд других затруднений, связанных, в частности, с размещением пушек и пулеметов. Вооружение пришлось распределить по бортам, а чтобы пулеметы могли стрелять по курсу в сторону и назад, их установили в боковых выступах — спонсонах. В феврале 1916 года новый танк, названный «Большой Вилли», с успехом прошел ходовые испытания. Он мог преодолевать широкие окопы, двигаться по вспаханному полю, перебираться через стенки и насыпи высотой до 1, 8 м. Окопы до 3, 6 м не представляли для него серьезного препятствия.

Корпус танка представлял собой коробку-каркас из уголков, к которым на болтах крепились бронированные листы. Броней была закрыта и ходовая часть, которая состояла из малых неподрессоренных опорных катков (тряска в машине была ужасной). Внутри «сухопутный крейсер» напоминал машинное отделение небольшого корабля, по которому можно было ходить, даже не пригибаясь. Для водителя и командира в передней части имелась отдельная рубка. Большую часть остального пространства занимали мотор «Даймлер», коробка передач и трансмиссия. Для пуска двигателя 3-4 человека команды должны были вращать огромную пусковую рукоять, пока мотор не заводился с оглушительным ревом. На машинах первых марок внутри размещались еще и топливные баки. С обеих сторон двигателя оставались узкие проходы. Боеприпасы находились на полках между верхней частью двигателя и крышей. На ходу в танке скапливались выхлопные газы и пары бензина. Вентиляция не предусматривалась. Между тем жар от работающего двигателя вскоре делался невыносимым — температура достигала 50 градусов. Кроме того, при каждом выстреле

пушки танк наполнялся едкими пороховыми газами. Экипаж не мог подолгу оставаться на боевых местах, угорал и страдал от перегрева. Даже в бою танкисты иной раз выскакивали наружу, чтобы вдохнуть свежего воздуха, не обращая при этом внимания на свист пуль и осколков. Существенным недостатком «Большого Вилли» оказались узкие гусеницы, которые вязли в мягкой почве. При этом тяжелый танк садился на грунт, пни и камни. Плохо было с наблюдением и связью — смотровые щели в бортах не обеспечивали осмотра, зато брызги от пуль, попавших вблизи них в броню, поражали танкистов в лицо и глаза. Радиосвязи не было. Для дальней связи держали почтовых голубей, для ближней — специальные сигнальные флажки. Не было и внутреннего переговорного устройства.

Управление танком требовало значительных усилий водителей и командира (последний отвечал за тормоза гусениц правого и левого борта). Танк имел три коробки передач — одну основную и по одной на каждом борту (каждая из них управляла специальной трансмиссией). Поворот осуществлялся или торможением одной гусеницы, или переключением одной из бортовых коробок передач в нейтральное положение, в то время как на другом борту включали первую или вторую передачу. С остановленной гусеницей танк разворачивался почти на месте.

Впервые танки были применены в бою 15 сентября 1916 года у деревни Флер-Курслет в ходе грандиозного сражения на Сомме. Наступление англичан, начатое в июле, дало ничтожные результаты и весьма ощутимые потери. Тогда-то главнокомандующий генерал Хейг решил бросить в бой танки. Всего их было 49, но на исходные позиции вышло только 32, остальные из-за поломок остались в тылу. В атаке участвовали всего 18, но за несколько часов они продвинулись вместе с пехотой в глубь немецких позиций на 5 км на фронте такой же ширины. Хейг был доволен — по его мнению, именно новое оружие сократило потери пехоты в 20 раз против «нормы». Он немедленно направил требование в Лондон сразу на 1000 боевых машин.

В последующие годы англичане выпустили несколько модификаций Mk (таково было официальное название «Большого Вилли»). Каждая следующая модель была совершеннее предыдущей. Например, первый серийный танк Mk-1 имел вес 28 тонн, передвигался со скоростью 4, 5 км/ч, был вооружен двумя пушками и тремя пулеметами. Экипаж его составляли 8 человек. Более поздний танк MkA имел скорость 9, 6 км/ч, вес — 18 тонн, экипаж — 5 человек, вооружение — 6 пулеметов. MkC при весе 19, 5 тонн развивал скорость 13 км/ч. Экипаж на этом танке состоял из четырех человек, а вооружение — из четырех пулеметов. Последний, созданный уже в 1918 году, плавающий танк MkI имел вращающуюся башню, экипаж из четырех человек и вооружение из трех пулеметов. При весе в 13, 5 тонн он развивал на суше скорость 43 км/ч, а на воде — 5 км/ч. Всего англичане изготовили за годы войны 3000 танков 13 различных модификаций.

Постепенно танки были приняты на вооружение и другими воюющими армиями. Первые французские танки были разработаны и выпущены фирмой «Шнейдер» в октябре 1916 года. Внешне они мало походили на своих английских собратьев — гусеницы не охватывали корпус, а располагались по его бортам или под ним. Ходовая часть подрессоривалась специальными пружинами, что облегчало работу

экипажа. Однако из-за того, что верхняя часть танка сильно нависала над гусеницами, проходимость «Шнейдеров» была хуже, и они не могли преодолевать даже незначительные вертикальные преграды.

Самым лучшим танком Первой мировой войны стал «Рено» FT, выпущенный фирмой «Рено» и имевший вес всего 6 т, экипаж из двух человек, вооружение — пулемет (с 1917 г пушка), максимальную скорость — 9, 6 км/ч.

«Рено» FT стал прообразом танка будущего. На нем впервые нашла свое разрешение компоновка основных узлов, которая до сих пор остается классической: двигатель, трансмиссия, ведущее колесо — сзади, отделение управления — впереди, вращающаяся башня — в центре. На танки «Рено» впервые стали устанавливать бортовые радиостанции, что сразу повысило управляемость танковыми соединениями. Ведущее колесо большого диаметра помогало преодолевать вертикальные препятствия и выбираться из воронок. Танк имел хорошую проходимость и был прост в управлении. В течение 15 лет он служил образцом для многих конструкторов. В самой Франции «Рено» состоял на вооружении до конца 30-х годов, а по лицензии его выпускали еще в 20-ти странах.

Немцы также попробовали освоить новое оружие. С 1917 года фирма «Бремерваген» начала производство танка A7V, однако их массовый выпуск немцы так и не смогли наладить. Их танки участвовали в некоторых операциях, но в количествах, не превышавших нескольких десятков машин.

Напротив, страны Антанты (то есть собственно Англия и Франция) имели к концу войны около 7 тысяч танков. Здесь бронированные машины получили признание и прочно утвердились в системе вооружения. Ллойд-Джордж, английский премьер в годы войны, говорил: «Танк был выдающимся и потрясающим новшеством в области механической помощи войне. Этот окончательный английский ответ на немецкие пулеметы и траншеи без сомнения сыграл очень важную роль в ускорении победы союзников». Танки широко применялись англичанами в боевых действиях. В ноябре 1917 года впервые была проведена массовая танковая атака. В ней участвовали 476 машин при поддержке шести пехотных дивизий. Это был огромный успех нового вида оружия. Стреляя из пушек и пулеметов, танки снесли проволочные заграждения и с ходу преодолели первую линию окопов. Всего за несколько часов англичане продвинулись в глубь фронта на 9 км, потеряв при этом всего 4 тысячи человек. (В предыдущее британское наступление под Ипром, продолжавшееся четыре месяца, англичане потеряли 400 тысяч человек и сумели вклиниться в немецкую оборону всего на 6-10 км). Французы тоже несколько раз массированно использовали танки. Так, в июле 1918 года более 500 французских танков участвовало в бою под Суассоном.

78. СИНТЕТИЧЕСКИЙ КАУЧУК

Европа впервые узнала о каучуке в XVI веке. Христофор Колумб привез его из Америки вместе со многими другими диковинками. Во время стоянки кораблей у острова Гаити Колумб и его спутники наблюдали игры туземцев в мяч, сделанный из какого-то упругого материала, совершенно неизвестного в Европе. Мячи легко подпрыгивали при ударе о землю, сжимались и снова восстанавливали первоначальную форму. Возвращаясь

в Испанию, Колумб взял с собой образцы этого чудесного материала, который и был в дальнейшем известен в Старом Свете под названием «каучук». В переводе с индейского «каучук» означает «слезы дерева». Как стало известно позже, он представлял собой сок, собираемый из надрезов коры тропического дерева — бразильской гевеи. Его брали от дерева, когда гевее исполнялось семь лет: на высоте полметра делали надрез на коре, и когда из-под нее начинал течь белый, как молоко, сок, собирали его в подвешенные чашечки, а потом сливали в большой сосуд. На воздухе сок сравнительно быстро свертывался и превращался в темный смолообразный продукт — каучук.

Европейцы не сразу оценили достоинства этого материала. В течение двух веков они относились к каучуку как к дикарской диковинке. Между тем путешественники, попадавшие в Южную Америку, продолжали доставлять в Европу все новые и новые предметы, изготовленные из каучука. Среди них были бутылки, непромокаемые сапоги и одежда от дождя. Все это было очень любопытно, но не имело практического значения. Только спустя долгое время европейцы нашли для каучука первое применение — стали использовать его в виде стиральных резинок, напоминающих современные школьные ластики.

В конце XVIII века английский химик Макинтош взял патент на изготовление непромокаемых плащей из каучука. Они получили название макинтошей. Плащи, однако, оказались недостаточно хороши для европейского климата при низких температурах они становились твердыми как жесть, а в жару — липкими. После многих опытов нашли способ избегать этих неприятных особенностей каучука путем его вулканизации. (Это важное открытие было сделано в 1839 году американским химиком Гудьиром.) Обнаружилось, что при нагревании каучука с серой он довольно сильно меняет свои свойства — становится более гибким, упругим и не таким чувствительным к изменению температуры. Этот новый вулканизированный каучук стали называть резиной. Он быстро завоевал популярность, так как оказался чрезвычайно удобен во многих отношениях. Спрос на него рос с каждым годом. Другого схожего с каучуком продукта в природе не существует — он водонепроницаем, обладает электрическими изоляционными свойствами, гибок и способен к очень большим изменениям формы. Под действием внешней силы он может растягиваться в несколько раз и снова сжиматься. Подобной эластичностью не обладает ни одно другое вещество. Вместе с тем он крепок, прочен, устойчив к истиранию и легко обрабатывается. Поэтому резина была и остается идеальным материалом для изготовления автомобильных покрышек, всевозможных приводных ремней, транспортных лент, рукавов, амортизаторов, уплотняющих прокладок, гибкой изоляции и многого другого. Без резины жизнь современного индустриального общества просто невозможна.

С середины XIX века развернулось массовое производство резиновых изделий. Это породило настоящую каучуковую лихорадку. Местности, где произрастали каучуконосные деревья, превратились в объект войн и спекуляций. Дикая гевея вскоре перестала удовлетворять потребности промышленности. Кроме того, добывать каучук в джунглях было тяжелым и дорогостоящим делом. Были сделаны удачные опыты по созданию каучуконосных плантаций. Гевея переселилась в тропики Явы,

Суматры, Малайского архипелага. Производство каучука увеличилось в несколько раз, но спрос на него продолжал расти.

В течение ста лет ученый мир искал разгадку тайны каучука, чтобы научиться делать его искусственно химическим путем. Постепенно выяснилось, что натуральный каучук из сока гевеи представляет собой смесь нескольких веществ, однако 9/10 его массы приходится на углеводород полиизопрен с формулой $(C_5H_8)_n$, где n весьма велико — больше тысячи. Вещества с подобным строением относят к группе высокомолекулярных продуктов — полимеров, которые образуются соединением нескольких, иногда очень многих, одинаковых молекул более простых веществ-мономеров (в данном случае молекул изопрена C_5H_8). При благоприятных условиях отдельные молекулы-мономеры соединяются друг с другом в длинные и гибкие линейные или разветвленные цепи-нити. Эта реакция образования полимера называется полимеризацией. Она происходит только с органическими веществами, имеющими кратные связи (двойные или тройные). В результате разъединения этих связей и происходит (за счет освободившихся валентностей) соединение отдельных молекул между собой. Кроме полиизопрена в натуральный каучук входят смолоподобные белковые и минеральные вещества. Чистый полиизопрен, очищенный от смол и белков, весьма неустойчив и на воздухе быстро теряет свои ценные технические свойства: эластичность и прочность.

Таким образом, для того чтобы производить искусственный каучук, необходимо было научиться по крайней мере трем вещам: 1) получать изопрен из других веществ; 2) проводить реакцию полимеризации изопрена; 3) обрабатывать полученный каучук подходящими веществами, чтобы защитить его от разложения. Все эти задачи оказались чрезвычайно сложными. В 1860 году английский ученый Вильямс путем сухой перегонки каучука выделил из него изопрен, который оказался легкой подвижной бесцветной жидкостью со своеобразным запахом. В 1879 году французский химик Густав Бушарда, нагревая изопрен и действуя на него соляной кислотой, осуществил обратную реакцию — получил каучукоподобный продукт. В 1884 году английский химик Тилден получил изопрен путем высокотемпературного разложения скипидара. Хотя каждый из этих ученых внес свою лепту в изучение свойств каучука, тайна его синтеза так и осталась в XIX веке неразгаданной — все открытые способы оказались непригодны для промышленного использования или вследствие дороговизны сырья, или из-за малых выходов изопрена, или из-за сложности технических процессов, обеспечивающих протекание реакции.

Но действительно ли изопрен так необходим для производства каучука? Быть может, макромолекулу с подобными же свойствами возможно образовать из других углеводородов? В 1901 году русский химик Кондаков установил, что в каучукоподобное вещество превращается также диметилбутадиен, если оставить его около года стоять в темноте или на рассеянном свету. (Во время Первой мировой войны в Германии, отрезанной от источников натурального каучука, было налажено производство синтетического каучука из диметилбутадиена. Однако изделия из него выходили очень низкого качества, цена же их из-за технических сложностей оказывалась непомерно высокой. После войны этот метил-каучук больше никогда не производился.)

Позже было открыто, что в каучукоподобные вещества могут синтезироваться все углеводороды со скелетом молекулы

| |
— C=C — C=C -
| |

Первым членом этого ряда является бутадиен (или дивинил)

$CH_2=CH-CH=CH_2$

Еще в 1914 году англичане Мэтьюс и Стрендж получили очень неплохой каучук из дивинила в присутствии металлического натрия. Но дальше лабораторных опытов их работа не пошла из-за того, что, во-первых, не был найден способ производства дивинила, а во-вторых, не удалось создать установку, которая могла бы синтезировать каучук в заводских условиях. Обе эти проблемы спустя пятнадцать лет были разрешены русским химиком Сергеем Лебедевым.

До Первой мировой войны русские заводы вырабатывали из привозного каучука до 12 тысяч тонн резины. После революции, когда началась индустриализация промышленности, потребности Советского Союза в каучуке многократно возросли. Один корабль требовал 68 т резины, каждый танк — 800 кг, самолет 600 кг, автомобиль — 160 кг. С каждым годом приходилось закупать за границей все больше и больше каучука. Между тем в 1923-1924 годах цена натурального каучука достигала 2400 золотых рублей за тонну. Необходимость платить такие большие деньги, а в еще большей степени зависимость, в которую таким образом попадало от поставщиков молодое Советское государство, ставили перед руководством страны серьезные проблемы. Решить их можно было только одним путем — разработав промышленный способ производства синтетического каучука.

В конце 1925 года ВСНХ объявил международный конкурс на лучший способ получения синтетического каучука. Условия конкурса были достаточно жесткими: каучук должен был быть изготовлен в СССР из продуктов, добываемых в СССР, цена искусственного каучука не могла превышать средней мировой цены за последнее пятилетие. К 1 января 1928 года требовалось доставить в Москву 2 кг готового образца.

Лебедев в то время возглавлял кафедру общей химии в Ленинградском университете. Еще до революции он несколько лет занимался проблемой синтетического каучука и хорошо представлял себе трудности, которые стояли перед всеми участниками конкурса. Тем не менее он решил принять в нем участие. Несколько учеников и студентов согласились помогать ему в работе. Время было очень трудное. Все помощники и сам Лебедев трудились совершенно безвозмездно во внеслужебное время, по вечерам и выходным дням. Чтобы поспеть к сроку, работали с величайшим напряжением. Сложные технологические эксперименты приходилось проводить в самых невыгодных условиях. Не хватало буквально всего. Как вспоминали позже участники этого удивительного предприятия, все необходимое они делали своими руками. Лебедеву приходилось работать не только химиком, но также стеклодувом, слесарем и электромонтером. Для охлаждения при химических процессах нужен был лед — его все вместе заготовляли на Неве. И все-таки дело

успешно продвигалось вперед.

В течение предыдущих многолетних исследований Лебедев убедился, что получить синтетический каучук, полностью воспроизводящий свойства натурального, — задача очень сложная и при тех обстоятельствах едва ли достижимая. Он сразу отказался от опытов с изопреном и в качестве исходного материала решил взять дивинил. После исследований Мэтьюса и Стренджа в процессе производства дивинилового (бутадиенового) каучука оставалось еще одно недостающее звено — необходимо было разработать способ производства дивинила из дешевого и легкодоступного сырья. Сначала в качестве такового Лебедев хотел взять нефть, но потом все внимание сосредоточил на спирте. Спирт тогда был самым реальным исходным сырьем. Если бы проблема синтеза дивинила была благополучно разрешена, появилась бы возможность сразу производить каучук в любом необходимом количестве, а это было как раз то, в чем нуждалась страна.

Суть реакции, при которой этиловый спирт разлагается на дивинил, воду и водород (она в общем виде описывается уравнением: $2CH_3CH_2OH = C_4H_6 + 2H_2O + H_2$), была Лебедеву понятна. Но большая трудность состояла в подборе подходящего катализатора. Глубоко разобравшись в сути протекающих процессов, Лебедев предположил, что таким катализатором может служить одна из активных природных глин. Во время своего отпуска в Крыму и на Кавказе летом 1927 года он постоянно собирал и изучал образцы глин. В конце концов нужную глину он нашел на Коктебеле. Реакция в ее присутствии дала прекрасный результат. Так, в середине 1927 года был достигнут первый успех — реакция пошла в нужном направлении, и из спирта был получен дивинил.

Следующий процесс — полимеризацию дивинила — Лебедев решил проводить по способу Мэтьюса и Стренджа. Для этого натрий в специальной установке равномерно распределялся по дивинилу, после чего реакция продолжалась в течение 3-5 дней. Однако конечный продукт ее еще не являлся товарным каучуком. Он был пропитан газами, в нем неравномерно распределялся натрий, смесь была нестойкой и на воздухе быстро окислялась, теряя эластичность. Поэтому полученный каучук обрабатывали в мешалке, где он разминался вместе с включенным в него натрием. Затем его смешивали с усилителями, сажей, каолином, магнезией и другими компонентами, которые должны были предохранять каучук от распадения.

Готовый каучук получали ничтожными порциями — всего по несколько грамм в день. Поэтому работа продолжалась буквально до последней минуты. В конце декабря, когда до срока оставались уже считанные дни, синтез 2 кг каучука был окончен, и его срочно отправили в Москву. В феврале 1928 года жюри, рассмотрев все присланные образцы (их, кстати, поступило совсем немного), признало каучук, выращенный в лаборатории Лебедева, наилучшим.

Однако это было только начало. Лабораторные методы часто оказываются неприемлемы в заводских условиях. Лебедеву поручили продолжать исследования и разработать промышленную технологию своего метода производства каучука. Вновь началась кропотливая работа. Правда, теперь средств и возможностей у Лебедева было намного больше.

Хорошо понимая важность его работ, правительство предоставило ему все необходимое. Вскоре при Ленинградском университете была создана специальная лаборатория синтетического каучука. В течение года в этой лаборатории была сконструирована и построена опытная установка, которая выдавала по 2-3 кг каучука в сутки. К концу 1929 года была разработана вся технология заводского процесса.

В феврале 1930 года в Ленинграде на Гутуевском острове началось строительство опытного завода. Летом была открыта заводская лаборатория. Оборудованная по личным указаниям Лебедева, она была одной из лучших химических лабораторий того времени и превратилась в настоящий научный центр синтетического каучука. Кроме лаборатории, Лебедев получил в свое распоряжение лучших специалистов, каких только смогли найти. По всем вопросам он мог обращаться лично к секретарю Ленинградского обкома партии Кирову.

Большая трудность заключалась в создании необходимого оборудования. Химическое машиностроение только зарождалось. Заказы распределялись по всем ленинградским заводам, но их выполнение продвигалось медленно, так как не хватало необходимого опыта. Даже сам Лебедев порой затруднялся дать точный технический совет. Тем не менее строительство опытного завода было завершено в январе 1931 года. В феврале на нем были получены первые 250 кг каучука. Это был первый в мире дешевый синтетический каучук, полученный заводским путем. В том же году были заложены три каучуковых завода-гиганта — в Ярославле, Воронеже и Ефремове. Все они были объявлены ударными комсомольскими стройками и возводились с поразительной быстротой. В 1932 году Ярославский завод уже дал первый каучук. Поначалу синтез дивинила в заводских условиях проводился с большим трудом. Вместо простой смеси продуктов разложения спирта, состоящих из дивинила, воды и водорода, получался сложный «винегрет» из 30 компонентов, причем выход дивинила в этой массе не превышал 20-25%. Лебедеву пришлось срочно ехать в Ярославль с группой своих сотрудников помогать налаживать производство. Потом такие же сложности возникли в Воронеже и Ефремове. Весной 1934 года во время поездки на завод в Ефремов Лебедев заразился сыпным тифом и умер вскоре после возвращения в Ленинград. Но дело, которому он положил такое важное основание, крепло и развивалось. Вслед за первыми тремя заводами синтетического каучука были построены несколько новых.

В 1934 году было выпущено 11 тысяч тонн синтетического каучука, в 1935 году — 25 тысяч, в 1936 году — 40 тысяч. В 1937 году доля синтетического каучука в общем объеме резинового производства уже составляла 73%. Сложнейшая в научном и техническом отношении задача была благополучно разрешена.

Впрочем, способ производства синтетического каучука, разработанный Лебедевым, не был единственно возможным. Он сам прекрасно понимал это и в последние годы много думал над тем, как заменить пищевое сырье (спирт производился из пищевых продуктов, причем на получение 1 тонны спирта расходовалось 12 тонн картофеля) другим, более дешевым, например, нефтью. Еще одним недостатком дивинилового каучука была его малая клейкость. При изготовлении из него

резиновых изделий приходилось идти на дополнительные затраты. В дальнейшем было разработано еще несколько способов производства синтетического каучука, а в 1965 году в СССР в промышленных условиях был впервые получен синтетический каучук из изопрена.

79. ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Телевидение является, быть может, одним из самых замечательных изобретений XX века и наравне с автомобилем, самолетом, компьютером, ядерным реактором заслуживает права на эпитеты «величайшее», «главнейшее», «чудесное» и «невероятное». Оно настолько глубоко проникло сейчас во все сферы нашего бытия, настолько тесно связано с жизнью каждого человека, что без телевизионного экрана уже невозможно представить себе ни современную технику, ни современную цивилизацию.

Как и любое сложное техническое творение, телевидение появилось и развилось в совершенную систему благодаря усилиям многих и многих изобретателей. В короткой главе, конечно, трудно рассказать обо всех, кто в той или иной мере приложил свои руки и ум к созданию телевизионной техники. Поэтому мы остановимся только на самых важных и значительных моментах истории ее возникновения.

Ранним предшественником телевидения следует считать копирующий телеграф Александра Бена, на который он получил патент в 1843 году. Основу отправляющего и принимающего аппаратов составляли здесь сургучно-металлические пластины, устроенные особым образом. Для их изготовления Бен брал изолированную проволоку, резал ее на куски длиной 2, 5 см и плотно набивал ими прямоугольную раму, так чтобы отрезки проволоки были параллельны друг другу, а их торцы располагались в двух плоскостях. Затем он заливал рамку жидким сургучом, остужал и полировал ее с обеих сторон до получения гладких диэлектрических поверхностей с металлическими вкраплениями.

Аппарат Бена был пригоден для передачи изображений с металлических клише или с металлических типографских литер. Если металлическое клише или типографский шрифт прижимали к одной из сторон металлосургучной пластины передающего аппарата, то часть проволок оказывалась электрически замкнута между собой и получала контакт с участком цепи, подводимым к шрифту и к источнику тока. Этот контакт переходил и на концы тех же проволок с противоположной стороны пластины. Одновременно к аналогичной пластине приемного аппарата прикладывали лист влажной бумаги, предварительно пропитанной солями калия и натрия, которая была способна изменять свою окраску под действием электрического тока.

Действие аппарата состояло в том, что одновременно на передающей и приемной станциях приводили в движение маятники с закрепленными на них контактными перьями, которые скользили по отполированной поверхности обеих пластин (на передающем и принимающем конце). Теперь рассмотрим, что происходило в телеграфной линии при различных положениях контактного пера.

Когда перо скользило по диэлектрической сургучной части пластины и по металлическим вкраплениям, не имевшим контакта с выступами клише или литер шрифта, тогда цепь оставалась разомкнутой, и ток от батареи в линию не поступал. Касание контактным пером торца

проволоки, соединенной со шрифтом, моментально замыкало цепь, и ток шел по линии связи до приемного аппарата, вызывая окраску участка бумаги. Совершив очередное колебание, маятники притягивались электромагнитами и ненадолго останавливались. За это время металлосургучные пластины с помощью часового механизма опускались на небольшое, но одинаковое расстояние вниз с тем, чтобы при очередном колебании маятника контактное перо перемещалось по торцам следующего ряда проволок. Таким образом, рельефное изображение, прижатое к пластине передающего аппарата, точка за точкой, строка за строкой преобразовывалось в элементарные сигналы, которые поступали на приемный пункт по телеграфной линии связи. Здесь благодаря электрохимическому действию тока изображение проявлялось на влажной пропитанной бумаге, прижатой к пластине приемного аппарата.

Это остроумное изобретение уже содержало в себе три существенных признака телевизионных систем: 1) разложение цельного оригинала на отдельные элементы (точки), которые передаются по очереди в строгой последовательности; 2) построчную развертку изображения; 3) синхронное движение коммутирующих устройств на передающей и принимающей станциях. Из-за своей сложности и высокой цены копирующий телеграф не получил практического применения, но в его конструкции впервые была разрешена задача электрической передачи изображения на большое расстояние.

Аналогичный аппарат Бекуэла, созданный в 1848 году, имел более простое устройство. Специальной краской, не проводившей электрический ток, писали текст или рисовали картину на металлической фольге. Затем этой фольгой обтягивали цилиндр, вращавшийся с помощью часового механизма. Вдоль цилиндра перемещался один-единственный ползунковый контакт, соединенный проводом с таким же ползунком приемного аппарата. При вращении цилиндра на станции отправления ползунок касался как открытой, так и изолированной поверхности фольги. В зависимости от этого в цепи присутствовал или отсутствовал электрический ток, на который реагировала химически обработанная бумага, уложенная на цилиндр в приемнике.

Новая эпоха в истории телевидения началась после открытия явления фотоэффекта. Прежде всего получил применение внутренний фотоэффект, суть которого состояла в том, что некоторые полупроводники при их освещении значительно меняли свое электрическое сопротивление. Первым эту интересную способность полупроводников отметил англичанин Смит. В 1873 году он сообщил о произведенных им опытах с кристаллическим селеном (открытым в 1817 г. шведским химиком Берцелиусом). В этих опытах полоски из селена были разложены в стеклянные запаянные трубки с платиновыми вводами. Трубки помещали в светонепроницаемый ящик с крышкой. В темноте сопротивление полосок селена было довольно высоким и оставалось весьма стабильным, но как только крышка ящика отодвигалась, проводимость возрастала на 15-100%. Простое движение руки над трубками увеличивало сопротивление селена на 15-20%. (Объяснение этому интересному явлению было найдено намного позже, когда была создана квантовая теория света. Способность того или иного вещества проводить или не проводить ток, как мы знаем, зависит от

того, есть ли в нем свободные заряженные частицы. В обычном состоянии в кристалле селена нет таких заряженных частиц. Но при освещении фотоны света выбивают из атомов селена часть электронов. Эти электроны свободно перемещаются между узлами кристаллической решетки полупроводника точно так же, как электроны в металле. Таким образом, полупроводник приобретает свойства проводника и сопротивление его значительно уменьшается.)

Вскоре открытие Смита стало широко применяться в телевизионных системах. Известно, что каждый предмет становится видимым только в том случае, если он освещаем или если является источником света. Светлые или темные участки наблюдаемого предмета или его изображения отличаются друг от друга различной интенсивностью отраженного или излучаемого ими света. Телевидение как раз и базируется на том, что каждый предмет (если не учитывать его цветность) можно рассматривать как комбинацию большого числа более или менее светлых и темных точек. От каждой из этих точек к наблюдателю идет световой поток разной интенсивности — от светлых точек более сильный, от темных — слабый. Следовательно, если бы можно было создать такое устройство, которое на передающей станции преобразовывало световые сигналы падающего на него изображения в соответствующие электрические импульсы разной силы, а на принимающей вновь превращало эти импульсы в световые сигналы разной интенсивности, то проблема передачи изображения на расстояние была бы в общих чертах разрешена. После открытия внутреннего фотоэффекта стало очевидно, что таким преобразующим устройством может служить селеновая пластина.

В 1878 году португальский профессор физики Адриано де Пайва в одном из научных журналов изложил идею нового устройства для передачи изображений по проводам. Передающее устройство де Пайва представляло собой камеру-обскуру, на задней стенке которой была установлена большая селеновая пластина. Различные участки этой пластины должны были по разному изменять свое сопротивление в зависимости от освещения. Впрочем, де Пайва признавал, что не знает, как произвести обратное действие — заставить светиться экран на приемной станции. В 1880 году Пайва выпустил брошюру «Электрическая телескопия» — первую в историю книгу, специально посвященную телевидению. Здесь было дано дальнейшее развитие идеи, изложенной за два года до этого. Итак, передаваемое изображение оптическим путем проецировалось на пластину из множества селеновых элементов. Ток от батареи подавался на металлический контакт, который быстро перемещался по пластине. Если какой-то сегмент был освещен ярко, сопротивление его было небольшим и ток с него оказывался более сильным, чем тот, который снимался с плохо освещенного сегмента. В результате по проводам передавались электрические сигналы разной силы. В приемном устройстве движение этого контакта синхронно повторяла электрическая лампочка, перемещавшаяся за матовым стеклом, которая горела то ярко, то тускло в зависимости от силы импульса тока (то есть от освещенности каждого сегмента селеновой пластины). По мысли де Пайва, если бы удалось получить достаточно быстрое движение контакта и лампочки, то у зрителя, глядевшего на матовое стекло, должно было

создаться зрительное представление о проецируемом предмете. Как этого добиться, де Пайва не знал. Однако для своего времени это была очень интересная идея.

В 1881 году французский адвокат Константин Сенлек в брошюре «Телектроскоп» описал проект телевизионного устройства, состоящего из двух панелей — передающей и принимающей — и из такого же количества газоразрядных лампочек. Изображение проецировалось на передающую матрицу из множества селеновых элементов, в результате чего с каждой из ячеек, в зависимости от ее освещения, снимался ток определенной величины. На передающей и принимающей станциях располагались соединенные между собой электрическим проводом механические коммутаторы, действовавшие совершенно синхронно. Передающий коммутатор с большой скоростью замыкался последовательно на все ячейки матрицы (как бы обегая их построчно) и передавал с каждой из них ток на приемный коммутатор. В результате на приемной панели вспыхивали лампочки, притом каждая горела более или менее интенсивно, в зависимости от величины передаваемого тока. Сенлек построил действующую модель своего телектроскопа, но не смог передать на нем ничего, кроме нескольких светящихся точек.

Слабым местом всех первых телевизионных систем оставался механический коммутатор. В самом деле, для того чтобы на сетчатке глаза наблюдателя создался образ передаваемого ему изображения, на экране приемной станции за одну секунду должно смениться около десятка мгновенных снимков. То есть развертка изображения (время, которое затрачивается на снятие сигнала со всех ячеек передающей селеновой пластины) должна была занимать около 0, 1 секунды. Развертка с помощью перемещающегося контакта, придуманная еще Беном, для этой цели явно не годилась.

Было предложено несколько способов разрешить эту трудность. Наконец, в 1884 году молодой немецкий студент Пауль Нипков нашел классическое решение проблемы развертки передаваемых картин. Главной деталью устройства Нипкова был светонепроницаемый диск с крошечными отверстиями около внешнего края. Расстояния между отверстиями были одинаковы, однако каждое следующее было смещено к центру диска на величину диаметра отверстия.

Передача изображения должна была осуществляться следующим образом. Объектив проецировал на диск уменьшенное действительное изображение предмета. По другую сторону диска помещалась селеновая пластинка. Диск приводили с помощью электродвигателя в очень быстрое вращение. При этом в каждый момент времени свет на элемент попадал только через одно какое-то отверстие, перемещавшееся по дугообразной линии. Сначала между изображением и светочувствительной пластинкой проходило верхнее отверстие, через которое на фотоэлемент проецировалась последовательно только верхняя кромка изображения. Когда это отверстие уходило за рамку изображения, с другого края рамки подвигалось другое, расположенное несколько ниже, и проецировало на фотоэлемент следующую полоску (или, как стали говорить позже, — «строчку») изображения. Таким образом, за один оборот диска перед фотоэлементом проходили поочередно все участки изображения. (Этот

процесс, получивший название «построчной развертки изображения», является одним из центральных в системе телевидения. «Диск Нипкова» стал первым простым устройством, позволившим осуществить такую развертку. В течение последующих пятидесяти лет он являлся неотъемлемой частью многих телевизионных устройств.) Далее сигналы от каждой ячейки фотоэлемента последовательно передавались по проводу на приемную станцию. Здесь этот ток подавался к неоновой лампе, которая, соответственно, горела то ярче, то слабее, в зависимости от силы передаваемого тока. Между наблюдателем и лампой помещался такой же перфорированный диск, как и на передающей станции, вращавшийся с ним в строгой синхронности. В каждый момент времени зритель мог наблюдать светящиеся строки, яркость элементов которых была пропорциональна яркости таких же элементов на диске передатчика. В целом в устройстве Нипкова были уже все основные узлы так называемого «механического» телевидения.

Первые изобретатели телевидения предполагали посылать электрические сигналы по проводам, но как только стало развиваться радио, явилась мысль, что эти сигналы можно передавать с помощью электромагнитных волн. Впервые эту идею выдвинул 15-летний польский гимназист Мечислав Вольфке, который в 1898 году подал патентную заявку на первое телевизионное устройство без проводов. Передающее устройство Вольфке было таким же, как у Нипкова, только сигналы с фотоэлемента передавались здесь на первичную обмотку трансформатора, вторичная обмотка которого замыкалась на вибратор Герца, излучавший электромагнитные волны. В приемнике ток подавался на неоновую лампу, и проекция изображения происходила так же, как у Нипкова.

Несмотря на удачное разрешение проблемы развертки, ни Нипкову, ни его последователям не удалось осуществить передачу изображений. Простые фотоэлементы, преобразуя яркость передаваемой точки в электрический сигнал, давали очень слабые импульсы тока, который терялся в более или менее протяженной линии связи. Хотя отдельные изобретатели сумели построить действующие аппараты и передавали с их помощью элементарные изображения, имевшиеся в их распоряжении технические средства не позволяли вынести эксперименты за пределы лаборатории. Основным препятствием для дальнейшего развития телевидения было отсутствие существенного элемента связи — усилителя сигналов. Только после изобретения электронных ламп это препятствие было преодолено.

Развитию телевидения также способствовали новые открытия в области фотоэффекта. В 1888 году русский физик Ульянин обнаружил интересное явление — на границе металл-селен при освещении ее светом источника начинал вырабатываться электрический ток. Ульянин поспешил использовать это свойство и изготовил первый селеновый фотоэлемент с тонкой золотой пленкой, вырабатывавший на свету слабый ток. (Этот эффект теперь широко используется в технике, например, в солнечных батареях.) Напомним, что до этого было известно только одно проявление светочувствительных свойств селена — изменение сопротивления. Поэтому в цепь селенового фотоэлемента надо было обязательно включать источник питания — внешнюю батарею. Теперь необходимость в этом

отпала.

Первые практические телевизионные системы были созданы только в XX веке. В 1923 году Чарльз Дженкинс осуществил передачу неподвижного изображения по радио из Вашингтона в Филадельфию и Бостон, а в 1925 году ему удалось передать изображение движущихся фигур. Для развертки Дженкинс применил диск Нипкова, а для усиления видеосигнала — усилитель на электронных лампах. В приемнике использовалась неоновая лампа, на которую зритель смотрел через отверстия другого диска Нипкова и видел точки различной яркости, располагавшиеся точно в таком же порядке, как и на передаваемом изображении. Для этого приемный диск вращался с той же скоростью, что и передающий, делая 12, 5 оборотов в секунду (другими словами, перед зрителем в одну секунду сменялось 12, 5 кадров — достаточная скорость для того, чтобы передавать движение). Позже скорость была увеличена до 25 кадров в секунду. Успешные результаты были достигнуты также в Англии. В 1928 году шотландец Джон Бэрд основал первую в Европе акционерную телевизионную компанию и начал опытные передачи через радиостанцию, расположенную в Лондоне. Его же фирма наладила выпуск первых механических телевизоров. Изображение в них развертывалось на 30 строк.

Широкая публика поначалу с восторгом отнеслась к новому изобретению. Зрители были снисходительны даже к тому, что изображение в их телевизорах часто оказывалось темным, нечетким и расплывчатым. Впрочем, с годами энтузиазм поутих. Оказалось, что получить хорошее, четкое изображение в механическом телевидении вообще невозможно. (Подсчитано, что для этого диск Нипкова должен иметь развертку на 600 строк с диаметром отверстия около 0, 1 мм. При этом диаметр самого диска достигнет 28 м. При вращении с необходимой скоростью он неминуемо разлетится под действием центробежных сил.) Хотя во многих больших городах (в том числе в Москве и Ленинграде) существовали свои телевизионные студии, а десятки тысяч людей имели у себя дома телевизоры, широкого распространения механическое телевидение не получило и в конце концов повсеместно уступило первенство электронному телевидению, о котором теперь и пойдет речь.

Эпоха электронного телевидения началась с изобретения электронно-лучевой трубки. Прообразом электронной трубки была газоразрядная лампа, изобретенная в 1856 году немецким стеклодувом Гейслером, который научился вплавлять в стеклянную колбу платиновые электроды и создал первые газонаполненные трубки. Сейчас газоразрядные лампы распространены повсюду, и устройство их хорошо известно: по обе стороны стеклянной трубки, наполненной каким-нибудь газом, помещают два электрода. Когда на эти электроды подается напряжение от сильного источника тока, между ними возникает электрическое поле. В этом поле молекулы газа ионизируются (теряют свои электроны) и превращаются в заряженные частицы. В результате через трубку происходит электрический разряд, под действием которого газ начинает ярко светиться.

Это явление сразу заинтересовало многих ученых. К их числу относился и боннский профессор Плюккер, для которого Гейслер

специально изготовлял запаянные трубки с различными смесями газов. В 1858 году Плюккер заметил, что при пропускании электрического тока стекло вблизи катода светится как-то по особенному, не так, как в остальных частях лампы. Изучив этот эффект, Плюккер пришел к выводу, что вблизи катода при электрическом разряде возникает какое-то излучение, которое он назвал «катодным». В 1869 году немецкий физик Гитторф открыл, что катодные лучи способны отклоняться под действием магнитного поля. В 1879 году английский физик Уильям Крукс провел фундаментальное исследование катодных лучей и пришел к выводу, что с поверхности катода при его нагревании испускается поток каких-то частиц. (В 1897 г. английский физик Томсон доказал, что катодные лучи являются потоком заряженных частиц — электронов.) Для своих опытов Крукс создал специальную трубку, которая была первой в истории катодно-лучевой трубкой.

Между прочим Крукс открыл, что некоторые вещества (они получили название люминофоров) начинают светиться при бомбардировке их катодными лучами. В 1894 году Ленард установил, что свечение люминофоров тем сильнее, чем сильнее катодный ток. В 1895 году профессор Страсбурского университета Карл Браун на основе трубки Крукса создал катодную (электронную) осциллографическую трубку, предназначенную для исследования различных электрических токов.

В трубке Брауна катод был покрыт диафрагмой — экраном с небольшим отверстием, в результате чего с катода испускался не широкий пучок, как в опытах Крукса, а узкий луч. Снаружи стеклянной колбы помещалась катушка, на которую подавался исследуемый ток. Этот ток, проходя через катушку, создавал вокруг переменное магнитное поле, которое отклоняло катодный луч в вертикальной плоскости. Экраном служила стеклянная пластинка, покрытая со стороны катода люминофором. Луч проходил через диафрагму и создавал на экране небольшое светящееся пятно. Под действием отклоняющего магнитного поля луч начинал колебаться и вычерчивал на экране вертикальную линию, которая отмечала максимальное и минимальное значение исследуемого тока. С помощью зеркальца эта светящаяся линия отбрасывалась на внешний экран. Несколько позже, в 1902 году, русский ученый Петровский усовершенствовал трубку Брауна, предложив использовать вторую катушку для отклонения электронного луча также в горизонтальной плоскости. Теперь, подавая соответствующие сигналы, можно было заставить луч обегать весь экран. В 1903 году немецкий физик Венельт сделал еще одно усовершенствование — он ввел в трубку цилиндрический электрод, заряженный отрицательно. Изменяя силу заряда на этом электроде, можно было усиливать или ослаблять электронный поток с катода, делая точку на экране то более яркой, то тусклой. В 1907 году Леонид Мандельштам предложил для управления лучом в трубке Брауна использовать две системы отклоняющих пластин, на которые подавалось пилообразное напряжение. Благодаря этому электронный луч стал вычерчивать на экране так называемый растр — светящиеся строки, которые располагались одна под другой от верхней кромки экрана до самой нижней. Происходило это следующим образом. На пути электронного луча в трубке помещались две вертикально расположенные пластины, на которые, как

уже говорилось, подавалось переменное напряжение пилообразной формы, создаваемое специальным генератором. Когда это напряжение было равно 0, электронный луч занимал на экране некоторое начальное положение. Затем, после того как положительная пластина начинала с определенной скоростью заряжаться, электроны отклонялись к ней и конец луча двигался по экрану. Это передвижение продолжалось до тех пор, пока напряжение положительной пластинки не достигало максимума. После этого напряжение быстро уменьшалось, и электронный луч быстро возвращался в исходное положение. Затем все повторялось сначала. Одновременно луч совершал колебания в вертикальной плоскости. Для отклонения по вертикали предназначалась вторая пара пластин. Легко видеть, что если частота пилообразного напряжения, прилагаемого к вертикальным пластинам, была в 10 раз больше той, которая прилагалось к горизонтальным, то за время, соответствующее одному кадру, луч успевал образовать 10 строк. Вместо переменного электрического поля можно было использовать переменное магнитное, создаваемое двумя катушками. Все эти открытия и изобретения заложили фундаментальные основы электронного телевидения.

Первым, кто предложил применить электронно-лучевую трубку для телевизионной передачи, был русский физик Борис Розинг. В 1907 году он получил патент на способ электрической передачи изображения на расстояние.

Для построчной развертки изображения Розинг использовал два зеркальных барабана, представлявших собой многогранные призмы с плоскими зеркалами. Каждое зеркало было слегка наклонено к оси призмы, и угол наклона равномерно возрастал от зеркала к зеркалу. При вращении барабанов световые лучи, идущие от разных элементов передаваемого изображения, отражались последовательно зеркальными гранями и поочередно (построчно) попадали на фотоэлемент. Ток с фотоэлемента передавался на пластины конденсатора. В зависимости от величины подаваемого тока между ними проходило большее или меньшее количество электронов, что позволяло изменять яркость освещения соответствующих точек люминесцентного экрана. (Электрическое поле внутри конденсатора при изменении напряжения сигнала отклоняло луч по вертикали, вследствие чего изменялось количество электронов, попадавших на экран через отверстие в диафрагме.) Таким образом, трубка заменяла сразу два узла прежних механических систем развертывающего устройства (например, диск Нипкова) и источник света (например, газосветную лампу). Две взаимно перпендикулярные катушки управляли движением луча таким образом, что он вычерчивал растр (начинал движение с верхнего левого угла экрана и оканчивал в правом углу, затем быстро возвращался на левый край, опускался немного вниз и делал развертку второй строчки). Движение луча и вращение зеркальных барабанов было строго синхронизировано между собой, так что прохождение каждой проецируемой грани мимо фотоэлемента соответствовало прохождению одной строчки проецирующего луча. На прохождение всего экрана луч затрачивал около 0, 1 секунды. Благодаря этому рисунок луча воспринимался глазом как цельное изображение.

После долгих и упорных опытов со своей несовершенной аппаратурой Розинг сумел получить первое изображение — ярко освещенной решетки — на экране своего приемника. Это изображение состояло из четырех полос. Когда закрывали одно из отверстий решетки, соответствующая ему полоса на экране исчезала. Телевизор мог передавать изображение простых геометрических фигур, а также движение руки. Сообщения об изобретении Розинга были напечатаны в технических журналах США, Японии и Германии и оказали большое влияние на дальнейшее развитие телевидения. Хотя Розингу принадлежит слава родоначальника электронного телевидения, его телевизионная система еще не была полностью электронной — съемка и передача изображения производились с помощью механического устройства — зеркальных барабанов. Электронной в его системе была только принимающая трубка, в устройстве которой уже можно видеть многие черты черно-белого телевизора. Следующим шагом должно было стать создание электронно-лучевой передающей трубки, действие которой основано на внешнем фотоэффекте.

Внешний фотоэффект был открыт в 1887 году Генрихом Герцем и глубоко изучен в следующем году русским физиком Александром Столетовым. Суть этого явления заключается в том, что под действием света происходит выбивание электронов с поверхности заряженной пластины. Выбитые электроны образуют облако, которое притягивается к положительному электроду, образуя электрический ток в вакууме или разряженном газе. На этом принципе основана работа фотоэлемента, созданного в 1906 году немецким ученым Дембером. Катод и анод здесь помещены в стеклянной колбе, из которой выкачан воздух. К — катод, покрытый светочувствительным веществом (лучше всего цезием); А — анод, который представляет собой металлическую сетку и не мешает проходить свету на анод; С — источник света; Е — батарея. Свет, падающий на фотокатод фотоэлемента, освобождает из него электроны, которые устремляются к положительно заряженному аноду. Уменьшение или усиление освещения фотокатода соответственно увеличивает или уменьшает ток в его цепи.

В 1911 году английский инженер Ален Суинтон предложил проект телевизионного устройства, в котором электронно-лучевая трубка использовалась не только как приемник, но и в качестве передатчика. В основе передающей трубки Суинтона — трубка Крукса, к катоду которой прикладывалось отрицательное напряжение в 100000 вольт относительно анода. Узкий пучок электронов проходил сквозь отверстие в аноде С и попадал на экран I, описывая на нем с помощью отклоняющих катушек Е растр. Экран состоял из миниатюрных, изолированных друг от друга металлических рубидиевых кубиков. С противоположной стороны сквозь сетку L и отсек с парами натрия на экран I проецировалось изображение. Свет от каждой его точки попадал на отдельный рубидиевый кубик экрана, который действовал как независимый фотоэлемент, и выбивал с его поверхности электроны. В соответствии с законами внешнего фотоэффекта этих электронов было тем больше, чем интенсивнее оказывалось действие света. До тех пор пока на кубик не подавалось напряжение, выбитые электроны находились вблизи экрана. Но когда

электронный луч, обегавший один за другим все кубики, попадал на какой-то из них, тот получал отрицательный заряд. Тогда электроны, выбитые светом с поверхности кубика, устремлялись к сетке L, которая, следовательно, в каждый момент времени имела на себе заряд, соответствующий какой-то точке экрана. Этот заряд снимался с сетки и передавался затем как видеосигнал на приемную трубку, устройство которой основывалось на тех же принципах, что и у Розинга. Электронный луч принимающей трубки был синхронизирован с лучом передающей трубки, а интенсивность его в каждой точке напрямую зависела от силы посылаемого видеосигнала. Практически действующей телевизионной установки Суинтон не создал, но в его проекте мы видим уже те основные элементы, которые входили потом в конструкцию всех последующих поколений передающих трубок: двустороннюю мозаику из множества отдельных фотоэлементов с внешним фотоэффектом, коллектор в виде сетки L и отклоняющие катушки E.

Следующий шаг на пути развития телевидения был сделан только в 20-е годы. В 1923 году Владимир Зворыкин (в студенческие годы Зворыкин был одним из учеников Розинга и активно помогал ему при создании первого телевизора; в 1917 году он эмигрировал в США, где и работал до самой смерти) запатентовал полностью электронную систему телевидения с передающей и приемной электронно-лучевыми трубками.

В передающей трубке Зворыкин применил трехслойную двухстороннюю мишень. Трубка состояла из сигнальной пластины 4 — тонкой алюминиевой пленки (прозрачной для электронов), покрытой с одной стороны диэлектриком 3 из окиси алюминия, на который был нанесен светочувствительный слой 2, обладающий внешним фотоэффектом. Рядом с этим слоем была установлена сетка 1. На алюминиевую пленку подавалось положительное (относительно сетки) напряжение. Изображение проецировалось на этот слой сквозь сетку 1. На другой стороне алюминиевой пленки электронный луч 5 из электронного прожектора 6 создавал растр. Сигнал снимался с нагрузки RH в цепи сетки. Мозаика передающей трубки содержала множество отдельных фотоэлементов. Эта трубка тоже не стала работающей моделью, но в 1929 году Зворыкин разработал высоковакуумную приемную электронно-лучевую трубку, названную им кинескопом, которая в дальнейшем использовалась в первых телевизорах. Таким образом, принимающая электронно-лучевая трубка была создана уже в начале 30-х годов.

С передающими трубками дело обстояло сложнее. Все предложенные изобретателями к концу 20-х годов электронные трубки отличались одним существенным недостатком — они имели очень низкую светочувствительность. Видеосигнал, снимаемый с них, был настолько слабым, что не мог обеспечить не только хорошего, но и сколько-нибудь удовлетворительного изображения. Низкую светочувствительность справедливо объясняли неэффективным использованием светового потока. Действительно, предположим, что светочувствительная мозаичная пластина разделена на 10 тысяч ячеек, и электронный луч обегает их все за 0, 1 с. Это значит, что при разряжении передаваемого изображения свет действовал на каждый отдельный фотоэлемент в продолжение всего лишь

1/100000 секунды. Если бы удалось использовать энергию светового потока, бесполезно пропадавшую в течение остальных 99999/100000 секунды, чувствительность телевизионной системы должна была бы значительно возрасти.

Одним из первых попытался разрешить эту проблему уже известный нам американский инженер Чарльз Дженкинс. В 1928 году он предложил устройство для накопления заряда в телевизионной трубке. Суть идеи Дженкинса заключалась в том, что к каждому фотоэлементу светочувствительной панели подключался конденсатор С. Свет падал на фотоэлемент, и образующийся ток заряжал конденсатор в течение всего времени передачи кадра. Затем с помощью коммутатора конденсаторы поочередно разряжались через нагрузку RH, с которой снимался сигнал, то есть в качестве видеосигнала Дженкинс предполагал использовать разрядный ток.

Идея Дженкинса была очень плодотворна, но она нуждалась в дальнейшей доработке. Прежде всего приходилось думать о том, где и как разместить десятки, а то и сотни тысяч маленьких конденсаторов (ведь каждая отдельная ячейка экрана должна была иметь свой конденсатор), затем требовалось создать коммутатор, который бы с нужной быстротой и синхронностью мог производить разрядку всех этих конденсаторов. Никакое механическое устройство не могло справиться с этой задачей. Поэтому роль коммутатора стали поручать тому же электронному лучу. В течение пяти последующих лет в разных странах было предложено несколько вариантов передающих трубок, использующих принцип накопления заряда, однако все эти проекты не были реализованы. Успешно преодолеть многочисленные препятствия посчастливилось Владимиру Зворыкину. В 1933 году на съезде общества радиоинженеров в Чикаго он объявил, что его десятилетние усилия по созданию действующей телевизионной трубки завершились полным успехом.

Эту работу Зворыкин начал в лаборатории фирмы «Вестингауз», а закончил в «Радиокорпорации Америки», где в его распоряжении была прекрасно оборудованная лаборатория и большая группа опытных инженеров. После многих опытов Зворыкин с помощью химика Изига нашел очень простой способ изготовления мозаичной светочувствительной мишени с накопительными конденсаторами. Происходило это следующим образом. Брали слюдяную пластинку размером 10 на 10 см и на одну из ее сторон наносили тонкий слой серебра. После этого пластинку помещали в печь. Тонкий серебряный слой при нагреве обретал способность сворачиваться в гранулы. Таким образом на слюдяной пластинке образовывалось несколько миллионов изолированных друг от друга гранул. Затем на серебряный слой наносили цезий, обладавший, как и селен, повышенной чувствительностью к свету. С противоположной стороны слюдяная пластинка покрывалась сплошным металлическим слоем. Этот слой как бы служил второй пластиной конденсатора по отношению к гранулам серебра со светочувствительным цезиевым слоем. В результате каждый из миллиона миниатюрных фотоэлементов служил в то же время и миниатюрным конденсатором. Этой трубке Зворыкин дал название иконоскоп.

Работа иконоскопа происходила следующим образом. Стеклянный шарообразный баллон снабжался сигарообразным цилиндрическим отростком, в котором помещался электронный прожектор. В шаре находилась мишень, установленная наклонно к оси отростка. Эта мишень, как уже говорилось, состояла из слюдяной пластинки, на одну сторону которой был нанесен металлический сигнальный слой, а на другую — светочувствительная мозаика, состоявшая из множества изолированных друг от друга фотоэлементов (5). Часть поверхности стеклянного шарового баллона трубки была сделана плоской, параллельной мишени. Через нее на мозаику проецировалось изображение, так что ось объектива была перпендикулярна плоскости мишени (это исключало всякие искажения) Рядом с мозаикой перед светочувствительным слоем была поставлена сетка (1), на которую подавался положительный относительно анода (3) заряд (анод был заземлен, а на термокатоде (4) создавался большой отрицательный потенциал). Электронный луч (2) проходил через сетку и создавал на мозаике растр. Сигнал снимался с сигнальной пластины (6) и подавался на сопротивление RH, а потом на усилительную лампу (7). Электронный луч, пробегая по фотомозаике, разряжал последовательно все ее участки. В результате образовывались электрические импульсы (видеосигналы), пропорциональные освещенности участков мозаики. Эти импульсы усиливались и подавались к радиопередатчику. В дальнейшем иконоскоп был значительно усовершенствован. Шар заменили цилиндром с отростком для электронного прожектора. Вместо сетки, которая искажала сигнал, стали применять коллектор (8) в виде металлического кольца. На внутренней поверхности цилиндра собирались фотоэлектроны, излученные мозаикой. Мишень состояла из мозаики фотоэлементов — светочувствительного слоя (2), слюдяной пластины-диэлектрика (3) и металлической пленки в качестве сигнальной пластины (4).

Иконоскоп стал последним звеном в цепи изобретений, приведших к созданию электронного телевидения. Но из-за депрессии, которой тогда были охвачены США, телевизионная сеть здесь сложилась только через несколько лет. Тем временем в 1934 году группа советских инженеров под руководством Бориса Круссера также создала иконоскоп. В Англии телевизионное вещание на аппаратуре, разработанной фирмами «Маркони» и EMI, началось в 1936 году. В том же году радиовещательная компания NBC начала регулярные телепередачи в Нью-Йорке. В Германии и СССР телевещание началось в 1938 году.

80. РАДАР

Одной из важнейших областей применения радио стала радиолокация, то есть использование радиоволн для определения местонахождения невидимой цели (а также скорости ее движения). Физической основой радиолокации является способность радиоволн отражаться (рассеиваться) от объектов, электрические свойства которых отличаются от электрических свойств окружающей среды.

Еще в 1886 году Генрих Герц обнаружил, что радиоволны способны отражаться металлическими и диэлектрическими телами, а в 1897 году, работая со своим радиопередатчиком, Попов открыл, что радиоволны отражаются от металлических частей кораблей и их корпуса, однако ни тот ни другой не стали глубоко изучать это явление.

Впервые идея радара пришла в голову немецкому изобретателю Хюльсмайеру, который в 1905 году получил патент на устройство, в котором эффект отражения радиоволн использовался для обнаружения кораблей. Хюльсмайер предлагал применить радиопередатчик, вращающиеся антенны направленного действия, радиоприемник со световым или звуковым индикатором, воспринимающим отраженные предметами волны. При всей своей несовершенности устройство Хюльсмайера содержало в себе все основные элементы современного локатора. В патенте, выданном в 1906 году, Хюльсмайер описал способ определения расстояния до отражающего объекта. Однако разработки Хюльсмайера практического применения не получили. Понадобилось тридцать лет, прежде чем идея применить радиоволны для обнаружения самолетов и кораблей смогла быть претворена в реальную аппаратуру. Осуществить это раньше было невозможно по следующим причинам. Как Герц, так и Попов пользовались для своих опытов короткими волнами. Практически же радиотехника вплоть до 30-х годов XX века применяла очень длинные волны. Между тем лучшее отражение происходит при условии, что длина волны по меньшей мере равна или (что еще лучше) меньше размеров отражающего объекта (корабля или самолета). Следовательно, длинные волны, применявшиеся в радиосвязи, не могли дать хорошего отражения. Лишь в 20-е годы радиолюбители США, которым было разрешено пользоваться для своих опытов по радиосвязи короткими волнами, показали, что на самом деле эти волны по неизвестным в то время причинам распространяются на необычайно большие расстояния. При ничтожной мощности радиопередатчиков радиолюбителям удавалось осуществить связь через Атлантический океан. Это привлекло к коротким волнам внимание ученых и профессионалов.

В 1922 году сотрудники радиоотдела морской исследовательской лаборатории Тейлор и Юнг, работая в диапазоне ультракоротких волн, наблюдали явление радиолокации. Им сейчас же пришла мысль, что можно разработать такое устройство, при котором миноносцы, расположенные друг от друга на расстоянии нескольких миль, смогут немедленно обнаруживать неприятельское судно «независимо от тумана, темноты и дымовой завесы». Свой доклад об этом Тейлор и Юнг прислали в морское министерство США, но поддержки их предложение не получило. В 1930 году один из научных сотрудников Тейлора, инженер Хайланд, ведя опыты по радиосвязи на коротких волнах, заметил, что, когда самолет пересекал линию, на которой были расположены передатчик и приемник, появлялись искажения. Из этого Хайланд заключил, что с помощью радиопередатчика и приемника, работающих на коротких волнах, можно обнаружить местоположение самолета. В 1933 году Тейлор, Юнг и Хайланд взяли патент на свою идею.

На этот раз радару суждено было появиться на свет — для этого сложились все технические предпосылки. Главное же заключалось в том, что он стал необходим военным. Техника противовоздушной обороны между двумя мировыми войнами не получила соответствующего развития. По-прежнему главную роль играли посты воздушного наблюдения, оповещения и связи, аэростаты, прожекторы, звукоуловители. Вследствие

роста скорости бомбардировщиков посты оповещения надо было выдвигать за 150 и более километров от того города, для защиты которого они предназначались, и прокладывать к ним длинные телефонные линии. Однако эти посты все равно не давали полной гарантии безопасности. Даже в хорошую ясную погоду наблюдатели не могли обнаружить самолеты, летящие на небольшой высоте. Ночью или в тумане, в облачную погоду такие посты вообще не видели самолетов и ограничивались сообщениями о «шуме моторов». Приходилось располагать эти посты в несколько поясов, разбрасывать их в шахматном порядке, чтобы прикрыть ими все дальние подступы.

Точно так же прожекторы были надежны в борьбе против самолетов лишь в ясные ночи. При низкой облачности и тумане они становились бесполезны. Специально разработанные звукоуловители тоже были слабым средством обнаружения. Представим себе, что самолет находится за 10 км от наблюдательного поста. Звук мотора становился слышен слухачу звукоуловителя через 30 с небольшим секунд. За это время самолет, летевший со скоростью 600 км/ч, успевал пролететь 5 км, и звукоуловитель, следовательно, указывал место, где самолет находился полминуты назад. В этих условиях пользоваться звукоуловителем для того чтобы наводить с его помощью прожектор или зенитное орудие, было бессмысленно. Вот почему во всех странах Европы и в США за 6-7 лет до Второй мировой войны начались усиленные поиски новых средств противовоздушной обороны, способных предупредить о нападении с воздуха. В конце концов важнейшая роль здесь была отведена радиолокации. Как известно, туман, облака, темнота не влияют на распространение радиоволн. Луч прожектора быстро тускнеет в густых облаках, а для радиоволн подобных препятствий не существует. Это делало очень перспективной идею применить их для нужд ПВО.

Однако практическое воплощение идеи радиолокации потребовало решения целого ряда сложных научных и технических проблем. В частности, надо было создать генераторы ультракоротких волн и чувствительные приемники очень слабых отраженных от объектов сигналов. Только в 1938 году Морская исследовательская лаборатория США разработала сигнальный радиолокатор XAF с дальностью действия 8 км, который был испытан на линкоре «Нью-Йорк». К 1941 году было изготовлено 19 таких радаров.

Гораздо продуктивнее шли работы в Англии, правительство которой не скупилось на расходы. Уже в 1935 году под руководством Уотсона-Уатта была создана первая импульсная радиолокационная станция дальнего обнаружения CH. Она работала в диапазоне волн 10-13 м и имела дальность действия 140 км при высоте полета самолета 4, 5 км. В 1937 году на восточном побережье Англии уже было установлено 20 таких станций. В 1938 году все они приступили к круглосуточному дежурству, продолжавшемуся до конца войны.

Хотя устройство любого радара очень сложно, принцип его действия понять нетрудно. Радиолокационная станция работает не непрерывно, а периодическими толчками — импульсами. Передатчик первой английской радиолокационной станции CH посылал импульсы 25 раз в секунду. (Посылка импульса длится в современных локаторах несколько

миллионных долей секунды, а паузы между импульсами — несколько сотых или тысячных долей секунды.) Импульсный режим применяется для того, чтобы измерять время между посылкой импульса и его возвращением от отраженного объекта. Послав в пространство очень кратковременную «порцию» радиоволн, передатчик автоматически выключается и начинает работать радиоприемник. Встретив на пути своего распространения какое-либо препятствие, радиоволны рассеиваются во все стороны и частично отражаются от него обратно, к месту посылки волн, то есть к радиолокационной станции. Этот процесс аналогичен отражению звуковых волн — явлению эхо. Достаточно крикнуть или ударить в ладоши в горном ущелье у подножья скалы — и через несколько секунд послышится слабое эхо — отражение звука. Так как скорость радиоволн чуть ли не в миллион раз больше скорости звуковых волн, то от скалы, находящейся на расстоянии 3500 м, эхо вернется через 20 секунд, а радиоволна — через две стотысячных доли секунды. Поэтому основной особенностью радиолокационной станции должно быть быстрое измерение кратчайших отрезков времени с точностью до миллионных долей секунды. Понятно, что если бы радиолокационная станция беспрерывно посылала свои сигналы, то среди мощных сигналов передатчика было бы невозможно уловить очень слабые отраженные радиоволны, вернувшиеся обратно. Антенна радиолокационной станции обладает направленным действием. В отличие от антенн радиовещательной станции, посылающей радиоволны во всех направлениях, импульсы, излучаемые радаром, концентрируются в очень узкий пучок, посылаемый в строго определенном направлении.

Приняв отраженные импульсы, радар направлял их на электронно-лучевую трубку. Здесь этот импульс (понятно, многократно усиленный) подавался на вертикальные пластины, управлявшие электронным лучом трубки (см. ее устройство в предыдущей главе) и вызывал вертикальный бросок луча на экране радара. Что же можно было наблюдать на этом экране? 25 раз в секунду в левой его части возникал электронный импульс (этот бросок был вызван тем, что очень небольшая часть энергии излученного импульса попадала в приемник), и за ним бежала направо линия развертки. Это длилось до тех пор, пока импульс не достигал цели, не отражался от нее и не возвращался обратно. Предположим, что линия, нарисованная электронным лучом, двигалась по экрану в течение 1 миллисекунды. За это время импульс проходил 150 км до цели, отражался от нее, возвращался обратно на станцию и высвечивался на экране в виде второго броска. У того места экрана трубки, где появился первый бросок, ставили 0, а в конце линии — 150 км. Так как скорость распространения волны постоянна, то всю эту линию можно было разделить на равные части и получить таким образом возможность считывать (в пределах 150 км) любое расстояние до цели, отраженный импульс которой был виден на экране трубки. Благодаря столь частому появлению изображения на экране, оно казалось глазу оператора как бы неподвижным и неисчезающим. Лишь импульс, отраженный от цели, медленно перемещался влево по линии, если самолет летел по направлению к станции.

Все сведения об обнаруженных самолетах противника радиолокационные станции передавали на так называемый «фильтрующий

центр». Здесь по донесениям отдельных станций производилось сличение и уточнение данных о воздушной обстановке. Отобранные и проверенные сведения «фильтрующий центр» передавал командованию. На центральном командном пункте имелась большая карта. Специальные операторы перемещали по карте маленькие модели самолетов. Командование таким образом могло непрерывно наблюдать воздушную обстановку и сообразно с этим принимать нужные решения. Впоследствии оказалось, что станции дальнего обнаружения могут давать и дополнительные сведения о числе вражеских самолетов, их курсе и скорости. Командные пункты ПВО по этим сведениям могли заключить, какое количество бомбардировщиков участвует в операции, установить, к какому пункту они направляются и когда к нему прибудут.

Однако первые радары обладали и крупными недостатками. Поскольку они работали на волне 10 и более метров, антенны их были громоздки и неподвижны. К примеру, антенна передатчика СН подвешивалась на мачтах высотой 120 м. Неподалеку располагалась приемная станция с антенной на высоте 80 м. Обладая направленным действием, эти антенны излучали радиоволны широким конусом вперед и несколько в сторону от главного направления. Вправо, влево и назад эти антенны не излучали, и, следовательно, на этих направлениях радары не могли обнаружить самолеты. Поскольку их волны отражались от земли и воды, низколетящие цели были им недоступны. Так что самолеты, приближавшиеся к Англии на высоте менее 100 м, могли пролететь незаметно для радаров.

Устранить эти изъяны можно было только созданием новых радиолокационных станций, работающих на более коротких волнах. В первые годы развития радиолокации применялись волны длиной 10-15 м, но в дальнейшем оказалось, что удобнее использовать для этой цели волны в тысячу раз короче — порядка нескольких сантиметров. Приборы, работавшие в таком диапазоне, до начала войны являлись, по существу, лабораторными конструкциями, были очень капризны и обладали ничтожной мощностью. Известные в то время типы электронных ламп очень плохо или почти не работали на сантиметровых волнах. Все необходимое оборудование для более совершенных радаров было создано в рекордно короткие сроки уже в начале войны.

Сначала перешли на волну в 1, 5 м, что позволило сразу улучшить работу радара и резко сократить размеры антенн. Тогда появилась мысль, что такую антенну можно вращать в горизонтальном направлении и рассылать импульсы локатора во все стороны, а не только вперед. Далее напрашивалось предположение, что если радар поочередно посылает импульсы и принимает их отражения, то вовсе не обязательно передающую и принимающую станции размещать отдельно: можно и должно передавать и принимать на одну и ту же антенну, поочередно подключая ее то к передатчику, то к приемнику. В 1939 году была разработана станция CHL для обнаружения низколетящих самолетов и надводных кораблей с дальностью действия 100 км. Такие станции располагались на расстоянии 40 км друг от друга, защищая устье Темзы и подходы к ней. В дальнейшем количество станций было увеличено так, чтобы прикрыть все восточное побережье Англии. Введение ряда усовершенствований позволило

увеличить дальность действия радаров до 160-190 км.

Все эти меры с лихвой оправдали себя в 1939-1940 годах, когда развернулась грандиозная битва за Англию. Не имея возможности перебросить в Англию свои войска, Гитлер двинул против нее армады своих бомбардировщиков. Английские истребители не знали покоя ни днем, ни ночью, отбивая одну за другой воздушные атаки немцев. Радиолокационные станции дальнего обнаружения играли в это время огромную роль во всей системе ПВО. Немецкие летчики вскоре убедились, что невидимые лучи радаров для них страшнее истребителей и зениток. Применение радиолокации навело вскоре англичан на мысль нацеливать с помощью радаров свои истребители на бомбардировщики врага. Для этого были созданы небольшие радиолокационные станции (GCI). Они имели меньшую дальность действия, но зато более точно определяли положение вражеских самолетов. Эти радары устанавливались неподалеку от аэродромов истребительной авиации. Получив сообщение от станций дальнего обнаружения, они начинали следить за приближающимся врагом, давая летчикам-истребителям точные данные о местоположении врага.

Для станций такого типа прежняя электронно-лучевая трубка с горизонтальной линией развертки была неудобна, поскольку в каждый момент времени она могла наблюдать только за одним самолетом и постоянно должна была переключаться с одной цели на другую. В связи с этим произошло крупное усовершенствование радиолокационной техники — появилась так называемая трубка кругового обзора, получившая в скором времени самое широкое распространение во многих типах станций. На экране такой трубки световая линия развертки начиналась не с левого края экрана, как в прежних конструкциях, а от центра. Эта линия вращалась по часовой стрелке одновременно с вращением антенны, отражая на экране местоположение целей вокруг станции. Такой экран создавал как бы карту воздушной обстановки. Световое пятно в центре экрана отмечало местоположение радиолокационной станции. Концентрические кольца вокруг этого пятна помогали определить расстояние до отраженных импульсов, которые обозначились в виде более светлых точек. Офицер станции наведения одновременно наблюдал на таком экране за всеми интересующими его целями. Осуществление наведения значительно упрощалось. Понятно, что на таком радаре описанный выше способ работы индикатора не годился, так как все сигналы, отраженные от объектов, мгновенно пропадали с экрана. Здесь применялись экраны, обладающие так называемым «послесвечением», то есть сохраняющие свечение в течение определенного промежутка времени. В таких трубках отклонение электронного луча осуществлялось с помощью катушек, ток в которых изменялся линейно в зависимости от времени.

Применение всех систем радиолокационной обороны уже в первый период войны дало ощутимые результаты. За четыре месяца 1940 года в небе над Англией было уничтожено более 3000 немецких самолетов, причем 2600 из них были сбиты истребителями, наведенными своими радиолокационными станциями. Из-за больших потерь немцы были вынуждены прекратить дневные налеты. Однако и это не спасло их. Англичанами в срочном порядке была разработана небольшая радиолокационная станция AI, размещавшаяся на борту самолета. Она

могла обнаруживать цели на расстоянии 3-5 км. Новыми радарами были оснащены специальные ночные истребители. Кроме пилота на них размещался стрелок-радиооператор. По наводке с земли такие самолеты приближались к немецким бомбардировщикам на расстояние видимости своего радара. После этого уже сам оператор, имея перед лицом трубку локатора, давал летчику команды по внутреннему переговорному устройству, куда направить машину, чтобы сблизиться с бомбардировщиками. К весне 1941 года система ночной радиолокационной обороны уже оправдывала свое назначение. Если в январе англичане сбили всего 4 немецких ночных бомбардировщика, то в апреле 58, а в мае 102.

81. МАГНИТОФОН

Прародитель магнитофона — телеграфон — был изобретен датским физиком Вальдемаром Поульсеном. В 1898 году Поульсен создал устройство, использующее явление остаточного намагничивания и преобразующее звуковые волны в магнитные импульсы, которые записывались на тонкой стальной проволоке. На входе телеграфона подключался источник звука — микрофон. Ток с него подавался на электромагнит особой формы. Создаваемое электромагнитом магнитное поле намагничивало стальную проволоку, которая с определенной скоростью двигалась мимо магнита. В такт передаваемому звуку снимаемый с микрофона ток увеличивался или уменьшался, а следовательно, увеличивалась или уменьшалась напряженность магнитного поля, создаваемого записывающим магнитом.

Для воспроизведения фонограммы проволоку пропускали мимо магнита воспроизведения. В процессе движения силовые линии магнитного поля фонограммы пересекали витки катушки, в которых вследствие закона электромагнитной индукции возникал электрический ток, соответствующий записанным на проволоку звукам. Эти слабые электрические импульсы преобразовывались в телефоне в звуковые волны. Их прослушивали без усилителя с помощью наушников. Качество звука было очень низким, и телеграфон не получил широкого распространения.

Понадобилось тридцать лет, чтобы замечательное изобретение Поульсена приобрело признание. Этому способствовало прежде всего появление электронных ламп и разработка схем усилителей на их основе, а также совершенствование самого звуконосителя. Проволока имела тенденцию быстро саморазмагничиваться. Чтобы компенсировать это неприятное свойство, приходилось увеличивать скорость ее движения, которая поначалу достигала нескольких метров в секунду. Даже небольшая фонограмма требовала огромного количества проволоки. Хотя толщина ее не превышала 0, 1 мм, катушки с записью занимали много места и были очень тяжелы. Тонкая проволока рвалась, путалась, перекручивалась во время движения. Ее попытались заменять стальной лентой. Обрывы прекратились, но объем и вес звуконосителя вырос еще в несколько раз. Чтобы раскрутить катушку с такой лентой, требовался мощный электродвигатель. Ходовые механизмы получались очень громоздкими. В этот период магнитная запись давала малообещающие результаты.

Коммерческий успех пришел к магнитофону только после изобретения нового звуконосителя. Немецкий изобретатель Пфеймер

разработал технологию нанесения слоя порошкового железа на бумажную ленту: новый звуконоситель хорошо намагничивался и размагничивался, его можно было обрезать и склеивать. Впоследствии бумажную ленту заменили пластиковой — из ацетилцеллюлозы, более прочной, эластичной и невоспламеняемой. На ленту напыляли ферромагнитный порошок (окислы железа), предварительно смешанный со связующим веществом (например, нитролаком). Впервые такую ленту начала выпускать в 1935 году немецкая компания АЕГ. Магнитофонная пленка произвела переворот в магнитной звукозаписи. Она была легкой, компактной, хорошо сохраняла намагничивание, что позволило в несколько десятков раз сократить скорость звуконосителя. На такой пленке можно было записывать гораздо более длинное произведение, чем на проволоке.

Запись на ленту происходила так же, как и на проволоку. Из всего сказанного видно, что важнейшими элементами магнитофона являлись записывающий и воспроизводящий электромагниты, которые называют магнитными головками. Обе головки представляли собой магнитные сердечники, охваченные катушками. В сердечнике имелся зазор, заполненный фольгой из специальной бронзы. Ток, проходивший через обмотку записывающей головки, образовывал магнитное поле, которое проходило по магнитному сердечнику и выходило из его рабочего зазора в окружающее пространство. Когда это поле было постоянно, оно равномерно намагничивало всю проходящую через него ленту. Когда же через обмотку головки проходил электрический ток, возникавший вследствие звукового воздействия на микрофон, магнитное поле в зазоре головке изменялось в зависимости от силы тока микрофона, то есть в соответствии с силой звуковых колебаний. Лента приобретала при этом различную намагниченность и превращалась в фонограмму. Различные ее участки оказывались различно намагниченными, как по силе, так и по направлению. Магнитные силовые линии этих отдельных участков, замыкаясь в пространстве, образовывали внешнее магнитное поле. При воспроизведении магнитной фонограммы лента с той же скоростью, что и при записи, двигалась мимо воспроизводящей головки и возбуждала в ее обмотках электрический ток, который изменялся в соответствии с силой магнитного поля ленты. Затем ток, возникший в обмотке и усиленный, поступал к динамику.

Для многократного использования одной и той же ленты имелась головка стирания, питаемая от специального лампового генератора токами высокой частоты. Ток, создаваемый этим генератором, пропускался через обмотки стирающей головки. Пока лента проходила через поле, создаваемое этой головкой, она многократно перемагничивалась и в результате покидала ее в размагниченном состоянии. После стирания магнитная лента попадала в поле записывающей головки. Здесь каждый элемент ленты подвергался двойному воздействию магнитного поля, которое образовывалось, с одной стороны, током записывающего сигнала, а с другой — током дополнительного смещения, поступающим в записывающую головку из высокочастотного генератора. Это дополнительное питание током высокой частоты получило название подмагничивания. Оно необходимо для борьбы с искажениями, которые оказывали на чувствительную магнитную ленту различные части

магнитофона — прежде всего лампы и трансформаторы. Во время работы вокруг них создавалось достаточно сильное магнитное поле, которое также намагничивало ленту. Долгое время это нежелательное намагничивание (проявлявшееся при прослушивании в виде шума, треска и гула) очень снижало качество фонограмм. Лишь после того как научились подмешивать к току сигнала высокочастотный ток подмагничивания, качество магнитной фонограммы возросло настолько, что стало конкурировать с механической звукозаписью — граммофонными пластинками.

На магнитофоне имелись две катушки — подающая и приемная. Для перемещения ленты служил механизм, состоящий из электродвигателя, ведущего вала, прижимного ролика и других деталей. Обычно в магнитофоне имелось устройство для ускоренной перемотки ленты с катушки на катушку в оба направления.

82. ПЕНИЦИЛЛИН

Антибиотики — одно из замечательнейших изобретений XX века в области медицины. Современные люди далеко не всегда отдают себе отчет в том, сколь многим они обязаны этим лечебным препаратам. Человечество вообще очень быстро привыкает к поразительным достижениям своей науки, и порой требуется сделать некоторое усилие для того, чтобы представить себе жизнь такой, какой она была, к примеру, до изобретения телевизора, радио или паровоза. Так же быстро вошло в нашу жизнь огромное семейство разнообразных антибиотиков, первым из которых был пенициллин. Сегодня нам кажется удивительным, что еще в 30-х годах XX столетия ежегодно десятки тысяч людей умирали от дизентерии, что воспаление легких во многих случаях кончалось смертельным исходом, что сепсис был настоящим бичом всех хирургических больных, которые во множестве гибли от заражения крови, что тиф считался опаснейшей и трудноизлечимой болезнью, а легочная чума неизбежно вела больного к смерти. Все эти страшные болезни (и многие другие, прежде неизлечимые, например, туберкулез) были побеждены антибиотиками.

Еще более поразительно влияние этих препаратов на военную медицину. Трудно поверить, но в прежних войнах большинство солдат гибло не от пуль и осколков, а от гнойных заражений, вызванных ранением. Известно, что в окружающем нас пространстве находятся мириады микроскопических организмов микробов, среди которых немало и опасных возбудителей болезней. В обычных условиях наша кожа препятствует их проникновению внутрь организма. Но во время ранения грязь попадала в открытые раны вместе с миллионами гнилостных бактерий (кокков). Они начинали размножаться с колоссальной быстротой, проникали глубоко внутрь тканей, и через несколько часов уже никакой хирург не мог спасти человека: рана гноилась, повышалась температура, начинался сепсис или гангрена. Человек погибал не столько от самой раны, сколько от раневых осложнений. Медицина оказывалась бессильна перед ними. В лучшем случае врач успевал ампутировать пораженный орган и тем останавливал распространение болезни.

Чтобы бороться с раневыми осложнениями, надо было научиться парализовать микробов, вызывающих эти осложнения, научиться обезвреживать попавших в рану кокков. Но как этого достигнуть? Оказалось, что воевать с микроорганизмами можно непосредственно с их

же помощью, так как одни микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности выделяют вещества, способные уничтожать другие микроорганизмы. Идея использовать микробов в борьбе с микробами появилась еще в XIX веке. Так, Луи Пастер открыл, что бациллы сибирской язвы погибают под действием некоторых других микробов. Но понятно, что разрешение этой проблемы требовало огромного труда — нелегко разобраться в жизни и взаимоотношениях микроорганизмов, еще труднее постичь, какие из них находятся во вражде друг с другом и чем один микроб побеждает другого. Однако сложнее всего было вообразить, что грозный враг кокков уже давно и хорошо известен человеку, что он уже тысячи лет живет бок о бок с ним, то и дело напоминая о себе. Им оказалась обыкновенная плесень — ничтожный грибок, который в виде спор всегда присутствует в воздухе и охотно разрастается на всем старом и отсыревшем, будь то стена погреба или кусок хлеба.

Впрочем, о бактерицидных свойствах плесени было известно еще в XIX веке. В 60-х годах прошлого века между двумя русскими врачами — Алексеем Полотебновым и Вячеславом Манассеиным — возник спор. Полотебнов утверждал, что плесень является родоначальником всех микробов, то есть что все микробы происходят от нее. Манассеин же доказывал, что это неверно. Чтобы обосновать свои доводы, он стал исследовать зеленые плесени (по-латыни пенициллиум глаукум). Он посеял плесень на питательной среде и с изумлением отметил: там, где рос плесневой грибок, никогда не развивались бактерии. Из этого Манассеин сделал вывод, что плесневой грибок препятствует росту микроорганизмов. То же потом наблюдал и Полотебнов: жидкость, в которой появлялась плесень, оставалась всегда прозрачной, стало быть, не содержала бактерий. Полотебнов понял, что как исследователь он был не прав в своих заключениях. Однако как врач он решил немедленно исследовать это необычное свойство такого легкодоступного вещества, как плесень. Попытка увенчалась успехом: язвы, покрытые эмульсией, в которой содержался плесневой грибок, быстро заживали. Полотебнов сделал интересный опыт: он покрывал глубокие кожные язвы больных смесью плесени с бактериями и не наблюдал в них никаких осложнений, В одной из своих статей 1872 году он рекомендовал таким же образом лечить раны и глубокие нарывы. К сожалению, опыты Полотебнова не привлекли к себе внимания, хотя от послераневых осложнений во всех хирургических клиниках тогда погибало множество народа.

Вновь замечательные свойства плесени были открыты спустя полвека шотландцем Александром Флемингом. С юности Флеминг мечтал найти вещество, которое могло бы уничтожать болезнетворных бактерий, и упорно занимался микробиологией. Лаборатория Флеминга помещалась в маленькой комнате отдела патологии одного из крупных лондонских госпиталей. В этой комнате всегда было душно, тесно и беспорядочно. Чтобы спастись от духоты, Флеминг все время держал окно открытым. Вместе с другим врачом Флеминг занимался исследованиями стафилококков. Но, не закончив работы, этот врач ушел из отдела. Старые чашки с посевами колоний микробов еще стояли на полках лаборатории — уборку своей комнаты Флеминг всегда считал зряшной тратой времени. Однажды, решив писать статью о стафилококках, Флеминг заглянул в эти

чашки и обнаружил, что многие из находившихся там культур покрыла плесень. Это, впрочем, было неудивительно — очевидно, споры плесени занесло в лабораторию через окно. Удивительным было другое: когда Флеминг стал исследовать культуру, то во многих чашках не оказалось и следа стафилококков — там была только плесень и прозрачные, похожие на росу капли. Неужели обычная плесень уничтожила всех болезнетворных микробов? Флеминг немедленно решил проверить свою догадку и поместил немного плесени в пробирку с питательным бульоном. Когда грибок развился, он поселил в ту же чашку различные бактерии и поставил ее в термостат. Исследовав затем питательную среду, Флеминг обнаружил, что между плесенью и колониями бактерий образовались светлые и прозрачные пятна — плесень как бы стесняла микробов, не давая им расти около себя. Тогда Флеминг решил сделать более масштабный опыт: пересадил грибок в большой сосуд и стал наблюдать за его развитием. Вскоре поверхность сосуда покрылась «войлоком» — разросшимся и сбившимся в тесноте грибком. «Войлок» несколько раз менял свой цвет: сначала он был белым, потом зеленым, потом черным. Менял цвет и питательный бульон — из прозрачного он превратился в желтый. «Очевидно, плесень выделяет в окружающую среду какие-то вещества», — подумал Флеминг и решил проверить, обладают ли они вредными для бактерий свойствами. Новый опыт показал, что желтая жидкость разрушает те же микроорганизмы, которые разрушала и сама плесень. Причем жидкость обладала чрезвычайно большой активностью — Флеминг разводил ее в двадцать раз, а раствор все равно оставался губительным для болезнетворных бактерий.

Флеминг понял, что стоит на пороге важного открытия. Он забросил все дела, прекратил другие исследования. Плесневый грибок пенициллиум нотатум отныне целиком поглотил его внимание. Для дальнейших экспериментов Флемингу понадобились галлоны плесневого бульона — он изучал, на какой день роста, при какой температуре и на какой питательной среде действие таинственного желтого вещества окажется наиболее эффективным для уничтожения микробов. В то же время выяснилось, что сама плесень, так же как и желтый бульон, оказались безвредными для животных. Флеминг вводил их в вену кролику, в брюшную полость белой мыши, омывал бульоном кожу и даже закапывал ее в глаза — никаких неприятных явлений не наблюдалось. В пробирке разведенное желтое вещество — продукт, выделяемый плесенью, — задерживало рост стафилококков, но не нарушало функций лейкоцитов крови. Флеминг назвал это вещество пенициллином. С этих пор он постоянно думал над важным вопросом: как выделить действующее активное вещество из профильтрованного плесневого бульона? Увы, это оказалось чрезвычайно сложным делом. Между тем было ясно, что вводить в кровь человека неочищенный бульон, в котором содержался чужеродный белок, безусловно, опасно. Молодые сотрудники Флеминга, такие же, как и он, врачи, а не химики, предприняли множество попыток разрешить эту проблему. Работая в кустарных условиях, они потратили массу времени и энергии но ничего не добились. Всякий раз после предпринятой очистки пенициллин разлагался и терял целебные свойства. В конце концов, Флеминг понял, что эта задача ему не по плечу и что разрешение ее

следует передать другим. В феврале 1929 года он сделал в Лондонском медицинском научно-исследовательском клубе сообщение о найденном им необыкновенно сильном антибактериальном средстве. Это сообщение не обратило на себя внимания. Однако Флеминг был упрямый шотландец. Он написал большую статью с подробным изложением своих экспериментов и поместил ее в научном журнале. На всех конгрессах и медицинских съездах он так или иначе делал напоминание о своем открытие. Постепенно о пенициллине стало известно не только в Англии, но и в Америке. Наконец, в 1939 году два английских ученых — Говард Флери, профессор патологии одного из оксфордских институтов, и Эрнст Чейн, биохимик, бежавший из Германии от преследования нацистов, — обратили на пенициллин самое пристальное внимание.

Чейн и Флери искали тему для совместной работы. Трудность задачи выделения очищенного пенициллина привлекла их. В Оксфордском университете оказался штамм (культура микробов, выделенная из определенных источников), присланный туда Флемингом. С ним-то они и стали экспериментировать. Для того чтобы превратить пенициллин в лекарственный препарат, его необходимо было связать с каким-нибудь веществом, растворимым в воде, но таким образом, чтобы, будучи очищенным, он не терял своих удивительных свойств. Долгое время эта задача казалась неразрешимой — пенициллин быстро разрушался в кислой среде (поэтому, кстати, его нельзя было принимать внутрь) и очень недолго сохранялся в щелочной, он легко переходил в эфир, но, если его не ставили на лед, разрушался и в нем. Только после многих опытов жидкость, выделенную грибком и содержащую аминопенициллиновую кислоту, удалось сложным путем отфильтровать и растворить в специальном органическом растворителе, в котором не растворялись соли калия, хорошо растворимые в воде. После воздействия ацетата калия в осадок выпали белые кристаллы калийной соли пенициллина. Проделав множество манипуляций, Чейн получил слизистую массу, которую ему удалось наконец превратить в коричневый порошок. Первые же опыты с ним имели потрясающий эффект: даже маленькая гранула пенициллина, разведенная в пропорции один на миллион, обладала мощным бактерицидным свойством — помещенные в эту среду смертоносные кокки гибли через несколько минут. В то же время введенный в вену мыши препарат не только не убил ее, но вообще не произвел на зверька никакого действия.

К опытам Чейна присоединилось еще несколько ученых. Действие пенициллина всесторонне исследовали на белых мышах. Их заражали стафилококками и стрептококками в дозах более чем смертельных. Половине из них ввели пенициллин, и все эти мыши остались живы. Остальные умерли через несколько часов. Вскоре было открыто, что пенициллин губит не только кокков, но и возбудителей гангрены. В 1942 году пенициллин опробовали на больном, который умирал от менингита. Очень скоро тот поправился. Известие об этом произвело большое впечатление. Однако наладить производство нового препарата в воюющей Англии не удалось. Флери отправился в США, и здесь в 1943 году в городе Пеории лаборатория доктора Когхилла впервые начала промышленное производство пенициллина. В 1945 году Флемингу, Флери и Чейну за их выдающиеся открытие была присуждена Нобелевская премия.

В СССР пенициллин из плесени пенициллиум крустозум (этот грибок был взят со стены одного из московских бомбоубежищ) получила в 1942 году профессор Зинаида Ермольева. Шла война. Госпитали были переполнены ранеными с гнойными поражениями, вызванными стафилококками и стрептококками, осложнявшими и без того тяжелые раны. Лечение было трудным. Много раненых умирало от гнойного заражения. В 1944 году после долгих исследований Ермольева отправилась на фронт, чтобы испытать действие своего препарата. Всем раненым перед операцией Ермольева делала внутримышечную инъекцию пенициллина. После этого у большинства бойцов раны рубцевались без всяких осложнений и нагноений, без повышения температуры. Пенициллин показался видавшим виды полевым хирургам настоящим чудом. Он вылечивал даже самых тяжелых больных, уже болевших заражением крови или воспалением легких. В том же году в СССР было налажено заводское производство пенициллина.

В дальнейшем семья антибиотиков стала быстро расширяться. Уже в 1942 году Гаузе выделил грамицидин, а в 1944 году американец украинского происхождения Ваксман получил стрептомицин. Началась эра антибиотиков, благодаря которым в последующие годы сохранили жизнь миллионы людей. Любопытно, что пенициллин так и остался незапатентованным. Те, кто его открыли и создали, отказались получать патенты — они считали, что вещество, которое может принести такую пользу человечеству, не должно служить источником дохода. Вероятно, это единственное открытие таких масштабов, на которое никто не предъявлял авторских прав.

83. АТОМНАЯ БОМБА

Мир атома настолько фантастичен, что для его понимания требуется коренная ломка привычных понятий о пространстве и времени. Атомы так малы, что если бы каплю воды можно было увеличить до размеров Земли, то каждый атом в этой капле был бы меньше апельсина. В самом деле, одна капля воды состоит из 6000 миллиардов миллиардов (6000000000000000000000) атомов водорода и кислорода. И тем не менее, несмотря на свои микроскопические размеры, атом имеет строение до некоторой степени сходное со строением нашей солнечной системы. В его непостижимо малом центре, радиус которого менее одной триллионной сантиметра, находится относительно огромное «солнце» — ядро атома. Вокруг этого атомного «солнца» вращаются крохотные «планеты» — электроны. Ядро состоит из двух основных строительных кирпичиков Вселенной — протонов и нейтронов (они имеют объединяющее название — нуклоны). Электрон и протон — заряженные частицы, причем количество заряда в каждом из них совершенно одинаково, однако заряды различаются по знаку: протон всегда заряжен положительно, а электрон — отрицательно. Нейтрон не несет электрического заряда и вследствие этого имеет очень большую проницаемость.

В атомной шкале измерений масса протона и нейтрона принята за единицу. Атомный вес любого химического элемента поэтому зависит от количества протонов и нейтронов, заключенных в его ядре. Например, атом водорода, ядро которого состоит только из одного протона, имеет атомную

массу равную 1. Атом гелия, с ядром из двух протонов и двух нейтронов, имеет атомную массу, равную 4.

Ядра атомов одного и того же элемента всегда содержат одинаковое число протонов, но число нейтронов может быть разным. Атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но отличающиеся по числу нейтронов и относящиеся к разновидностям одного и того же элемента, называются изотопами. Чтобы отличить их друг от друга, к символу элемента приписывают число, равное сумме всех частиц в ядре данного изотопа.

Может возникнуть вопрос: почему ядро атома не разваливается? Ведь входящие в него протоны — электрически заряженные частицы с одинаковым зарядом, которые должны отталкиваться друг от друга с большой силой. Объясняется это тем, что внутри ядра действуют еще и так называемые внутриядерные силы, притягивающие частицы ядра друг к другу. Эти силы компенсируют силы отталкивания протонов и не дают ядру самопроизвольно разлететься.

Внутриядерные силы очень велики, но действуют только на очень близком расстоянии. Поэтому ядра тяжелых элементов, состоящие из сотен нуклонов, оказываются нестабильными. Частицы ядра находятся здесь в беспрерывном движении (в пределах объема ядра), и если добавить им какое-то дополнительное количество энергии, они могут преодолеть внутренние силы — ядро разделится на части. Величину этой избыточной энергии называют энергией возбуждения. Среди изотопов тяжелых элементов есть такие, которые как бы находятся на самой грани самораспада. Достаточно лишь небольшого «толчка», например, простого попадания в ядро нейтрона (причем он даже не должен разгоняться до большой скорости), чтобы пошла реакция ядерного деления. Некоторые из этих «делящихся» изотопов позже научились получать искусственно. В природе же существует только один такой изотоп — это уран-235.

Уран был открыт в 1783 году Клапротом, который выделил его из урановой смолки и назвал в честь недавно открытой планеты Уран. Как оказалось в дальнейшем, это был, собственно, не сам уран, а его оксид. Чистый уран — металл серебристо-белого цвета — был получен только в 1842 году Пелиго. Новый элемент не обладал никакими замечательными свойствами и не привлекал к себе внимания вплоть до 1896 года, когда Беккерель открыл явление радиоактивности солей урана. После этого уран сделался объектом научных исследований и экспериментов, но практического применения по-прежнему не имел.

Когда в первой трети XX века физикам более или менее стало понятно строение атомного ядра, они прежде всего попробовали осуществить давнюю мечту алхимиков — постарались превратить один химический элемент в другой. В 1934 году французские исследователи супруги Фредерик и Ирен Жолио-Кюри доложили Французской академии наук о следующем опыте: при бомбардировке пластин алюминия альфа-частицами (ядрами атома гелия) атомы алюминия превращались в атомы фосфора, но не обычные, а радиоактивные, которые в свою очередь переходили в устойчивый изотоп кремния. Таким образом, атом алюминия, присоединив один протон и два нейтрона, превращался в более тяжелый атом кремния.

Этот опыт навел на мысль, что если «обстреливать» нейтронами ядра самого тяжелого из существующих в природе элементов — урана, то можно получить такой элемент, которого в естественных условиях нет. В 1938 году немецкие химики Отто Ган и Фриц Штрассман повторили в общих чертах опыт супругов Жолио-Кюри, взяв вместо алюминия уран. Результаты эксперимента оказались совсем не те, что они ожидали — вместо нового сверхтяжелого элемента с массовым числом больше, чем у урана, Ган и Штрассман получили легкие элементы из средней части периодической системы: барий, криптон, бром и некоторые другие. Сами экспериментаторы не смогли объяснить наблюдаемое явление. Только в следующем году физик Лиза Мейтнер, которой Ган сообщил о своих затруднениях, нашла правильное объяснение наблюдаемому феномену, предположив, что при обстреле урана нейтронами происходит расщепление (деление) его ядра. При этом должны были образовываться ядра более легких элементов (вот откуда брались барий, криптон и другие вещества), а также выделяться 2-3 свободных нейтрона. Дальнейшие исследования позволили детально прояснить картину происходящего.

Природный уран состоит из смеси трех изотопов с массами 238, 234 и 235. Основное количество урана приходится на изотоп-238, в ядро которого входят 92 протона и 146 нейтронов. Уран-235 составляет всего 1/140 природного урана (0, 7%) (он имеет в своем ядре 92 протона и 143 нейтрона), а уран-234 (92 протона, 142 нейтрона) лишь — 1/17500 от общей массы урана (0, 006%). Наименее стабильным из этих изотопов является уран-235. Время от времени ядра его атомов самопроизвольно делятся на части, вследствие чего образуются более легкие элементы периодической системы. Процесс сопровождается выделением двух или трех свободных нейтронов, которые мчатся с огромной скоростью — около 10 тыс. км/с (их называют быстрыми нейтронами). Эти нейтроны могут попадать в другие ядра урана, вызывая ядерные реакции. Каждый изотоп ведет себя в этом случае по-разному. Ядра урана-238 в большинстве случаев просто захватывают эти нейтроны без каких-либо дальнейших превращений. Но примерно в одном случае из пяти при столкновении быстрого нейтрона с ядром изотопа-238 происходит любопытная ядерная реакция: один из нейтронов урана-238 испускает электрон, превращаясь в протон, то есть изотоп урана обращается в более тяжелый элемент — нептуний-239 (93 протона + 146 нейтронов). Но нептуний нестабилен — через несколько минут один из его нейтронов испускает электрон, превращаясь в протон, после чего изотоп нептуния обращается в следующий по счету элемент периодической системы — плутоний-239 (94 протона + 145 нейтронов). Если же нейтрон попадает в ядро неустойчивого урана-235, то немедленно происходит деление — атомы распадаются с испусканием двух или трех нейтронов. Понятно, что в природном уране, большинство атомов которого относятся к изотопу-238, никаких видимых последствий эта реакция не имеет — все свободные нейтроны окажутся в конце концов поглощенными этим изотопом.

Ну а если представить себе достаточно массивный кусок урана, целиком состоящий из изотопа-235? Здесь процесс пойдет по-другому: нейтроны, выделившиеся при делении нескольких ядер, в свою очередь,

попадая в соседние ядра, вызывают их деление. В результате выделяется новая порция нейтронов, которая расщепляет следующие ядра. При благоприятных условиях эта реакция протекает лавинообразно и носит название цепной реакции. Для ее начала может быть достаточно считанного количества бомбардирующих частиц. Действительно, пусть уран-235 бомбардируют всего 100 нейтронов. Они разделят 100 ядер урана. При этом выделится 250 новых нейтронов второго поколения (в среднем 2, 5 за одно деление). Нейтроны второго поколения произведут уже 250 делений, при котором выделится 625 нейтронов. В следующем поколении оно станет равным 1562, затем 3906, далее 9670 и т.д. Число делений будет увеличиваться безгранично, если процесс не остановить.

Однако реально лишь незначительная часть нейтронов попадает в ядра атомов. Остальные, стремительно промчавшись между ними, уносятся в окружающее пространство. Самоподдерживающаяся цепная реакция может возникнуть только в достаточно большом массиве урана-235, обладающим, как говорят, критической массой. (Эта масса при нормальных условиях равна 50 кг.) Важно отметить, что деление каждого ядра сопровождается выделением огромного количества энергии, которая оказывается примерно в 300 миллионов раз больше энергии, затраченной на расщепление! (Подсчитано, что при полном делении 1 кг урана-235 выделяется столько же тепла, сколько при сжигании 3 тыс. тонн угля.) Этот колоссальный выплеск энергии, освобождающейся в считанные мгновения, проявляет себя как взрыв чудовищной силы и лежит в основе действия ядерного оружия. Но для того чтобы это оружие стало реальностью, необходимо, чтобы заряд состоял не из природного урана, а из редкого изотопа — 235 (такой уран называют обогащенным). Позже было установлено, что чистый плутоний также является делящимся материалом и может быть использован в атомном заряде вместо урана-235.

Все эти важные открытия были сделаны накануне Второй мировой войны. Вскоре в Германии и в других странах начались секретные работы по созданию атомной бомбы. В США этой проблемой занялись в 1941 году. Всему комплексу работ было присвоено наименование «Манхэттенского проекта». Административное руководство проектом осуществлял генерал Гровс, а научное — профессор Калифорнийского университета Роберт Оппенгеймер. Оба хорошо понимали огромную сложность стоящей перед ними задачи. Поэтому первой заботой Оппенгеймера стало комплектование высокоинтеллектуального научного коллектива. В США тогда было много физиков, эмигрировавших из фашистской Германии. Нелегко было привлечь их к созданию оружия, направленного против их прежней родины. Оппенгеймер лично говорил с каждым, пуская в ход всю силу своего обаяния. Вскоре ему удалось собрать небольшую группу теоретиков, которых он шутливо называл «светилами». И в самом деле, в нее входили крупнейшие специалисты того времени в области физики и химии. (Среди них 13 лауреатов Нобелевской премии, в том числе Бор, Ферми, Франк, Чедвик, Лоуренс.) Кроме них, было много других специалистов самого разного профиля. Правительство США не скупилось на расходы, и работы с самого начала приняли грандиозный размах. В 1942 году была основана крупнейшая в мире исследовательская лаборатория в Лос-Аламосе. Население этого научного города вскоре достигло 9 тысяч человек. По

составу ученых, размаху научных экспериментов, числу привлекаемых к работе специалистов и рабочих Лос-Аламосская лаборатория не имела себе равных в мировой истории. «Манхэттенский проект» имел свою полицию, контрразведку, систему связи, склады, поселки, заводы, лаборатории, свой колоссальный бюджет.

Главная цель проекта состояла в получении достаточного количества делящегося материала, из которого можно было бы создать несколько атомных бомб. Кроме урана-235 зарядом для бомбы, как уже говорилось, мог служить искусственный элемент плутоний-239, то есть бомба могла быть как урановой, так и плутониевой. Гровс и Оппенгеймер согласились, что работы должны вестись одновременно по двум направлениям, поскольку невозможно наперед решить, какое из них окажется более перспективным. Оба способа принципиально отличались друг от друга: накопление урана-235 должно было осуществляться путем его отделения от основной массы природного урана, а плутоний мог быть получен только в результате управляемой ядерной реакции при облучении нейтронами урана-238. И тот и другой путь представлялся необычайно трудным и не сулил легких решений. В самом деле, как можно отделить друг от друга два изотопа, которые лишь незначительно отличаются своим весом и химически ведут себя совершенно одинаково? Ни наука, ни техника никогда еще не сталкивались с такой проблемой. Производство плутония тоже поначалу казалось очень проблематичным. До этого весь опыт ядерных превращений сводился к нескольким лабораторным экспериментам. Теперь же предстояло в промышленном масштабе освоить производство килограммов плутония, разработать и создать для этого специальную установку — ядерный реактор, и научиться управлять течением ядерной реакции. И там и здесь предстояло разрешить целый комплекс сложных задач. Поэтому «Манхэттенский проект» состоял из нескольких подпроектов, во главе которых стояли видные ученые. Сам Оппенгеймер был главой Лос-Аламосской научной лаборатории. Лоуренс заведовал Радиационной лабораторией Калифорнийского университета. Ферми вел в Чикагском университете исследования по созданию ядерного реактора.

Поначалу важнейшей проблемой было получение урана. До войны этот металл фактически не имел применения. Теперь, когда он потребовался сразу в огромных количествах, оказалось, что не существует промышленного способа его производства. Компания «Вестингауз» взялась за его разработку и быстро добилась успеха. После очистки урановой смолы (в таком виде уран встречается в природе) и получения окиси урана, ее превращали в тетрафторид (UF4), из которого путем электролиза выделялся металлический уран. Если в конце 1941 года в распоряжении американских ученых было всего несколько граммов металлического урана, то уже в ноябре 1942 года его промышленное производство на заводах фирмы «Вестингауз» достигло 6000 фунтов в месяц.

Одновременно шла работа над созданием ядерного реактора. Процесс производства плутония фактически сводился к облучению урановых стержней нейтронами, в результате чего часть урана-238 должна была обратиться в плутоний. Источниками нейтронов при этом могли быть делящиеся атомы урана-235, рассеянные в достаточном количестве среди

атомов урана-238. Но для того чтобы поддерживать постоянное воспроизводство нейтронов, должна была начаться цепная реакция деления атомов урана-235. Между тем, как уже говорилось, на каждый атом урана-235 приходилось 140 атомов урана-238. Ясно, что у разлетающихся во все стороны нейтронов было гораздо больше вероятности встретить на своем пути именно их. То есть, огромное число выделившихся нейтронов оказывалось без всякой пользы поглощенным основным изотопом. Очевидно, что при таких условиях цепная реакция идти не могла. Как же быть? Сначала представлялось, что без разделения двух изотопов работа реактора вообще невозможна, но вскоре было установлено одно важное обстоятельство: оказалось, что уран-235 и уран-238 восприимчивы к нейтронам разных энергий. Расщепить ядро атома урана-235 можно нейтроном сравнительно небольшой энергии, имеющим скорость около 22 м/с. Такие медленные нейтроны не захватываются ядрами урана-238 — для этого те должны иметь скорость порядка сотен тысяч метров в секунду. Другими словами уран-238 бессилен помешать началу и ходу цепной реакции в уране-235, вызванной нейтронами, замедленными до крайне малых скоростей — не более 22 м/с. Это явление было открыто итальянским физиком Ферми, который с 1938 года жил в США и руководил здесь работами по созданию первого реактора. В качестве замедлителя нейтронов Ферми решил применить графит. По его расчетам, вылетевшие из урана-235 нейтроны, пройдя через слой графита в 40 см, должны были снизить свою скорость до 22 м/с и начать самоподдерживающуюся цепную реакцию в уране-235. Другим замедлителем могла служить так называемая «тяжелая» вода. Поскольку атомы водорода, входящие в нее, по размерам и массе очень близки к нейтронам, они могли лучше всего замедлять их. (С быстрыми нейтронами происходит примерно то же, что с шарами: если маленький шар ударяется о большой, он откатывается назад, почти не теряя скорости, при встрече же с маленьким шаром он передает ему значительную часть своей энергии — точно так же нейтрон при упругом столкновении отскакивает от тяжелого ядра лишь незначительно замедляясь, а при столкновении с ядрами атомов водорода очень быстро теряет всю свою энергию.) Однако обычная вода не подходит для замедления, так как ее водород имеет тенденцию поглощать нейтроны. Вот почему для этой цели следует использовать дейтерий, входящий в состав «тяжелой» воды.

В начале 1942 года под руководством Ферми в помещении теннисного корта под западными трибунами Чикагского стадиона началось строительство первого в истории ядерного реактора. Все работы ученые проводили сами. Управление реакцией можно осуществлять единственным способом — регулируя число нейтронов, участвующих в цепной реакции. Ферми предполагал добиться этого с помощью стержней, изготовленных из таких веществ, как бор и кадмий, которые сильно поглощают нейтроны. Замедлителем служили графитовые кирпичи, из которых физики возвели колоны высотой в 3 м и шириной в 1, 2 м. Между ними были установлены прямоугольные блоки с окисью урана. На всю конструкцию пошло около 46 тонн окиси урана и 385 тонн графита. Для замедления реакции служили введенные в реактор стержни из кадмия и бора. Если бы этого оказалось недостаточно, то для страховки на платформе, расположенной над

реактором, стояли двое ученых с ведрами, наполненными раствором солей кадмия — они должны были вылить их на реактор, если бы реакция вышла из-под контроля. К счастью, этого не потребовалось. 2 декабря 1942 года Ферми приказал выдвинуть все контрольные стержни, и эксперимент начался. Через четыре минуты нейтронные счетчики стали щелкать все громче и громче. С каждой минутой интенсивность нейтронного потока становилась больше. Это говорило о том, что в реакторе идет цепная реакция. Она продолжалась в течение 28 минут. Затем Ферми дал знак, и опущенные стержни прекратили процесс. Так впервые человек освободил энергию атомного ядра и доказал, что может контролировать ее по своей воле. Теперь уже не было сомнения, что ядерное оружие — реальность.

В 1943 году реактор Ферми демонтировали и перевезли в Арагонскую национальную лабораторию (50 км от Чикаго). Здесь был вскоре построен еще один ядерный реактор, в котором в качестве замедлителя использовалась тяжелая вода. Он состоял из цилиндрической алюминиевой цистерны, содержащей 6, 5 тонн тяжелой воды, в которую было вертикально погружено 120 стержней из металлического урана, заключенные в алюминиевую оболочку. Семь управляющих стержней были сделаны из кадмия. Вокруг цистерны располагался графитовый отражатель, затем экран из сплавов свинца и кадмия. Вся конструкция заключалась в бетонный панцирь с толщиной стенок около 2, 5 м. Эксперименты на этих опытных реакторах подтвердили возможность промышленного производства плутония.

Главным центром «Манхэттенского проекта» вскоре стал городок Ок-Ридж в долине реки Теннеси, население которого за несколько месяцев выросло до 79 тысяч человек. Здесь в короткий срок был построен первый в истории завод по производству обогащенного урана. Тут же в 1943 году был пущен промышленный реактор, вырабатывавший плутоний. В феврале 1944 года из него ежедневно извлекали около 300 кг урана, с поверхности которого путем химического разделения получали плутоний. (Для этого плутоний сначала растворяли, а потом осаждали.) Очищенный уран после этого вновь возвращался в реактор. В том же году в бесплодной унылой пустыне на южном берегу реки Колумбия началось строительство огромного Хэнфордского завода. Здесь размещалось три мощных атомных реактора, ежедневно дававших несколько сот граммов плутония.

Параллельно полным ходом шли исследования по разработке промышленного процесса обогащения урана. Рассмотрев разные варианты, Гровс и Оппенгеймер решили сосредоточить усилия на двух методах: газодиффузионном и электромагнитном. Газодиффузионный метод основывался на принципе, известном под названием закона Грэхэма (он был впервые сформулирован в 1829 году шотландским химиком Томасом Грэхэмом и разработан в 1896 году английским физиком Рейли). В соответствии с этим законом, если два газа, один из которых легче другого, пропускать через фильтр с ничтожно малыми отверстиями, то через него пройдет несколько больше легкого газа, чем тяжелого. В ноябре 1942 года Юри и Даннинг из Колумбийского университета создали на основе метода Рейли газодиффузионный метод разделения изотопов урана. Так как природный уран — твердое вещество, то его сначала превращали во фтористый уран (UF6). Затем этот газ пропускали через микроскопические

— порядка тысячных долей миллиметра — отверстия в перегородке фильтра. Так как разница в молярных весах газов была очень мала, то за перегородкой содержание урана-235 увеличивалось всего в 1, 0002 раза. Для того чтобы увеличить количество урана-235 еще больше, полученную смесь снова пропускают через перегородку, и количество урана опять увеличивается в 1, 0002 раза. Таким образом, чтобы повысить содержание урана-235 до 99%, нужно было пропускать газ через 4000 фильтров. Это происходило на огромном газодиффузионном заводе в Ок-Ридж.

В 1940 году под руководством Эрнста Лоуренса в Калифорнийском университете начались исследования по разделению изотопов урана электромагнитным методом. Необходимо было найти такие физические процессы, которые позволили бы разделять изотопы, пользуясь разностью их масс. Лоуренс предпринял попытку разделить изотопы, используя принцип масс-спектрографа — прибора, с помощью которого определяют массы атомов. Принцип его действия сводился к следующему: предварительно ионизированные атомы ускорялись электрическим полем, а затем пропускались через магнитное поле, в котором они описывали окружности, расположенные в плоскости, перпендикулярной направлению поля. Так как радиусы этих траекторий были пропорциональны массе, легкие ионы оказывались на окружностях меньшего радиуса, чем тяжелые. Если на пути атомов размещали ловушки, то можно было таким образом раздельно собирать различные изотопы.

Таков был метод. В лабораторных условиях он дал неплохие результаты. Но строительство установки, на которой разделение изотопов могло бы производиться в промышленных масштабах, оказалось чрезвычайно сложным. Однако Лоуренсу в конце концов удалось преодолеть все трудности. Результатом его усилий стало появление калутрона, который был установлен на гигантском заводе в Ок-Ридже.

Этот электромагнитный завод был построен в 1943 году и оказался едва ли не самым дорогостоящим детищем «Манхэттенского проекта». Метод Лоуренса требовал большого количества сложных, еще не разработанных устройств, связанных с высоким напряжением, высоким вакуумом и сильными магнитными полями. Масштабы затрат оказались огромны. Калутрон имел гигантский электромагнит, длина которого достигала 75 м при весе около 4000 тонн. На обмотки для этого электромагнита пошло несколько тысяч тонн серебряной проволоки.

Все работы (не считая стоимости серебра на сумму 300 миллионов долларов, которое государственное казначейство предоставило только на время) обошлись в 400 миллионов долларов. Только за электроэнергию, затраченную калутроном, министерство обороны заплатило 10 миллионов. Большая часть оборудования ок-риджского завода превосходила по масштабам и точности изготовления все, что когда-либо разрабатывалось в этой области техники.

Но все эти затраты оказались не напрасными. Издержав в общей сложности около 2 миллиардов долларов, ученые США к 1944 году создали уникальную технологию обогащения урана и производства плутония. Тем временем в Лос-Аламосской лаборатории работали над проектом самой бомбы. Принцип ее действия был в общих чертах ясен уже давно: делящееся вещество (плутоний или уран-235) следовало в момент взрыва

перевести в критическое состояние (для осуществления цепной реакции масса заряда должна быть даже заметно больше критической) и облучить пучком нейтронов, что влекло за собой начало цепной реакции. По расчетам, критическая масса заряда превосходила 50 килограмм, но ее смогли значительно уменьшить. Вообще на величину критической массы сильно влияют несколько факторов. Чем больше поверхностная площадь заряда — тем больше нейтронов бесполезно излучается в окружающее пространство. Наименьшей площадью поверхности обладает сфера. Следовательно, сферические заряды при прочих равных условиях имеют наименьшую критическую массу. Кроме того, величина критической массы зависит от чистоты и вида делящихся материалов. Она обратно пропорциональна квадрату плотности этого материала, что позволяет, например, при увеличении плотности вдвое, уменьшить критическую массу в четыре раза. Нужную степень подкритичности можно получить, к примеру, уплотнением делящегося материала за счет взрыва заряда обычного взрывчатого вещества, выполненного в виде сферической оболочки, окружающей ядерный заряд. Критическую массу, кроме того, можно уменьшить, окружив заряд экраном, хорошо отражающим нейтроны. В качестве такого экрана могут быть использованы свинец, бериллий, вольфрам, природный уран, железо и многие другие.

Одна из возможных конструкций атомной бомбы состоит из двух кусков урана, которые, соединяясь, образуют массу больше критической. Для того чтобы вызвать взрыв бомбы, надо как можно быстрее сблизить их. Второй метод основан на использовании сходящегося внутрь взрыва. В этом случае поток газов от обычного взрывчатого вещества направлялся на расположенный внутри делящийся материал и сжимал его до тех пор, пока он не достигал критической массы. Соединение заряда и интенсивное облучение его нейтронами, как уже говорилось, вызывает цепную реакцию, в результате которой в первую же секунду температура возрастает до 1 миллиона градусов. За это время успевало разделиться всего около 5% критической массы. Остальная часть заряда в бомбах ранней конструкции испарялась без всякой пользы.

Первая в истории атомная бомба (ей было дано имя «Тринити») была собрана летом 1945 года. А 16 июня 1945 года на атомном полигоне в пустыне Аламогордо (штат Нью-Мексико) был произведен первый на Земле атомный взрыв. Бомбу поместили в центре полигона на вершине стальной 30-метровой башни. Вокруг нее на большом расстоянии размещалась регистрирующая аппаратура. В 9 км находился наблюдательный пункт, а в 16 км — командный. На всех свидетелей этого события атомный взрыв произвел потрясающее впечатление. По описанию очевидцев, было такое ощущение, будто множество солнц соединилось в одно и разом осветило полигон. Затем над равниной возник огромный огненный шар и к нему медленно и зловеще стало подниматься круглое облако пыли и света. Оторвавшись от земли, этот огненный шар за несколько секунд взлетел на высоту более трех километров. С каждым мгновением он разрастался в размерах, вскоре его диаметр достиг 1, 5 км, и он медленно поднялся в стратосферу. Затем огненный шар уступил место столбу клубящегося дыма, который вытянулся на высоту 12 км, приняв форму гигантского гриба. Все это сопровождалось ужасным грохотом, от которого дрожала земля.

Мощность взорвавшейся бомбы превзошла все ожидания.

Как только позволила радиационная обстановка, несколько танков «Шерман», выложенные изнутри свинцовыми плитами, ринулись в район взрыва. На одном из них находился Ферми, которому не терпелось увидеть результаты своего труда. Его глазам предстала мертвая выжженная земля, на которой в радиусе 1, 5 км было уничтожено все живое. Песок спекся в стекловидную зеленоватую корку, покрывавшую землю. В огромной воронке лежали изуродованные остатки стальной опорной башни. Сила взрыва была оценена в 20000 тонн тротила.

Следующим шагом должно было стать боевое применение бомбы против Японии, которая после капитуляции фашистской Германии одна продолжала войну с США и их союзниками. Ракет-носителей тогда еще не было, поэтому бомбардировку предстояло осуществить с самолета. Компоненты двух бомб были с большой осторожностью доставлены крейсером «Индианаполис» на остров Тиниан, где базировалась 509-я сводная группа ВВС США. По типу заряда и конструкции эти бомбы несколько отличались друг от друга. Первая бомба — «Малыш» — представляла собой крупногабаритную авиационную бомбу с атомным зарядом из сильно обогащенного урана-235. Длина ее была около 3 м, диаметр — 62 см, вес — 4, 1 т. Вторая бомба — «Толстяк» — с зарядом плутония-239 имела яйцеобразную форму с крупногабаритным стабилизатором. Длина ее составляла 3, 2 м, диаметр 1, 5 м, вес — 4, 5 т.

6 августа бомбардировщик Б-29 «Энола Гэй» полковника Тиббетса сбросил «Малыша» на крупный японский город Хиросиму. Бомба опускалась на парашюте и взорвалась, как это и было предусмотрено, на высоте 600 м от земли. Последствия взрыва были ужасны. Даже на самих пилотов вид уничтоженного ими в одно мгновение мирного города произвел гнетущее впечатление. Позже один из них признался, что они видели в эту секунду самое плохое, что только может увидеть человек. Для тех же, кто находился на земле, происходящее напоминало подлинный ад. Прежде всего, над Хиросимой прошла тепловая волна. Ее действие длилось всего несколько мгновений, но было настолько мощным, что расплавило даже черепицу и кристаллы кварца в гранитных плитах, превратило в уголь телефонные столбы на расстоянии 4 км и, наконец, настолько испепелило человеческие тела, что от них остались только тени на асфальте мостовых или на стенах домов. Затем из-под огненного шара вырвался чудовищный порыв ветра и промчался над городом со скоростью 800 км/ч, сметая все на своем пути. Не выдержавшие его яростного натиска дома рушились как подкошенные. В гигантском круге диаметром 4 км не осталось ни одного целого здания. Через несколько минут после взрыва над городом прошел черный радиоактивный дождь — это превращенная в пар влага сконденсировалась в высоких слоях атмосферы и выпала на землю в виде крупных капель, смешанных с радиоактивной пылью. После дождя на город обрушился новый порыв ветра, на этот раз дувший в направлении эпицентра. Он был слабее первого, но все же достаточно силен, чтобы вырывать с корнем деревья. Ветер раздул гигантский пожар, в котором горело все, что только могло гореть. Из 76 тысяч зданий полностью разрушилось и сгорело 55 тысяч. Свидетели этой ужасной катастрофы вспоминали о людях-факелах, с которых сгоревшая одежда спадала на

землю вместе с лохмотьями кожи, и о толпах обезумивших людей, покрытых ужасными ожогами, которые с криком метались по улицам. В воздухе стоял удушающий смрад от горелого человеческого мяса. Всюду валялись люди, мертвые и умирающие. Было много таких, которые ослепли и оглохли и, тычась во все стороны, не могли ничего разобрать в царившем вокруг хаосе. Несчастные, находившиеся от эпицентра на расстоянии до 800 м, за доли секунды сгорели в буквальном смысле слова — их внутренности испарились, а тела превратились в комки дымящихся углей. Находившиеся от эпицентра на расстоянии 1 км, были поражены лучевой болезнью в крайне тяжелой форме. Уже через несколько часов у них началась сильнейшая рвота, температура подскочила до 39-40 градусов, появились одышка и кровотечения. Затем на коже высыпали незаживающие язвы, состав крови резко изменился, волосы выпали. После ужасных страданий, обычно на второй или третий день, наступала смерть. Всего от взрыва и лучевой болезни погибло около 240 тысяч человек. Около 160 тысяч получили лучевую болезнь в более легкой форме — их мучительная смерть оказалась отсроченной на несколько месяцев или лет. Когда известие о катастрофе распространилось по стране, вся Япония была парализована страхом. Он еще увеличился, после того как 9 августа самолет «Бокс Кар» майора Суини сбросил вторую бомбу на Нагасаки. Здесь также погибло и было ранено несколько сот тысяч жителей. Не в силах противостоять новому оружию, японское правительство капитулировало — атомная бомба положила конец Второй мировой войне.

Война закончилась. Она продолжалась всего шесть лет, но успела изменить мир и людей почти до неузнаваемости. Человеческая цивилизация до 1939 года и человеческая цивилизация после 1945 года разительно не похожи друг на друга. Тому есть много причин, но одна из важнейших — появление ядерного оружия. Можно без преувеличений сказать, что тень Хиросимы лежит на всей второй половине XX века. Она стала глубоким нравственным ожогом для многих миллионов людей, как бывших современниками этой катастрофы, так и родившихся через десятилетия после нее. Современный человек уже не может думать о мире так, как думали о нем до 6 августа 1945 года — он слишком ясно понимает, что этот мир может за несколько мгновений превратиться в ничто. Современный человек не может смотреть на войну, так как смотрели его деды и прадеды — он достоверно знает, что эта война будет последней, и в ней не окажется ни победителей, ни побежденных. Ядерное оружие наложило свой отпечаток на все сферы общественной жизни, и современная цивилизация не может жить по тем же законам, что шестьдесят или восемьдесят лет назад. Никто не понимал этого лучше самих создателей атомной бомбы. «Люди нашей планеты, — писал Роберт Оппенгеймер, — должны объединиться. Ужас и разрушение, посеянные последней войной, диктуют нам эту мысль. Взрывы атомных бомб доказали ее со всей жестокостью. Другие люди в другое время уже говорили подобные слова — только о другом оружии и о других войнах. Они не добились успеха. Но тот, кто и сегодня скажет, что эти слова бесполезны, введен в заблуждение превратностями истории. Нас нельзя убедить в этом. Результаты нашего труда не оставляют человечеству другого выбора, кроме как создать объединенный мир. Мир, основанный на законности и

гуманизме».

84. ТУРБОРЕАКТИВНЫЙ САМОЛЕТ

Турбореактивная авиация зародилась в годы Второй мировой войны, когда был достигнут предел совершенства прежних винтомоторных самолетов, оснащенных двигателями внутреннего сгорания. С каждым годом гонка за скоростью становилась все труднее, поскольку даже незначительный ее прирост требовал сотен добавочных лошадиных сил мощности двигателя и автоматически приводил к утяжелению самолета. В среднем, увеличение мощности на 1 л.с. вело за собой увеличение массы двигательной установки (самого двигателя, винта и вспомогательных средств) в среднем на 1 кг. Простые расчеты показывали, что создать винтомоторный самолет-истребитель со скоростью порядка 1000 км/ч практически невозможно. Необходимая для этого мощность двигателя в 12000 лошадиных сил могла быть достигнута только при весе мотора порядка 6000 кг. В перспективе выходило, что дальнейший рост скорости приведет к вырождению боевых самолетов, превратит их в аппараты, способные носить лишь самих себя. Для оружия, радиооборудования, брони и запаса горючего на борту уже не оставалось места. Но даже такой ценой невозможно было получить большого прироста скорости. Более тяжелый мотор увеличивал общий вес машины, что заставляло увеличивать площадь крыла, это вело к возрастанию их аэродинамического сопротивления, для преодоления которого необходимо было повысить мощность двигателя. Таким образом, круг замыкался и скорость порядка 850 км/ч оказывалась предельно возможной для самолета с поршневым двигателем. Выход из этой порочной ситуации мог быть только один — требовалось создать принципиально новую конструкцию авиационного двигателя, что и было сделано, когда на смену поршневым самолетам пришли турбореактивные.

Принцип действия простого реактивного двигателя можно понять, если рассмотреть работу пожарного брандспойта. Вода под давлением подается по шлангу к брандспойту и истекает из него. Внутреннее сечение наконечника брандспойта суживается к концу, в связи с чем струя вытекающей воды имеет большую скорость, чем в шланге. Сила обратного давления (реакции) при этом бывает настолько велика, что пожарник зачастую должен напрягать все силы для того, чтобы удержать брандспойт в требуемом направлении. Этот же принцип можно применить в авиационном двигателе. Самым простым реактивным двигателем является прямоточный.

Представим себе трубу с открытыми концами, установленную на движущемся самолете. Передняя часть трубы, в которую поступает воздух вследствие движения самолета, имеет расширяющееся внутреннее поперечное сечение. Из-за расширения трубы скорость поступающего в нее воздуха снижается, а давление соответственно увеличивается. Допустим, что в расширяющейся части в поток воздуха впрыскивается и сжигается горючее. Эту часть трубы можно назвать камерой сгорания. Сильно нагретые газы стремительно расширяются и вырываются через суживающееся реактивное сопло со скоростью, многократно превосходящей ту, которую воздушный поток имел на входе. За счет этого увеличения скорости создается реактивная сила тяги, которая толкает

самолет вперед. Нетрудно видеть, что такой двигатель может работать лишь в том случае, если он движется в воздухе со значительной скоростью, но он не может приводиться в действие тогда, когда находится без движения. Самолет с таким двигателем должен или запускаться с другого самолета или разгоняться с помощью специального стартового двигателя. Этот недостаток преодолен в более сложном турбореактивном двигателе.

Наиболее ответственным элементом этого двигателя является газовая турбина (6), которая приводит во вращение воздушный компрессор (2), сидящий на одном с ней валу. Воздух, поступающий в двигатель, сначала сжимается во входном устройстве — диффузоре (1), затем в осевом компрессоре (2) и после этого попадает в камеру сгорания (3). Топливом обычно служит керосин, который вбрызгивается в камеру сгорания через форсунку. Из камеры продукты сгорания, расширяясь, поступают прежде всего на лопатки газовой турбины, приводя ее во вращение, а затем в сопло (7), в котором разгоняются до очень больших скоростей. Газовая турбина использует лишь небольшую часть энергии воздушно-газовой струи. Остальная часть газов идет на создание реактивной силы тяги, которая возникает за счет истекания с большой скоростью струи продуктов сгорания из сопла. Тяга турбореактивного двигателя может форсироваться, то есть увеличиваться на короткий период времени различными способами. Например, это можно делать с помощью так называемого дожигания (при этом в поток газов позади турбины дополнительно впрыскивается топливо, которое сгорает за счет кислорода, не использованного в камерах сгорания). Дожиганием можно за короткий срок дополнительно увеличить тягу двигателя на 25-30% при малых скоростях и до 70% при больших скоростях.

Газотурбинные двигатели начиная с 1940 года, произвели настоящую революцию в авиационной технике, но первые разработки по их созданию появились десятью годами прежде. Отцом турбореактивного двигателя по праву считается английский изобретатель Френк Уиттл. Еще в 1928 году, будучи слушателем в авиационной школе в Крэнуэлле, Уиттл предложил первый проект реактивного двигателя, оснащенного газовой турбиной. В 1930 году он получил на него патент. Государство в то время не заинтересовалось его разработками. Но Уиттл получил помощь от некоторых частных фирм, и в 1937 году по его проекту фирма «Бритиш-Томсон-Хаустон» построила первый в истории турбореактивный двигатель, получивший обозначение "U". Только после этого министерство авиации обратило внимание на изобретение Уиттла. Для дальнейшего совершенствования двигателей его конструкции была создана фирма «Пауэр», имевшая поддержку от государства.

Тогда же идеи Уиттла оплодотворили конструкторскую мысль Германии. В 1936 году немецкий изобретатель Охайн, в то время студент Геттингенского университета, разработал и запатентовал свой турбореактивный двигатель. Его конструкция почти ничем не отличалась от конструкции Уиттла. В 1938 году фирма «Хейнкель», принявшая Охайна на работу, разработала под его руководством турбореактивный двигатель HeS-3B, который был установлен на самолете He-178. 27 августа 1939 года этот самолет совершил первый успешный полет.

Конструкция Не-178 во многом предвосхищала устройство будущих реактивных самолетов. Воздухозаборник располагался в носовой части фюзеляжа. Воздух, разветвляясь, обходил кабину летчика и попадал прямым потоком в двигатель. Горячие газы истекали через сопло в хвостовой части. Крылья у этого самолета были еще деревянные, но фюзеляж — из дюралюминия. Двигатель, установленный позади кабины летчика, работал на бензине и развивал тягу 500 кг. Максимальная скорость самолета достигала 700 км/ч. В начале 1941 года Охайн разработал более совершенный двигатель HeS-8 с тягой 600 кг. Два таких двигателя были установлены на следующем самолете Не-280V. Испытания его начались в апреле того же года и показали хороший результат — самолет развивал скорость до 925 км/ч. Однако серийное производство этого истребителя так и не началось (всего было изготовлено 8 штук) из-за того, что двигатель все-таки оказался ненадежным.

Тем временем «Бритиш-Томсон-Хаустон» выпустила двигатель W1.X, специально спроектированный под первый английский турбореактивный самолет «Глостер G40», который совершил свой первый полет в мае 1941 года (на самолете был установлен затем усовершенствованный двигатель Уиттла W.1). Английскому первенцу было далеко до немецкого. Максимальная скорость его равнялась 480 км/ч. В 1943 году был построен второй «Глостер G40» с более мощным двигателем, развивавший скорость до 500 км/ч.

По своей конструкции «Глостер» удивительно напоминал немецкий «Хейнкель». G40 имел цельнометаллическую конструкцию с воздухозаборником в носовой части фюзеляжа. Подводящий воздуховод был разделен и огибал с обеих сторон кабину летчика. Истечение газов происходило через сопло в хвосте фюзеляжа. Хотя параметры G40 не только не превосходили те, что имели в то время скоростные винтомоторные самолеты, но и заметно уступали им, перспективы применения реактивных двигателей оказались настолько многообещающими, что английское министерство авиации решило приступить к серийному выпуску турбореактивных истребителей-перехватчиков. Фирма «Глостер» получила заказ на разработку такого самолета. В последующие годы сразу несколько английских фирм начали производить различные модификации турбореактивного двигателя Уиттла. Фирма «Ровер», взяв за основу двигатель W.1, разработала двигатели W2B/23 и W2B/26. Затем эти двигатели были куплены фирмой «Роллс-Ройс», которая на их основе создала свои модели — «Уэллэнд» и «Дервент».

Первым в истории серийным турбореактивным самолетом стал, впрочем, не английский «Глостер», а немецкий «Мессершмитт» Ме-262. Всего было изготовлено около 1300 таких самолетов различных модификаций, оснащенных двигателем фирмы «Юнкерс» «Юмо-004В». Первый самолет этой серии был испытан в 1942 году. Он имел два двигателя с тягой 900 кг и развивал скорость 845 км/ч.

Английский серийный самолет «Глостер G41 Метеор» появился в 1943 году. Оснащенный двумя двигателями «Дервент» с тягой каждого по 900 кг, «Метеор» развивал скорость до 760 км/ч и имел высоту полета до 9000 м. В дальнейшем на самолеты начали устанавливать более мощные

«Дервенты» с тягой около 1600 кг, что позволило увеличить скорость до 935 км/ч. Этот самолет отлично зарекомендовал себя, поэтому производство различных модификаций G41 продолжалось вплоть до конца 40-х годов.

США в развитии реактивной авиации поначалу сильно отставали от европейских стран. Вплоть до Второй мировой войны здесь вообще не было предпринято никаких попыток создать реактивный самолет. Только в 1941 году, когда из Англии были получены образцы и чертежи двигателей Уиттла, эти работы развернулись полным ходом. Фирма «Дженерал Электрик», взяв за основу модель Уиттла, разработала турбореактивный двигатель I-A, который был установлен на первом американском реактивном самолете P-59A «Эркомет». Американский первенец впервые поднялся в воздух в октябре 1942 года. Он имел два двигателя, которые размещались под крыльями вплотную к фюзеляжу. Это была еще несовершенная конструкция. По свидетельству американских летчиков, испытывавших самолет, P-59 был хорош в управлении, но летные данные его оставались неважными. Двигатель оказался слишком маломощным, так что это был скорее планер, чем настоящий боевой самолет. Всего было построено 33 таких машины. Их максимальная скорость составляла 660 км/ч, а высота полета до 14000 м.

Первым серийным турбореактивным истребителем в США стал «Локхид F-80 Шутинг Стар» с двигателем фирмы «Дженерал Электрик» I-40 (модификация I-A). До конца 40-х годов было выпущено около 2500 этих истребителей различных моделей. Скорость их в среднем составляла около 900 км/ч. Однако на одной из модификаций этого самолета XF-80B 19 июня 1947 года впервые в истории была достигнута скорость 1000 км/ч.

В конце войны реактивные самолеты по многим параметрам еще уступали отработанным моделям винтомоторных самолетов и имели множество своих специфических недостатков. Вообще, при строительстве первых турбореактивных самолетов конструкторы во всех странах столкнулись со значительными трудностями. То и дело прогорали камеры сгорания, ломались лопатки турбин и компрессоров и, отделившись от ротора, превращались в снаряды, сокрушавшие корпус двигателя, фюзеляж и крыло. Но, несмотря на это, реактивные самолеты имели перед винтомоторными огромное преимущество — приращение скорости с увеличением мощности турбореактивного двигателя и его веса происходило гораздо стремительнее, чем у поршневого. Это решило дальнейшую судьбу скоростной авиации — она повсеместно становится реактивной. Увеличение скорости вскоре привело к полному изменению внешнего вида самолета. На околозвуковых скоростях старая форма и профиль крыла оказались неспособными нести самолет — он начинал «клевать» носом и входил в неуправляемое пике. Результаты аэродинамических испытаний и анализ летных происшествий постепенно привели конструкторов к новому типу крыла — тонкому, стреловидному.

Впервые такая форма крыльев появилась на советских истребителях. Несмотря на то что СССР позже западных государств приступил к созданию турбореактивных самолетов, советские конструкторы очень быстро сумели создать высококлассные боевые машины. Первым советским реактивным истребителем, запущенным в

производство, был Як-15. Он появился в конце 1945 года и представлял собой переоборудованный Як-3 (известный во время войны истребитель с поршневым мотором), на который был установлен турбореактивный двигатель РД-10 — копия трофейного немецкого «Юмо-004В» с тягой 900 кг. Он развивал скорость около 830 км/ч.

В 1946 году на вооружение Советской армии поступил МиГ-9, снабженный двумя турбореактивными двигателями «Юмо-004В» (официальное обозначение РД-20), а в 1947 году появился МиГ-15 — первый в истории боевой реактивный самолет со стреловидным крылом, оснащенный двигателем РД-45 (так обозначался двигатель «Нин» фирмы «Роллс-Ройс», купленный по лицензии и модернизированный советскими авиаконструкторами) с тягой 2200 кг. МиГ-15 поразительно отличался от своих предшественников и удивлял боевых летчиков необыкновенными, скошенными назад крыльями, огромным килем, увенчанным таким же стреловидным стабилизатором, и сигарообразным фюзеляжем. Самолет имел и другие новинки: катапультирующееся кресло и гидравлические усилители рулей. Он был вооружен скорострельной пушкой и двумя пулеметами (в более поздних модификациях — тремя пушками). Обладая скоростью 1100 км/ч и потолком в 15000 м, этот истребитель в течение нескольких лет оставался лучшим в мире боевым самолетом и вызвал к себе огромный интерес. (Позже конструкция МиГ-15 оказала значительное влияние на проектирование истребителей в западных странах.) В короткое время МиГ-15 стал самым распространенным истребителем в СССР, а также был принят на вооружение в армиях его союзников. Этот самолет хорошо зарекомендовал себя и во время Корейской войны. По многим параметрам он превосходил американские «Сейбры».

С появлением МиГ-15 закончилось детство турбореактивной авиации и начался новый этап в ее истории. К этому времени реактивные самолеты освоили все дозвуковые скорости и вплотную приблизились к звуковому барьеру.

85. ВЕРТОЛЕТ

В течение почти сорока лет после своего появления самолет безраздельно господствовал в воздухе. За это время многократно возросли скорость и грузоподъемность крылатых машин, которые из неуклюжих фанерных «этажерок» превратились в мощных реактивных красавцев, воплощавшие в себе самые передовые технические достижения человеческой мысли. Однако при всех своих достоинствах любой самолет имеет один важный недостаток — для того чтобы оставаться в воздухе, он должен постоянно и с достаточно большой скоростью перемещаться в горизонтальной плоскости, ведь подъемная сила его крыльев напрямую зависит от скорости движения. Отсюда необходимость разбега при взлете и пробега при посадке, которые приковывают самолет к аэродрому.

Между тем часто возникает необходимость в таком летательном аппарате, который обладает подъемной силой, не зависящей от скорости полета, может вертикально подниматься и садиться, а кроме того, способен «зависать» в воздухе. Эта ниша после долгих конструкторских поисков была занята винтокрылой машиной — вертолетом. Обладая всеми летными качествами, присущими самолету, вертолет имеет, кроме того, целый ряд замечательных специфических свойств: он может взлетать с места без

предварительного разбега, неподвижно висеть в воздухе на нужной высоте, передвигаться поступательно во всех направлениях, производить повороты в любом направлении как во время поступательного движения, так и при зависании; наконец, он может садиться на маленькую площадку без последующего пробега. Создание аппарата, обладавшего комплексом этих качеств, оказалось чрезвычайно сложным делом, поскольку теория вертолета намного сложнее теории самолета. Потребовались годы упорного труда многих конструкторов, прежде чем вертолет стал уверенно чувствовать себя в воздухе и смог разделить с самолетом заботы о воздушных перевозках.

Первые винтокрылые аппараты (геликоптеры и автожиры) появились едва ли не в одно время с первыми самолетами. В 1907 году четырехвинтовой вертолет французов Бреге и Рише впервые смог оторваться от земли и приподнять над чей человека. После этого многими изобретателями были предложены различные конструкции вертолетов. Все они имели сложную многовинтовую схему, в которой несколько винтов служили для поддержания аппарата в воздухе, а еще несколько других — для того, чтобы толкать его в нужном направлении. Одновинтовая схема (к которой в наше время принадлежит 90% всех вертолетов) никем поначалу всерьез не рассматривалась. Да и была ли она реальна? Поднять аппарат в воздух с помощью одного винта — еще куда ни шло. Но как сообщить ему горизонтальное поступательное движение? Как им управлять? Те изобретатели, которые достаточно хорошо разбирались в аэродинамике, указывали еще на один крупный недостаток одновинтовой схемы — наличие реактивного момента. Дело в том, что при осуществлении привода несущего винта от двигателя, жестко соединенного с гондолой, последний должен был вращать не столько сам винт, сколько (в противоположную сторону) корпус аппарата. Казалось, что парализовать реактивный момент можно лишь тогда, когда в конструкции вертолета используется несколько несущих винтов, вращающихся в противоположных направлениях. Причем винты эти могли располагаться как отдельно друг от друга (продольная и поперечная схемы), так и на одной оси — один под другим (соосная схема). Приходили на ум и другие достоинства многовинтовой схемы. Ведь имея несколько управляющих винтов, было легче направлять машину в нужном направлении. Но вскоре обнаружилось: чем больше у вертолета винтов, тем больше у него проблем — расчет аппарата даже с одним винтом представлял из себя очень сложную задачу; учесть же взаимное влияние многих винтов оказалось вообще невозможно (по крайней мере, в первой четверти XX века, когда аэродинамика делала только первые шаги, а теория воздушного винта только-только начинала формироваться).

Значительную лепту в преодоление многих из перечисленных проблем внес русский изобретатель Борис Юрьев. Наиболее важные свои открытия он сделал еще в ту пору, когда был студентом Московского высшего технического училища и состоял активным членом Воздухоплавательного кружка известного русского ученого Жуковского. Заинтересовавшись одновинтовой схемой, Юрьев, прежде всего, задался вопросом: как сообщить вертолету поступательное движение в нужном направлении? Большая часть изобретателей в начале XX века, как уже говорилось, была уверена, что для этого необходимо снабдить аппарат не

только несущими винтами, но и пропеллерами. Однако, экспериментируя со множеством различных моделей, Юрьев установил, что с помощью наклона оси несущего винта можно получить хорошую горизонтальную скорость полета, не делая специального винта-пропеллера с горизонтальной тягой. Поступательного движения вертолета можно добиться также наклоном вперед корпуса аппарата. В этом случае сила большого винта разлагается на две силы — подъемную и тягу, и аппарат начинает двигаться поступательно. И чем больше наклон аппарат, тем больше будет скорость полета.

Следующая проблема заключалась в том, как уравновесить реактивный момент, действующий на гондолу. Юрьев предположил, что легче всего этого можно добиться с помощью маленького винта, расположенного на хвосте вертолета и приводимого во вращение легкой передачей. За счет того, что сила, создаваемая хвостовым винтом, прилагалась к длинному плечу (относительно центра тяжести аппарата), действие ее без труда компенсировало реактивный момент. Расчеты показывали, что на это уйдет 8-15% мощности двигателя. Юрьев предложил далее сделать лопасти этого винта с изменяемым шагом. Увеличивая или уменьшая угол наклона этих лопастей к плоскости вращения, можно было увеличивать или уменьшать тягу этого винта. При большой тяге хвостовой винт должен был пересиливать реактивный момент главного винта и разворачивать гондолу в нужном направлении.

Но наибольшую трудность представляло создание надежной системы управления. Пилот должен был иметь в своем распоряжении устройства, позволявшие ему быстро менять ориентацию машины относительно всех ее трех осей: то есть поворачивать ее в любую сторону относительно вертикальной оси, наклонять корпус вверх и вниз, а также накренять его вправо и влево. Проблема поворота разрешалась с помощью небольшого хвостового винта. Для этого, как уже отмечалось, достаточно было сделать его лопасти поворачивающимися и соединить механизм их поворота с рулями. Но как обеспечить управляемость относительно продольной и поперечной осей? Самым простым средством было бы устройство еще двух рулевых винтов, вынесенных на консолях на некоторое расстояние от центра тяжести машины и поворачивающих вертолет в нужную для пилота сторону.

Здесь винт 1 служит для компенсации реактивного момента, а также выполняет роль руля направления; винт 2 дает крены и аналогичен по своему действию элеронам (перекашивающимся плоскостям крыльев самолета), а винт 3 служит как бы рулем высоты. Но эта система, кроме того, что была чрезмерно сложной, обладала еще тем недостатком, что делала вертолет очень неустойчивым в полете. Юрьев стал размышлять над вопросом: нельзя ли основной несущий винт устроить таким образом, чтобы он сам создавал два необходимых для управления вертолетом момента? Поиски его завершились в 1911 году изобретением одного из самых замечательных в истории вертолета устройств — созданием автомата перекоса.

Принцип действия этого автомата очень прост. Каждая лопасть винта описывает при вращении круг. Если лопасти несущего винта сделать подвижными относительно своих продольных осей, таким образом, что они

смогут менять угол наклона к плоскости вращения, то можно очень легко управлять движением вертолета. Действительно, если часть очерчиваемого ею круга лопасть пройдет с большим углом установки, а другую часть — с меньшим, то, очевидно, тяга с одной стороны будет больше, а с другой меньше, и несущий винт (а вместе с ним и вся машина) будет поворачиваться в соответствующую сторону.

Автомат перекоса как раз и обеспечивал необходимую установку лопастей. Для этого на валу несущего винта на карданном подвесе устанавливалось кольцо, к которому с помощью шарниров были присоединены поводки, идущие к рычагам, поворачивающим лопасти. Кольцо вращалось вместе с валом винта. С двух сторон оно было охвачено свободно сидящим на нем неподвижным кольцом. Это последнее кольцо можно было свободно поворачивать с помощью рулевых тяг и давать ему любой наклон в двух плоскостях. При этом внутреннее кольцо также наклонялось, одновременно вращаясь внутри неподвижного кольца. Легко видеть, что при этом внутреннее кольцо будет совершать за один оборот полное колебание, что в свою очередь заставит колебаться каждую связанную с ним лопасть: все они в течение оборота будут менять установочный угол от какой-то минимальной величины до максимальной. Углы эти будут зависеть от наклона неподвижного кольца, связанного с рычагами управления. Если пилоту требовалось повернуть в какую-либо сторону свою машину, он должен был направить в эту сторону внешнее кольцо автомата перекоса. В этом режиме угол наклона каждой лопасти изменялся независимо от других лопастей. Но легко было сделать и так, чтобы автомат перекоса в случае необходимости мог менять угол установки сразу у всех лопастей одновременно. Это требовалось, к примеру, при поломке мотора в режиме, называемом авторотацией, когда под действием воздушного потока винт падающего вертолета начинал самопроизвольно вращаться, действуя как парашют. Вертолет при этом как бы планировал (в природе этот эффект можно наблюдать у падающих семян клена). Для этого достаточно было сделать кардан автомата перекоса, скользящим вдоль вала винта (сверху вниз). Поднимая или опуская автомат перекоса, пилот сразу поворачивал все лопасти винта в одну сторону, тем самым увеличивая или уменьшая установочный угол или делая его отрицательным (то есть способным вращаться в противоположную сторону, что как раз и требовалось при авторотации).

Таким образом, к 1911 году 22-летний студент МВТУ Борис Юрьев разработал в общих чертах всю схему одновинтового вертолета. Запатентовать ее он не смог, так как не имел на это денег. В 1912 году по проекту Юрьева студенты МВТУ собрали нелетающий макет вертолета в натуральную величину. На международной выставке воздухоплавания и автомобилизма, проходившей в том же году в Москве, эта модель была удостоена малой золотой медали. Однако средств на то, чтобы построить действующую машину, у училища не нашлось. Начавшаяся вскоре Первая мировая, а затем и Гражданская войны надолго отвлекли Юрьева от работ над его проектом.

Между тем в других странах продолжали появляться модели многовинтовых вертолетов. В 1914 году построил свой геликоптер англичанин Мумфорд. На нем впервые был осуществлен полет с

поступательной скоростью. В 1924 году француз Эмишен впервые пролетел на своем вертолете по замкнутому кругу. В то же время Юрьев, заняв пост начальника Экспериментального аэродинамического отдела ЦАГИ, попробовал реализовать свою одновинтовую схему. Под его руководством Алексей Черемухин построил первый советский вертолет 1-ЭА.

Эта машина имела два рулевых винта и два мотора «Рон» мощностью по 120 л.с. каждый. Она также была впервые снабжена автоматом перекоса. Первые же испытания 1930 года дали блестящий результат. Пилотируемый Черемухиным вертолет уверенно отрывался от земли и легко взмывал на высоту нескольких сот метров, свободно описывал в воздухе восьмерки и другие сложные фигуры. В 1932 году Черемухин поднялся на этом вертолете на высоту 605 м, поставив тем самым абсолютный мировой рекорд. Однако и этот вертолет был еще очень далек от совершенства. Он был неустойчив. Несущий винт был сделан жестким (лопасти не меняли махового движения), что делало его работу неудовлетворительной. В дальнейшем были разработаны и построены другие модели. В 1938 году под руководством Братухина был создан первый советский двухвинтовой вертолет 11-ЭА поперечной схемы. Но в целом в 30-е годы вертолетостроение не получило в СССР государственной поддержки. В это время большую популярность получила теория, согласно которой самолет несравненно совершеннее вертолета и по скорости, и по грузоподъемности, а вертолет — это лишь дорогая игрушка. Только в 1940 году Юрьеву с большим трудом удалось добиться разрешения на создание специального конструкторского бюро, которое он и возглавил. Вскоре загруженный большой преподавательской работой, он передал руководство отделом Ивану Братухину. Через год началась война, и создание совершенного вертолета опять отдвинулось на неопределенный срок.

В это время лидером в вертолетостроении была Германия. Талантливый конструктор Фокке создал в 30-е годы несколько совершенных двухвинтовых вертолетов поперечной схемы. В 1937 году на его вертолете FW-61 были установлены мировые рекорды: высоты — 2439 м, скорости — 123 км/ч и дальности — 109 км полета. В 1939 году новый вертолет Фокке достиг высоты 3427 м, а в 1941 году его машина FA-223 была запущен в небольшую серию. Война положила конец его разработкам, но успехи «Фокке-Вульфов» надолго приковали внимание конструкторов к поперечной схеме.

В том, что одновинтовая схема все-таки утвердилась в вертолетостроении как главенствующая, огромная заслуга принадлежит американскому авиаконструктору Игорю Сикорскому. (Русский по происхождению он в 1919 г эмигрировал в Америку, а в 1923 г. основал здесь свою фирму «Сикорский».) За свою жизнь Сикорский разработал несколько десятков моделей самолетов, но мировую славу ему принесло создание вертолета. Именно он впервые довел до совершенства классическую одновинтовую схему Юрьева.

Свой первый вертолет S-46 (VC-300) Сикорский построил в 1939 году. Он сразу отказался от мысли определить все параметры аппарата путем расчетов и решил создать такой вертолет, в который в ходе летных испытаний можно было бы легко вносить конструктивные изменения. Его

машина имела подчеркнуто примитивный вид: простой фюзеляж был собран в виде фермы из стальных труб, летчик открыто сидел в маленьком кресле впереди двигателя. Движение от небольшого двигателя в 65 л.с. передавалось посредством ремней вверх на редуктор, от которого приводился простой по конструкции трехлопастный и трехшарнирный несущий винт. Хвостовой однолопастный рулевой винт устанавливался на длинной коробкообразной балке.

Уже первые испытания выявили многочисленные недостатки конструкции. Автомат перекоса работал очень плохо, так как был неправильно рассчитан; из-за этого вертолет плохо слушался руля и раскачивался при подъеме. В конце концов, он опрокинулся и сильно поломался. Тогда Сикорский отказался от автомата перекоса и ввел три рулевых винта (реализовав таким образом раннюю схему Юрьева, о которой говорилось выше). В этой конструкции вертолет показал хорошую управляемость. В мае 1940 года Сикорский публично демонстрировал свое детище в Бриджпорте перед американскими летчиками. На присутствующих его машина произвела большое впечатление: вертолет свободно перемещался вверх и вниз, вбок и назад, неподвижно зависал и разворачивался на месте. Вертолет имел только один недостаток — он упорно не хотел лететь вперед. Понадобилось несколько месяцев на то, чтобы выяснить причину его «упрямства». Оказалось, что воздушные вихри, создаваемые несущим винтом, оказывали сильное воздействие на работу рулевых винтов, так что на большой скорости они отказывались работать. Когда рулевые винты были вынесены из зоны действия основного винта, маневренность и управляемость VS-300 сразу значительно улучшилась. Вообще, VS-300 имел для Сикорского огромное значение. В ходе двухлетних испытательных полетов на нем были опробованы несколько систем управления, различные типы винтов и конструкций, отработана сама форма вертолета. Количество конструкционных улучшений, внесенных в первоначальную модель, было настолько значительно, что к 1942 году от прежнего вертолета остались только кресло пилота, центральная часть фюзеляжа, топливный бак и два колеса главного шасси. Благодаря этим испытаниям намного облегчилось создание следующих вертолетов.

Вскоре командование ВВС США сделало Сикорскому заказ на разработку военного вертолета, который можно было бы использовать для корректировки огня и для связи. Новый образец получил наименование VS-316 (S-47). Многочисленные неудачи с первой машиной убедили конструктора в том, что автомат перекоса совершенно необходим для одновинтовой схемы. На этот раз автомат был рассчитан с большой тщательностью, что и предрешило успех модели. В январе 1942 года начались летные испытания готового вертолета. В апреле машина уже демонстрировалась перед военными. Сидевший за штурвалом пилот-испытатель Чарльз Морис сумел показать огромные возможности винтокрылого летательного аппарата. Он зависал над головами изумленных зрителей, взлетал и снова садился на старое место — прямо в выемки от колес, перемещался вперед, назад, вбок, разворачивался на месте. Потом он поднимал специальной трубкой авоську с яйцами, переносил на другое место и опускал, не разбив ни одного. Были

продемонстрированы и другие трюки, например, спуск и подъем пассажира по веревочной лестнице в зависший над землей вертолет. Сейчас это, разумеется, не вызывает удивления, но в то время было в диковинку и до глубины души поражало видавших виды генералов. Один из присутствовавших высокопоставленных начальников воскликнул: «Эта штука может делать все, что делает лошадь!» А известный английский летчик-испытатель Бри признался: «Мы присутствовали при чуде». Под конец Морис продемонстрировал крейсерскую скорость — около 130 км/ч, поднялся над землей на 1500 м, а потом осуществил посадку с выключенным двигателем на авторотации.

В мае 1942 года VS-316 был принят на вооружение армии США под наименованием XR-4 и запущен в серийное производство. Всего было построено 130 таких вертолетов. В 1944 году они были впервые опробованы в боевых условиях в Бирме. Война здесь шла в джунглях, и вертолет оказался единственным транспортным средством, пригодным для снабжения войск. Японские истребители развернули настоящую охоту за тихоходными «вертушками», но не смогли сбить ни одного — при малейшей опасности вертолет прижимался к земле, скрывался между деревьями и таким образом легко уклонялся от боя.

В 1943 году фирма Сикорского выпустила новый вертолет XR-5, отличавшийся гораздо большей скоростью и грузоподъемностью. Для него впервые был разработан специальный вертолетный двигатель. Всего было построено 65 таких машин, так как из-за окончания войны министерство обороны аннулировало свои заказы. Между тем в 1944 году у Сикорского уже была готова новая модель — S-49 (всего их было выпущено 229 штук).

После войны вертолеты начали быстро распространяться по всему миру. Сикорский недолго сохранял монополию на их производство, поскольку только в США 300 фирм приступили к разработке своих моделей винтокрылых машин. Однако Сикорский имел перед ними важные преимущества — хорошо отработанную конструкцию и налаженное производство. Несмотря на конкуренцию, его фирма не только процветала, но и расширяла производство. В 1946 году он разработал модель S-51 (всего выпущено 554 машины), которая нашла широчайшее применение как в военной, так и в хозяйственной сферах. Этот вертолет был впервые оснащен автопилотом, который значительно облегчил управление. Однако самый большой успех выпал на вертолеты S-55 «Чикасо» (1949) и S-58 «Сибэт» (1954). Только на заводе Сикорского было собрано 1828 штук вертолетов первой модели и 2261 — второй. Кроме того, множество фирм в разных странах приобрело лицензию на их производство. В 1952 году два S-55-х впервые совершили перелет через Атлантический океан (с одной дозаправкой на палубе авианосца) из Америки в Европу. S-58 был признан лучшим вертолетом первого поколения. Он стал также «лебединой песней» самого Сикорского. В 1957 году 68-летний конструктор отошел от руководства компанией.

В эти годы полным ходом развернулась разработка вертолетов в СССР. После войны Юрьев сумел добиться организации двух новых КБ: Михаила Миля, который взялся разрабатывать одновинтовой вертолет, и Николая Камова, избравшего соосную схему. В работу по проектированию вертолета включилось также КБ Яковлева. Продолжал свои работы над

вертолетами поперечной схемы Братухин. В 1946 году появился его вертолет Г-3. В 1947 году выпустил свой первый вертолет Ка-8 Камов. Но когда в конце 40-х годов был объявлен конкурс на лучшую советскую модель, его выиграл вертолет Миля Ми-1, созданный по одновинтовой схеме Юрьева. В 1951 году он был запущен в производство.

86. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА

Механизация и машинизация вычислительных операций — одно из основополагающих технических достижений второй трети XX века. Подобно тому, как появление первых прядильных машин послужило началом великого промышленного переворота XVIII-XIX веков, создание электронной вычислительной машины стало предвестником грандиозной научно-технической и информационной революции второй половины XX столетия. Этому важному событию предшествовала длинная предыстория. Первые попытки собрать счетную машину предпринимались еще в XVII веке, а простейшие вычислительные приспособления, типа абака и счет, появились еще раньше — в древности и средневековье.

Хотя автоматическое вычислительное устройство относится к роду машин, его нельзя поставить в один ряд с промышленными машинами, скажем, с токарным или ткацким станком, ведь в отличие от них оно оперирует не физическим материалом (нитями или деревянными заготовками), а идеальными, не существующими в природе числами. Поэтому перед создателем любой вычислительной машины (будь то простейший арифмометр или новейший суперкомпьютер) стоят специфические проблемы, не возникающие у изобретателей в других областях техники. Их можно сформулировать следующим образом: 1. Как физически (предметно) представить числа в машине? 2. Как осуществить ввод исходных числовых данных? 3. Каким образом смоделировать выполнение арифметических операций? 4. Как представить вычислителю введенные исходные данные и результаты вычислений?

Одним из первых эти проблемы преодолел знаменитый французский ученый и мыслитель Блез Паскаль. Ему было 18 лет, когда он начал работать над созданием особой машины, с помощью которой человек, даже не знакомый с правилами арифметики, мог бы производить четыре основных действия. Сестра Паскаля, бывшая свидетельницей его работы, писала позже: «Эта работа утомляла брата, но не из-за напряжения умственной деятельности и не из-за механизмов, изобретение которых не вызывало у него особых усилий, а из-за того, что рабочие с трудом понимали его». И это неудивительно. Точная механика только рождалась, и качество, которого требовал Паскаль, превышало возможности его мастеров. Поэтому изобретателю самому нередко приходилось браться за напильник и молоток или ломать голову над тем, как изменить в соответствии с квалификацией мастера интересную, но сложную конструкцию. Первая работающая модель машины была готова в 1642 году. Паскаля она не удовлетворила, и он сразу же начал конструировать новую. «Я не экономил, — писал он впоследствии о своей машине, — ни времени, ни труда, ни средств, чтобы довести ее до состояния быть полезной… Я имел терпение сделать до 50 различных моделей…» Наконец в 1645 году усилия его увенчались полным успехом — Паскаль собрал машину, которая удовлетворяла его во всех отношениях.

Что же представляла из себя эта первая в истории вычислительная машина и каким образом были разрешены перечисленные выше задачи? Механизм машины был заключен в легкий латунный ящичек. На верхней его крышке имелось 8 круглых отверстий, вокруг каждого из которых была нанесена круговая шкала. Шкала крайнего правого отверстия делилась на 12 равных частей, шкала соседнего с ним отверстия — на 20 частей, остальные шесть отверстий имели десятичное деление. Такая градуировка соответствовала делению ливра — основной французской денежной единицы того времени: 1 су = 1/20 ливра и 1 денье = 1/12 су. В отверстиях были видны зубчатые установочное колеса, находившиеся ниже плоскости верхней крышки. Число зубьев каждого колеса было равно числу делений шкалы соответствующего отверстия.

Ввод чисел осуществлялся следующим образом. Каждое колесо вращалось независимо от другого на собственной оси. Поворот производился с помощью ведущего штифта, который вставлялся между двумя смежными зубьями. Штифт поворачивал колесо до тех пор, пока не наталкивался на неподвижный упор, закрепленный в нижней части крышки и выступающий внутрь отверстия левее цифры "1" круговой шкалы. Если, например, штифт ставили между зубьями 3 и 4 и вращали колесо до упора, то оно поворачивалось на 3/10 своей полной окружности. Поворот каждого колеса передавался посредством внутреннего механизма цилиндрическим барабанам, оси которых были расположены горизонтально. На боковой поверхности барабанов были нанесены ряды цифр.

Сложение чисел, если сумма их не превышала 9, происходило очень просто и соответствовало сложению пропорциональных им углов. При сложении больших чисел должна была производиться операция, которая называется переносом десятка в старший разряд. Люди, считающие в столбик или на счетах, должны производить ее в уме. Машина Паскаля выполняла перенос автоматически, и это было ее наиболее важной отличительной чертой.

Элементами машины, относящимися к одному разряду, были установочное колесо N, цифровой барабан I и счетчик, состоящий из четырех корончатых колес B, одного зубчатого колеса K и механизма передачи десятков.

Заметим, что колеса B1, B2 и K не имеют принципиального значения для работы машины и использовались лишь для передачи движения установочного колеса N цифровому барабану I. Зато колеса B3 и B4 являлись неотъемлемыми элементами счетчика и поэтому именовались «счетными колесами». Счетные колеса двух соседних разрядов A1 и A2, были жестко насажены на оси. Механизм передачи десятков, который Паскаль назвал «перевязь», имел следующее устройство. На счетном колесе B1 младшего в машине Паскаля разряда имелись стерженьки C1, которые при вращении оси A1 входили в зацепление с зубьями вилки M, расположенной на конце двухколенного рычага D1. Этот рычаг свободно вращался на оси A2 старшего разряда, вилка же несла на себе подпружиненную собачку. Когда при вращении оси A1 колесо B1 достигало позиции, соответствующей цифре 6, стержни C1 входили в зацепление с зубьями вилки, а в тот момент, когда оно переходило от 9 к 0, вилка

выскальзывала из зацепления и под действием собственного веса падала вниз, увлекая за собой собачку. Последняя при этом проталкивала счетное колесо B2 старшего разряда на один шаг вперед (то есть поворачивая его вместе с осью A2 на 36 градусов). Рычаг H, оканчивавшийся зубом в виде топорика, играл роль зацепки, препятствовавшей вращению колеса B1 в обратную сторону при поднимании вилки.

Механизм переноса действовал только при одном направлении вращения счетных колес и не допускал выполнения операции вычитания вращением колес в обратную сторону. Поэтому Паскаль заменил вычитание сложением с десятичным дополнением. Пусть, например, необходимо из 532 вычесть 87. Метод дополнения приводит к действиям: 532-87=532-(100-13)=(532+13)-100=445. Нужно только не забывать вычесть 100. На машине, имевшей определенное число разрядов, об этом, впрочем, можно было не беспокоиться. Действительно, пусть на шестиразрядной машине выполняется вычитание 532-87. Тогда 000532+999913=1000445. Но самая первая единица потеряется сама собой, так как переносу из шестого разряда некуда деться.

Умножение также сводилось к сложению. Но поскольку в машине Паскаля слагаемое вводилось каждый раз заново, использовать ее для выполнения этой арифметической операции было крайне трудно.

Следующий этап в развитии вычислительной техники связан с именем знаменитого немецкого математика Лейбница. В 1672 году Лейбниц посетил голландского физика и изобретателя Гюйгенса и был свидетелем того, как много времени и сил отнимали у него разнообразные математические расчеты. Тогда у Лейбница и появилась мысль о создании арифмометра. «Это недостойно таких замечательных людей, — писал он, — подобно рабам, терять время на вычислительную работу, которую можно было бы доверить кому угодно при использовании машин». Однако создание такой машины потребовало от Лейбница всей его изобретательности. Его знаменитый 12-разрядный арифмометр появился только в 1694 году и обошелся в круглую сумму — 24000 талеров.

В основе механизма машины лежал изобретенный Лейбницем ступенчатый валик, представлявший собой цилиндр с нанесенными на нем зубцами различной длины. В 12-разрядном арифмометре таких валиков было 12 — по одному на каждый разряд числа.

Арифмометр состоял из двух частей — неподвижной и подвижной. В неподвижной помещался основной 12-разрядный счетчик и ступенчатый валик устройства ввода. Установочная часть этого устройства, состоявшая из восьми малых цифровых кругов, была расположена в подвижной части машины. В центре каждого круга располагалась ось, на которую под крышкой машины было насажено зубчатое колесо E, а поверх крышки установлена стрелка, которая вращалась вместе с осью. Конец стрелки мог быть установлен против любой цифры круга.

Ввод данных в машину осуществлялся с помощью особого механизма. Ступенчатый валик S был насажен на четырехгранную ось с нарезкой типа зубчатой рейки. Эта рейка входила в зацепление с десятизубым колесом E, на окружности которого были нанесены цифры 0, 1…9. Поворачивая это колесо так, чтобы в прорези крышки появилась та или другая цифра, перемещали ступенчатый валик параллельно оси

зубчатого колеса F основного счетчика. Если после этого поворачивали валик на 360 градусов, то в зацепление с колесом F входили одна, две и т.д. наиболее длинные ступени, в зависимости от величины сдвига. Соответственно колесо F поворачивалось на 0, 1…9 частей полного оборота; также поворачивался диск или ролик R. Со следующим оборотом валика на счетчик вновь переносилось то же число.

Вычислительные машины Паскаля и Лейбница, так же как и некоторые другие, появившиеся в XVIII столетии, не получили широкого распространения. Они были сложны, дороги, да и общественная потребность в подобных машинах была еще не очень острой. Однако по мере развития производства и общества такая потребность стала ощущаться все больше и больше, особенно при составлении различных математических таблиц. Повсеместное распространение в Европе конца XVIII — начала XIX века получили арифметические, тригонометрические и логарифмические таблицы; банки и ссудные конторы применяли таблицы процентов, а страховые компании — таблицы смертности. Но совершенно исключительное значение (в особенности для Англии — «великой морской державы») имели астрономические и навигационные таблицы. Предсказания астрономов относительно положения небесных тел были в то время единственным средством, позволявшим морякам определять местонахождение их кораблей в открытом море. Эти таблицы входили в «Морской календарь», который выходил ежегодно. Каждое издание требовало огромного труда десятков и сотен счетчиков. Незачем говорить, как важно было избежать при составлении этих таблиц ошибок. Но ошибки все равно были. Сотни и даже тысячи неверных данных содержали также самые распространенные таблицы — логарифмические. Издатели этих таблиц были вынуждены содержать специальный штат корректоров, проверявших полученные вычисления. Но и это не спасало от ошибок.

Положение было настолько серьезным, что английское правительство — первое в мире — озаботилось о создании специальной вычислительной машины для составления подобных таблиц. Разработка машины (ее называют разностной) была поручена известному английскому математику и изобретателю Чарльзу Бэббиджу. В 1822 году была изготовлена действующая модель. Поскольку значение изобретения Бэббиджа, а также значение разработанного им способа машинных вычислений очень велики, следует подробнее остановиться на устройстве разностной машины.

Рассмотрим прежде на простом примере метод, предложенный Бэббиджем для составления таблиц. Допустим, требуется вычислить таблицу четвертых степеней членов натурального ряда 1, 2, 3…

Пусть такая таблица уже вычислена для некоторых членов ряда в колонке 1 — и полученные значения занесены в колонку 2. Вычтем из каждого последующего значения предыдущее. Получится последовательное значение первых разностей (колонка 3). Проделав ту же операцию с первыми разностями, получим вторые разности (колонка 4), третьи (колонка 5) и, наконец, четвертые (колонка 6). При этом четвертые разности оказываются постоянными: колонка 6 состоит из одного и того же числа 24. И это не случайность, а следствие важной теоремы: если функция (в данном случае это функция y(x)=x4, где x принадлежит множеству

натуральных чисел) есть многочлен n-й степени, то в таблице с постоянным шагом его n-е разности будут постоянны.

Теперь легко догадаться, что получить требуемую таблицу можно исходя из первой строки с помощью сложения. Например, чтобы продолжить начатую таблицу еще на одну строку, нужно выполнить сложения:

156+24=180
590+180=770
1695+770=2465
4096+2465=6561

В разностной машине Бэббиджа применялись те же десятичные счетные колеса, что и у Паскаля. Для изображения числа использовались регистры, состоящие из набора таких колес. Каждой колонке таблицы, кроме 1, содержащей ряд натуральных чисел, соответствовал свой регистр; всего в машине их было семь, поскольку предполагалось вычислять функции с постоянными шестыми разностями. Каждый регистр состоял из 18 цифровых колес по числу разрядов изображаемого числа и нескольких дополнительных, используемых как счетчик числа оборотов для других вспомогательных целей.

Если все регистры машины хранили значения, соответствующие последней строке нашей таблицы, то для получения очередного значения функции в колонке 2 необходимо было последовательно выполнить число сложений, равное числу сложений имеющихся разностей. Сложение в разностной машине происходило в два этапа. Регистры, содержащие слагаемые, сдвигались так, чтобы произошло зацепление зубцов счетных колес. После этого колеса одного из регистров вращались в обратном направлении, пока каждое из них не доходило до нуля. Этот этап назывался фазой сложения. По окончании этого этапа в каждом разряде второго регистра получалась сумма цифр данного разряда, но пока еще без учета возможных переносов из разряда в разряд. Перенос происходил на следующем этапе, который назывался фазой переноса, и выполнялся так. При переходе каждого колеса в фазе сложения от 9 к 0 в этом разряде освобождалась специальная защелка. В фазе переноса все защелки возвращались на место специальными рычагами, которые одновременно поворачивали колесо следующего старшего разряда на один шаг. Каждый такой поворот мог в свою очередь вызвать в каком-то из разрядов переход от 9 к 0 и, значит, освобождение защелки, которая снова возвращалась на место, сделав перенос в следующий разряд. Таким образом, возвращение защелок на место происходило последовательно, начиная с младшего разряда регистра. Такая система получила название сложения с последовательным переносом. Все остальные арифметические операции выполнялись посредством сложения. При вычитании счетные колеса вращались в противоположную сторону (в отличие от машины Паскаля, разностная машина Бэббиджа позволяла это делать). Умножение сводилось к последовательному сложению, а деление — к последовательному вычитанию.

Описанный способ можно было применять не только для вычисления многочленов, но и других функций, например, логарифмических или тригонометрических, хотя в отличие от многочленов

они не имеют строго постоянных старших разностей. Однако все эти функции можно представить (разложить) в виде бесконечного ряда, то есть многочлена простого вида, и свести вычисление их значений в любой точке к задаче, которую мы уже рассмотрели. Например, sin x и cos x можно представить в виде бесконечных многочленов:

sin x = x — x3/3! + x5/5! -… + (-1)n • x2n+1/(2n+1)! +…

cos x = 1 — x2/2! + x4/4! -… + (-1)n • x2n/(2n)! +…

Эти разложения истинны для всех значений функции от 0 до p/4 (p/4=3, 14/4=0, 785) с очень большой точностью. Для значений x, которые больше p/4, разложение имеет другой вид, но на каждом из этих участков тригонометрическая функция может быть представлена в виде какого-то многочлена. Количество пар слагаемых ряда, которые принимаются в расчет при вычислениях, зависит от точности, которую желают получить. Если, к примеру, требования к точности невелики, можно ограничиться двумя-четырьмя первыми слагаемыми ряда, а остальные отбросить. Но можно взять больше слагаемых и вычислить значение функции в любой точке с какой угодно точностью. (Заметим, что 2!=1•2=2; 3!=1•2•3=6; 4!=1•2•3•4=24 и т.д.) Так вычисление значений любой функции сводилось Бэббиджем к одной простой арифметической операции — сложению. Причем при переходе от одного участка функции к другому, когда требовалось сменить значение разности, разностная машина сама давала звонок (он звонил после выполнения определенного числа шагов вычисления).

Уже одно создание разностной машины обеспечило бы Бэббиджу почетное место в истории вычислительной техники. Однако он не остановился на этом и начал разрабатывать конструкцию гораздо более сложной — аналитической машины, которая стала прямой предшественницей всех современных ЭВМ. В чем же заключалась ее особенность? Дело в том, что разностная машина, по существу, оставалась еще только сложным арифмометром и требовала для своей работы постоянного присутствия человека, который держал в своей голове всю схему (программу) расчетов и направлял действия машины по тому или иному пути. Понятно, что это обстоятельство являлось определенным тормозом при выполнении расчетов. Около 1834 года Бэббиджу пришла в голову мысль: «Нельзя ли создать машину, которая была бы универсальным вычислителем, то есть выполняла бы все действия без вмешательства человека и в зависимости от полученного на определенном этапе решения сама выбирала бы дальнейший путь вычисления?»

По существу это означало создание программно-управляемой машины. Та программа, которая до этого находилась в голове оператора, теперь должна была быть разложена на совокупность простых и ясных команд, которые бы заранее вводились в машину и управляли ее работой. Никто и никогда еще не пытался создать подобной вычислительной машины, хотя сама идея программно-управляемых устройств уже была в то время реализована. В 1804 году французский изобретатель Жозеф Жаккар придумал ткацкий станок с программным управлением. Принцип его работы сводился к следующему. Ткань, как известно, представляет собой переплетение взаимно перпендикулярных нитей. Переплетение это осуществляется на ткацком станке, в котором нити основы (продольные)

продеты через глазки — отверстия в проволочных петлях, а поперечные продергиваются через эту основу в определенном порядке при помощи челнока. При самом простом переплетении петли через одну поднимаются, соответственно приподнимаются и продетые через них нити основы. Между поднятыми и оставшимися на месте нитями образуется промежуток, в который челнок протягивает за собой нить утка (поперечную). После чего поднятые петли опускаются, а остальные приподнимаются. При более сложном узоре переплетения нити следовало приподнимать в других различных комбинациях. Опусканием и подниманием нитей основы вручную занимался ткач, что обычно отнимало много времени. После 30-летней настойчивой работы Жаккар изобрел механизм, позволявший автоматизировать движение петель в соответствии с заданным законом при помощи набора картонных карт с пробитыми в них отверстиями — перфокарт. В станке Жаккара глазки были связаны с длинными иглами, упирающимися в перфокарту. Встречая отверстия, иглы продвигались вверх, в результате чего связанные с ними глазки приподнимались. Если же иглы упирались в карты в том месте, где отверстий нет, они оставались на месте, удерживая так же связанные с ними глазки. Таким образом, промежуток для челнока, а тем самым и узор переплетения нитей определялся набором отверстий на соответствующих управляющих картах.

Этот же принцип управляющих перфокарт Бэббидж предполагал использовать в своей аналитической машине. Над ее устройством он работал в течение почти сорока лет: с 1834-го до конца своей жизни в 1871 году, но так и не смог ее закончить. Однако после него осталось более 200 чертежей машины и ее отдельных узлов, снабженных множеством подробных примечаний, объясняющих их работу. Все эти материалы представляют огромный интерес и являются одним из удивительнейших в истории техники примеров научного предвидения.

По мысли Бэббиджа, аналитическая машина должна была включать четыре основных блока.

Первое устройство, которое Бэббидж назвал «мельница», было предназначено для выполнения четырех основных арифметических действий. Второе устройство — «склад» — предназначалось для хранения чисел (исходных, промежуточных и окончательных результатов). Исходные числа направлялись в арифметическое устройство, а промежуточные и конечные результаты получались из него. Основным элементом двух этих блоков были регистры из десятичных счетных колес. Каждое из них могло устанавливаться в одном из десяти положений и таким образом «запоминать» один десятичный знак. Память машины должна была включать в себя 1000 регистров по 50 числовых колес в каждом, то есть в ней можно было хранить 1000 пятидесятизначных чисел. Скорость выполняемых вычислений напрямую зависела от скорости вращения цифровых колес. Бэббидж предполагал, что сложение двух 50-разрядных чисел будет занимать 1 секунду. Для переноса чисел из памяти в арифметическое устройство и обратно предполагалось использовать зубчатые рейки, которые должны были зацепляться с зубцами на колесах. Каждая рейка передвигалась до тех пор, пока колесо не занимало нулевое положение. Движение передавалось стержнями и связями в арифметическое устройство, где посредством другой рейки

использовалось для перемещения в нужное положение одного из колес регистра. Базовой операцией аналитической машины, как и разностной, являлось сложение, а остальные сводились к ней. Для того чтобы вращать множество шестеренок, требовалось значительное внешнее усилие, которое Бэббидж рассчитывал получить за счет использования парового двигателя.

Третье устройство, управлявшее последовательностью операций, передачей чисел, над которыми производились операции, и выводом результатов, конструктивно представляло из себя два жаккаровых перфокарточных механизма. Перфокарты Бэббиджа отличались от перфокарт Жаккара, которыми управлялась только одна операция — подъем нити для получения нужного узора в процессе изготовления ткани. Управление работой аналитической машины включало различные виды операций, для каждой из которых требовался специальный вид перфокарт. Бэббидж выделил три основных вида перфокарт: операционные (или карты операций), переменные (или карты переменных) и числовые. Операционные перфокарты осуществляли управление машиной. Согласно выбитым на них командам происходило сложение, вычитание, умножение и деление чисел, находившихся в арифметическом устройстве.

Одной из наиболее дальновидных идей Бэббиджа было введение в совокупность команд, задаваемых последовательностью операционных перфокарт, команды условного перехода. Самого по себе программного управления (без использования условного перехода) было бы недостаточно для эффективной реализации сложной вычислительной работы. Линейная последовательность операций строго определена во всех пунктах. Это дорога известна во всех деталях до самого конца. Понятие «условный переход» означает переход вычислительной машины к другому участку программы, если предварительно выполняется некоторое условие. Имея возможность использовать команду условного перехода, составитель машинной программы был не обязан знать, по какой ступени расчета изменится признак, который оказывает влияние на выбор хода расчета. Применение условного перехода позволяло у каждой развилки дороги анализировать сложившуюся ситуацию и на основе этого выбирать тот или иной путь. Условные команды могли иметь самый различный вид: сравнение чисел, выборка требуемых численных значений, определение знака числа и т.п. Машина производила арифметические операции, сравнивала между собой полученные числа и сообразно с этим проводила дальнейшие операции. Таким образом, машина могла перейти к другой части программы, пропустить часть команд или вновь вернуться к выполнению какого-либо участка программы, то есть организовать цикл. Введение команды условного перехода знаменовало собой начало использования в машине логических, а не только вычислительных операций.

С помощью второго вида перфокарт — переменных (или, по терминологии Бэббиджа, «карт переменных») осуществлялась передача чисел между памятью и арифметическим устройством. На этих картах указывались не сами числа, а лишь номера регистров памяти, то есть ячеек для хранения одного числа. Регистры памяти Бэббидж называл «переменными», указывая этим, что содержание регистра меняется в

зависимости от хранящегося в нем числа. Аналитическая машина Бэббиджа использовала три вида карт переменных: для передачи числа в арифметическое устройство с сохранением его далее в памяти, для аналогичной операции, но без сохранения в памяти, и для ввода числа в память. Они получили названия: 1) «нулевая карта» (число вызывается из регистра памяти, после чего в регистре устанавливается нулевое значение); 2) «сохраняющая карта» (число вызывается из памяти без изменения содержания регистра); 3) «получающая карта» (число передается из арифметического устройства в память и записывается в один из регистров). При работе машины на одну операционную перфокарту приходилось в среднем три карты переменных. Они указывали номера ячеек памяти (адреса, по современной терминологии), в которых хранились два исходных числа, и номер ячейки, куда записывать результат.

Числовые перфокарты представляли основной вид перфокарт аналитической машины. С их помощью осуществлялся ввод исходных чисел для решения некоторой задачи и новых данных, которые могли потребоваться по ходу вычислений.

После выполнения предложенных вычислений машина выбивала ответ на отдельную перфокарту. Эти перфокарты оператор складывал по порядку их номеров и в дальнейшем использовал в работе (они являлись как бы ее внешней памятью). Например, когда в ходе вычислений машине требовалось значение логарифма 2303, она показывала его в особом окошечке и давала звонок. Оператор находил нужную перфокарту со значением этого логарифма и вводил в машину. «Все карты, — писал Бэббидж, — однажды использованные и изготовленные для одной задачи, могут быль использованы для решения тех же задач с другими данными, поэтому нет необходимости готовить их во второй раз — они могут тщательно сохраняться для будущего использования; со временем машина будет иметь собственную библиотеку».

Четвертый блок был предназначен для приема исходных чисел и выдачи конечных результатов и представлял из себя несколько устройств, обеспечивающих операции ввода-вывода. Исходные числа вводились в машину оператором и поступали в ее запоминающее устройство, из которого извлекались и поступали на выход конечные результаты. Машина могла выводить ответ на перфокарте или печатать на бумаге.

В заключение следует отметить, что если разработка аппаратной части аналитической машины связана исключительно с именем Бэббиджа, то программирование решения задач на этой машине — с именем его хорошего друга — леди Адой Лавлейс, родной дочери великого английского поэта Байрона, которая горячо увлекалась математикой и великолепно разбиралась в сложных научных и технических проблемах. В 1842 году в Италии была напечатана статья молодого математика Менабреа с описанием аналитической машины Бэббиджа. В 1843 году леди Лавлейс перевела эту статью на английский язык, снабдив ее обширным и глубоким комментарием. Чтобы проиллюстрировать работу машины, леди Лавлейс приложила к статье составленную ею программу для вычисления чисел Бернулли. Ее комментарий по существу является первой в истории работой по программированию.

Аналитическая машина оказалась очень дорогим и сложным устройством. Английское правительство, поначалу финансировавшее работы Бэббиджа, вскоре отказало ему в помощи, поэтому он так и не смог завершить свой труд. Была ли оправдана сложность этой машины? Не во всем. Многие операции (особенно ввод-вывод чисел и передача их от одного устройства к другому) значительно упростились бы, если бы Бэббидж использовал электрические сигналы. Однако его машина была задумана как чисто механическое устройство без каких бы то ни было электрических элементов, что ставило ее изобретателя часто в очень трудное положение. Между тем электромеханическое реле, ставшее позже основным элементом вычислительных машин, в это время уже было изобретено: его придумали в 1831 году одновременно Генри и Сальваторе даль Негро.

Применение электромеханических реле в вычислительной технике ведет свою историю с изобретения американца Германа Голлерита, создавшего комплекс устройств, предназначенных для обработки большого объема данных (например, результатов переписи). Потребность в такой машине была очень велика. Например, результаты переписи 1880 года обрабатывались в США 7, 5 лет. Такой значительный срок объяснялся тем, что необходимо было отсортировать громадное количество карточек (по одной на каждого из 50 миллионов жителей) с очень большим — 210 рубрик — набором вариантов ответов на задаваемые в карточке вопросы. Об этих проблемах Голлерит знал не понаслышке — он сам был сотрудником Бюро цензов США — статистического учреждения, ведавшего проведением переписей населения и обработкой их результатов.

Много работая над сортировкой карточек, Голлерит пришел к мысли механизировать этот процесс. Сперва он заменил карточки перфокартами, то есть вместо карандашной пометки варианта ответа придумал пробивать отверстие. С этой целью он разработал специальную 80-колонную перфокарту, на которую в форме пробивок наносились все сведения об одном человеке, регистрируемые в ходе переписи. (Форма этой перфокарты не претерпела с тех пор существенных изменений.) Обычно для ответа на один вопрос использовалась одна полоска перфокарты, что позволяло фиксировать десять вариантов ответа (например, на вопрос о вероисповедании). В некоторых случаях (например, на вопрос о возрасте) можно было использовать две колонки, что давало сто вариантов ответа.

Вторая идея Голлерита была следствием первой — он создал первый в мире счетно-перфорационный комплекс, включавший в себя входной перфоратор (для пробивки отверстий) и табулятор с устройством для сортировки перфокарт. Перфорация осуществлялась вручную на пробойнике, состоявшем из чугунного корпуса с приемником для карты и собственно пробойника. Над приемником помещалась пластина с несколькими рядами отверстий; при нажиме рукояти пробойника над одним из них карта под пластинкой пробивалась нужным образом. Сложный пробойник пробивал на группе карт общие данные одним нажатием руки. Сортировочная машина представляла собой несколько ящиков с крышками. Карты продвигались вручную между набором пружинных штырей и резервуарами, наполненными ртутью. Когда штырь попадал в отверстие, он касался ртути и замыкал электрическую цепь. При этом

приподнималась крышка определенного ящика, и оператор клал туда карту. Табулятор (или суммирующая машина) прощупывал отверстия на перфокартах, воспринимая их как соответствующие числа и подсчитывая их. Принцип его действия был аналогичен сортировочной машине и базировался на использовании электромеханического реле (в качестве них также применялись пружинные штыри и чашечки с ртутью). Когда стержни при движении перфокарт попадали через отверстия в чашечки с ртутью, электрическая цепь замыкалась, и электрический сигнал передавался на счетчик, добавлявший к имеющемуся в нем числу новую единицу. Каждый счетчик имел циферблат со стрелкой, которая перемещалась на единицу шкалы при обнаружении отверстия. Если в табуляторе было 80 счетчиков, он мог одновременно подсчитывать результаты по 8 вопросам (с десятью вариантами ответов на каждый из них). Для подсчета результатов по следующим 8 вопросам та же перфокарта вновь пропускалась через табулятор другим своим участком. За один прогон сортировалось до 1000 карточек в час.

Первый патент (на идею) Голлерит получил в 1884 году. В 1887 году его машина была испытана в Балтиморе при составлении таблиц смертности населения. В 1889 году состоялось решающее испытание системы — проводилась пробная перепись в четырех районах города Сан-Луи. Машина Голлерита намного опередила две конкурирующие с ней ручные системы (она работала в 10 раз быстрее). После этого правительство США заключило с Голлеритом договор о поставке оборудования к переписи 1890 года. Результаты этой переписи благодаря табулятору были обработаны всего за два года. Вследствие этого машина очень быстро получила международное признание и употреблялась во многих странах при обработке данных переписи населения.

В 1902 году Голлерит создал автоматический табулятор, в котором карты подавались не вручную, а автоматически, и модернизировал свою сортировочную машину. В 1908 году он создал принципиально новую модель суммирующей машины. Вместо чашек с ртутью здесь применялись контактные щетки, с помощью которых замыкались электрические цепи электромагнитов. Последние обеспечивали соединение и разъединение непрерывно вращающегося вала с цифровыми колесами счетчика сумматора. Цифровые колеса поворачивались через зубчатые зацепления от непрерывно вращающегося вала, который нес на себе скользящие кулачковые муфты, управляемые электромагнитами. Когда под контактной щеткой оказывалось отверстие, замыкалась электрическая цепь соответствующего электромагнита, и он включал муфту, которая подсоединяла цифровое колесо к вращающемуся валу, после чего содержимое счетчика в данном разряде увеличивалось на число, пропорциональное одному повороту колеса. Передача десятков осуществлялась примерно так же, как в разностной машине Бэббиджа.

Дело, начатое Голлеритом, имеет продолжение и в наше время. Еще в 1896 году он основал фирму «Табьюлейтинг Машин Компани», специализирующуюся на выпуске счетно-перфорационных машин и перфокарт. В 1911 году, после того как Голлерит оставил предпринимательскую деятельность, его фирма слилась с тремя другими и была преобразована в широко известную сейчас во всем мире корпорацию

IBM — крупнейшего разработчика в области вычислительной техники.

В табуляторе Голлерита впервые были использованы электромеханические элементы. Дальнейшее развитие вычислительной техники было связано с широким и многогранным применением электричества. В 1938 году немецкий инженер Конрад Цузе создал первую в истории релейную электронно-вычислительную машину Z1 на телефонных реле (записывающее устройство в ней оставалось механическим). В 1939 году появилась более совершенная модель Z2, а в 1941 году Цузе собрал первую в мире действующую вычислительную машину с программным управлением, в которой использовалась двоичная система. Все эти машины погибли во время войны и поэтому не оказали большого влияния на дальнейшую историю вычислительной техники.

Независимо от Цузе постройкой релейных вычислительных машин занимался в США Говард Айкен. Будучи аспирантом Гарвардского университета, Айкен при работе над своей диссертацией был вынужден делать много сложных вычислений. Чтобы сократить время на вычислительную работу, он стал придумывать несложные машины для автоматического решения частных задач. В конце концов он пришел к идее автоматической универсальной вычислительной машины, способной решать широкий круг научных задач. В 1937 году его проектом заинтересовалась фирма IBM. В помощь Айкену была выделена бригада инженеров. Вскоре началась работа над постройкой машины «Марк-1». Реле, счетчики, контактные и печатающие устройства ввода и вывода перфокарт были стандартными частями табуляторов, выпускаемых IBM. В 1944 году машина была собрана и передана Гарвардскому университету.

«Марк-1» оставался машиной переходного типа. В ней широко использовались механические элементы для представления чисел и электромеханические для управления работой машины. Как и в аналитической машине Бэббиджа, числа хранились в регистрах, состоящих из десятизубых счетных колес. Всего в «Марке-1» было 72 регистра и, кроме того, дополнительная память из 60 регистров, образованных механическими переключателями. В эту дополнительную память вручную вводились константы — числа, которые не изменялись в процессе вычисления. Каждый регистр содержал 24 колеса, причем 23 из них использовались для представления самого числа, а одно — для представления его знака. Регистры имели механизм для передачи десятков и поэтому использовались не только для хранения чисел, но и для выполнения операций над ними: число, находящееся в одном регистре, могло быть передано в другой и добавлено к находящемуся там числу (или вычтено из него). Эти операции выполнялись следующим образом. Через счетные колеса, образующие регистр, проходил непрерывно вращающийся вал, причем любое колесо с помощью электромеханических переключателей могло быть присоединено к этому валу на время, составляющее некоторую часть его оборота. К каждому числу присоединялась щетка (считывающий контакт), которая при вращении колеса пробегала по неподвижному десятисегментному контакту. Это позволяло получить электрический эквивалент цифры, хранящейся в данном разряде регистра. Для выполнения операции суммирования устанавливались такие соединения между щетками первого регистра и

механизмом переключения второго регистра, что колеса последнего связывались с валом на часть периода оборота, пропорционального цифрам, находившимся в соответствующих разрядах первого регистра. Все переключатели автоматически выключались в конце фазы сложения, занимавшей не более половины периода оборота. Сам механизм суммирования по существу не отличался от сумматора голлеритовских табуляторов.

Умножение и деление производились в отдельном устройстве. Кроме того, в машине имелись встроенные блоки для вычисления функций sin x, log x и некоторых других. Скорость выполнения арифметических операций в среднем составляла: сложение и вычитание — 0, 3 секунды, умножение — 5, 7 секунды, деление — 15, 3 секунды. То есть «Марк-1» был эквивалентен примерно 20 операторам, работающим с ручными счетными машинами.

Работой «Марк-1» управляли команды, вводимые с помощью перфорированной ленты. Каждая команда кодировалась посредством пробивки отверстий в 24 колонках, идущих вдоль ленты, и считывалась с помощью контактных щеток. Пробивка на перфокартах преобразовывалась в набор импульсов. Совокупность электрических сигналов, полученных в результате «прощупывания» позиций данного ряда, определяла действия машины на данном шаге вычислений. Устройство управления на основании этих команд обеспечивало автоматическое выполнение всех вычислений в данной программе: осуществляло выборку чисел из ячеек памяти, давало команду требуемой арифметической операции, отправляло результаты вычислений в запоминающее устройство и т.д. В качестве устройства вывода Айкен использовал пишущие машины и перфораторы.

Вслед за пуском «Марк-1» Айкен и его сотрудники начали работу над «Марком-2», закончившуюся в 1947 году. В этой машине уже не было механических цифровых колес, а для запоминания чисел, выполнения арифметических операций и операций управления использовались электрические реле — всего их было 13 тысяч. Числа в «Марк-2» представлялись в двоичном виде.

Двоичная система исчисления была предложена еще Лейбницем, который считал ее самой удобной для использования в вычислительных машинах. (Трактат на эту тему был написан в 1703 году.) Им же была разработана арифметика двоичных чисел. В двоичной системе, точно так же как в привычной нам десятичной, значение каждой цифры определяется ее позицией, но вместо обычного набора из десяти цифр используются только две: 0 и 1. Для того чтобы понять двоичную запись числа, посмотрим сначала, какой смысл имеет хорошо всем известная десятичная запись. Например, число 2901 можно представить в следующем виде:

$2901 = 2 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 1 \cdot 10^0$

То есть, цифры: 2, 9, 0, 1 указывают на то, сколько единиц находится в каждом из десятичных разрядов числа. Если же вместо десятичной системы берется двоичная, каждая цифра будет указывать на то, сколько единиц содержится в каждом из двоичных разрядов. Например, число 13 записывается в двоичной системе так:

13 = 8 + 4 + 1 = 1 • 23 + 1 • 22 + 0 • 21 + 1 • 20 = 1101

Двоичная система достаточно громоздка (скажем, число 9000 будет в ней 14-значным), но она очень удобна при выполнении арифметических операций. Вся таблица умножения в ней сводится к единственному равенству 1•1=1, а сложение имеет только три правила: 1) 0+0 дает 0; 2) 0+1 дает 1; 3) 1+1 дает 0 и перенос 1 в старший разряд.

Например:

01010
+01011
10101

Утверждение двоичной системы в вычислительной технике было обусловлено существованием простых технических аналогов двоичной цифры — электрических реле, которые могли находиться в одном из двух устойчивых состояний, первое из которых ставили в соответствие с 0, другое — с 1. Передача двоичного числа электрическими импульсами из одного машинного устройства в другое тоже очень удобна. Для этого достаточно всего двух различных по форме импульсов (или даже одного, если отсутствие сигнала считать за нуль).

Следует отметить, что релейные машины, созданные на заре истории ЭВМ, недолго использовались в вычислительной технике, поскольку были сравнительно медленнодействующими. Так же как в механической машине скорость вычислений определялась скоростью поворота цифровых колес, время работы схемы, составленной из реле, равнялось времени срабатывания и отпускания реле. Между тем даже самые быстрые реле не могли делать больше 50 срабатываний в секунду. Например, в «Марк-2» операции сложения и вычитания занимали в среднем 0, 125 секунды, а умножение требовало 0, 25 секунды. Гораздо большим быстродействием обладали электронные аналоги электромеханических реле — вакуумные лампы-триггеры. Они и стали базовыми элементами в ЭВМ первого поколения.

Триггер был изобретен еще в 1919 году русским инженером Бонч-Бруевичем и независимо от него американцами Икклзом и Джорданом. Этот электронный элемент содержал две лампы, и в каждый момент мог находиться в одном из двух устойчивых состояний. Он представлял собой электронное реле, то есть при наличии сигнала управляющего импульса включал нужную линию или цепь электрического тока. Подобно электромеханическому реле он мог использоваться для обозначения одной двоичной цифры.

Рассмотрим принцип работы электронного реле, состоящего из двух электронных ламп-триодов Л1 и Л2, которые могут находиться в одном баллоне. Напряжение с анода Л1 через сопротивление R1 подается на сетку Л2, а напряжение с анода Л2 подается на сетку Л1 через сопротивление R2. В зависимости от положения, в котором находится триггер, он дает низкий или высокий уровень напряжения на выходе. Допустим вначале, что лампа Л1 открыта, а Л2 — закрыта. Тогда напряжение на аноде открытой лампы мало по сравнению с напряжением на аноде закрытой лампы. Действительно, так как открытая лампа Л1 проводит ток, то большая часть анодного напряжения падает (по закону Ома u=i•R) на высоком анодном сопротивлении Ra, а на самой лампе

(включенной с ним последовательно) падает лишь незначительная часть напряжения. Наоборот, в закрытой лампе анодный ток равен нулю, и все напряжение источника анодного напряжения падает на лампе. Поэтому с анода открытой лампы Л1 на сетку закрытой лампы падает значительно меньшее напряжение, чем с анода закрытой лампы Л2 на сетку Л1. Отрицательное напряжение Ес, поданное на сетки обеих ламп, выбирается таким, чтобы вначале лампа Л2 была закрыта, несмотря на наличие небольшого положительного напряжения, поданного с анода открытой лампы Л1 на сетку Л2. Лампа же Л1 вначале открыта, так как положительное напряжение, поданное на сетку с анода Л2, значительно больше, чем Ес. Таким образом, благодаря связи между лампами через сопротивления R1 и R2 начальное состояние является устойчивым и будет сохраняться сколько угодно долго.

Рассмотрим теперь, что произойдет в схеме, если на сетку открытой лампы Л1 подать извне отрицательное напряжение в виде короткого импульса тока такой величины, чтобы закрыть ее. При уменьшении анодного тока i1 напряжение на аноде лампы Л1 резко увеличится и, следовательно, увеличится положительное напряжение на сетке Л2. Это вызовет появление анодного тока i2 через лампу Л2, благодаря чему уменьшится анодное напряжение на лампе Л2. Понижение положительного напряжения на сетке Л1 приведет к еще большему уменьшению тока в Л1 и т.д. В результате такого лавинообразного нарастающего процесса уменьшения тока в Л1 и увеличения тока в Л2 лампа Л1 закроется, а лампа Л2 будет открыта. Таким образом, схема перейдет в новое устойчивое положение равновесия, которое будет сохраняться сколько угодно долго: «запоминается» поданный на вход 1 импульс. Возвращение электронного реле обратно в исходное состояние можно осуществить подачей импульса отрицательного напряжения на вход. Триггер имеет, следовательно, два устойчивых положения равновесия: начальное, при котором Л1 открыта, а Л2 закрыта, и так называемое «возбужденное» состояние, при котором Л1 закрыта, а Л2 открыта. Время переброса триггера из одного состояния в другое очень мало. Конденсаторы С1 и С2 служат для убыстрения срабатывания лампы.

Идея вычислительной машины, в которой в качестве запоминающего устройства использовались бы электронные лампы, принадлежит американскому ученому Джону Моучли. Еще в 30-е годы он сделал несколько несложных вычислительных устройств на триггерах. Однако впервые электронные лампы при создании вычислительной машины применил другой американский математик Джон Атанасов. Его машина была уже практически завершена в 1942 году. Но из-за войны финансирование работы было прекращено. В следующем 1943 году, работая в Муровской электротехнической школе Пенсильванского университета, Моучли вместе с Преспером Эккертом разработал свой проект электронной вычислительной машины. Артиллерийское управление США заинтересовалось этой работой и заказало Пенсильванскому университету постройку машины. Руководителем работ был назначен Моучли. В помощь ему было дано еще 11 инженеров (включая Эккерта), 200 техников и большое число рабочих. В течение двух с половиной лет, до 1946 года, этот коллектив трудился над созданием «электронно-цифрового

интегратора и вычислителя» — ЭНИАК. Это было огромное сооружение, занимавшее площадь 135 квадратных метров, имевшее массу 30 тонн и энергопотребление 150 киловатт. Машина состояла из сорока панелей, содержащих 18000 электронных ламп и 1500 реле. Однако использование электронных ламп вместо механических и электромеханических элементов позволило резко увеличить скорость. На умножение ЭНИАК тратил всего 0, 0028 секунды, а на сложение — 0, 0002 секунды, то есть работал в тысячу раз быстрее самых совершенных релейных машин.

Устройство ЭНИАК в общих чертах было следующим. Каждые десять триггеров соединялись в нем в кольцо, образуя десятичный счетчик, который выполнял роль счетного колеса механической машины. Десять таких колец плюс два триггера для представления знака числа образовывали запоминающий регистр. Всего в ЭНИАК было двадцать таких регистров. Каждый регистр был снабжен схемой для передачи десятков и мог использоваться для выполнения операции суммирования и вычитания. Другие арифметические операции выполнялись в специальных блоках. Числа передавались из одной части машины в другую посредством групп из 11 проводников — по одному для каждого десятичного разряда и знака числа. Значение передаваемой цифры равнялось числу импульсов, протекавших по данному проводнику. Работой отдельных блоков машины управлял задающий генератор, вырабатывавший последовательность определенных сигналов, которые «открывали» и «закрывали» соответствующие блоки электронной машины.

Ввод чисел в машину производился при помощи перфокарт. Программное же управление осуществлялось посредством штекеров и наборных полей (коммутационной доски) — таким образом отдельные блоки машины соединялись между собой. Это было одним из существенных недостатков описываемой конструкции. На подготовку машины к работе — соединение блоков на коммутационной доске — уходило до нескольких дней, тогда как задача порой решалась всего за несколько минут. В целом ЭНИАК была еще достаточно ненадежной и несовершенной вычислительной машиной. Она часто выходила из строя, причем поиск неисправности затягивался порой на несколько суток. Кроме того, эта машина не могла хранить информацию.

Для устранения последнего недостатка Эккерт в 1944 году выдвинул идею хранимой в памяти программы. Это была одна из важнейших технических находок в истории вычислительной техники. Суть ее заключалась в том, что команды программы должны были представляться в виде числового кода, то есть кодироваться в двоичной системе (как и числа) и вводиться в машину, где бы они хранились вместе с исходными числами. Для запоминания этих команд и операций с ними предполагалось использовать те же устройства — триггеры, что и для действия с числами. Из памяти отдельные команды должны были извлекаться в устройство управления, где их содержание расшифровывалось и использовалось для передачи чисел из памяти в арифметическое устройство для выполнения операций над ними и отсылки результатов обратно в память.

Между тем по окончании Второй мировой войны одна за другой стали появляться новые электронные вычислительные машины. В 1948

году англичане Килбурн и Вильямс из Манчестерского университета создали машину «МАРК-1», в которой впервые была реализована идея хранимой программы. В 1947 году Эккерт и Моучли основали свою фирму, а в 1951 году наладили серийный выпуск своих машин UNIVAC-1. В 1951 году появилась первая советская ЭВМ МЭСМ академика Лебедева. Наконец, в 1952 году свой первый промышленный компьютер IBM 701 выпустила фирма IBM. Все эти машины имели в своей конструкции много общего. Об этих общих принципах работы всех ЭВМ первого поколения мы теперь и поговорим.

Электронные вычислительные машины, как известно, совершили настоящий переворот в области применения математики для решения важнейших проблем физики, механики, астрономии, химии и других точных наук. Те процессы, которые прежде совершенно не поддавались просчитыванию, стали вполне успешно моделироваться на вычислительных машинах. Решение любой задачи сводилось при этом к следующим последовательным шагам: 1) исходя из значения физической, химической и прочей сущности какого-либо исследуемого процесса формулировалась задача в виде алгебраических формул, дифференциальных или интегральных уравнений или других математических соотношений; 2) с помощью численных методов задача сводилась к последовательности простых арифметических операций; 3) составлялась программа, которая определяла строгий порядок выполнения действий в установленной последовательности. (ЭВМ осуществляла в принципе тот же порядок действий, что и человек, работающий на арифмометре, но в тысячи или десятки тысяч раз быстрее.) Команды составленной программы записывались с помощью специального кода. Каждая из этих команд определяла какое-либо определенное действие со стороны машины.

Любая команда, кроме кода проводимой операции, содержала в себе адреса. Обычно их было три — номера ячеек памяти, откуда брались два исходных числа (1-й и 2-й адрес), а затем номер ячейки, куда отправлялся полученный результат (3-й адрес). Таким образом, к примеру, команда +/17/25/32 указывала, что следует сложить числа, находящиеся в 17-й и 25-й ячейках и результат направить в 32-ю ячейку. Могла использоваться и одноадресная команда. В этом случае для выполнения арифметической операции над двумя числами и отсылки полученного результата требовалось три команды: первая команда вызывала одно из чисел из памяти в арифметическое устройство, следующая команда вызывала второе число и проводила заданную операцию над числами, третья команда отправляла полученный результат в память. Так осуществлялась работа вычислительной машины на программном уровне.

Вычислительные процессы при этом протекали следующим образом. Управление работой ЭВМ осуществлялось с помощью электронных ключей и переключателей, называемых логическими схемами, причем каждый электронный ключ при получении сигнала управляющего импульса напряжения включал нужную линию или цепь электрического тока. Простейшим электронным ключом могла служить уже трехэлектродная электронная лампа, которая заперта, когда на ее сетку подается большое отрицательное напряжение, и открывается, если на сетку подается положительное напряжение. Ее работу при этом можно представить как

управляющий вентиль, который пропускает через себя импульс А, когда на второй его вход подан управляющий импульс В. Когда же имеется только один импульс тока А или В, то вентиль закрыт и импульс не проходит на его выход. Таким образом, только при совпадении по времени обоих импульсов А и В на выходе появится импульс. Такую схему называют схемой совпадений, или логической схемой "и". Наряду с ней в вычислительной машине используется целый набор других логических схем. Например, схема «или», которая дает на выходе импульс при появлении его на линии А или В или одновременно на обеих линиях. Другая логическая схема — схема «нет». Она, наоборот, запрещает прохождение импульса через вентиль, если одновременно подан другой запрещающий импульс, запирающий лампу.

С использованием двух этих схем можно собрать одноразрядный сумматор. Предположим, что импульсы А и В одновременно передаются на схемы «нет» и "и", причем со схемой «нет» связана шина (провод) «сумма», а со схемой "и" шина «перенос». Предположим, что на вход А поступает импульс (то есть единица), а на вход В не поступает. Тогда «нет» пропустит импульс на шину «сумма», а схема "и" не пропустит его, то есть в разряде будет значиться "1", что и соответствует правилу двоичного сложения. Предположим, что на входы А и В одновременно поступают импульсы. Это означает, что код числа А есть "1" и код В тоже "1". Схема «нет» не пропустит двух сигналов и на выходе «сумма» будет "0" Зато схема "и" пропустит их, и на шине «перенос» будет импульс, то есть "1" передастся в сумматор соседнего разряда.

В первых ЭВМ основным элементом памяти и арифметического суммирующего устройства служили триггеры. Триггерная схема, как мы помним, обладала двумя устойчивыми состояниями равновесия. Приписывая одному состоянию значение кода "0", а другому значение кода "1", можно было использовать триггерные ячейки для временного хранения кодов. В суммирующих схемах при подаче импульса на счетный вход триггера он переходил из одного состояния равновесия в другое, что полностью соответствовало правилам сложения для одного двоичного разряда (0+0=0; 0+1=1; 1+0=1; 1+1=0 и перенос единицы в старший разряд). При этом первоначальное положение триггера рассматривалось как код первого числа, а подаваемый импульс — как код второго числа. Результат образовывался на триггерной ячейке. Для того чтобы осуществить суммирующую схему для нескольких двоичных разрядов, необходимо было обеспечить перенос единицы из одного разряда в другой, что и осуществлялось специальной схемой.

Сумматор был главной частью арифметического устройства машины. Сумматор параллельного сложения кодов чисел сразу по всем разрядам имел столько одноразрядных сумматоров, сколько двоичных разрядов содержал код числа. Складываемые числа А и В поступали в сумматор из запоминающих устройств и сохранялись там с помощью триггеров. Регистры также состояли из ряда соединенных между собой триггеров Т1, Т2, Т3, Т'1, Т'2 и т.д., в которые код числа подавался из записывающего устройства параллельно для всех разрядов. Каждый триггер хранил код одного разряда, так что для хранения числа, имеющего n двоичных разрядов, требовалось n электронных реле. Коды чисел,

хранящиеся в регистрах, складывались одновременно по каждому разряду с помощью сумматоров S1, S2, S3 и т.д., число которых было равно числу разрядов. Каждый одноразрядный сумматор имел три входа. На первый и второй входы подавались коды чисел А и В одного разряда. Третий вход служил для передачи кода переноса из предыдущего разряда.

В результате сложения кодов данного разряда на выходной шине сумматора получался код суммы, а на шине «перенос» код "1" или "0" для переноса в следующий разряд. Пусть, например, требовалось сложить два числа А=5 (в двоичном коде 0101) и В=3 (в двоичном коде 0011). При параллельном сложении этих чисел на входы А1, А2 и А3 сумматора соответственно подавались коды А1=1, А2=0, А3=1, А4=0 и В1=1, В2=1, В3=0, В4=0. В результате суммирования кодов первого разряда в сумматоре S1 получим 1+1=0 и код переноса "1" в следующий разряд. Сумматор S2 суммировал три кода: коды А2, В2 и код переноса из предыдущего сумматора S1. В результате получим 0+1+1=0 и код "1" переноса в следующий третий разряд.

Сумматор S3 складывает коды третьего разряда чисел А и В и код переноса "1" из второго разряда, то есть будем иметь 1+0+1=0 и снова перенос в следующий четвертый разряд. В итоге сложения на шинах «сумма» получим код 1000, что соответствует числу 8.

В 1951 году Джой Форрестер внес важное усовершенствование в устройство ЭВМ, запатентовав память на магнитных сердечниках, которые могли запоминать и хранить сколь угодно долго поданные на них импульсы.

Сердечники изготовляли из феррита, который получался смешением окиси железа с другими примесями. На сердечнике имелось три обмотки. Обмотки 1 и 2 служили для намагничивания сердечника в том или ином направлении с помощью подачи на них импульсов различной полярности. Обмотка 3 являлась обмоткой выхода ячейки, в которой индуцировался ток при перемагничивании сердечника. В каждом сердечнике путем его намагничивания хранилась запись одного импульса, соответствующая одному разряду какого-нибудь числа. Из сердечников, соединенных в определенном порядке, всегда можно было с большой скоростью выбрать нужное число. Так, если через обмотку сердечника подавали положительный сигнал, то сердечник намагничивается положительно, при отрицательном сигнале намагничивание было отрицательным. Таким образом, состояние сердечника характеризовалось записанным сигналом. При считывании через обмотку подавался сигнал определенной полярности, например положительный. Если перед этим сердечник был намагничен отрицательно, то происходило его перемагничивание — и в выходной обмотке (по закону электромагнитной индукции) возникал электрический ток, который усиливался усилителем. Если же сердечник был намагничен положительно, то изменения его состояния не происходило — и в выходной обмотке электрический сигнал не возникал. После выборки кода необходимо было восстановить первоначальное состояние сердечника, что и осуществлялось специальной схемой. Этот вид запоминающего устройства позволял производить выборку чисел за несколько микросекунд.

Большие объемы информации хранились на внешнем носителе, например на магнитной ленте. Запись электрических импульсов здесь была

аналогична записи звука на магнитофон: через магнитные головки пропускали импульсы тока, которые намагничивали соответствующие места проходившей ленты. При считывании поле остаточного намагничивания, проходя под головками, наводило в них электрические сигналы, которые усиливались и поступали в машину. Точно так же информация записывалась на магнитный барабан, покрытый ферромагнитным материалом. В этом случае информацию можно было найти быстрее.

87. ТРАНЗИСТОР

Изобретение в конце 40-х годов XX века транзистора стало одной из крупнейших вех в истории электроники. Электронные лампы, которые до этого в течение долгого времени были непременным и главнейшим элементом всех радио — и электронных устройств, имели много недостатков. По мере усложнения радиоаппаратуры и повышения общих требований к ней, эти недостатки ощущались все острее. К ним нужно отнести прежде всего механическую непрочность ламп, малый срок их службы, большие габариты, невысокий КПД из-за больших тепловых потерь на аноде. Поэтому, когда на смену вакуумным лампам во второй половине XX века пришли полупроводниковые элементы, не обладавшие ни одним из перечисленных изъянов, в радиотехнике и электронике произошел настоящий переворот.

Надо сказать, что полупроводники далеко не сразу открыли перед человеком свои замечательные свойства. Долгое время в электротехнике использовались исключительно проводники и диэлектрики. Большая группа материалов, занимавших промежуточное положение между ними, не находила никакого применения, и лишь отдельные исследователи, изучая природу электричества, время от времени проявляли интерес к их электрическим свойствам. Так, в 1874 году Браун обнаружил явление выпрямления тока в месте контакта свинца и пирита и создал первый кристаллический детектор. Другими исследователями было установлено, что существенное влияние на проводимость полупроводников оказывают содержащиеся в них примеси. Например, Беддекер в 1907 году обнаружил, что проводимость йодистой меди возрастает в 24 раза при наличии примеси йода, который сам по себе не является проводником.

Чем же объясняются свойства полупроводников и почему они приобрели столь важное значение в электронике? Возьмем такой типичный полупроводник, как германий. В обычных условиях он имеет удельное сопротивление в 30 миллионов раз больше, чем у меди, и в 1000000 миллионов раз меньше, чем у стекла. Следовательно, по своим свойства он все же несколько ближе к проводникам, чем к диэлектрикам. Как известно, способность того или иного вещества проводить или не проводить электрический ток зависит от наличия или отсутствия в нем свободных заряженных частиц.

Германий в этом смысле не является исключением. Каждый его атом четырехвалентен и должен образовывать с соседними атомами четыре электронных связи. Но благодаря тепловому воздействию некоторая часть электронов покидает свои атомы и начинает свободно перемещаться между узлами кристаллической решетки. Это примерно 2 электрона на каждые 10 миллиардов атомов. В одном грамме германия

содержится около 10 тысяч миллиардов атомов, то есть в нем имеется около 2 тысяч миллиардов свободных электронов. Это в миллионы раз меньше, чем, например, в меди или серебре, но все же достаточно для того, чтобы германий мог пропускать через себя небольшой ток. Однако, как уже говорилось, проводимость германия можно значительно повысить, если ввести в состав его решетки примеси, например, пятивалентный атом мышьяка или сурьмы. Тогда четыре электрона мышьяка образуют валентные связи с атомами германия, но пятый останется свободен. Он будет слабо связан с атомом, так что небольшого напряжения, приложенного к кристаллу, будет достаточно для того, чтобы он оторвался и превратился в свободный электрон (понятно, что атомы мышьяка при этом становятся положительно заряженными ионами). Все это заметно меняет электрические свойства германия. Хотя содержание примеси в нем невелико — всего 1 атом на 10 миллионов атомов германия, благодаря ее присутствию количество свободных отрицательно заряженных частиц (электронов) в кристалле германия многократно возрастает. Такой полупроводник принято называть полупроводником n-типа (от negative — отрицательный).

Другая картина будет в том случае, когда в кристалл германия вводится трехвалентная примесь (например, алюминий, галлий или индий). Каждый атом примеси образует связи только с тремя атомами германия, а на месте четвертой связи останется свободное место — дырка, которую легко может заполнить любой электрон (при этом атом примеси ионизируется отрицательно). Если этот электрон перейдет к примеси от соседнего атома германия, то дырка будет в свою очередь у последнего. Приложив к такому кристаллу напряжение, получим эффект, который можно назвать «перемещением дырок». Действительно, пусть с той стороны, где находится отрицательный полюс внешнего источника, электрон заполнит дырку трехвалентного атома. Следовательно, электрон приблизится к положительному полюсу, тогда как новая дырка образуется в соседнем атоме, расположенном ближе к отрицательному полюсу. Затем происходит это же явление с другим атомом. Новая дырка в свою очередь заполнится электроном, приближающимся таким образом к положительному полюсу, а образовавшаяся за этот счет дырка приблизится к отрицательному полюсу. И когда в итоге такого движения электрон достигнет положительного полюса, откуда он направится в источник тока, дырка достигнет отрицательного полюса, где она заполнится электроном, поступающим из источника тока. Дырка перемещается так, словно это частица с положительным зарядом, и можно говорить, что здесь электрический ток создается положительными зарядами. Такой полупроводник называют полупроводником p-типа (от positiv — положительный).

Само по себе явление примесной проводимости еще не имеет большого значения, но при соединении двух полупроводников — одного с n-проводимостью, а другого с p-проводимостью (например, когда в кристалле германия с одной стороны создана n-проводимость, а с другой — p-проводимость) — происходят очень любопытные явления. Отрицательно ионизированные атомы области p оттолкнут от перехода свободные электроны области n, а положительно ионизированные атомы области n

оттолкнут от перехода дырки области p. То есть p-n переход превратится в своего рода барьер между двумя областями. Благодаря этому кристалл приобретет ярко выраженную одностороннюю проводимость: для одних токов он будет вести себя как проводник, а для других — как изолятор.

В самом деле, если приложить к кристаллу напряжение большее по величине, чем «запорное» напряжение p-n перехода, причем таким образом, что положительный электрод будет соединен с p-областью, а отрицательный — с n-областью, то в кристалле будет протекать электрический ток, образованный электронами и дырками, перемещающимися навстречу друг другу.

Если же потенциалы внешнего источника поменять противоположным образом, ток прекратится (вернее, он будет очень незначительным) — произойдет только отток электронов и дырок от границы разделения двух областей, вследствие чего потенциальный барьер между ними увеличится.

В данном случае полупроводниковый кристалл будет вести себя точно так же, как вакуумная лампа-диод, поэтому приборы, основанные на этом принципе, назвали полупроводниковыми диодами. Как и ламповые диоды, они могут служить детекторами, то есть выпрямителями тока.

Еще более интересное явление можно наблюдать в том случае, когда в полупроводниковом кристалле образован не один, а два p-n перехода. Такой полупроводниковый элемент получил название транзистора. Одну из его внешних областей именуют эмиттером, другую — коллектором, а среднюю область (которую обычно делают очень тонкой) — базой.

Если приложить напряжение к эмиттеру и коллектору транзистора, ток не будет проходить, как бы мы не меняли полярность. Но если создать небольшую разность потенциалов между эмиттером и базой, то свободные электроны из эмиттера, преодолев p-n переход, попадут в базу. А так как база очень тонкая, то лишь небольшого количества этих электронов хватит для заполнения дырок, находящихся в области p. Поэтому большая часть их пройдет в коллектор, преодолев запирающий барьер второго перехода — в транзисторе возникнет электрический ток. Это явление тем более замечательно, что ток в цепи эмиттер-база обычно в десятки раз меньше того, который протекает в цепи эмиттер-коллектор Из этого видно, что по своему действию транзистор можно в известном смысле считать аналогом трехэлектродной лампы (хотя физические процессы в них совершенно различны), причем база играет здесь роль сетки, помещающейся между анодом и катодом. Точно так же, как в лампе, небольшое изменение потенциала сетки вызывает значительное изменение анодного тока, в транзисторе слабые изменения в цепи базы вызывают значительные изменения тока коллектора. Следовательно, транзистор может использоваться в качестве усилителя и генератора электрическихсигналов.

Полупроводниковые элементы начали постепенно вытеснять электронные лампы с начала 40-х годов. С 1940 года широкое применение в радиолокационных устройствах получил точечный германиевый диод. Радиолокация вообще послужила стимулом для быстрого развития электроники мощных источников высокочастотной энергии. Все больший интерес проявлялся к дециметровым и сантиметровым волнам, к созданию

электронных приборов, способных работать в этих диапазонах. Между тем электронные лампы при использовании их в области высоких и сверхвысоких частот вели себя неудовлетворительно, так как собственные шумы существенно ограничивали их чувствительность. Применение на входах радиоприемников точечных германиевых диодов позволило резко снизить собственные шумы, повысить чувствительность и дальность обнаружения объектов.

Однако подлинная эра полупроводников началась уже после Второй мировой войны, когда был изобретен точечный транзистор. Его создали после многих опытов в 1948 году сотрудники американской фирмы «Белл» Шокли, Бардин и Браттейн. Расположив на германиевом кристалле, на небольшом расстоянии друг от друга, два точечных контакта и подав на один из них прямое смещение, а на другой — обратное, они получили возможность с помощью тока, проходившего через первый контакт, управлять током через второй. Этот первый транзистор имел коэффициент усиления порядка 100.

Новое изобретение быстро получило широкое распространение. Первые точечные транзисторы состояли из германиевого кристалла с n-проводимостью, служившего базой, на которую опирались два тонких бронзовых острия, расположенные очень близко друг к другу — на расстоянии нескольких микрон. Одно из них (обычно бериллиевая бронза) служило эмиттером, а другое (из фосфорной бронзы) — коллектором. При изготовлении транзистора через острия пропускался ток силой примерно в один ампер. Германий при этом расплавлялся, так же как кончики остриев. Медь и имеющиеся в ней примеси переходили в германий и образовывали в непосредственной близости от точечных контактов слои с дырочной проводимостью.

Эти транзисторы не отличались надежностью из-за несовершенства своей конструкции. Они были нестабильны и не могли работать при больших мощностях. Стоимость их была велика. Однако они были намного надежнее вакуумных ламп, не боялись сырости и потребляли мощности в сотни раз меньшие, чем аналогичные им электронные лампы. Вместе с тем они были чрезвычайно экономичны, так как требовали для своего питания очень маленького тока порядка 0, 5-1 В и не нуждались в отдельной батарее. Их КПД достигал 70%, в то время как у лампы он редко превышал 10%. Поскольку транзисторы не требовали накала, они начинали работать немедленно после подачи на них напряжения. К тому же они имели очень низкий уровень собственных шумов, и поэтому аппаратура, собранная на транзисторах, оказывалась более чувствительной.

Постепенно новый прибор совершенствовался. В 1952 году появились первые плоские примесные германиевые транзисторы. Их изготовление было сложным технологическим процессом. Сначала германий очищали от примесей, а затем образовывали монокристалл. (Обычный кусок германия состоит из большого числа сращенных в беспорядке кристаллов; для полупроводниковых приборов такая структура материала не годится — здесь нужна исключительно правильная, единая для всего куска кристаллическая решетка.) Для этого германий расплавляли и опускали в него затравку — маленький кристалл с правильно ориентированной решеткой. Вращая затравку вокруг оси, ее

медленно приподнимали. Вследствие этого атомы вокруг затравки выстраивались в правильную кристаллическую решетку. Полупроводниковый материал затвердевал и обволакивал затравку. В результате получался монокристаллический стержень. Одновременно в расплав добавляли примесь p или n типа. Затем монокристалл резали на маленькие пластинки, которые служили базой. Эмиттер и коллектор создавали различными способами. Наиболее простой метод состоял в том, что на обе стороны пластинки германия накладывали маленькие кусочки индия и быстро нагревали их до 600 градусов. При этой температуре индий сплавлялся с находящимся под ним германием. При остывании насыщенные индием области приобретали проводимость p-типа. Затем кристалл помещали в корпус и присоединяли выводы.

В 1955 году фирмой «Белл систем» был создан диффузионный германиевый транзистор. Метод диффузии состоял в том, что пластинки полупроводника помещали в атмосферу газа, содержащего пары примеси, которая должна была образовать эмиттер и коллектор, и нагревали пластинки до температуры, близкой к точке плавления. Атомы примесей при этом постепенно проникали в полупроводник.

88. АВТОПИЛОТ

Автопилот представляет собой совокупность нескольких устройств, совместная работа которых дает возможность автоматически, без участия человека, управлять движением самолета или ракеты. Создание автопилота составило важную эпоху в истории авиации, так как сделало воздушные полеты гораздо более безопасными. Что же касается ракетной техники, где все полеты осуществляются в беспилотном режиме, то без надежных автоматических систем управления эта техника вообще не могла бы развиваться. Главная идея автоматического пилотирования заключается в том, что автопилот строго поддерживает правильную ориентацию перемещающегося в пространстве аппарата. Благодаря этому аппарат, во-первых, удерживается в воздухе и не падает, а во-вторых, не сбивается с заданного курса, поскольку от правильной ориентации прежде всего и зависит траектория его полета. В свою очередь, ориентация аппарата в пространстве определяется тремя углами. Во-первых, это угол тангажа, то есть угол между продольной осью аппарата и плоскостью земли (или, как говорят, плоскостью горизонта). Отслеживание этого угла позволяет самолету сохранять продольную устойчивость — не «клевать носом», а ракете, совершающей полет по баллистической траектории, — точнее поразить цель. Во-вторых, это угол рысканья, то есть угол между продольной осью аппарата и плоскостью полета (так мы назовем плоскость, перпендикулярную плоскости горизонта и проходящую через точку старта и точку цели). Угол рысканья указывает на отклонение аппарата от заданного курса. И, в-третьих, это углом крена, то есть угол, который возникает при повороте корпуса аппарата вокруг его продольной оси. Своевременное исправление крена позволяет самолету сохранять поперечную устойчивость и гасит беспорядочное вращение ракеты. Автоматическое управление аппаратом было бы невозможно, если бы не существовало надежного и простого способа определения этих углов. К счастью, такой способ есть, и он основан на свойстве быстро вращающегося гироскопа сохранять неизменным в пространстве

положение своей оси.

Простейшим гироскопом является детский волчок, быстро вращающийся вокруг своей оси. Попробуйте повалить его щелчком, и вы увидите, что это невозможно — волчок лишь отскочит в сторону и будет продолжать вращение.

Однако ось OA волчка не имеет постоянной ориентации, поскольку ее конец A не закреплен. Гироскопы, применяемые в технике, имеют намного более сложное устройство: ротор (собственно волчок) закрепляется здесь в рамках (кольцах) 1 и 2 так называемого карданова подвеса, что дает возможность оси AB занять любое положение в пространстве.

Такой гироскоп может совершать три независимых поворота вокруг осей AB, DE и GK, пересекающихся в центре подвеса O, который остается неподвижным относительно основания.

Главное свойство быстро вращающегося гироскопа, как уже было сказано, состоит в том, что его ось стремится устойчиво сохранять в мировом пространстве приданное ей первоначальное направление. Например, если эта ось была изначально направлена на какую-то звезду, то при любых перемещениях самого прибора и случайных толчках она будет продолжать указывать на эту звезду даже тогда, когда ее ориентация относительно земных осей изменится. Впервые это свойство использовал в 1852 году французский физик Фуко для экспериментального доказательства вращения Земли вокруг ее оси. Отсюда и само название «гироскоп», что в переводе с греческого означает «наблюдать вращение».

Второе важное свойство гироскопа обнаруживается, когда на его ось (или рамку) начинает действовать какая-то внешняя сила, стремящаяся повернуть ее относительно центра подвеса. Например, если сила P будет действовать на конец оси AB, то гироскоп, вместо того чтобы отклониться в сторону действия силы (как это было бы в том случае, если бы ротор не вращался), будет наклоняться в направлении, строго перпендикулярном действию силы, то есть (в нашем случае) начнет вращаться вокруг оси DE, причем с постоянной скоростью. Это вращение называется прецессией гироскопа, и оно будет тем медленнее, чем быстрее вращается вокруг оси AB сам гироскоп. Если в какой-то момент действие внешней силы прекращается, то одновременно прекращается и прецессия, и ось AB мгновенно останавливается.

Прецессию можно наблюдать и у такого простого гироскопа, каким является детский волчок, у которого роль центра подвеса играет точка опоры. Если волчок раскрутить таким образом, что ось его будет не перпендикулярна полу, а наклонена к нему под каким-то углом, то можно увидеть, что ось такого волчка отклоняется не в сторону действия силы тяжести (то есть вниз), а в перпендикулярном направлении, то есть ось начинает вращаться вокруг перпендикуляра к полу, опущенного в точку опоры.

На этих двух свойствах гироскопа основано несколько приборов, использующихся в автопилоте. В 70-х годах XIX века гироскопы начали применять в военном деле в автоматах курса морских торпед. В момент пуска торпеды ротор установленного на ней гироскопа раскручивался до скорости в несколько тысяч оборотов в минуту. После этого его ось была

все время направлена на цель.

К оси гироскопа прикреплялся эксцентрик — диск, центр которого был сдвинут от оси вертикального кольца автомата. Эксцентрик упирался в шток золотника: когда торпеда шла точно на цель, поршеньки золотника закрывали отверстия трубопроводов 1 и 2, и поршень рулевой машины оставался неподвижным. Если же торпеда по какой-то причине отклонялась от курса, то эксцентрик, связанный с гироскопом, оставался неподвижен, а шток золотника под действием пружины соскальзывал влево или вправо и открывал отверстие, через которое сжатый воздух по трубопроводу 1 или 2 поступал в рулевую машину. Под действием сжатого воздуха поршень рулевой машины приходил в движение и перекладывал руль, так что торпеда возвращалась на правильный курс.

Затем гироскопы нашли широкое применение в авиации. В главе, посвященной аэроплану, уже говорилось о том, какой важной проблемой для первых авиаторов было сохранение в полете правильной ориентации самолетов. Многие конструкторы думали тогда над созданием автоматических стабилизаторов. В 1911 году американский летчик Сперри разработал первый автоматический стабилизатор с массивным гироскопом. Впервые самолет с таким стабилизатором поднялся в воздух в 1914 году. А в начале 20-х годов фирма Сперри создала уже настоящий автопилот. Первые автопилоты управляли только рулями и следили за сохранением заданного режима полета. Дальнейшее их развитие привело к появлению систем, автоматизирующих управление как рулями, так и двигателями летательного аппарата. Подобные автопилоты уже допускали полеты без экипажа и управление летательным аппаратом на расстоянии. Они нашли применение в первых ракетах.

Раньше других с проблемой автоматического управления ракетой столкнулись немецкие конструкторы — создатели первой в истории баллистической ракеты «Фау-2». (Подробнее об этой ракете будет говориться в следующей главе.) Автомат стабилизации «Фау-2» состоял из гироскопических приборов «Горизонт» и «Вертикант».

«Горизонт» позволял определить плоскость горизонта и угол наклона (угол тангажа) ракеты относительно этой плоскости. Ротор 1 гироскопа был в то же время якорем асинхронного электродвигателя, обмотка 2 которого питалась переменным током. Перед стартом ракеты «Горизонт» располагали таким образом, чтобы ось вращения ротора была параллельна линии горизонта. Для этой цели в состав системы управления входил маятник (отвес) 5, фиксировавший отклонение оси гироскопа. Если эта ось отклонялась вверх или вниз от горизонтального направления, маятник также отклонялся в сторону и замыкал контакт с одной или с другой стороны. При этом на электромагнит 6 поступал сигнал той или иной полярности. Электромагнит начинал действовать на ось гироскопа вдоль оси игрек вверх или вниз от центра вращения. Вследствие этого возникала прецессия, разворачивающая гироскоп перпендикулярно отклоняющей силе. Прецессия продолжалась до тех пор, пока ось ротора не возвращалась в горизонтальное положение. Как только это происходило, контакт маятника 5 размыкался и прецессия мгновенно прекращалась. Перед стартом корректирующее устройство отключалось.

Отклонение ракеты от заданного угла тангажа фиксировалось с помощью потенциометра — простого по своему устройству датчика с переменным сопротивлением. Он представлял собой кольцеобразный каркас, на который наматывалась проволока. По этому каркасу скользила щетка-контакт. Если щетка находилась в начале каркаса, в цепь включалось меньшее число витков проволоки, соответственно сопротивление потенциометра при этом было меньше и напряжение на выходе тоже оказывалось незначительным (как известно, падение напряжения U определяется законом Ома $U=I \cdot R$, где I — сила тока, R — сопротивление). Если щетка передвигалась в конец каркаса, сопротивление потенциометра возрастало, и, следовательно, увеличивалось напряжение на выходе. Щетка была связана с чувствительным устройством, которое отмечало малейшие изменения напряжения.

Если во время полета угол между продольной осью аппарата и плоскостью горизонта по каким-то причинам начинал отклоняться от заданного, то потенциометр 8, связанный с корпусом аппарата, поворачивался вместе с ним относительно неподвижного в пространстве гироскопа и соединенной с ним контактной щетки. При этом на выходе потенциометра появлялся электрический сигнал, пропорциональный по величине углу отклонения. Этот сигнал усиливался и поступал на горизонтальные рули рулевой машины, которые выравнивали ракету. Такое простое устройство, впрочем, могло эффективно работать только при сравнительно незначительном времени полета. Во время длительного полета следовало учитывать вращение Земли, поэтому в этом случае в направление оси гироскопа приходилось вносить коррекцию.

«Горизонт» позволял не только сохранять, но и изменять угол тангажа в соответствии с заданной программой. Из описанной схемы видно, что если в установленный момент потенциометр 8 повернуть на какой-то заданный угол, то рули сработают так, словно на тот же угол отклонился сам аппарат. Следовательно, поворачивая потенциометр, можно вызвать поворот ракеты. «Горизонт» включал в себя очень простой программный механизм, состоящий из металлической ленты 10, эксцентрика 11, шагового мотора 12 и храпового колеса 13. Эксцентрик имел профиль поверхности, соответствующий заданной программе. Шаговый мотор приводил его в движение через червячную передачу (шаговый мотор представлял собой электромагнит с якорем, когда на электромагнит подавался импульс, якорь притягивался к магниту и своим ребром сдвигал храповое колесо на один зуб). Таким образом, скорость вращения храпового колеса зависела от частоты импульсов, подаваемых на электромагнит. Стопор 14 представлял собой защелку, не допускавшую поворот храпового колеса в обратном направлении.

Идентично с «Горизонтом» работал «Вертикант». Перед стартом ракеты ось ротора гироскопа располагалась перпендикулярно к намеченной плоскости полета, поэтому гироскоп оказывался нечувствителен к эволюциям ракеты по тангажу, но реагировал на повороты по крену и курсу. Коррекция гироскопа была такой же, как у «Горизонта», и осуществлялась до старта с помощью маятника 3 и электромагнита 4. После взлета потенциометр 5 реагировал на рысканье

ракеты и передавал сигналы на рули. Так как ось, направленная на цель, совпадала с продольной осью ракеты, то при возникновении крена потенциометр 7 в полете перемещался относительно неподвижного движка (щетки), связанной с гироскопом. Сигнал передавался на рули, которые исправляли крен.

89. БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ РАКЕТА

За свою почти тысячелетнюю историю развития ракетная техника прошла гигантский путь от примитивных «огненных стрел» до мощнейших современных ракет-носителей, способных выводить на орбиту многотонные космические аппараты. Изобретена же ракета была в Китае. Первые документальные сведения о ее боевом применении связаны с осадой монголами китайского города Пиен-Кинга в 1232 году. Китайские ракеты, запускавшиеся тогда из крепости и наводившие страх на монгольскую конницу, представляли собой небольшие мешочки, набитые порохом и привязанные к стреле обычного лука.

Вслед за китайцами зажигательные ракеты начали использовать индийцы и арабы, но с распространением огнестрельного оружия ракеты потеряли свое значение и на много веков были вытеснены из широкого военного употребления.

Вновь интерес к ракете как к боевому оружию пробудился в XIX веке. В 1804 году значительные усовершенствования в конструкцию ракеты внес английский офицер Уильям Конгрев, который впервые в Европе сумел наладить массовое производство боевых ракет. Масса его реактивных снарядов достигала 20 кг, а дальность полета — 3 км. При надлежащей сноровке ими можно было поражать цели на расстоянии до 1000 м. В 1807 году англичане широко применили это оружие при бомбардировке Копенгагена. В короткий срок по городу было выпущено более 25 тысяч ракет, в результате чего город был почти полностью сожжен. Но вскоре развитие нарезного огнестрельного оружия сделало применение ракет малоэффективным. Во второй половине XIX века они были сняты с вооружения в большинстве государств. Вновь почти на сто лет ракета получила отставку.

Впрочем, различные проекты использования реактивной тяги уже в то время появлялись то у одного, то у другого изобретателя. В 1903 году вышла работа «Исследование космических пространств реактивными приборами» русского ученого Константина Циолковского. В ней Циолковский не только предсказал, что ракета станет когда-нибудь тем транспортным средством, которое выведет человека в космос, но и впервые разработал принципиальную схему нового жидкостного реактивного двигателя. Вслед за тем в 1909 году американский ученый Роберт Годдард впервые высказал идею о создании и использовании многоступенчатой ракеты. В 1914 году он взял патент на эту конструкцию. Преимущество использования нескольких ступеней заключается в том, что после полного израсходования топлива из баков ступени она отбрасывается. Тем самым уменьшается масса, которую необходимо разогнать до еще более высоких скоростей. В 1921 году Годдард провел первые испытания своего жидкостного реактивного двигателя, который работал на жидком кислороде и эфире. В 1926 году он произвел первый публичный запуск ракеты с жидкостным двигателем, которая, правда,

поднялась всего на 12, 5 м. В дальнейшем Годдард уделял много внимания устойчивости и управляемости ракет. В 1932 году он впервые запустил ракету с гироскопическими рулями. В конечном итоге его ракеты, имея стартовый вес до 350 кг, поднимались на высоту до 3 км. В 30-е годы интенсивные работы по совершенствованию ракет велись уже в нескольких странах.

Принцип работы жидкостного реактивного двигателя в общих чертах очень прост. Топливо и окислитель находятся в отдельных баках. Под высоким давлением они подаются в камеру сгорания, где интенсивно перемешиваются, испаряются, вступают в реакцию и воспламеняются. Образующиеся при этом горячие газы с большой силой выбрасываются назад через сопло, что приводит к появлению реактивной тяги.

Однако реальное воплощение этих простых принципов наталкивалось на большие технические трудности, с которыми и столкнулись первые конструкторы. Наиболее острыми из них оказались проблемы обеспечения устойчивого горения топлива в камере сгорания и охлаждения самого двигателя. Очень непростыми были также вопросы о высокоэнергетическом горючем для ракетного двигателя и о способах подачи компонентов топлива в камеру сгорания, поскольку для полного сгорания с выделением максимального количества тепла они должны были хорошо распыляться и равномерно перемешиваться между собой во всем объеме камеры. Кроме того, требовалось разработать надежные системы, регулирующие работу двигателя и управление ракетой. Понадобилось множество экспериментов, ошибок и неудач, прежде чем все эти трудности были благополучно преодолены.

Вообще говоря, жидкостные двигатели могут работать и на однокомпонентном, так называемом унитарном, топливе. В качестве такового могут выступать, например, концентрированная перекись водорода или гидразин. При соединении с катализатором перекись водорода H_2O_2 с большим выделением тепла разлагается на кислород и воду. Гидразин N_2H_4 в этих условиях разлагается на водород, азот и аммиак. Но многочисленные испытания показали, что более эффективными являются двигатели, работающие на двух отдельных компонентах, один из которых является горючим, а другой окислителем. Хорошими окислителями оказались жидкий кислород O_2, азотная кислота HNO_3, различные окислы азота, а также жидкий фтор F_2. В качестве горючего мог применяться керосин, жидкий водород H_2, (в соединении с жидким кислородом он является чрезвычайно эффективным горючим), гидразин и его производные. На начальных этапах развития ракетной техники в качестве горючего часто использовался этиловый или метиловый спирт.

Для лучшего распыления и перемешивания топлива (окислителя и горючего) использовались специальные форсунки, расположенные в передней части камеры сгорания (эта часть камеры называется форсуночной головкой). Она, как правило, имела плоскую форму, образованную из множества форсунок. Все эти форсунки выполнялись в виде двойных трубок для одновременной подачи окислителя и горючего. Впрыск топлива происходил под большим давлением. Мелкие капельки окислителя и горючего при высокой температуре интенсивно испарялись и

вступали друг с другом в химическую реакцию. Основное горение топлива происходит вблизи форсуночной головки. При этом сильно возрастали температура и давление образующихся газов, которые затем устремлялись в сопло и с большой скоростью вырывались наружу.

Давление в камере сгорания может достигать сотен атмосфер, поэтому горючее и окислитель необходимо подводить под еще более высоким давлением. Для этого в первых ракетах использовался наддув топливных баков сжатым газом или парами самих компонентов топлива (например, парами жидкого кислорода). Позже стали применять специальные высокопроизводительные насосы большой мощности с приводом от газовых турбин. Для раскрутки газовой турбины на начальном этапе работы двигателя подавали горячий газ от газогенератора. Позже стали применять горячий газ, образующийся из компонентов самого топлива. После разгона турбины этот газ попадал в камеру сгорания и использовался для разгона ракеты.

Проблему охлаждения двигателя первоначально пытались решить, применяя особые жаропрочные материалы или специальную охлаждающую жидкость (например, воду). Однако постепенно был найден более выгодный и эффективный метод охлаждения путем использования одного из компонентов самого топлива. Перед вступлением в камеру один из компонентов топлива (например, жидкий кислород) проходил между ее внутренней и наружной стенкой и уносил с собой значительную часть тепла от самой теплонапряженной внутренней стенки. Отработана эта система была далеко не сразу, и поэтому на первых этапах создания ракет их старты часто сопровождались авариями и взрывами.

Для управления в первых ракетах применялись воздушные и газовые рули. Газовые рули располагались у среза сопла и создавали управляющие силы и моменты за счет отклонения вытекающей из двигателя струи газа. По форме они напоминали лопасти весла. Во время полета эти рули быстро обгорали и разрушались. Поэтому в дальнейшем от их использования отказались и стали применять специальные управляющие ракетные двигатели, которые имели возможность поворачиваться относительно осей крепления.

В СССР опыты по созданию ракет на жидкостных двигателях начались в 30-е годы. В 1933 году московская группа изучения реактивного движения (ГИРД) разработала и запустила первую советскую ракету ГИРД-09 (конструкторы Сергей Королев и Михаил Тихонравов). Эта ракета при длине 2, 4 м и диаметре 18 см имела стартовую массу 19 кг. Масса топлива, состоящего из жидкого кислорода и сгущенного бензина, равнялась примерно 5 кг. Двигатель развивал тягу до 32 кг и мог работать 15-18 с. При первом запуске из-за прогара камеры сгорания газовые струи начали вырываться сбоку, что привело к завалу ракеты и ее пологому полету. Максимальная высота полета составляла 400 м.

В последующие годы советские ракетчики провели еще несколько запусков. К сожалению, в 1939 году Реактивный научно-исследовательский институт (в который в 1933 году была преобразована ГИРД) был разгромлен НКВД. Многие конструкторы были отправлены в тюрьмы и лагеря. Королев был арестован еще в июле 1938 года. Вместе с Валентином Глушко, будущим главным конструктором ракетных двигателей, он провел

несколько лет в спец КБ в Казани, где Глушко числился главным конструктором двигательных установок для самолетов, а Королев его заместителем. На некоторое время развитие ракетостроения в СССР прекратилось.

Гораздо более ощутимых результатов добились немецкие исследователи. В 1927 году здесь образовалось общество Межпланетных путешествий, которым руководили Вернер фон Браун и Клаус Ридель. С приходом к власти фашистов эти ученые стали работать над созданием боевых ракет. В 1937 году возник ракетный центр в Пенемюнде. В его строительство за четыре года было вложено 550 миллионов марок. В 1943 году численность основного персонала в Пенемюнде составляла уже 15 тысяч человек. Здесь находились крупнейшая в Европе аэродинамическая труба и завод по производству жидкого кислорода. В центре были разработаны самолет-снаряд «Фау-1», а также первая в истории серийная баллистическая ракета «Фау-2» со стартовой массой 12700 кг (баллистической называется такая ракета, которая управляется только на начальном участке полета; после выключения двигателей она летит как свободно брошенный камень). Работа над ракетой началась еще в 1936 году, когда Брауну и Риделю были приданы в помощь 120 сотрудников и несколько сотен рабочих. Первый экспериментальный запуск «Фау-2» состоялся в 1942 году и оказался неудачным. Из-за отказа системы управления ракета врезалась в землю через 1, 5 минуты после старта. Новый старт в октябре 1942 года оказался успешным. Ракета поднялась на высоту 96 км, достигла дальности 190 км и разорвалась в четырех км от заданной цели.

При создании этой ракеты было сделано множество находок, широко используемых потом в ракетостроении, но было также много недоработок. На «Фау» впервые была применена турбонасосная подача топлива в камеру сгорания (до этого обычно применялось вытеснение его сжатым азотом). Для раскрутки газовой турбины использовали перекись водорода. Проблему охлаждения двигателя пытались сначала решить, используя для стенок камеры сгорания толстые стальные листы с плохой теплопроводностью. Но первые же старты показали, что из-за этого двигатель быстро перегревается. Чтобы снизить температуру горения, пришлось разбавлять этиловый спирт 25% воды, что в свою очередь сильно снизило КПД двигателя.

В январе 1944 года начался серийный выпуск «Фау». Эта ракета с дальностью полета до 300 км несла боевой заряд весом до 1 т. С сентября 1944 года немцы стали обстреливать ими территорию Великобритании. Всего было изготовлено 6100 ракет и проведено 4300 боевых пусков. До Англии долетело 1050 ракет и половина из них взорвалась непосредственно в Лондоне. В результате этого погибло около 3 тысяч человек и вдвое больше получило ранения. Максимальная скорость полета «Фау-2» достигала 1, 5 км/с, а высота полета — около 90 км. Ни перехватить, ни сбить эту ракету у англичан не было никакой возможности. Но из-за несовершенной системы наведения они в целом оказались достаточно неэффективным оружием. Однако с точки зрения развития ракетной техники «Фау» представляли собой гигантский шаг вперед. Главное заключалось в том, что в будущее ракет поверили во всем мире.

После войны ракетостроение получило во всех государствах мощную государственную поддержку.

США оказались поначалу в более благоприятных условиях многие немецкие ракетчики во главе с самим Брауном после разгрома Германии были доставлены в Америку, точно так же как и несколько готовых «Фау». Этот потенциал послужил исходным пунктом для развития американской ракетной индустрии. В 1949 году, установив «Фау-2» на небольшую исследовательскую ракету «Вак-Корпорэл», американцы осуществили ее запуск на высоту 400 км. На базе той же «Фау» под руководством Брауна была в 1951 году создана американская баллистическая ракета «Викинг», развивавшая скорость около 6400 км/ч. В 1952 году тот же Браун разработал для США баллистическую ракету «Редстоун» с дальностью полета до 900 км (именно эта ракета была использована в 1958 г. в качестве первой ступени при выведении на орбиту первого американского спутника «Эксплорер-1»).

СССР пришлось догонять американцев. Создание собственных тяжелых баллистических ракет здесь также началось с изучения немецких «Фау-2». Для этого сразу же после победы в Германию была направлена группа конструкторов (в числе которых находились Королев и Глушко). Правда, им не удалось заполучить ни одной готовой целой «Фау», но по косвенным признакам и многочисленным свидетельствам представление о ней было составлено достаточно полное.

В 1946 году в СССР начались собственные интенсивные работы по созданию автоматически управляемых баллистических ракет дальнего действия. Организованное Королевым НИИ-88 (позже ЦНИИМаш в подмосковных Подлипках, ныне город Королев) сразу получило значительные средства и всестороннюю государственную поддержку. В 1947 году на базе «Фау-2» была создана первая советская баллистическая ракета Р-1. Этот первый успех дался с огромным трудом. При разработке ракеты советские инженеры столкнулись с множеством проблем. Советская промышленность не выпускала тогда необходимых для ракетостроения марок стали, не было нужной резины и нужных пластмасс. Огромные трудности возникли при работе с жидким кислородом, поскольку все имевшиеся тогда смазочные масла мгновенно загустевали при низкой температуре, и рули переставали работать. Пришлось разрабатывать новые типы масел. Общая культура производства ни в коей мере не соответствовала уровню ракетной техники. Точность изготовления деталей, качество сварки долгое время оставляли желать лучшего. Испытания, проведенные в 1948 году на полигоне Капустин Яр, показали, что Р-1 не только не превосходят «Фау-2», но и уступают им по многим параметрам. Почти ни один старт не проходил гладко. Пуски некоторых ракет откладывались из-за неполадок по много раз. Из 12 предназначенных для испытаний ракет с большим трудом удалось запустить только 9. Испытания, проведенные в 1949 году, дали уже значительно лучшие результаты: из 20 ракет 16 попали в заданный прямоугольник 16 на 8 км. Не было ни одного отказа в запуске двигателя. Но и после этого прошло еще много времени, прежде чем научились конструировать надежные ракеты, которые стартовали, летели и попадали в цель. В 1949 году на базе Р-1 была разработана геофизическая высотная

ракета В-1А со стартовой массой около 14 т (при диаметре около 1, 5 м она имела высоту 15 м). В 1949 году эта ракета доставила на высоту 102 км контейнер с научными приборами, который затем благополучно вернулся на землю. В 1950 году Р-1 была принята на вооружение.

С этого момента советские ракетчики уже опирались на собственный опыт и вскоре превзошли не только своих учителей-немцев, но и американских конструкторов. В 1950 году была создана принципиально новая баллистическая ракета Р-2 с одним несущим баком и отделяющейся головной частью. (Топливные баки в «Фау» были подвесные, то есть не несли на себе никакой силовой нагрузки. Советские конструкторы поначалу переняли эту схему. Но в дальнейшем они перешли к использованию несущих баков, когда наружная оболочка, то есть корпус ракеты, служил в качестве стенок топливных баков, или, что то же самое, топливные баки составляли корпус ракеты.) По своим размерам Р-2 была вдвое больше Р-1, но благодаря применению специально разработанных алюминиевых сплавов превосходила ее по весу всего на 350 кг. В качестве топлива здесь по-прежнему использовались этиловый спирт и жидкий кислород.

В 1953 году была принята на вооружение ракета Р-5 с дальностью полета 1200 км. Созданная на ее базе геофизическая ракета В-5А (длина — 29 м, стартовая масса около 29 т) могла поднимать грузы на высоту до 500 км. В 1956 году были проведены испытания ракеты Р-5М, которая впервые в мире пронесла через космос головную часть с ядерным зарядом. Ее полет завершился подлинным ядерным взрывом в заданном районе Аральских Каракумов в 1200 км от места старта. Королев и Глушко после этого получили звезды Героев Социалистического труда.

До середины 50-х годов все советские ракеты были одноступенчатыми. В 1957 г. с нового космодрома в Байконуре была успешно запущена боевая межконтинентальная многоступенчатая баллистическая ракета Р-7. Эта ракета длиной около 30 м и весом около 270 т состояла из четырех боковых блоков первой ступени и центрального блока с собственным двигателем, который служил второй ступенью. В первой ступени использовался двигатель РД-107, во второй ступени — РД-108 на кислородно-керосиновом топливе. При старте все двигатели включались одновременно и развивали тягу около 400 т.

О преимуществах многоступенчатых ракет перед одноступенчатыми уже говорилось выше. Возможны две схемы расположения ступеней. В первом случае наиболее массивная ракета, расположенная внизу и срабатывавшая в самом начале полета, называется первой ступенью. Обычно на нее устанавливается вторая ракета меньших размеров и массы, которая служит второй ступенью. На ней в свою очередь может размещаться третья ракета и так далее в зависимости оттого, сколько требуется ступеней. Это тип ракеты с последовательным расположением ступеней. Р-7 относилась к другому типу — с продольным разделением ступеней. Отдельные блоки (двигатели и баки с горючим) первой ступени располагались в ней вокруг корпуса второй ступени, и при старте двигатели обеих ступеней начинали работать одновременно. После выработки топлива блоки первой ступени отбрасывались, а двигатели второй ступени продолжали работать дальше.

Несколькими месяцами позже, в том же 1957 году, именно эта ракета вывела на орбиту первый в истории искусственный спутник Земли.

90. АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Первая в мире атомная электростанция была построена в СССР через девять лет после атомной бомбардировки Хиросимы. Этому важнейшему в истории техники событию предшествовала лихорадочная и напряженная работа по созданию собственного ядерного оружия. Эту работу возглавил видный ученый и талантливый организатор Игорь Курчатов. В 1943 году Курчатов создал в Москве свой исследовательский центр (в то время он носил название Лаборатории № 2, а позже был преобразован в Институт атомной энергии). В этой и в некоторых других лабораториях в кратчайшие сроки были повторены все исследования американских ученых, получены чистый уран и чистый графит. В декабре 1946 года здесь же была осуществлена первая цепная реакция на опытном ядерном ураново-графитовом реакторе Ф1. Мощность этого реактора едва достигала 100 Вт. Однако на нем удалось получить важные данные, послужившие основой для проектирования большого промышленного реактора, разработка которого уже шла полным ходом.

Опыта по строительству такого реактора в СССР не было никакого. После некоторых размышлений Курчатов решил поручить эту работу НИИхиммаш, которым руководил Николай Доллежаль. Хотя Доллежаль был чистый химик-машиностроитель и никогда не занимался ядерной физикой, его знания оказались очень ценными. Впрочем, собственными силами НИИхиммаш тоже не сумел бы создать реактор. Работа пошла успешно только после того, как к ней подключилось еще несколько институтов. Принцип действия и устройство реактора Доллежалю были в общих чертах ясны: в металлический корпус помещались графитовые блоки с каналами для урановых блоков и регулирующих стержней — поглотителей нейтронов. Общая масса урана должна была достигать рассчитанной физиками необходимой величины, при которой начиналась поддерживаемая цепная реакция деления атомов урана. В результате реакции деления ядер урана возникали не только два осколка (два новых ядра), но и несколько нейтронов Эти нейтроны первого поколения и служили для поддержания реакции, в результате которой возникали нейтроны второго поколения, третьего и так далее. В среднем на каждую тысячу возникших нейтронов только несколько рождались не мгновенно, в момент деления, а чуть позднее вылетали из осколков. Существование этих так называемых запаздывающих нейтронов, являющихся мелкой деталью в процессе деления урана, оказывается решающим для возможности осуществления управляемой цепной реакции. Часть из них запаздывает на доли секунды, другие — на секунды и более. Количество запаздывающих нейтронов составляет всего 0, 75% от их общего количества, однако они существенно (примерно в 150 раз) замедляют скорость нарастания нейтронного потока и тем самым облегчают задачу регулирования мощности реактора. Именно за это время, манипулируя поглощающими нейтроны стержнями, можно вмешаться в ход реакции, замедлить ее или ускорить. Большинство нейтронов рождается одновременно с делением, и за короткое время их жизни (примерно

стотысячные доли секунды) невозможно как-либо повлиять на ход реакции, как невозможно остановить уже начавшийся атомный взрыв. Отталкиваясь от этих сведений, коллектив Доллежаля сумел быстро справиться с задачей. Уже в 1948 году был построен плутониевый завод с несколькими промышленными реакторами, а в августе 1949 года была испытана первая советская атомная бомба.

После этого Курчатов мог уделить больше внимания мирному использованию атомной энергии. По его поручению Фейнберг и Доллежаль начали разрабатывать проект реактора для атомной электростанции. Первый делал физические расчеты, а второй — инженерные. То что ядерный реактор может быть не только производителем оружейного плутония, но и мощной энергетической установкой, стало ясно уже первым его создателям. Одним из внешних проявлений протекающей ядерной реакции наряду с радиоактивным излучением является значительное выделение теплоты. В атомной бомбе эта теплота освобождается мгновенно и служит одним из ее поражающих факторов. В реакторе, где цепная реакция находится как бы в тлеющем состоянии, интенсивное выделение тепла может продолжаться месяцы и даже годы, причем несколько килограммов урана могут выделить столько же энергии, сколько выделяют при сгорании нескольких тысяч тонн обычного топлива. Поскольку советские физики уже научились управлять ядерной реакцией, проблема создания энергетического реактора сводилась к поиску способов съема с него тепла. Опыт, полученный в ходе экспериментов Курчатовым, был очень ценным, однако не давал ответа на многие вопросы. Ни один из построенных к этому времени реакторов не был энергетическим. В промышленных реакторах тепловая энергия была не только не нужна, но и вредна — ее приходилось отводить, то есть охлаждать урановые блоки. Проблема сбора и использования тепла, выделившегося в ходе ядерной реакции, ни в СССР, ни в США еще не рассматривалась.

Важнейшими вопросами на пути проектирования энергетического реактора для АЭС были: какой тип реактора (на быстрых или на медленных нейтронах) будет наиболее целесообразен, что должно являться замедлителем нейтронов (графит или тяжелая вода), что может служить теплоносителем (вода, газ или жидкий металл), какими должны быть его температура и давление. Кроме того, было много и других вопросов, например, о материалах, о безопасности для персонала и об увеличении КПД. В конце концов Фейнберг и Доллежаль остановились на том, что уже было опробовано: стали разрабатывать реактор на медленных нейтронах с графитовым замедлителем и водяным теплоносителем. В их использовании уже был накоплен хороший практический и теоретический опыт. Это предрешило успех их проекта. В 1950 году технический совет Министерства среднего машиностроения из нескольких предложенных вариантов выбрал реактор, разработанный НИИхиммаш. Проектировать электростанцию в целом (ее решено было строить в Обнинске) поручили одному из Ленинградских НИИ, возглавляемому Гутовым. Планируемая мощность первой атомной электростанции 5000 кВт — во многом была выбрана случайно. Как раз тогда МАЭС списал вполне работоспособный турбогенератор мощностью 5000 кВт и переправил его в строящийся Обнинск. Под него и решили проектировать всю АЭС.

Энергетический реактор был не столько промышленным, сколько научным объектом. Непосредственно строительством АЭС руководила Обнинская физико-энергетическая лаборатория, основанная в 1947 году. В первые годы здесь не было ни достаточных научных сил, ни необходимого оборудования. Условия жизни также были далеки от приемлемых. Город только строился. Неасфальтированные улицы покрывались весной и осенью непролазной грязью, в которой безнадежно вязли машины. Большинство жителей ютилось в дощатых бараках и неуютных «финских» домиках. Лаборатория располагалась в совершенно случайных и неприспособленных для научных целей зданиях (одно — бывшая детская колония, другое — особняк Морозовых). Электричество вырабатывала старая паровая турбина на 500 кВт. Когда она останавливалась, весь поселок и стройка погружались в темноту. Сложнейшие расчеты производились вручную. Однако ученые (многие из которых только недавно вернулись с фронта) стойко переносили трудности. Мысль, что они проектируют и строят первую в мире атомную электростанцию, будоражила умы и возбуждала огромный энтузиазм.

Что касается чисто научных проблем, они тоже были очень непростыми. Принципиальное отличие энергетического реактора от промышленного заключалось в том, что во втором типе реактора вода служила только охладителем и никаких иных функций не несла. К тому же излишки тепла, отводимые водой, были таковы, что температура ее изрядно не дотягивала до точки кипения. Здесь же воде предстояло выступать в роли энергоносителя, то есть служить для образования пара, способного выполнять полезную работу. А значит, требовалось сколько возможно поднять температуру и давление. Для эффективной работы турбогенератора требовалось по крайней мере получить пар с температурой свыше 200 градусов и давлением 12 атм (что, кстати, было для того времени очень мало, но решили пока ограничиться этими параметрами).

При строительстве за основу была взята конструкция промышленного реактора. Только вместо урановых стержней предусматривались урановые тепловыводящие элементы — твэлы. Разница между ними заключалась в том, что стержень вода обтекала снаружи, твэл же представлял собой двустенную трубку. Между стенками располагался обогащенный уран, а по внутреннему каналу протекала вода. Расчеты показали, что при такой конструкции нагреть ее до нужной температуры много проще. По эскизным чертежам вырисовывался следующий облик реактора. В средней части цилиндрического корпуса диаметром более 1, 5 м находится активная зона — графитовая кладка высотой около 170 см, пронизанная каналами. Одни из них предназначались для твэлов, другие — для стержней, поглощающих нейтроны и автоматически поддерживающих равновесие на заданном уровне. В нижнюю часть сборки твэлов должна поступать холодная вода (которая на самом деле отнюдь не холодная — температура ее около 190 градусов). Пройдя через тепловыводящие элементы и став на 80 градусов горячее, она попадала в верхнюю часть сборки, а оттуда — в коллектор горячей воды. Чтобы не вскипеть и не превратиться в пар (это могло

вызвать ненормальную работу реактора) она должна была находиться под давлением в 100 атм. Из коллектора горячая радиоактивная вода текла по трубам в теплообменник-парогенератор, после чего, пройдя через циркулярный насос, возвращалась в коллектор холодной воды. Этот ток назывался первым контуром. Теплоноситель (вода) циркулировала в нем по замкнутому кругу, не проникая наружу. Во втором контуре вода выступала в роли рабочего тела. Здесь она была нерадиоактивна и безопасна для окружающих. Нагревшись в теплообменнике до 190 градусов и превратившись в пар с давлением 12 атм, она подводилась к турбине, где и производила свою полезную работу. Покинувший турбину пар должен был конденсироваться и снова направляться в парогенератор. КПД всей энергетической установки составлял 17%.

Эта вроде бы простая в описании схема на самом деле была технически очень сложной. Теории реактора тогда не существовало — она рождалась вместе с ним. Особенно сложным элементом были твэлы, от устройства которых во многом зависело КПД всей установки. Процессы, протекавшие в них, были очень сложны со всех точек зрения: предстояло решить, как и каким образом загружать в них уран, до какой степени необходимо его обогащать, каким образом добиться циркуляции воды, находившейся под высоким давлением, и как обеспечить теплообмен. Из нескольких вариантов были выбраны твэлы, разработанные Владимиром Малых — с ураново-молибденовым порошком (уран был обогащен до 5%), спрессованным с тонко измельченным магнием — этот металл должен был создать эффективный тепловой контакт урано-молибденового сплава со стенкой твэла.

Не только начинка твэла, но и его оболочка создавала проблему. Материал тепловыводящих элементов должен был обладать прочностью, противокоррозийной стойкостью и не должен был менять своих свойств под длительным воздействием радиации. Лучший с химической точки зрения материал — нержавеющая сталь — не нравился физикам, так как он сильно поглощал нейтроны. В конце концов, Доллежаль все-таки остановился на стали. Чтобы компенсировать ее поглощающие свойства, решено было увеличить процент обогащенного урана (уже много позже для твэлов был разработан специальный циркониевый сплав, удовлетворявший всем необходимым условиям). Изготовление твэлов и сварка нержавеющей стали оказались чрезвычайно трудными. Каждый твэл имел несколько швов, а таких твэлов было 128. Между тем требования к герметичности швов предъявлялись самые высокие — их разрыв и попадание горячей воды под высоким давлением в активную зону реактора грозили бедой. Одному из многих институтов, которые трудились над этой проблемой, была поручена разработка технологии сварки нержавеющей стали. В конце концов работа была с успехом выполнена. Реактор был пущен в мае 1954 года, а в июне того же года АЭС дала первый ток.

На первой АЭС была тщательно продумана система управления протекающими в реакторе процессами. Были созданы устройства для автоматического и ручного дистанционного управления регулирующими стержнями, для аварийной остановки реактора, приспособлений для замены твэлов. Известно, что ядерная реакция начинается лишь при достижении некоторой критической массы делящегося вещества. Однако в

процессе работы реактора ядерное горючее выгорает. Поэтому необходимо рассчитать значительный запас топлива, чтобы обеспечить работу реактора более или менее значительное время. Влияние этого сверхкритического запаса на ход реакции компенсировалось специальными стержнями, поглощающими избыточные нейтроны. При необходимости увеличить мощность реактора (по мере выгорания горючего) регулирующие стержни несколько выдвигались из активной зоны реактора и устанавливались в таком положении, когда реактор находится на грани цепной реакции и идет активное деление ядер урана. Наконец, были предусмотрены стержни аварийной защиты, опускание которых в активную зону мгновенно гасило ядерную реакцию.

91. ПЛАСТМАССЫ

Широкое распространение пластмасс — одна из отличительных черт нашего времени. Фактически все натуральные волокна, смолы и материалы уже имеют сейчас свои искусственные заменители. Создано множество других веществ с такими свойствами, которые не встречаются в природе. И это, по-видимому, только начало грандиозного переворота, равного по своему значению великим материальным революциям прошлого — освоению бронзы и железа.

Как правило, пластмасса — это сложное органическое соединение, включающее в себя несколько компонентов. Важнейшим из них, задающим основные свойства материала, является искусственная смола. Производство любой пластмассы начинается с приготовления этой смолы. Вообще, смолы занимают промежуточное положение между твердыми и жидкими веществами. С одной стороны, они имеют многие качества твердых тел, но им также в большой степени свойственна текучесть, то есть способность легко менять свою форму. По своему внутреннему строению смолы также занимают обособленное положение: у них нет жесткой кристаллической решетки, как у большинства твердых тел; они не имеют определенной точки плавления и при нагревании постепенно размягчаются, превращаясь в вязкую жидкость. Подобно каучуку, к которому они очень близки по своим свойствам, смолы относятся к полимерам, то есть их молекулы состоят из огромного числа одинаковых (часто очень простых по своему строению) звеньев.

Искусственные (синтетические) смолы могут быть получены как результат химической реакции двух типов: реакции конденсации и реакции полимеризации. Во время реакции конденсации при взаимодействии двух или более веществ образуется новое вещество и при этом еще выделяются побочные продукты (вода, аммиак и другие). Фенольные смолы, например, получаются из фенола и формальдегида: две молекулы фенола связываются между собой как бы мостиком метиленовой группой, содержащейся в формальдегиде, при этом выделяется вода. Потом эти, уже двойные, молекулы связываются между собой. В конце концов получается большая молекула линейного или трехмерного строения. При реакции полимеризации во взаимодействие вступают молекулы одного и того же вещества. Соединяясь между собой, они образуют новое вещество — полимер без выделения побочных продуктов. Как уже отмечалось в главе о каучуке, к реакции полимеризации способны все органические вещества, имеющие в своей молекуле атомы углерода с двойной или

тройной связью.

Смола связывает, или, как иногда говорят, цементирует, все составные части пластмассы, придает ей пластичность и другие ценные качества — твердость, водостойкость, механические и электроизоляционные свойства. Помимо смолы во многих типах пластмасс важное место (50-70% массы) занимают так называемые наполнители, которые могут быть как органическими, так и минеральными веществами. Среди органических наполнителей наиболее важным считается целлюлоза (применяемая в виде бумаги, ткани или линтера — хлопковых отчесов; их пропитывают раствором смолы, затем сушат и прессуют). К неорганическим наполнителям относятся слюда, шифер, тальк, асбест, стеклянная ткань и графит. Как правило, наполнители значительно дешевле смолы, а введение их при правильном подборе — почти не ухудшает свойств пластмасс. Иногда введение удачно подобранного наполнителя даже улучшает качество пластмассы. Его можно улучшить также с помощью специальных добавок и пластификаторов. Первые, взятые даже в небольшом количестве, придают пластмассам новые свойства (например, добавка металла делает из диэлектрика проводящую пластмассу). А пластификаторы, образуя со смолой раствор, смягчают ее и сообщают ей дополнительную пластичность.

Начало производства пластмасс на основе искусственных материалов относится к первой трети XIX века. В 1830 году в Англии была выпущена одна из первых пластмасс — камптуликон. Основу этого слоистого материала составляла джутовая ткань, на которую накатывалась смесь из каучука, измельченной пробки и некоторых других компонентов. Впрочем, из-за высокой цены на каучук, производство этой пластмассы не получило широкого распространения. В 1863 году англичанин Уолтон заменил каучук линоксином и таким образом положил начало производству линолеума. Вплоть до настоящего времени его повсеместно применяют в качестве полового покрытия, так как он стирается гораздо медленнее, чем дерево и даже мрамор.

Начало широкому использованию пластмасс положило изобретение целлулоида, созданного на основе целлюлозы. (Целлюлоза, или клетчатка, составляет основу древесины и других растительных материалов; ее молекула состоит из огромного числа простых по строению звеньев; в очищенном виде это бесцветное, неплавкое и нерастворимое вещество.) В 1845 году было установлено, что при обработки целлюлозы (хлопковой ваты) азотной и серной кислотами образуется азотнокислый эфир, известный под названием пироксилина. Этот материал очень опасен и в сухом виде взрывается с огромной силой. Однако позже заметили, что во влажном состоянии он совсем не опасен. Возник вопрос: если вода лишает пироксилин взрывчатой силы, то, может быть, есть и другой способ повлиять на его свойства. Оказалось, что если влажную нитроцеллюлозу смешать с камфарой, то получится пластмасса, которую можно обрабатывать на вальцах, прессовать и формовать. В 1869 году братья Хайет получили таким образом целлулоид, который стали производить промышленно с 1872 года. Целлулоид обладал большой прочностью, был красив и мог окрашиваться в любые цвета или использоваться в качестве прозрачной пленки. Эта пластмасса вскоре получила широчайшее

распространение. Из нее стали делать фото — и кинопленку, гребенки, коробки, детские игрушки, пуговицы, пояса. Однако у целлулоида был один важный недостаток — он оказался горюч и очень легко воспламенялся.

В 1872 году немецкий химик Байер путем соединения фенола с формальдегидом в присутствии соляной кислоты синтезировал новое смолообразующее вещество. Из-за отсутствия в то время дешевого формальдегида это открытие не получило промышленного применения. Лишь в начале XX века стало налаживаться заводское производство фенол-формальдегидовых смол, особенно после того, как в 1908 году английский исследователь Бакеланд нашел способ производства из того же сырья фенопластов, обладающих способностью при нагревании переходить в неплавкое и нерастворимое состояние. Они приобрели большое техническое значение. Пластмассы на основе этих смол были названы по имени их изобретателя бакелитами. Сырьем для фенол-формальдегидовых смол служат фенол (карболовая кислота) и формалин (формалин — это раствор газа формальдегида в воде; формальдегид получают искусственно, окисляя метиловый спирт кислородом воздуха при температуре 500-600 градусов). Прежде всего эти смолы стали применяться как заменитель природной смолы — шеллака для электроизоляции. Но вскоре оказалось, что они обладают множеством свойств, каких не имели ни шеллак, ни другие природные смолы. Фенопласты стали быстро завоевывать себе обширные области применения и долгое время занимали ведущее место среди пластмасс. Изделия из них отличались теплостойкостью, водостойкостью, очень большой механической прочностью и хорошими изоляционными свойствами. Их широко применяли для изготовления штепселей, розеток, патронов и других предметов электрической аппаратуры, а также в химической промышленности в качестве материала для чанов, резервуаров и труб, используемых в агрессивных средах. Наполнителем в этих пластмассах обычно служила древесная мука. Позже на основе фенольных смол стали получать такие широко используемые в машиностроении пластмассы, как гетинакс, текстолит и другие. Изделия из них получают горячим прессованием ткани, бумаги или фанеры, пропитанных смолой. Таким образом можно изготовить очень прочные и легкие детали (например, шестерни или подшипники), с успехом заменяющие металлические. Причем в отличие от последних, эти детали работают бесшумно и не поддаются разрушительному воздействию смазочных масел. Да и изготовлять их намного проще и дешевле, чем детали из металла. Если же в качестве наполнителя использовать стеклянные нити, образуются пластмассы, обладающие повышенной прочностью.

Еще одной широко распространенной разновидностью пластмасс стали карбамидные пластмассы. Основным исходным материалом для производства карбамидных смол является мочевина. (Мочевина была первым в истории органическим веществом, которое удалось синтезировать искусственным путем; немецкий химик Велер получил ее в 1828 г. из цианистого калия, сульфата и аммония, но практическое применение она получила только через сто лет.) В 1918 году чешский химик Джон взял патент на способ изготовления новой смолы из мочевины и формальдегида. Эта смола обладала многими замечательными свойствами:

она была бесцветной, прочной, малогорючей, теплостойкой, прекрасно пропускала не только световые, но и ультрафиолетовые лучи (которые не пропускает обычное стекло) и легко окрашивалась в любые цвета. При этом, правда, она имела один существенный недостаток — поглощала влагу. Вскоре было положено начало производству карбамидных пластмасс. Они получили распространение как прекрасный отделочный и декоративный материал. К семейству этих пластмасс относится так же мипор, обладающий замечательными тепло — и звукоизоляционными свойствами.

В последующие годы было синтезировано много новых пластмасс. Большое распространение в технике получили прочные прозрачные пластмассы, с успехом заменяющие хрупкое стекло. Наиболее пригодным для этих целей оказался полиметилметакрилат, получаемый из ацетона, синильной кислоты и метилового спирта. Из него производят прочное и легкое органическое стекло. Незаменимым материалом для высокочастотной изоляции стал полистирол (его получают из этилена и бензола).

В 1940 году немецкий химик Мюллер и независимо от него советский ученый Андрианов получили первые силиконовые пластмассы. Молекулы этих пластмасс наряду с углеродом включают в себя кремний. Это сообщает новому виду пластмасс очень ценные свойства: они отличаются высокой теплостойкостью (выдерживают температуру до 400-500 градусов), стойки к воде, кислотам и органическим растворителям. Все это обеспечило им широкую область применения.

Долгое время химикам не удавалось полимеризовать этилен. (Этилен — легкий газ с формулой $CH_2=CH_2$.) Только в 1937 году эту проблему удалось отчасти разрешить: под огромным давлением в 1200 атм этилен сжижался, при этом разрывалась двойная связь в его молекуле и начиналась реакция полимеризации. (В результате получалась молекула$[-CH_2-CH_2-]_n$.) После того как синтезировалось 10-30% полиэтилена, этилен растворялся в нем, и реакция прекращалась. При понижении давления этилен испарялся и использовался затем в новом цикле реакции. Этот способ был очень дорогим, поэтому полиэтилен не мог тогда получить значительного применения. В 1953 году Цинглер разработал более простой способ производства полиэтилена: при значительно более низком давлении этилен растворялся в бензине, затем под давлением в 10 атмосфер и в присутствии катализатора (алкилированного треххлористого титана) начиналась реакция полимеризации. С утверждением этого способа производства полиэтилен (прекрасный изолятор, невосприимчивый к действию кислот) сделался одной из самых широко применяемых пластмасс.

92. ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ

О запуске первого спутника в СССР стали думать еще в ту пору, когда шли работы над баллистической ракетой Р-7. В 1956 году была образована группа ученых во главе с академиком Мстиславом Келдышем, которой было поручено разрабатывать программу научных экспериментов для первого искусственного спутника Земли. После предварительного анализа всех бортовых систем, которыми должен был быть снабжен этот спутник, выходило, что никак нельзя уложиться в массу, меньше чем 1250

кг (масса одной оболочки составляла 250 кг, система энергопитания — 450 кг; кроме того, большой вес имели массивные антенны). Существовавшие тогда ракеты не могли сообщить первую космическую скорость (около 8 км/с) такому тяжелому аппарату. Тогда в конце 1956 года один из сотрудников Королева, Михаил Тихонравов, предложил проект более простого и легкого спутника с массой около 80 кг. В июне 1957 года были готовы чертежи окончательной компоновки этого спутника, а в конце августа начались его испытания.

Для выведения спутника на орбиту КБ Королева на базе Р-7 разработало специальную двухступенчатую ракету с общей массой 267 тонн, состоявшую из четырех боковых ракетных блоков ЖРД РД-107 и одного центрального блока ЖРД РД-108. Все двигатели при старте включались в работу одновременно. Спустя 120 секунд после старта боковые блоки отбрасывались (вторая ступень к этому времени достигала высоты 50 км и имела скорость 2, 3 км/с). Центральный блок продолжал работать еще 180 секунд. На высоте 200 км центральный блок отключался, после чего спутник отделялся от него с помощью пружинного толкателя, сбрасывал защитный тепловой экран и начинал свободный полет. Успешный старт ракеты состоялся 4 октября 1957 года. Этот день открыл начало новой космической эры в истории Земли.

Первый спутник знаменовал собой узловой пункт развития техники. С одной стороны, он символизировал завершение сложного этапа развития баллистических ракет, а с другой — являлся тем зародышем, из которого выросла вся позднейшая космическая техника.

Спутник имел форму шара диаметром 580 мм. Масса его равнялась 83, 6 кг. На внешней поверхности шара были установлены антенны радиопередатчиков в виде четырех стержней. Длина двух из них составляла 2, 4 м, остальных — 2 м. Стержни соединялись с антенными изоляторами, закрепленными на корпусе спутника с помощью шарниров, что давало им возможность поворачиваться на некоторый угол. Вся аппаратура вместе с источниками энергии размещалась в герметическом корпусе из алюминиевого сплава. Перед пуском спутник был заполнен газообразным азотом. Для поддержания стабильной внутренней температуры была разработана система принудительной циркуляции азота. К антеннам подключались два радиопередатчика, излучавшие каждый на своей частоте один и тот же сигнал, похожий на телеграфный. Внутри корпуса размещались чувствительные датчики, которые несколько меняли передаваемый сигнал (частоту передаваемых импульсов и их длительность) при изменении температуры и давления внутри спутника. Мощность радиопередатчиков была достаточна для уверенного приема их сигналов всеми радиолюбителями земного шара. Источник питания должен был обеспечивать работу всей аппаратуры в течение трех недель.

Уже 3 ноября 1957 года в космос был выведен второй советский спутник массой 508, 3 кг. Он представлял собой последнюю ступень ракеты носителя, на которой в нескольких контейнерах размещалась научная измерительная аппаратура и отсек с собакой Лайкой.

В передней части спутника находился спектрограф для исследования Солнца, сферический контейнер с радиопередатчиками и герметическая кабина с собакой. В корпусе ракеты располагались два

прибора для изучения космических лучей. По своей конструкции сферический контейнер был подобен первому ИСЗ. Здесь кроме передатчиков находились источник питания и различные датчики. Герметическая кабина, в которой помещалась Лайка, имела вид цилиндра. На ее съемном днище был устроен иллюминатор из оргстекла. В кабине, изготовленной из алюминиевых сплавов, имелись приспособление для кормления, кондиционер, регенерационные установки и система терморегулирования. Регенерация происходила с помощью химических элементов, которые поглощали углекислоту и выделяли кислород. Специальные датчики регистрировали пульс, давление и дыхание собаки. Все это, а также информация о температуре и давлении в кабине сообщалось на Землю с помощью специальной аппаратуры, которая включалась часовым программным устройством. Программа наблюдений была рассчитана на семь суток, но и после этого полет спутника продолжался еще много дней. Только 14 апреля 1958 года, совершив около 2370 оборотов, второй спутник сгорел в атмосфере.

В это время в космосе летал уже третий спутник — американский «Эксплорер-1». Причина, по которой американский ИСЗ оказался в космосе не первым и даже не вторым, имеет не только техническую подоплеку. В 1955 году, когда правительство США приняло решение о подготовке к запуску спутника, были предложены три конкурирующие программы, за каждой из которых стояло свое могущественное военное ведомство: Армия, ВВС и ВМФ. Предпочтение в конце концов было отдано проекту ВМФ «Авангард», который и получил привилегированное финансирование. Между тем армия уже в то время располагала лучшей американской ракетой «Редстоун», созданной под руководством Брауна. (Браун в то время возглавлял Редстоунский арсенал, где и была разработана эта ракета.) В сентябре 1956 года Армия осуществила успешный запуск четырехступенчатой баллистической ракеты «Юпитер-С», в которой в качестве первой ступени использовалась брауновская «Редстоун», а в качестве второй, третьей и четвертой — твердотопливные ракеты «Бэби Серджент». Три ступени этой ракеты были натуральные, а четвертая вместо топлива несла в баках песок. Эта ступень достигла высоты 1094 км. Позже неоднократно старались доказать, что, если бы четвертая ступень была заправлена топливом, она вполне могла бы стать первым ИСЗ, и космическая эра началась бы на год раньше. Но, как бы то ни было, этого не случилось. Между тем проект «Авангард», который с самого начала преследовали неудачи, закончился скандальным провалом: при запуске 6 декабря 1957 года ракета «Авангард», едва оторвавшись от стартового стола, упала на землю в пределах стартовой площадки и сгорела. После этого для спасения престижа было решено произвести запуск спутника на базе ракеты «Редстоун». Спутник «Эксплорер-1» создавался в чрезвычайной спешке в Лаборатории реактивного движения Калифорнийского технического университета. Вес спутника составлял 8, 21 кг, причем на аппаратуру приходилось 5 кг. Кроме счетчика Гейгера на его борту располагался микрофон для регистрации метеоритных частиц, датчики температуры, радиопередатчики и источники питания. Запуск состоялся 31 января 1958 года и был успешным. Спутник проработал на орбите восемь недель. Несмотря на свои миниатюрные размеры,

«Эксплорер-1» позволил сделать важные наблюдения. Именно благодаря его сообщениям был обнаружен пояс радиации, окружающий Землю на высоте более 1000 км.

В том же году, 15 мая, СССР запустил свой третий спутник. Его уже можно было назвать настоящей автоматической научной станцией. Длина спутника составляла 3, 5 м, диаметр — 1, 5 м, вес — 1327 кг, причем на научную аппаратуру приходилось 968 кг. Устройство и конструкция этого спутника были проработаны гораздо тщательнее, чем двух первых. Для автоматического управления работой всей научной и измерительной аппаратурой на нем было установлено электронное программно-временное устройство, выполненное целиком на полупроводниковых элементах.

Кроме бортового источника питания, спутник был снабжен солнечной батареей. Напряжение, создаваемое этой батареей, было больше, чем у бортового аккумулятора, поэтому на солнечной стороне вся аппаратура питалась от нее. Благодаря этому третий спутник эксплуатировался намного дольше, чем два первых — он находился в полете 691 день, и последний сигнал с него был принят 6 апреля 1960 года.

Первые космические аппараты отличались своей индивидуальностью. Даже не вникая глубоко в их конструкцию, по одному только внешнему виду можно было сразу сказать, что это совершенно разные устройства. Но аппараты, изготовляемые каждый раз по индивидуальному заказу, обходились дорого. Поэтому в последующие годы в СССР было принято решение перейти от индивидуального производства спутников к серийному. Таким серийным советским спутником стал «Космос». 16 марта 1962 года был запущен первый спутник этой серии.

93. ЛАЗЕР

Несмотря на сравнительно простое устройство лазера, процессы, лежащие в основе его работы, чрезвычайно сложны и не поддаются объяснению с точки зрения классических законов физики. Со времен Максвелла и Герца в науке утвердилось представление о том, что электромагнитное и, в частности, световое излучение имеет волновую природу. Эта теория хорошо объясняла большинство наблюдаемых оптических и физических явлений. Но уже в конце XIX века были получены некоторые экспериментальные данные, не подходившие под эту теорию. (Например, совершенно непонятным с точки зрения классических представлений о волновой природе света оказывалось явление фотоэффекта.) В 1900 году известный немецкий физик Макс Планк, пытаясь объяснить природу этих отклонений, сделал предположение, что испускание электромагнитного излучения и, в частности, света происходит не беспрерывно, а отдельными микроскопическими порциями. В 1905 году Эйнштейн, разрабатывая теорию фотоэффекта, подкрепил идею Планка и убедительно показал, что электромагнитное излучение действительно испускается порциями (эти порции стали называть квантами), причем в дальнейшем, в процессе распространения, каждая порция сохраняет свою «индивидуальность», не дробится и не складывается с другими, так что поглотить ее можно только всю целиком. Из этого описания получалось, что кванты во многих случаях ведут себя не как волны, а как частицы. Но при этом они не перестают быть волнами (например, квант не имеет массы покоя и существует только двигаясь со скоростью 300000 км/с), то есть им

присущ определенный дуализм.

Квантовая теория позволила объяснить многие прежде непонятные явления и, в частности, природу взаимодействия излучения с веществом. Возьмем простой пример: почему тело при нагревании испускает свет? Нагревая, скажем, на газовой горелке гвоздь, мы заметим, что сначала он приобретает малиновый цвет, потом станет красным. Если продолжать нагревание, то красный цвет переходит в желтый и затем в ослепительно белый. Таким образом, гвоздь начинает излучать не только инфракрасные (тепловые), но и видимые лучи. Причина этого явления следующая. Все тела (и в том числе наш гвоздь) состоят из молекул, а молекулы состоят из атомов. Каждый атом представляет собой небольшое очень плотное ядро, вокруг которого вращается большее или меньшее количество электронов. Эти электроны движутся вокруг ядра не как попало, но каждый из них находится на своем точно установленном уровне; соответственно одни уровни располагаются ближе к ядру, а другие дальше от него. Эти уровни называются энергетическими, так как каждый из расположенных на них электронов обладает своей определенной, свойственной только этому уровню, энергией. Пока электрон находится на своем стационарном уровне, он движется, не излучая энергии. Такое состояние атома может продолжаться сколь угодно долго. Но если атому сообщается извне какое-то определенное количество энергии (как это происходит при нагревании гвоздя), атом «возбуждается». Суть этого возбуждения состоит в том, что электроны поглощают кванты излучения, пронизывающего вещество (в нашем примере инфракрасное тепловое излучение газовой горелки), приобретают их энергию и благодаря этому переходят на более высокие энергетические уровни. Однако на этих более высоких уровнях электроны могут находиться лишь очень незначительное время (тысячные и даже миллионные доли секунды). По истечении этого времени каждый электрон опять возвращается на свой стационарный уровень и при этом испускает квант энергии (или, что то же самое, волну определенной длины). Среди этих волн некоторые приходятся на видимый диапазон (эти кванты видимого света называются фотонами; излучение фотонов возбужденными атомами мы и наблюдаем как свечение нагретого гвоздя). В нашем примере с гвоздем процесс поглощения и испускания квантов протекает хаотически. В сложном атоме наблюдается большое число переходов электронов с верхних уровней на нижние, и при каждом из них происходит излучение со своей частотой. Поэтому излучение идет сразу в нескольких спектрах и в разных направлениях, причем одни атомы испускают фотоны, а другие поглощают их.

Точно так же происходит испускание квантов любым нагретым телом. Каждое из этих тел (будь то Солнце, дуговая сварка или нить лампы накаливания) испускает одновременно множество волн разной длины (или, что то же самое, квантов разной энергии). Именно поэтому, какой бы совершенной линзой или другой оптической системой мы ни обладали, нам никогда не удастся сфокусировать испускаемое нагретым телом излучение в строго параллельный пучок — он всегда будет расходиться под некоторым углом. Это и понятно — ведь каждая волна будет преломляться в линзе под своим собственным углом; следовательно, ни при каких условиях мы не сумеем добиться их параллельности. Однако уже

основоположники квантовой теории рассмотрели и другую возможность излучения, которая не имеет места в естественных условиях, но вполне может быть смоделирована человеком. В самом деле, если бы удалось возбудить все электроны вещества, принадлежащие к одному определенному энергетическому уровню, а потом заставить их разом испустить кванты в одном направлении, то можно было бы получить чрезвычайно мощный и в то же время исключительно однородный импульс излучения. При фокусировании такого пучка (поскольку все волны, его составляющие, имеют одну и ту же длину) можно было бы добиться почти идеальной параллельности луча. Впервые о возможности такого, как он его назвал, стимулированного излучения написал в 1917 году Эйнштейн в работах «Испускание и поглощение излучения по квантовой теории» и «К квантовой теории излучения».

Стимулированное излучение может быть, в частности, достигнуто следующим способом. Представим себе тело, электроны которого уже «перевозбуждены» и находятся на верхних энергетических уровнях, и предположим, что их облучают новой порцией квантов. В этом случае происходит процесс, напоминающий лавину. Электроны уже «перенасыщены» энергией. В результате дополнительного облучения они срываются с верхних уровней и переходят лавинообразно на нижние, испуская кванты электромагнитной энергии. Причем направление и фаза колебаний этих квантов совпадает с направлением и фазой падающей волны. Произойдет как бы эффект резонансного усиления волны, когда энергия выходной волны будет многократно превосходить энергию той, что была на входе.

Но каким образом добиться строгой параллельности излучаемых фотонов? Оказывается, это можно сделать с помощью весьма несложного приспособления, которое называется открытым зеркальным резонатором. Он состоит из активного вещества, помещенного в трубке между двумя зеркалами: обычного и полупрозрачного. Испускаемые веществом фотоны, попадая на полупрозрачное зеркало, частично проходят сквозь него. Остальные отражаются и летят в противоположном направлении, затем отражаются от левого зеркала (теперь уже все) и вновь достигают полупрозрачного зеркала. При этом поток фотонов после каждого прохода через возбужденное вещество многократно усиливается. Усиливаться, впрочем, будет только та волна, которая перемещается перпендикулярно зеркалам; все остальные, которые падают на зеркало хотя бы с незначительным отклонением от перпендикуляра, не получив достаточного усиления, покидают активное вещество через его стенки. В результате выходящий поток имеет очень узкую направленность. Именно такой принцип получения стимулированного излучения лежит в основе действия лазеров (само слово лазер составлено из первых букв английского определения light amplification by stimulated emission and radiation, что означает: усиление света посредством стимулированного излучения).

Созданию этого замечательного устройства предшествовала долгая история. Любопытно, что изобретением лазера техника обязана специалистам на первый взгляд далеким как от оптики, так и от квантовой электродинамики, а именно — радиофизикам. Однако в этом есть своя глубокая закономерность. Прежде уже говорилось, что с начала 40-х годов

радиофизики всего мира трудились над освоением сантиметрового и миллиметрового диапазона волн, поскольку это позволяло значительно упростить и уменьшить аппаратуру, особенно антенные системы. Но вскоре обнаружилось, что прежние ламповые генераторы едва ли можно приспособить для работы в новых условиях. С их помощью с трудом удавалось генерировать волны в 1 мм (при этом частота электромагнитных колебаний в этих генераторах достигала нескольких миллиардов за одну секунду), но создание генераторов для еще более коротких волн оказалось невозможным. Необходим был принципиально новый метод генерации электромагнитных волн.

Как раз в это время советские радиофизики Александр Прохоров и Николай Басов занялись изучением очень интересной проблемы — поглощением радиоволн газами. Еще во время войны было обнаружено, что волны некоторой длины, испущенные радаром, не отражаются, как другие, от окружающих предметов и не дают «эха». Например, пучок волны длиной 1, 3 см словно растворялся в пространстве — оказалось, что волны этой длины активно поглощаются молекулами водяного пара. Позже выяснилось, что каждый газ поглощает волны определенной длины таким образом, словно его молекулы как-то «настроены» на него. От этих опытов был только шаг до следующей идеи: если атомы и молекулы способны поглощать волны определенной длины, значит, они могут и излучать их, то есть выступать в роли генератора. Так родилась мысль создать газовый генератор излучения, в котором бы вместо электронных ламп в качестве источников излучения использовались миллиарды молекул особым образом возбужденного газа. Перспективы такой работы казались очень заманчивыми, поскольку возникала возможность освоить для нужд радиотехники не только диапазон микроволновых волн, но и гораздо более коротких, например, диапазон видимых волн (длина волн видимого света 0, 4-0, 76 микрон, что соответствует частоте порядка тысяч миллиардов колебаний в секунду).

Важнейшая проблема на этом пути заключалась в том, как создать активную среду. В качестве таковой Басов и Прохоров выбрали аммиак. Чтобы обеспечить работу генератора, необходимо было отделить активные молекулы газа, атомы которых находились в возбужденном состоянии, от невозбужденных, атомы которых были ориентированы на поглощение квантов. Схема установки, разработанная для этой цели, представляла собой сосуд, в котором был создан вакуум. В этот сосуд впускался тонкий пучок молекул аммиака. На их пути был установлен конденсатор высокого напряжения. Молекулы больших энергий свободно пролетали через его поле, а молекулы малых энергий увлекались в сторону полем конденсатора. Так происходит сортировка молекул по энергиям. Активные молекулы попадали в резонатор, устроенный так же, как тот, что был описан выше.

Первый квантовый генератор был создан в 1954 году. Он имел мощность всего в одну миллиардную ватта, так что его работу могли зарегистрировать только точные приборы. Но в данном случае гораздо важнее было то, что подтвердилась принципиальная правильность самой идеи. Это была замечательная победа, открывшая новую страницу в истории техники. В те же дни в Колумбийском университете группа американского радиофизика Чарльза Таунса создала аналогичный прибор,

получивший название «мазер». (В 1963 г. Басов, Прохоров и Таунс за свое фундаментальное открытие получили Нобелевскую премию.)

Квантовый генератор Басова — Прохорова и мазер Таунса еще не были лазерами — они генерировали радиоволны длиной 1, 27 см, а лазеры испускают электромагнитные волны видимого диапазона, которые в десятки тысяч раз короче. Однако принцип работы обоих приборов одинаков, поэтому создателем лазера предстояло разрешить только частные задачи. Во-первых, необходимо было найти подходящее активное вещество, которое могло бы переходить в возбужденное состояние, потому что не всякое вещество обладает таким свойством. Во-вторых, создать источник возбуждения, то есть такое устройство, которое обладает способностью переводить активное вещество в возбужденное состояние посредством сообщения ему дополнительной энергии. В-третьих, требовался открытый резонатор для того, чтобы заставить участвовать в возбуждении все возбужденные частицы активного вещества, а также для того, чтобы усилить только те колебания, которые распространяются вдоль продольной оси активного вещества. В-четвертых, был необходим источник питания для того, чтобы подпитывать энергией источник возбуждения, иначе лазер не стал бы работать. Разрешить все эти проблемы можно разными способами. Работы велись многими учеными сразу в нескольких направлениях. Однако раньше других посчастливилось достигнуть заветной цели американскому физику Теодору Мейману, который в 1960 году создал первый лазер на рубиновой основе.

Сущность работы лазера на рубине состоит в следующем. Энергия от источника питания преобразуется источником возбуждения в электромагнитное поле, которым облучается активное вещество. В результате этого облучения активное вещество переходит из состояния равновесия в возбужденное состояние. Внутренняя энергия активного вещества значительно возрастает. Этот процесс носит название «накачки» или «подкачки» активного вещества, а источник возбуждения называется источником «накачки» или «подкачки». Когда атомы активного вещества перейдут в возбужденное состояние, достаточно одному электрону сорваться по каким-либо причинам с верхнего уровня, чтобы он начал испускать фотон света, который, в свою очередь, сбросит несколько электронов с верхнего уровня, чем вызовет лавинообразное выделение энергии остальными возбужденными электронами. Открытый резонатор направит и усилит излучение активного вещества только в одном направлении. В качестве активного вещества Мейман использовал искусственный рубин (рубин представляет собой кристаллическое вещество, состоящее из окиси алюминия, в котором часть атомов алюминия замещена атомами хрома, что особенно важно, так как в поглощении света участвует не весь материал, а только ионы хрома).

Генератор возбуждения состоял из трех блоков: излучающей головки, блока питания и блока запуска. Излучающая головка создавала условия для работы активного вещества. Блок питания обеспечивал энергией заряд двух конденсаторов — основного и вспомогательного. Главным назначением блока запуска было генерирование импульса высокого напряжения и подача его на запускающий электрод лампы-вспышки. Излучающая головка состояла из рубинового стержня и

двух П-образных ламп-вспышек. Лампы были стандартные, наполненные ксеноном. Со всех сторон лампы и рубиновый стержень охватывала алюминиевая фольга, которая играла роль рефлектора. Конденсатор накапливал и подавал импульсное напряжение порядка 40 тысяч вольт, что вызывало мощную вспышку ламп. Вспышка мгновенно переводила атомы рубина в возбужденное состояние. Для следующего импульса необходима была новая зарядка конденсатора. Это в общем-то очень простое устройство вызвало к себе огромный интерес. Если суть открытия Басова и Таунса была понятна лишь специалистам, то лазер Меймана производил огромное впечатление даже на непосвященных. В присутствии журналистов Мейман неоднократно включал свой прибор и демонстрировал его работу. При этом из отверстия в торце испускался луч, толщиной не больше карандаша. Почти не расширяясь, он упирался в стену, оканчиваясь ослепительным круглым пятнышком. Впрочем, Мейман лишь незначительно опередил других изобретателей. Прошло совсем немного времени, и сообщения о создании новых типов лазеров стали поступать со всех сторон.

В качестве активного вещества в лазерах кроме рубина могут использоваться и многие другие соединения, например, фтористый стронций с примесями, фтористый барий с примесями, стекло и т.д. Им может быть и газ. В том же 1960 году газовый лазер на гелий-неоновой основе создал Али Джаван. Возбужденное состояние газовой смеси достигалось за счет сильного электрического поля и газовых разрядов. Однако как твердотельные, так и газовые лазеры имеют очень низкий КПД. Их выходная энергия не превышает 1% от потребленной. Следовательно, остальные 99% тратятся бесполезно. Поэтому очень важным стало изобретение в 1962 году Басовым, Крохиным и Поповым полупроводникового лазера. Советские физики открыли, что если на полупроводники воздействовать электрическим или световым импульсом, то часть электронов покинет свои атомы, и здесь образуются «дырки», которые играют роль положительных зарядов. Одновременное возвращение электронов на орбиты атомов можно рассматривать как переход с более высокого энергетического уровня на более низкий, за счет чего происходит излучение фотонов. КПД полупроводникового лазера при возбуждении электронным пучком может достигать 40%. В качестве активного вещества использовался арсенид галлия, содержащий примеси n-типа. Из этого материала делались заготовки либо в форме куба, либо в форме параллелепипеда — так называемый полупроводниковый диод. Пластинку диода припаивали к молибденовому лепестку, покрытому золотом, чтобы обеспечить электрический контакт с n-областью. На поверхность p-области был нанесен сплав золота с серебром. Торцы диода играли роль резонатора, поэтому они тщательно полировались. Одновременно в процессе полировки их с высокой точностью выставляли параллельно друг другу. Излучение выходило именно из этих сторон диода. Верхняя и нижняя стороны служили контактами, к которым прикладывалось напряжение. На вход прибора подавались импульсы.

Лазеры очень быстро вошли в жизнь человека и стали применяться во многих областях техники и науки. Их промышленный выпуск начался в 1965 году, когда только в Америке более 460 компаний взялись за

разработку и создание лазерных установок.

94. ИНТЕГРАЛЬНАЯ МИКРОСХЕМА

Микроэлектроника — наиболее значительное и, как считают многие, важнейшее научно-техническое достижение современности. Сравнить ее можно с такими поворотными событиями в истории техники, как изобретение книгопечатания в XVI веке, создание паровой машины в XVIII веке и развитие электротехники в XIX. И когда сегодня речь заходит о научно-технической революции, то в первую очередь имеется в виду именно микроэлектроника. Как ни одно другое техническое достижение наших дней, она пронизывает все сферы жизни и делает реальностью то, что еще вчера было просто невозможно себе представить. Чтобы убедиться в этом, достаточно вспомнить о карманных микрокалькуляторах, миниатюрных радиоприемниках, электронных управляющих устройствах в бытовых приборах, часах, компьютерах и программируемых ЭВМ. И это лишь небольшая часть области ее применения!

Своим возникновением и самим существованием микроэлектроника обязана созданию нового сверхминиатюрного электронного элемента — интегральной микросхемы. Появление этих схем, собственно, не было каким-то принципиально новым изобретением — оно прямо вытекало из логики развития полупроводниковых приборов. Поначалу, когда полупроводниковые элементы только входили в жизнь, каждый транзистор, резистор или диод использовался по отдельности, то есть заключался в свой индивидуальный корпус и включался в схему при помощи своих индивидуальных контактов. Так поступали даже в тех случаях, когда приходилось собирать множество однотипных схем из одних и тех же элементов. Но постепенно пришло понимание того, что подобные устройства рациональнее не собирать из отдельных элементов, а сразу изготавливать на одном общем кристалле, тем более что полупроводниковая электроника создавала для этого все предпосылки. В самом деле, все полупроводниковые элементы по своему устройству очень похожи друг на друга, имеют одинаковый принцип действия и различаются только взаиморасположением p-n областей. Эти p-n области, как мы помним, создаются путем внесения однотипных примесей в поверхностный слой полупроводникового кристалла. Причем надежная и со всех точек зрения удовлетворительная работа подавляющего большинства полупроводниковых элементов обеспечивается при толщине поверхностного рабочего слоя в тысячные доли миллиметра. В самых миниатюрных транзисторах обычно используется только верхний слой полупроводникового кристалла, составляющий всего 1% его толщины. Остальные 99% выполняют роль носителя или подложки, так как без подложки транзистор просто мог разрушиться от малейшего прикосновения. Следовательно, используя технологию, применяемую для изготовления отдельных электронных компонентов, можно сразу создать на одном кристалле законченную схему из нескольких десятков, сотен и даже тысяч таких компонентов. Выигрыш от этого будет огромный. Во-первых, сразу снизятся затраты (стоимость микросхемы обычно в сотни раз меньше, чем совокупная стоимость всех электронных элементов ее составляющих). Во-вторых, такое устройство будет гораздо надежнее (как показывает опыт, в тысячи и десятки тысяч раз), а это имеет колоссальное

значение, поскольку поиск неисправности в схеме из десятков или сотен тысяч электронных компонентов превращается в чрезвычайно сложную проблему. В-третьих, из-за того, что все электронные элементы интегральной микросхемы в сотни и тысячи раз меньше своих аналогов в обычной сборной схеме, их энергопотребление намного меньше, а быстродействие — гораздо выше.

Ключевым событием, возвестившем приход интегрализации в электронику, явилось предложение американского инженера Дж. Килби из фирмы «Texas Instruments» получать эквивалентные элементы для всей схемы, такие как регистры, конденсаторы, транзисторы и диоды в монолитном куске чистого кремния. Первую интегральную полупроводниковую схему Килби создал летом 1958 года. А уже в 1961 году фирма «Fairchild Semiconductor Corporation» выпустила первые серийные микросхемы для ЭВМ: схему совпадений, полусдвигающий регистр и триггер. В том же году производство полупроводниковых интегральных логических схем освоила фирма «Texas». В следующем году появились интегральные схемы других фирм. В короткое время в интегральном исполнении были созданы различные типы усилителей. В 1962 году фирма RCA разработала интегральные микросхемы матриц памяти для запоминающих устройств ЭВМ. Постепенно выпуск микросхем был налажен во всех странах — эра микроэлектроники началась.

Исходным материалом для интегральной микросхемы обычно служит необработанная пластина из чистого кремния. Она имеет сравнительно большие размеры, так как на ней одновременно изготавливают сразу несколько сотен однотипных микросхем. Первая операция состоит в том, что под воздействием кислорода при температуре 1000 градусов на поверхности этой пластины формируют слой двуокиси кремния. Оксид кремния отличается большой химической и механической стойкостью и обладает свойствами прекрасного диэлектрика, обеспечивающего надежную изоляцию расположенному под ним кремнию. Следующий шаг — внесение примесей для создания зон p или n проводимости. Для этого оксидную пленку удаляют с тех мест пластины, которые соответствуют отдельным электронным компонентам. Выделение нужных участков происходит с помощью процесса, получившего название фотолитографии. Сначала весь слой оксида покрывают светочувствительным составом (фоторезистом), который играет роль фотографической пленки — его можно засвечивать и проявлять. После этого через специальный фотошаблон, содержащий рисунок поверхности полупроводникового кристалла, пластину освещают ультрафиолетовыми лучами. Под воздействием света на слое оксида формируется плоский рисунок, причем незасвеченные участки остаются светлыми, а все остальные — затемненными. В том месте, где фоторезистор подвергся действию света, образуются нерастворимые участки пленки, стойкие к кислоте. Затем пластину обрабатывают растворителем, который удаляет фоторезист с засвеченных участков. С открывшихся мест (и только с них) слой оксида кремния вытравливают с помощью кислоты. В результате в нужных местах оксид кремния растворяется и открываются «окна» чистого кремния, готовые к внесению примесей (лигированию). Для этого поверхность подложки при температуре 900-1200 градусов подвергают

воздействию нужной примеси, например, фосфора или мышьяка, для получения проводимости n-типа. Атомы примеси проникают в глубь чистого кремния, но отталкиваются его оксидом. Обработав пластину одним видом примеси, готовят ее для лигирования другим видом — поверхность пластины вновь покрывают слоем оксида, проводят новую фотолитографию и травление, в результате чего открываются новые «окошки» кремния. Вслед за тем следует новое лигирование, например бором, для получения проводимости p-типа. Так на всей поверхности кристалла в нужных местах образуются p и n области. (Изоляция между отдельными элементами может создаваться несколькими способами: такой изоляцией может служить слой оксида кремния, можно также создавать в нужных местах запирающие p-n переходы.) Следующий этап обработки связан с нанесением токопроводящих соединений (токопроводящих линий) между элементами интегральной схемы, а также между этими элементами и контактами для подключения внешних цепей. Для этого на подложку напыляют тонкий слой алюминия, который оседает в виде тончайшей пленки. Ее подвергают фотолитографической обработке и травлению, аналогичным описанным выше. В результате от всего слоя металла остаются только тонкие токопроводящие линии и контактные площадки. В заключение всю поверхность полупроводникового кристалла покрывают защитным слоем (чаще всего, силикатным стеклом), который затем удаляют с контактных площадок. Все изготовленные микросхемы подвергаются строжайшей проверке на контрольно-испытательном стенде. Дефектные схемы помечаются красной точкой. Наконец кристалл разрезается на отдельные пластинки-микросхемы, каждая из которых заключается в прочный корпус с выводами для присоединения к внешним цепям.

Сложность интегральной схемы характеризуется показателем, который получил название степени интеграции. Интегральные схемы, насчитывающие более 100 элементов, называются микросхемами с малой степенью интеграции; схемы, содержащие до 1000 элементов, — интегральными схемами со средней степенью интеграции; схемы, содержащие до десятка тысяч элементов, — большими интегральными схемами. Уже изготавливаются схемы, содержащие до миллиона элементов (они называются сверхбольшими). Постепенное повышение интеграции привело к тому, что схемы с каждым годом становятся все более миниатюрными и соответственно все более сложными. Огромное количество электронных устройств, имевших раньше большие габариты, умещаются теперь на крошечной кремниевой пластинке. Чрезвычайно важным событием на этом пути стало создание в 1971 году американской фирмой «Интел» единой интегральной схемы для выполнения арифметических и логических операций — микропроцессора. Это повлекло за собой грандиозный прорыв микроэлектроники в сферу вычислительной техники.

95. КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ

Космическими кораблями в наше время называются аппараты, созданные для доставки космонавтов на околоземную орбиту и возвращения их потом на Землю. Понятно, что технические требования к космическому кораблю более жесткие, чем к любым другим космическим

аппаратам. Условия полета (перегрузки, температурный режим, давление и т.п.) должны выдерживаться для них очень точно, дабы не создалась угроза жизни человека. В корабле, который на несколько часов или даже суток становится домом для космонавта, должны быть созданы нормальные человеческие условия — космонавт должен дышать, пить, есть, спать, отправлять естественные потребности. Он должен иметь возможность в процессе полета разворачивать корабль по своему усмотрению и менять орбиту, то есть корабль при своем движении в пространстве должен легко переориентироваться и управляться. Для возвращения на Землю космический корабль должен погасить всю ту огромную скорость, которую сообщила ему при старте ракета-носитель. Если бы Земля не имела атмосферы, на это пришлось бы потратить столько же горючего, сколько было израсходовано при подъеме в космос. К счастью, в этом нет необходимости: если осуществлять посадку по очень пологой траектории, постепенно погружаясь в плотные слои атмосферы, то можно затормозить корабль о воздух с минимальной затратой горючего. Как советские «Востоки», так и американские «Меркурии» осуществляли посадку именно таким образом и этим объясняются многие особенности их конструкции. Поскольку значительная часть энергии при торможении идет на нагрев корабля, то без хорошей тепловой защиты он просто сгорит, как сгорает в атмосфере большая часть метеоритов и заканчивающих свое существование спутников. Поэтому приходится защищать корабли громоздкими жаропрочными теплозащитными оболочками. (Например, на советском «Востоке» ее вес составлял 800 кг — треть всего веса спускаемого аппарата.) Желая по возможности облегчить корабль, конструкторы снабжали этим экраном не весь корабль, а только корпус спускаемого аппарата. Таким образом, с самого начала утвердилась конструкция разделяющегося корабля (она была опробована на «Востоках», а потом стала классической для всех советских и многих американских космических кораблей). Корабль состоит как бы из двух самостоятельных частей: приборного отсека и спускаемого аппарата (последний служит во время полета кабиной космонавта).

Первый советский космический корабль «Восток» при общей массе 4, 73 т выводился на орбиту с помощью трехступенчатой ракеты-носителя того же названия. Полная стартовая масса космического комплекса составляла 287 т. Конструктивно «Восток» состоял из двух основных отсеков: спускаемого аппарата и приборного отсека. Спускаемый аппарат с кабиной космонавта был выполнен в форме шара диаметром 2, 3 м и имел массу 2, 4 т.

Герметичный корпус изготовлялся из алюминиевого сплава. Внутри спускаемого аппарата конструкторы стремились расположить только те системы и приборы корабля, которые были необходимы в течение всего полета, или те, которыми непосредственно пользовался космонавт. Все остальные были вынесены в приборный отсек. Внутри кабины размещалось катапультируемое кресло космонавта. (На случай, если бы пришлось катапультироваться при старте, кресло снабжалось двумя пороховыми ускорителями.) Здесь же находились пульт управления, запасы пищи и воды. Система жизнеобеспечения была рассчитана на работу в течение десяти суток. Космонавт должен был в течение всего полета находиться в

герметическом скафандре, но с открытым шлемом (этот шлем автоматически закрывался в случае внезапной разгерметизации кабины).

Внутренний свободный объем спускаемого аппарата составлял 1, 6 кубического метра. Необходимые условия в кабине космического корабля поддерживали две автоматические системы: система жизнеобеспечения и система терморегулирования. Как известно, человек в процессе жизнедеятельности потребляет кислород, выделяет углекислый газ, тепло и влагу. Эти две системы как раз и обеспечивали поглощение углекислого газа, пополнение кислородом, отбор из воздуха избыточной влаги и отбор тепла. В кабине «Востока» поддерживалось привычное на Земле состояние атмосферы с давлением 735-775 мм рт. ст. и 20-25% содержания кислорода. Устройство системы терморегулирования отчасти напоминало кондиционер. Она содержала воздушно-жидкостной теплообменник, по змеевику которого протекала охлажденная жидкость (холодоноситель). Вентилятор прогонял через теплообменник теплый и влажный воздух кабины, который охлаждался на его холодных поверхностях. Влага при этом конденсировалась. Холодоноситель поступал в спускаемый аппарат из приборного отсека. Поглотившая тепло жидкость принудительно прогонялась насосом через радиатор-излучатель, расположенный на наружной конической оболочке приборного отсека. Температура холодоносителя автоматически поддерживалась в нужном диапазоне при помощи специальных жалюзи, закрывавших радиатор. Створки жалюзи могли открываться или закрываться, изменяя потоки тепла, излучаемые радиатором. Чтобы поддерживать нужный состав воздуха, в кабине спускаемого аппарата имелось регенерационное устройство. Воздух кабины при помощи вентилятора непрерывно прогонялся через специальные сменные патроны, содержавшие надперекиси щелочных металлов. Такие вещества (например, K2O4) способны эффективно поглощать углекислый газ и выделять при этом кислород. Работой всей автоматики руководило бортовое программное устройство. Включение различных систем и приборов производилось как по командам с Земли, так и самим космонавтом. На «Востоке» имелся целый комплекс радиосредств, позволявший вести и поддерживать двухстороннюю связь, производить различные измерения, вести управление кораблем с Земли и многое другое. С помощью передатчика «Сигнал» постоянно поступала информация датчиков, расположенных на теле космонавта, относительно его самочувствия. Основу системы энергоснабжения составляли серебряно-цинковые аккумуляторы: основная батарея размещалась в приборном отсеке, а дополнительная, обеспечивающая электропитание на спуске — в спускаемом аппарате.

Приборный отсек имел массу 2, 27 т. Вблизи его стыка со спускаемым аппаратом находились 16 сферических баллонов с запасами сжатого азота для микродвигателей ориентации и кислорода для системы жизнеобеспечения. Очень важное значение в любом космическом корабле играет система ориентации и управления движением. На «Востоке» она включала в себя несколько подсистем. Первая из них — навигационная — состояла из ряда датчиков положения космического корабля в пространстве (в том числе датчик Солнца, гироскопические датчики, оптическое устройство «Взор» и другие). Сигналы от датчиков поступали в

управляющую систему, которая могла работать автоматически или с участием космонавта. На пульте космонавта имелась рукоятка ручного управления ориентацией космического корабля. Разворачивание корабля происходило при помощи целого набора расположенных определенным образом небольших реактивных сопел, в которые подавался из баллонов сжатый азот. Всего на приборном отсеке имелось два комплекта сопел (по восемь в каждом), которые могли подключаться к трем группам баллонов. Главная задача, которая решалась при помощи этих сопел, заключалась в том, чтобы правильно ориентировать корабль перед подачей тормозного импульса. Это требовалось сделать в определенном направлении и в строго определенное время. Ошибка здесь не допускалась.

Тормозная двигательная установка с тягой 15, 8 килоньютон находилась в нижней части отсека. Она состояла из двигателя, топливных баков и системы подачи горючего. Время ее работы составляло 45 секунд. Перед возвращением на Землю тормозную двигательную установку ориентировали таким образом, чтобы дать тормозной импульс около 100 м/с. Этого было достаточно для перехода на траекторию спуска. (При высоте полета 180-240 км орбита была рассчитана таким образом, что даже при отказе тормозной установки корабль через десять суток все равно вошел бы в плотные слои атмосферы. Именно на этот срок и был рассчитан запас кислорода, питьевой воды, пищи, заряд аккумуляторов.) Затем происходило отделение спускаемого аппарата от приборного отсека. Дальнейшее торможение корабля шло уже за счет сопротивления атмосферы. При этом перегрузки достигали 10 g, то есть вес космонавта увеличивался в десять раз.

Скорость спускаемого аппарата в атмосфере снижалась до 150-200 м/с. Но чтобы обеспечить безопасное приземление при соприкосновении с землей, его скорость не должна была превышать 10 м/с. Избыток скорости гасился за счет парашютов. Они раскрывались постепенно: сначала вытяжной, потом — тормозной и, наконец, основной. На высоте 7 км космонавт должен был катапультироваться и приземляться отдельно от спускаемого аппарата со скоростью 5-6 м/с. Это осуществлялось при помощи катапультирующегося кресла, которое устанавливалось на специальных направляющих и выстреливалось из спускаемого аппарата после отделения крышки люка. Здесь также сначала раскрывался тормозной парашют кресла, а на высоте 4 км (при скорости 70-80 м/с) космонавт отстегивался от кресла и дальше спускался на своем собственном парашюте.

Работа по подготовке пилотируемого полета в КБ Королева началась в 1958 году. Первый запуск «Востока» в беспилотном режиме был произведен 15 мая 1960 года. Из-за неправильной работы одного из датчиков перед включением тормозной двигательной установки корабль оказался неправильно ориентирован и, вместо того чтобы опускаться, перешел на более высокую орбиту. Второй запуск (23 июля 1960 г.) был еще менее удачным — в самом начале полета произошла авария. Спускаемый аппарат отделился от корабля и разрушился при падении. Во избежание этой опасности на всех следующих кораблях была введена система аварийного спасения. Зато третий запуск «Востока» (19-20 августа 1960 г.) был вполне успешным — на второй день спускаемый аппарат вместе со

всеми подопытными животными: мышами, крысами и двумя собаками — Белкой и Стрелкой — благополучно совершил посадку в заданном районе. Это был первый в истории космонавтики случай возвращения живых существ на Землю после совершения космического полета. Но следующий полет (1 декабря 1960 г.) опять имел неблагополучный исход. Корабль вышел в космос и выполнил всю программу. Через сутки была подана команда к возвращению на землю. Однако из-за отказа тормозной двигательной установки спускаемый аппарат вошел в атмосферу с чрезмерно большой скоростью и сгорел. Вместе с ним погибли подопытные собаки Пчелка и Мушка. Во время старта 22 декабря 1960 года произошла авария последней ступени, но система аварийного спасения сработала надлежащим образом — спускаемый аппарат приземлился без повреждений. Только шестой (9 марта 1961 г.) и седьмой (25 марта 1961 г.) старты «Востока» прошли вполне благополучно. Совершив по одному обороту вокруг Земли, оба корабля благополучно вернулись на Землю вместе со всеми подопытными животными. Эти два полета полностью моделировали будущий полет человека, так что даже в кресле находился специальный манекен. Первый в истории полет человека в космос состоялся, как известно, 12 апреля 1961 года. Советский космонавт Юрий Гагарин на корабле «Восток-1» совершил один виток вокруг Земли и в тот же день благополучно возвратился на Землю (весь полет продолжался 108 минут). Так была открыта эра пилотируемых полетов.

В США подготовка к пилотируемому полету по программе «Меркурий» также началась в 1958 году. Вначале проводились беспилотные полеты, потом полеты по баллистической траектории. Первые два запуска «Меркурия» по баллистической траектории (в мае и июле 1961 г.) производились с помощью ракеты «Редстоун», а следующие выводились на орбиту с помощью ракеты-носителя «Атлас-D». 20 февраля 1962 года американский астронавт Джон Гленн на «Меркурии-6» совершил первый орбитальный полет вокруг Земли.

Первый американский космический корабль был значительно меньше советского. Ракета-носитель «Атлас-D» при стартовой массе 111, 3 тонн была способна вывести на орбиту груз не более 1, 35 тонны. Поэтому корабль «Меркурий» проектировался при крайне жестких ограничениях по массе и габаритам. Основу корабля составляла возвращаемая на Землю капсула. Она имела форму усеченного конуса со сферическим днищем и цилиндрической верхней частью. На основании конуса размещалась тормозная установка из трех твердотопливных реактивных двигателей по 4, 5 килоньютон и временем работы 10 секунд. При спуске капсула входила в плотные слои атмосферы днищем вперед. Поэтому тяжелый теплозащитный экран располагался только здесь. В передней цилиндрической части находилась антенна и парашютная секция. Парашютов было три: тормозной, основной и запасной, которые выталкивались с помощью пневмобаллона.

Внутри кабины пилота имелся свободный объем 1, 1 кубических метра. Астронавт, одетый в герметический скафандр, располагался в кресле. Перед ним находились иллюминатор и пульт управления. На ферме над кораблем помещался пороховой двигатель САС. Система жизнеобеспечения на «Меркурии» существенно отличалась от той, что

была на «Востоке». Внутри корабля создавалась чисто кислородная атмосфера с давлением 228-289 мм рт. ст. По мере потребления кислород из баллонов подавался в кабину и скафандр астронавта. Для удаления углекислоты использовалась система с гидроокисью лития. Скафандр охлаждался кислородом, который, перед тем как использоваться для дыхания, подавался к нижней части тела. Температура и влажность поддерживались с помощью теплообменников испарительного типа — влага собиралась с помощью губки, которая периодически отжималась (оказалось, что в условиях невесомости такой способ не годился, поэтому он использовался только на первых кораблях). Энергопитание обеспечивалось аккумуляторными батареями. Вся система жизнеобеспечения была рассчитана только на 1, 5 суток. Для управления ориентацией «Меркурий» имел 18 управляемых двигателей, работавших на однокомпонентном топливе — перекиси водорода. Астронавт приводнялся вместе с кораблем на поверхность океана. Капсула имела неудовлетворительную плавучесть, поэтому на всякий случай на ней имелся надувной плот.

96. РОБОТ

Роботом называют автоматическое устройство, имеющее манипулятор — механический аналог человеческой руки — и систему управления этим манипулятором. Обе эти составные части могут иметь различное устройство — от очень простого до чрезвычайно сложного. Манипулятор обычно состоит из шарнирно соединенных звеньев, как рука человека состоит из костей, связанных суставами, и заканчивается охватом, который является чем-то вроде кисти человеческой руки.

Звенья манипулятора подвижны друг относительно друга и могут совершать вращательные и поступательные движения. Иногда вместо схвата последним звеном манипулятора служит какой-нибудь рабочий инструмент, например, дрель, гаечный ключ, краскораспылитель или сварочная горелка.

Перемещение звеньев манипулятора обеспечивают так называемые приводы — аналоги мускулов в руке человека. Обычно в качестве таковых используются электродвигатели. Тогда привод включает в себя еще редуктор (систему зубчатых передач, которые снижают число оборотов двигателя и увеличивают вращающие моменты) и электрическую схему управления, регулирующую скорость вращения электродвигателя.

Кроме электрического часто применяется гидравлический привод. Действие его очень просто. В цилиндр 1, в котором находится поршень 2, соединенный с помощью штока с манипулятором 3, поступает под давлением жидкость, которая передвигает поршень в ту или иную сторону, а вместе с ним и «руку» робота. Направление этого движения определяется тем, в какую часть цилиндра (в пространство над поршнем или под ним) попадает в данный момент жидкость. Гидропривод может сообщить манипулятору и вращательное движение. Точно так же действует пневматический привод, только вместо жидкости здесь применяется воздух.

Таково в общих чертах устройство манипулятора. Что касается сложности задач, которые может разрешать тот или иной робот, то они во многом зависят от сложности и совершенства управляющего устройства.

Вообще, принято говорить о трех поколениях роботов: промышленных, адаптивных и роботах с искусственным интеллектом.

Самые первые образцы простых промышленных роботов были созданы в 1962 году в США. Это были «Версатран» фирмы «АМФ Версатран» и «Юнимейт» фирмы «Юнимейшн Инкорпорейтед». Эти роботы, а также те, что последовали за ними, действовали по жесткой, не меняющейся в процессе работы программе и были предназначены для автоматизации несложных операций при неизменном состоянии окружающей среды. В качестве управляющего устройства для таких роботов мог служить, например, «программируемый барабан». Действовал он так: на цилиндре, вращаемом электродвигателем, размещались контакты приводов манипулятора, а вокруг барабана — токопроводящие металлические пластины, замыкавшие эти контакты, когда те их касались. Расположение контактов было таким, чтобы при вращении барабана приводы манипулятора включались в нужное время, и робот начинал выполнять запрограммированные операции в нужной последовательности. Точно так же управление могло осуществляться с помощью перфокарты или магнитной ленты.

Очевидно, что даже малейшее изменение окружающей обстановки, малейший сбой в технологическом процессе, ведет к нарушению действий такого робота. Однако они обладают и немалыми преимуществами — они дешевы, просты, легко перепрограммируются и вполне могут заменить человека при выполнении тяжелых однообразных операций. Именно на такого типа работах и были впервые применены роботы. Они хорошо справлялись с простыми технологическими повторяющимися операциями: выполняли точечную и дуговую сварку, осуществляли загрузку и разгрузку, обслуживали прессы и штампы. Робот «Юнимейт», например, был создан для автоматизации контактной точечной сварки кузовов легковых автомобилей, а робот типа «SMART» устанавливал колеса на легковые автомобили.

Однако принципиальная невозможность автономного (без вмешательства человека) функционирования роботов первого поколения очень затрудняла их широкое внедрение в производство. Ученые и инженеры настойчиво старались устранить этот недостаток. Результатом их трудов стало создание гораздо более сложных адаптивных роботов второго поколения. Отличительная черта этих роботов состоит в том, что они могут изменять свои действия в зависимости от окружающей обстановки. Так, при изменении параметров объекта манипулирования (его угловой ориентации или местоположения), а также окружающей среды (скажем, при появлении каких-то препятствий на пути движения манипулятора) эти роботы могут соответственно спроектировать свои действия.

Понятно, что, работая в изменяющейся среде, робот должен постоянно получать о ней информацию, иначе он не сможет ориентироваться в окружающем пространстве. В связи с этим адаптивные роботы имеют значительно более сложную, чем роботы первого поколения, систему управления. Эта система распадается на две подсистемы: 1) сенсорную (или очувствления) — в нее входят те устройства, которые собирают информацию о внешней окружающей среде и о местоположении

в пространстве различных частей робота; 2) ЭВМ, которая анализирует эту информацию и в соответствии с ней и заданной программой управляет перемещением робота и его манипулятора.

К сенсорным устройствам относятся тактильные датчики осязания, фотометрические датчики, ультразвуковые, локационные, а также различные системы технического зрения. Последние имеют особенно важное значение. Главная задача технического зрения (собственно «глаза» робота) состоит в том, чтобы преобразовать изображения объектов окружающей среды в электрический сигнал, понятный для ЭВМ. Общий принцип систем технического зрения состоит в том, что с помощью телевизионной камеры в ЭВМ передается информация о рабочем пространстве. ЭВМ сравнивает ее с имеющимися в памяти «моделями» и выбирает соответствующую обстоятельствам программу. На этом пути одна из центральных проблем при создании адаптивных роботов заключалась в том, чтобы научить машину распознавать образы. Из многих объектов робот должен выделить те, которые ему необходимы для выполнения каких-то действий. То есть он должен уметь различать признаки объектов и классифицировать объекты по этим признакам. Это происходит благодаря тому, что робот имеет в памяти прототипы образов нужных объектов и сравнивает с ними те, что попадают в поле его зрения. Обычно задача «узнавания» нужного объекта распадается на несколько более простых задач: робот ищет в окружающей среде нужный предмет путем изменения ориентации своего взгляда, измеряет дальность до объектов наблюдения, автоматически подстраивает чувствительный видеодатчик в соответствие с освещенностью предмета, сравнивает каждый предмете «моделью», которая хранится в его памяти, по нескольким признакам, то есть выделяет контуры, текстуру, цвет и другие признаки. В результате всего этого происходит «узнавание» объекта.

Следующим этапом работы адаптивного робота обычно являются какие-то действия с этим предметом. Робот должен приблизиться к нему, захватить и переставить на другое место, притом не как попало, а определенным образом. Чтобы выполнить все эти сложные манипуляции, одних знаний об окружающей обстановке недостаточно — робот должен точно контролировать каждое свое движение и как бы «ощущать» себя в пространстве. С этой целью кроме сенсорной системы, отражающей внешнюю среду, адаптивный робот оснащается сложной системой внутренней информации: внутренние датчики постоянно передают ЭВМ сообщения о местоположении каждого звена манипулятора. Они как бы дают машине «внутреннее чувство». В качестве таких внутренних датчиков могут использоваться, например, высокоточные потенциометры.

Высокоточный потенциометр представляет собой прибор типа хорошо известного реостата, но отличающийся более высокой точностью. В нем вращающийся контакт не перескакивает с витка на виток, как при смещении ручки обычного реостата, а следует вдоль самих витков провода. Потенциометр крепится внутри манипулятора, так что при повороте одного звена относительно другого подвижный контакт тоже смещается и, следовательно, сопротивление прибора изменяется. Анализируя величину его изменения, ЭВМ судит о местоположении каждого из звеньев манипулятора. Скорость перемещения манипулятора связана со скоростью

вращения электродвигателя в приводе. Имея всю эту информацию, ЭВМ может измерить скорость движения манипулятора и руководить его перемещением.

Каким же образом робот «планирует» свое поведение? В этой способности нет ничего сверхъестественного — «сообразительность» машины всецело зависит от сложности составленной для нее программы. В памяти ЭВМ адаптивного робота обычно заложено столько различных программ, сколько может возникнуть различных ситуаций. Пока ситуация не меняется, робот действует по базовой программе. Когда же внешние датчики сообщают ЭВМ об изменении ситуации, она анализирует ее и выбирает ту программу, которая более соответствует данной ситуации. Имея общую программу «поведения», запас программ для каждой отдельной ситуации, внешнюю информацию об окружающей среде и внутреннюю информацию о состоянии манипулятора, ЭВМ руководит всеми действиями робота.

Первые модели адаптивных роботов появились фактически одновременно с промышленными роботами. Прообразом для них послужил автоматически действующий манипулятор, разработанный в 1961 году американским инженером Эрнстом и названный впоследствии «рукой Эрнста». Этот манипулятор имел захватывающее устройство, снабженное различными датчиками — фотоэлектрическими, тактильными и другими. С помощью этих датчиков, а также управляющей ЭВМ он находил и брал заданные ему произвольно расположенные предметы. В 1969 году в Стэнфордском университете (США) был создан более сложный робот «Шейки». Эта машина также обладала техническим зрением, могла распознавать окружающие предметы и оперировать ими по заданной программе.

Робот приводился в движение с помощью двух шаговых электродвигателей, имеющих независимый привод к колесам на каждой стороне тележки. В верхней части робота, которая могла поворачиваться вокруг вертикальной оси, были установлены телевизионная камера и оптический дальномер. В центре располагался блок управления, который распределял команды, поступающие от ЭВМ к механизмам и устройствам, реализующим соответствующие действия. По периметру устанавливались сенсорные датчики для получения информации о столкновении робота с препятствиями. «Шейки» мог перемещаться по кратчайшему пути в заданное место помещения, вычисляя при этом траекторию таким образом, чтобы избежать столкновения (он воспринимал стены, двери, дверные проемы). ЭВМ из-за своих больших габаритов находилась отдельно от робота. Связь между ними осуществлялась по радио. Робот мог выбирать нужные предметы и перемещать их «толканием» (манипулятора у него не было) в нужное место.

Позже появились другие модели. Например, в 1977 году фирмой «Quasar Industries» был создан робот, который умел подметать полы, вытирать пыль с мебели, работать с пылесосом и удалять растекшуюся по полу воду. В 1982 году фирма «Мицубиси» объявила о создании робота, который был настолько ловок, что мог зажигать сигарету и снимать телефонную трубку. Но самым замечательным был признан созданный в том же году американский робот, который с помощью своих механических

пальцев, камеры-глаза и компьютера-мозга менее чем за четыре минуты собирал кубик Рубика. Серийный выпуск роботов второго поколения начался в конце 70-х годов. Особенно важно то, что их можно успешно использовать на сборочных операциях (например, при сборке пылесосов, будильников и других несложных бытовых приборов) — этот вид работ до сих с большим трудом поддавался автоматизации. Адаптивные роботы стали важной составной частью многих гибких (быстро перестраивающихся на выпуски новой продукции) автоматизированных производств.

Третье поколение роботов — роботы с искусственным интеллектом — пока еще только проектируется. Их основное назначение — целенаправленное поведение в сложной, плохо организованной среде, притом в таких условиях, когда невозможно предусмотреть все варианты ее изменения. Получив какую-то общую задачу, такой робот должен будет сам разработать программу ее выполнения для каждой конкретной ситуации (напомним, что адаптивный робот может лишь выбирать одну из предложенных программ). В случае, если операция не удалась, робот с искусственным интеллектом сможет проанализировать неудачу, составить новую программу и повторить попытку.

97. ОРБИТАЛЬНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

Хотя история космонавтики насчитывает лишь несколько десятилетий, она прошла уже через ряд важных этапов. Начало освоению околоземного пространства положили короткие (продолжавшиеся, как правило, по несколько суток) экспедиции на типовых космических кораблях. Пилотировавшие их космонавты сделали много важных наблюдений и открытий. Но на определенном этапе эти непродолжительные челночные рейсы за атмосферу перестали удовлетворять науку. Космические корабли обладали небольшими размерами и имели много специфических особенностей, которые не позволяли использовать их для долговременных серьезных научных исследований. Чтобы стать в космосе твердой ногой, космонавты должны были разместиться здесь хотя бы с минимальными удобствами и иметь под рукой много разнообразной научной аппаратуры. Таким космическим домом и одновременно космической лабораторией стали первые орбитальные станции. Их появление было важной вехой в истории пилотируемых полетов: вместе с ними на смену героической эпохе первооткрывателей пришла пора будней и трудной каждодневной работы.

Что же такое орбитальная станция? В некотором смысле ее можно считать большим космическим кораблем. К ее надежности предъявляются те же жесткие требования. Здесь функционируют те же системы жизнеобеспечения, что описаны в главе, посвященной космическим кораблям. Но есть у станции и свои особенности. Она не предназначена для возвращения на Землю. Как правило, она не имеет даже своей двигательной установки, поскольку коррекцию ее орбиты производят с помощью двигателей транспортного корабля. Зато на ней гораздо больше научного оборудования, она просторнее и уютнее, чем корабль. Космонавты прилетают сюда надолго — на несколько недель или даже месяцев. На это время станция становится их космическим домом, и для того чтобы сохранять в течение всего полета хорошую работоспособность, они должны чувствовать себя в ней комфортно и спокойно.

Первой в истории орбитальной космической станцией стал советский «Салют», выведенный на орбиту 19 апреля 1971 года. 30 июня того же года к станции пристыковался корабль «Союз-11» с космонавтами Добровольским, Волковым и Пацаевым. Первая (и единственная) вахта продолжалась 24 дня. Затем некоторое время «Салют» находился в автоматическом беспилотном режиме, пока 11 ноября станция не закончила свое существование, сгорев в плотных слоях атмосферы.

За первым «Салютом» последовал второй, затем третий и так далее. В течение десяти лет в космосе одна за другой отработало целое семейство орбитальных станций. Десятки экипажей провели на них множество научных экспериментов. Все «Салюты» представляли собой космические многоцелевые исследовательские лаборатории для продолжительных исследований со сменным экипажем. В отсутствие космонавтов все системы станции управлялись с Земли. Для этого использовались малогабаритные ЭВМ, в память которых были заложены стандартные программы управления операциями полета. Общая длина станции составляла 20 метров, а объем — 100 кубических метров. Масса «Салюта» без транспортного корабля — 18900 кг.

Внутри станция делилась на три отсека, из которых два — переходный и рабочий — были герметическими, а третий — агрегатный — негерметическим. Оба герметических отсека были жилыми. Переходный отсек был выполнен в форме цилиндра диаметром 2 м и имел длину 3 м. В его состав входил стыковочный узел. Переборка с переходным люком-лазом отделяла его от рабочего отсека, который представлял собой комфортабельную лабораторию, приспособленную для отдыха и длительной научной работы. Здесь находилась основная часть исследовательской аппаратуры, а также устройства и агрегаты управления станцией, система жизнеобеспечения, приборы энергопитания и радиосвязи. Отсек имел 15 иллюминаторов и состоял из двух цилиндрических зон, соединенных конической частью. Малый цилиндр имел диаметр 2, 9 м при длине 3, 8 м, а большой цилиндр — диаметр 4, 15 м и длину 4, 1 м. Ширина конической части составляла 1, 2 м. В рабочем отсеке космонавты проводили большую часть своего времени: работали, выполняли физические упражнения, принимали пищу и отдыхали.

В зоне малого диаметра был расположен столик для приема пищи. Здесь же был закреплен бачок с питьевой водой. (Вода в емкостях консервировалась путем добавления ионов серебра; каждый космонавт для питья использовал индивидуальный мундштук, присоединенный к шлангу.) Рядом находился подогреватель пищи. В этой зоне хранились предметы, необходимые космонавтам для проведения досуга: библиотечка, альбом для рисования, магнитофон и кассеты к нему. В зоне большого диаметра по правому и левому борту были расположены спальные места. Они имели устройства, позволяющие зафиксировать тело в любом положении. Тут же находились холодильники с запасами продуктов и баки с водой. На заднем днище этой зоны помещался туалет. Он был отделен от остальной части рабочего отсека и имел принудительную вентиляцию. Для удаления жидких и твердых отходов жизнедеятельности служило специальное ассенизационное устройство. Умывальника и душа на первом «Салюте» не

было. Туалет заключался в обтирании лица и тела специальными гигиеническими салфетками и полотенцами. В конической части был расположен комплекс средств для выполнения физических упражнений и медицинских исследований, в частности — бегущая дорожка. Во время выполнения физических упражнений космонавты одевали специальные костюмы, не допускавшие распространения запаха пота.

Средства ручного управления и контроля основных систем и научной аппаратуры станции были расположены на семи постах. В зоне малого диаметра было четыре поста. Один из них — центральный пост управления станцией. Он был рассчитан для одновременной работы двух человек. Тут находились два кресла, перед которыми был расположен пульт управления. Отсюда можно было управлять двигателями и системой ориентации станции. На шести остальных постах можно было проводить наблюдения и исследования. В станции помещалось много разнообразной аппаратуры, в том числе крупногабаритные телескоп «Орион» и гамма-телескоп «Анна-III» (для исследования космического гамма-излучения).

За рабочим отсеком находился нерабочий агрегатный. В нем размещались двигательные установки, антенны систем радиосвязи, система терморегулирования, телекамера. Радиосвязь с Землей на первом «Салюте» поддерживалась в основном в телефонном режиме. Телевизионная система тоже была, но она требовала много энергии. Система электропитания включала в себя солнечные и аккумуляторные батареи. Первые были жестко закреплены на корпусе станции и для того, чтобы солнечные лучи были перпендикулярны к их плоскости, требовали специальной ориентации на солнце. Кадмий-никелевый аккумулятор работал совместно с солнечной батареей в режиме «заряд-разряд», поскольку около 40% времени на каждом витке станция находилась в тени Земли. Кроме того, на «Салюте» был резервный аккумулятор на случай мощных и больших по продолжительности отдач энергии.

Система терморегулирования состояла из независимых жидкостных контуров охлаждения и обогрева, имевших внутреннюю и наружную магистрали. Избыточное тепло при необходимости излучалось в космос радиатором-охладителем. Если же на станцию, наоборот, требовалось подвести тепло, то оно снималось с радиатора-нагревателя на солнечной стороне. Таким образом в жилых отсеках поддерживалась температура в пределах 15-25 градусов. Система жизнеобеспечения поддерживала необходимый газовый состав, поглощала запахи и пыль, обеспечивала экипаж пищей, водой, удаляла отходы жизнедеятельности. Подача кислорода и поглощение углекислого газа происходили в блоках регенератора. При этом воздух, проходя через высокоактивное химическое вещество, обогащался кислородом и освобождался от углекислого газа, а прогоняясь вентиляторами через фильтры, очищался от пыли и сора. В разных местах станции были размещены газовые анализаторы, которые постоянно контролировали газовый состав.

Вслед за СССР свою орбитальную станцию запустили в космос США. 14 мая 1973 года на орбиту была выведена их станция «Скайлэб» («Небесная лаборатория»). Основой для нее послужила третья ступень ракеты «Сатурн-5», которая использовалась в прежних лунных экспедициях

для разгона корабля «Аполлон» до второй космической скорости. Большой водородный бак был переоборудован при этом в бытовые помещения и лабораторию, а меньший по размерам кислородный бак превращен в контейнер для сбора отходов.

«Скайлэб» включала в себя собственно блок станции, шлюзовую камеру, причальную конструкцию с двумя стыковочными узлами, две солнечные батареи и отдельный комплект астрономических приборов (в его состав входило восемь различных аппаратов и цифровая вычислительная машина). Общая длина станции достигала 25 м, масса — 83 тонны, внутренний свободный объем 360 кубических метров. Для ее выведения на орбиту использовалась мощная ракета-носитель «Сатурн-5», способная поднимать на околоземную орбиту до 130 тонн полезного груза. Собственных двигателей для коррекции орбиты «Скэйлэб» не имела. Ее осуществляли с помощью двигателей космического корабля «Аполлон». Ориентация станции изменялась с помощью трех силовых гироскопов и микродвигателей, работавших на сжатом газе. За время функционирования «Скайлэб» на ней побывали три экипажа.

По сравнению с «Салютом» «Скайлэб» был значительно вместительнее. Длина шлюзовой камеры составляла 5, 2 м, а ее диаметр — 3, 2 м. Здесь в баллонах высокого давления хранились бортовые запасы газов (кислорода и азота). Блок станции имел длину 14, 6 м при диаметре 6, 6 м. Он был разделен на лабораторный и бытовой отсеки. Бытовой отсек в свою очередь делился на четыре помещения для сна, для личной гигиены, для тренировок и экспериментов, для проведения досуга, для приготовления и приема пищи. Высота их составляла 2 м. Помещение для сна было разделено на три спальные кабины по числу астронавтов. В каждой из них было шесть небольших шкафчиков и спальный мешок. Вход в каждую кабину был завешен шторой.

Помещение для гигиены было снабжено умывальником и приемником отходов жизнедеятельности. Умывальник представлял собой закрытую сферу, имевшую два отверстия для рук, снабженные резиновыми заслонками. Здесь же находился душ, отделенный от остального помещения занавеской. Разбрызгиваемые через распылитель капли воды всасывались затем в коллектор потоком воздуха. Каждый астронавт имел свой индивидуальный шкафчик для туалетных принадлежностей. Помещение для отдыха, приготовления и приема пищи имело стол с конфорками для разогревания еды, печку, шкафы и шкафы-холодильники. (Астронавты имели широкий набор замороженных продуктов, включая холодные каши, картофельные салаты, блюда из говяжьей вырезки.) Стол был с трех сторон оборудован тремя индивидуальными кранами для питьевой воды. У каждого астронавта был свой поднос с ячейками для разогрева пищи. Магниты подноса поддерживали нож и вилку. В этом же помещении находились три кресла, магнитофон и книги. В помещении для тренировок и экспериментов размещался велоэргометр. Лабораторный отсек был в два раза больше бытового. Его внутренний диаметр составлял 6, 4 м.

98. ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ

В XX веке человечество было свидетелем огромного скачка в развитии различных видов связи, особенно телефонии, радио и

телевидения. Благодаря им, а также благодаря появлению спутниковой космической системы связи современный человек получил недоступную прежним поколениям возможность связываться с самыми дальними и глухими уголками планеты, видеть, слышать и знать обо всем, что происходит в мире. Однако при всех достоинствах традиционных видов связи каждому из них присущ и целый ряд недостатков, которые становятся все более чувствительными по мере нарастания объемов передаваемой информации. Несмотря на новейшие технологии, позволяющие значительно уплотнить передаваемую по кабелю информацию, магистральные телефонные линии все равно часто оказываются перегруженными. Примерно то же можно сказать о радио и телевидении, в которых информационные сигналы переносятся с помощью электромагнитных волн: все возрастающее количество телеканалов и радиостанций, вещательных и служебных, привело к возникновению взаимных помех, к ситуации, получившей название «тесноты в эфире». Это стало одним из толчков к освоению все более коротковолновых диапазонов радиоволн. Известно: чем короче используемые для вещания волны, тем больше радиостанций без взаимных помех может разместиться в данном диапазоне (это легко видеть, вращая настройку радиоприемника: если на длинных волнах мы можем поймать всего несколько радиостанций, то на коротких и ультракоротких волнах таких радиостанций уже десятки и сотни, они в буквальном смысле слова «сидят на каждом миллиметре»). Другой недостаток традиционных видов связи состоит в том, что для передачи информации вообще невыгодно пользоваться волнами, излучаемыми в свободное пространство. Ведь энергия, приходящаяся на какую-то определенную площадь фронта такой волны, убывает по мере увеличения фронта волны. Для сферической волны (то есть такой, которая распространяется равномерно во все стороны от источника) ослабление обратно пропорционально квадрату расстояния от источника волны до приемника. В результате, в современной радиотехнике тратятся огромные средства на выделение и усиление полезного сигнала. Совсем другая картина была бы в том случае, если бы информация посылалась узким направленным пучком или лучом. Потери при этом были бы намного меньше. Перечисленные недостатки заставляют предположить, что человечество находится на пороге важной революции в системе связи, которая приведет к тому, что в XXI веке основным ее видом станет оптоэлектроника, не имеющая всех этих недостатков. Ожидается, что уже в первые десятилетия наступающего столетия все новые телефонные, телевизионные и вычислительные системы будут соединяться волоконно-оптическими кабелями с использованием в качестве носителя информации лазерного излучения.

Эра современной оптической связи началась в 1960 году после создания первого лазера. Изобретение лазеров вообще породило надежду на быстрое и легкое преодоление проблем «эфирной тесноты». В самом деле, использование микронных волн видимого света для нужд связи вместо сантиметровых и миллиметровых радиоволн создавало возможность почти беспредельно расширить объемы передаваемой информации. Например, система связи на гелий-неоновом лазере имеет полосу пропускания, в которой можно одновременно разместить около

миллиона телевизионных каналов. Однако уже первые опыты развеяли радужные иллюзии. Выяснилось, что земная атмосфера очень активно поглощает и рассеивает оптическое излучение и что лазеры (в том случае, если луч распространяется непосредственно через воздух) могут использоваться для нужд связи лишь на очень небольшом расстоянии (в среднем — не более чем в 1 км) Все попытки преодолеть это затруднение успеха не имели. Так обстояли дела, когда в 1966 году двое японских ученых Као и Хокэма предложили использовать для передачи светового сигнала длинные стеклянные волокна, подобные тем, которые уже использовались в эндоскопии и других областях. Их статья заложила основы волоконно-оптической связи.

На чем же основано действие световодов? Из оптики хорошо известно: если направить световой луч из более плотной среды в менее плотную (например, из воды или стекла в воздух), то значительная часть его отражается обратно от границы двух сред. При этом чем меньше угол падения луча, тем большая часть светового потока окажется отраженной. Путем эксперимента можно подобрать такой пологий угол, при котором отражается весь свет и лишь ничтожная его часть попадает из более плотной среды в менее плотную. Свет при этом оказывается словно заключенным в плотной среде и распространяется в ней, повторяя все ее изгибы. Этот эффект «удержания света» можно наблюдать на примере распространения света внутри струи воды, которую он не может покинуть, постоянно отражаясь от границы воды и воздуха. Точно так же происходит передача светового сигнала по оптическому стеклянному волокну. Войдя внутрь него, световой пучок распространяется в различных направлениях. Лучи, идущие под малым углом к границе двух сред, полностью отражаются от нее. Таким образом, оболочка прочно удерживает их, обеспечивая светонепроницаемый канал для передачи сигнала практически со скоростью света.

В идеальных световодах, изготовленных из абсолютно прозрачного и однородного материала, световые волны должны распространяться не ослабевая, но практически все реальные световоды более или менее сильно поглощают и рассеивают электромагнитные волны из-за своей непрозрачности и неоднородности. (Поглощение внешне проявляется как нагрев световода; рассеяние — это когда часть излучения покидает волокно.) Стекло, которое кажется таким прозрачным в окнах, витринах и биноклях, в действительности оказывается далеко не однородным. Это легко заметить, взглянув через торец листового стекла. При этом сразу становится видна его слабая голубовато-зеленая окраска. Исследования показывают, что эта окраска вызвана небольшим количеством железа и меди, содержащимся в стекле. Даже в самых чистых стеклах, изготавливаемых для астрономических и фотографических объективов, имеется большое количество окрашенных примесей. В первых световодах, изготовленных из такого стекла, потери энергии были очень велики (на 1 м световода терялось более 50% введенного в него света). Однако и при таком качестве удалось создать приборы, позволявшие пропускать свет через изогнутые каналы, наблюдать внутренние поверхности металлических полостей, изучать состояние внутренних органов человеческого тела и т.п. Но для создания магистральных линий связи

такие световоды были малопригодны.

Понадобилось около десятилетия для того, чтобы создать лабораторные образцы волоконных световодов, способных передать на 1 км 1% введенной в них мощности света. Следующей задачей было изготовить из такого волокна световодный кабель, пригодный для практического применения, разработать источники и приемники излучения. Простейший волоконный световод представляет собой тонкую нить из прозрачного диэлектрика. Передаваемые световые волны идут под малыми углами к оси световода и испытывают полное внутреннее отражение от его поверхности. Но использовать такой световод можно только в лаборатории, так как незащищенная поверхность стекла в обычных условиях постепенно покрывается пылинками, на ней развивается множество дефектов: микротрещин, неровностей, которые нарушают условия полного внутреннего отражения света внутри волокна, очень сильно поглощают и рассеивают лучи. Существенные дополнительные потери возникают в местах контакта световода с опорами, поддерживающими незащищенный кабель.

Радикальное изменение ситуации было связано с созданием двухслойных световодов. Такие световоды состояли из световодной жилы, заключенной в прозрачную оболочку, показатель преломления которой был меньше, чем показатель преломления жилы. Если толщина прозрачной оболочки превосходит несколько длин волн передаваемого светового сигнала, то ни пыль, ни свойства среды вне этой оболочки не оказывают существенного влияния на процесс распространения световой волны в двухслойном световоде. Эти световоды можно покрывать полимерной оболочкой и превращать их в световедущий кабель, пригодный для практического применения. Но для этого необходимо создать высокое совершенство границы между жилой и прозрачной оболочкой. Наиболее простая технология изготовления световода состоит в том, что стеклянный стержень-сердцевина вставляется в плотно подогнанную стеклянную трубку с меньшим показателем преломления. Затем эта конструкция нагревается.

В 1970 году фирма «Корнинг гласс» впервые разработала стеклянные световоды, пригодные для передачи светового сигнала на большие расстояния. А к середине 70-х годов были созданы световоды из сверхчистого кварцевого стекла, интенсивность света в которых уменьшалась вдвое лишь на расстоянии 6 км. (Насколько прозрачно такое стекло, видно из следующего примера: если представить себе, что в окно вставлено сверхчистое оптическое стекло толщиной 10 км, то оно будет пропускать свет так же хорошо, как обычное оконное стекло сантиметровой толщины!)

Кроме световода волоконно-оптическая система связи включает в себя блок оптического передатчика (в котором электрические сигналы, поступающие на вход системы, преобразуются в оптические импульсы) и блок оптического приемника (принимающего оптические сигналы и преобразующего их в электрические импульсы). Если линия имеет большую протяженность, на ней действуют также ретрансляторы — они принимают и усиливают передаваемые сигналы. В устройствах для ввода излучения в волоконные световоды широко применяются линзы, которые имеют очень

маленький диаметр и фокусное расстояние порядка сотен и десятков микрон. Источники излучения могут быть двух типов: лазеры и светоизлучающие диоды, которые работают как генераторы несущей волны. Передаваемый сигнал (это может быть телевизионная передача, телефонный разговор и пр.) модулируется и накладывается на несущую волну точно так же, как это имеет место в радиотехнике.

Однако гораздо эффективнее передавать информацию в цифровом виде. При этом опять-таки совершенно неважно, какая информация передается таким образом: телефонный разговор, печатный текст, музыка, телевизионная передача или изображение картины. Первым шагом для преобразования сигнала в цифровую форму является определение его значений через определенные интервалы времени — этот процесс называется дискретизацией сигнала по времени. Доказано (и математически, и практически), что если интервал Т, по крайней мере, в 2 раза меньше наивысшей частоты, содержащейся в спектре передаваемого сигнала, то этот сигнал может быть в дальнейшем восстановлен из дискретной формы без всяких искажений. То есть вместо непрерывного сигнала без ущерба для передаваемой информации можно подавать набор очень коротких импульсов, отличающихся друг от друга только своей амплитудой. Но нет необходимости передавать эти импульсы именно в таком виде. Поскольку все они имеют одинаковый вид и сдвинуты друг относительно друга на один и тот же временный интервал Т, то можно передавать не весь сигнал, а лишь значение его амплитуды. В нашем примере разбивка по амплитуде идет на восемь уровней. Это означает, что значение каждого импульса можно интерпретировать как число в двоичном коде. Значение этого числа и передается по линии связи. Поскольку для передачи каждого двоичного числа необходимы всего две цифры — 0 и 1, то она очень упрощается: 0 соответствует отсутствию сигнала, а 1 — его наличию. На передачу каждой цифры в нашем примере идет время в 1/3 Т. Восстановление переданного сигнала происходит в обратном порядке. Подача сигнала в цифровом виде очень удобна, так как фактически исключает всякие искажения и помехи.

Оптическая система связи пока еще относительно дорога, что сдерживает ее широкое распространение, но нет сомнения, что это лишь временное препятствие. Достоинства и преимущества ее настолько очевидны, что она непременно должна получить в будущем повсеместное применение. Прежде всего, волоконно-оптические кабели очень устойчивы к помехам и имеют малый вес. При освоении технологии их массового производства они могут оказаться гораздо дешевле используемых сейчас электрических кабелей, поскольку сырье для них уже сейчас намного дешевле. Но самое важное их достоинство состоит в том, что они имеют огромную пропускную способность — в единицу времени через них можно пропускать такие громадные объемы информации, какие невозможно передать ни одним из известных сейчас способов связи. Все эти качества должны обеспечить волоконно-оптическим линиям связи многогранное применение прежде всего в блоках ЭВМ (уже накоплен большой опыт создания микросхем, в которых используются микроскопические световоды; быстродействие таких микросхем примерно в 1000 раз больше, чем у обычных), в кабельном телевидении; затем произойдет замена

телефонных кабелей на магистральных линиях и создание телевизионных кабелей; в перспективе ожидается объединение всех этих сетей в единую информационную сеть.

Во многих развитых странах (и прежде всего в США) уже сейчас многие телефонные линии связи заменены световодами. Практикуется создание городских оптико-волоконных сетей. Так, в 1976 году городская цифровая волоконно-оптическая телефонная система связи была установлена в крупном американском городе Атланте.

99. ПЕРСОНАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР

Компьютер в наши дни занял такое же место, как телефон, автомобиль и телевизор. Но, по-видимому, это только первые предвестники тотальной эры компьютеризации, которая грядет в ближайшие десятилетия. Во всех отношениях компьютер представляет собой явление совершенно неординарное. Пожалуй, ни одно другое технологическое изобретение до него не проявляло себя так бурно, не развивалось так стремительно и не пронизывало так многогранно все сферы нашей жизни. Компьютеры уже стали незаменимы в делопроизводстве, в бизнесе, в военном деле, в науке, технике и в сотнях других видах профессиональной деятельности. Они стремительно прививаются в сферах искусства, политики и спорта. Огромно значение, которое компьютеры успели занять в частной жизни людей, в их отдыхе и взаимном общении. Но все это, быть может, служит только подготовкой или первым предвестником грандиозной информационной революции, которая грядет в ближайшие десятилетия. Потому что именно компьютер должен будет сыграть роль того магического ключика, того волшебного окошка, с помощью которого каждый отдельный индивид через глобальные компьютерные сети сможет получить доступ ко всем богатствам накопленной человечеством информации.

Хотя в наше время вычислительные операции далеко не главная и уж во всяком случае не единственная сфера применения компьютера, исторически он обязан своим возникновением именно развитию вычислительной техники. ЭВМ первого поколения, эти жесткие и тихоходные вычислители, были пионерами компьютерной техники. Как мы помним, они довольно быстро сошли со сцены, так и не найдя широкого коммерческого применения из-за ненадежности, высокой стоимости и трудного программирования. Им на смену пришли ЭВМ второго поколения. Элементной базой этих машин стали полупроводники. Скорости переключения уже у первых несовершенных транзисторов были в сотни раз выше, чем у вакуумных ламп, надежность и экономичность — также на несколько порядков выше. Это сразу расширило сферу применения ЭВМ. Появилась возможность устанавливать их на кораблях и самолетах. Спрос на ЭВМ быстро рос. Первые серийные ЭВМ на транзисторах появились в 1958 году одновременно в США, ФРГ и Японии. В 1962 году начался массовый выпуск интегральных микросхем, но уже в 1961 году была создана экспериментальная ЭВМ на 587 микросхемах. В 1964 году фирма IBM наладила выпуск машин IBM-360 — первой массовой серии ЭВМ на интегральных элементах. Впервые тогда сделалось возможным связывать машины в комплексы и без всяких переделок переносить программы, написанные для одной ЭВМ, на любую другую из этой серии. Так была осуществлена стандартизация аппаратного и программного обеспечения

ЭВМ. Всего в серию входило 9 машин разного уровня сложности с временем выполнения операции сложения от 206 до 0, 18 микросекунды. За несколько лет было реализовано 19 тысяч компьютеров этой серии разных классов. Из этого можно заключить, что с появлением машин третьего поколения спрос на ЭВМ вырос еще больше. Их стали приобретать многие промышленные и торговые фирмы. Созданные в 1971 году микропроцессоры фирмы «Интел» имели чрезвычайный коммерческий успех, так как при небольшой стоимости обеспечивали решение достаточно большого круга оперативных задач. В 1976 году появились первые машины четвертого поколения на больших интегральных схемах — американские «Крэй-1» и «Крэй-2» с быстродействием 100 миллионов операций в секунду. Они содержали около 300 тысяч чипов (микросхем).

Так в двух словах выглядела предыстория персонального компьютера. Возникновения этого типа машин никто не планировал. Он свалился, образно говоря, как снег на голову. Все началось в том же 1976 году, когда два предприимчивых двадцатилетних американских техника, не имевшие специального образования, Стефан Возняк и Стив Джобс, создали в примитивной мастерской, расположенной в обыкновенном гараже, первый маленький, но многообещающий персональный компьютер. Он получил название «Эппл» («Яблоко») и первоначально предназначался для видеоигр, хотя имел также возможности для программирования. Позднее Джобс основал фирму «Эппл компьютер», которая впервые наладила массовое производства персональных компьютеров. Спрос на них превысил всякие ожидания. В короткое время фирма Джобса превратилась в крупное и процветающее предприятие. Это заставило и другие фирмы обратить внимание на рынок персональных компьютеров. В продаже появилось множество моделей «персоналок» самых разных концепций. В 1981 году свой первый персональный компьютер IBM PC выпустила фирма IBM. Успех его во всем мире был огромным, чему в немалой степени способствовал очень хороший 16-разрядный микропроцессор Intel-8088 и великолепно разработанное программное обеспечение фирмы «Microsoft». Следующая модель PC/XT, выпущенная в 1983 году, имела оперативную память 640 Кб, жесткий диск и высокое быстродействие. В 1986 году появилась еще более совершенная модель PC/AT на базе микропроцессора Intel-80286. К концу десятилетия компьютеры фирмы IBM стали самыми массовыми и популярными.

Что же представляет собой персональный компьютер? Независимо от сложности компьютера его структурная схема может быть разделена на три больших отдела: память, процессор и периферийное оборудование. Память служит для запоминания чисел и логических команд (которые тоже хранятся в ней в числовом коде) и работает в постоянной связи с процессором, а когда надо — подключается к периферийным устройствам. Физически память делится на отдельные условные ячейки, в каждой из которых размещается ровно одно число фиксированной длины. Машинная ячейка характеризуется некой микроструктурой, определяющей, сколько двоичных единиц информации (битов) можно в нее записать. Биту соответствует один двоичный разряд ячейки. Эта часть ячейки, как уже говорилось, может находиться в одном из двух состояний — им соответствуют условные значения «нуль» и «единица». Восемь бит

образуют более крупную единицу информации — байт, с помощью которой можно представить в памяти одну букву алфавита, цифру десятичной системы, а также любой знак препинания или какой-нибудь другой символ. Каждой ячейке присваивается адрес, зная который можно добраться до нее, занести в нее число или считать его из ячейки. В ячейках памяти также хранится программа, состоящая из совокупности команд — элементарных предписаний того, что должна делать машина во время каждого рабочего такта. Наконец, память используется для хранения промежуточных результатов решения задачи. Работу памяти характеризуют два показателя: емкость (то есть сколько в ней можно разместить закодированных в двоичной форме чисел) и быстродействие (то есть как быстро можно эти числа записать в память и вновь извлечь оттуда). Быстродействие памяти зависит от скорости переключения каждой ячейки из одного состояния в другое.

Объем памяти и ее быстродействие, вообще говоря, находятся в противоречии друг к другу. При прочих равных условиях — чем больше память, тем меньше ее быстродействие, а чем больше быстродействие — тем меньше память. Поэтому в современных компьютерах память организуется в виде многоярусной структуры. Обычно различают память основную и внешнюю. Основная память в свою очередь состоит из двух частей: оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) и постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). Первый, самый высший уровень, образуется оперативной памятью, непосредственно связанной с процессором. В оперативном запоминающем устройстве достигается минимальное время доступа к хранящимся в памяти данным. Второй эшелон памяти — постоянное запоминающее устройство — подключается к ОЗУ в случае его перегрузки. Оно служит как бы «быстрым справочником», к которому микропроцессор время от времени обращается за нужной информацией, или прикладными программами. Скорость его на несколько порядков ниже, чем в ОЗУ, но зато оно обладает гораздо большим объемом. Кроме того, при выключении компьютера информация из него не стирается.

К внешней памяти относят различные устройства, способные хранить большие объемы информации. Это накопители на магнитных дисках, магнитные ленты и т.п. Их быстродействие может быть еще на несколько порядков ниже, чем в устройствах основной памяти, но зато они могут обладать огромной емкостью — в несколько миллионов или миллиардов байт. Первоначально устройством внешней памяти компьютера служил обычный кассетный магнитофон. Сейчас чаще употребляются дискеты (мягкие магнитные диски, напоминающие небольшую пластинку, заключенную в специальный конверт; их емкость около 1-1, 4 Мбайт). Информация из памяти компьютера на дискету и с дискеты в память компьютера списывается с помощью дисковода — специального устройства ввода-вывода данных. На одной магнитофонной кассете можно записать примерно столько же информации, сколько на дискете, однако время обращения к какой-нибудь программе или элементу данных для накопителей на магнитных лентах значительно дольше, чем для накопителя на магнитных дисках. Это и понятно, поскольку информация на ленте записывается в виде одной длинной последовательности битов и для

считывания нужной информации нужно перематывать всю ленту. Сейчас в качестве устройства внешней памяти широкое распространение получили винчестеры (или жесткие диски). Их емкость очень велика (один диск может сохранять миллионы страниц печатного текста), но при этом они обладают большим быстродействием. Большая скорость достигается за счет того, что винчестер заключен в вакуум и вращается на маленьких подшипниках. В основе его — жесткая алюминиевая пластина с магнитным покрытием.

Важнейшим блоком любой ЭВМ является процессор. Его роль играет в компьютере микропроцессор — интегральная схема на кристалле кремния. В микропроцессоре реализована сложнейшая логическая схема, которую можно считать «сердцем и мозгом» машины. Само название блока говорит о его активных функциях. И действительно, процессор занимается переработкой в соответствии с программой той информации, которая содержится в памяти. В каждый рабочий такт процессор выполняет одну логическую или вычислительную операцию. Основу процессора составляют логические схемы: устройство управления, арифметическо-логическое устройство и регистры. Устройство управления руководит работой всех компонентов компьютера; на вход этой схемы поступают из памяти коды команд, которые преобразуются в набор управляющих импульсов, рассылаемых в нужные точки схемы компьютера. Работу управляющего устройства можно уподобить действиям дирижера в оркестре, который, руководствуясь нотами музыкального произведения, с помощью дирижерской палочки указывает группам музыкантов и отдельным музыкантам моменты начала и окончания частей исполняемого музыкального произведения. Арифметико-логическое устройство предназначено для исполнения арифметических и логических операций. Регистры — это электронные цифровые устройства для временного запоминания информации в форме двоичного числа. Если регистр может одновременно хранить 8 битов (восемь двоичных знаков) его называют восьмиразрядным. Если их 16 шестнадцатиразрядным и т.д. Регистры специализированы по своим функциям. Одни предназначены только для хранения информации, другие выступают как счетчики выполняемых команд, третьи служат для запоминания адресов выполняемых команд и т.д.

Периферийное оборудование компьютера — это большое семейство простых и сложных устройств, основное значение которых сводится к обеспечению связи компьютера с внешним миром. Прежде всего, компьютер должен быть наделен возможностями восприятия информации. Этим занимаются устройства ввода данных. Главным устройством ввода информации является клавиатура. Она содержит алфавитно-цифровые клавиши для ввода чисел и текстов, а также клавиши для управления курсором, переключения режимов и регистров и для других целей. Клавиши на клавиатуре расположены почти так же, как на пишущей машинке.

Основным устройством для отображения информации служит дисплей, или монитор. Большинство современных дисплеев имеет в основе своей конструкции электронно-лучевую трубку и по устройству похожи на телевизор. В современных компьютерах очень большое значение в диалоге

пользователя с компьютером отводиться мыши. Мышь представляет собой небольшое устройство, скользящее по плоской поверхности. Относительные координаты ее перемещения передаются в компьютер и обрабатываются таким образом, чтобы управлять движениями на экране дисплея специально выделенного маркера, который называется курсором. Этот способ выбора позиции и указания объектов на экране очень удобен. При такой организации диалога на экране отображается несколько заранее составленных версий команд. Указывая курсором на одну из них, пользователь дает команду. Таким образом, на компьютере может успешно работать человек, не имеющий даже отдаленного понятия о программировании.

Наиболее широко встречающимся устройством вывода данных является печатающее устройство, или принтер. Но им может быть также и графопостроитель (плоттер) для вывода графиков и чертежей. Наиболее широко до недавнего времени были распространены матричные принтеры. В них изображение отдельных знаков строится на матрице размером 9 на 9 точек и формируется ударами через красящую ленту тончайших стержней. Число стержней обычно равно 9, так что точки в пределах их матрицы соприкасаются, образуя непрерывные линии. На этих принтерах легко создавать произвольные шрифты, а также выводить любые графические изображения. Более высокое качество печати дают струйные принтеры, которые допускают несколько уровней яркости и цветную печать. Принцип действия таких принтеров основан на том, что управлением программы из перемещающегося по горизонтали сопла на бумагу выбрасываются мельчайшие капельки чернил, формируя необходимое изображение.

Как и для любой ЭВМ необходимой и составной частью компьютера является его программное обеспечение. Без соответствующей программы на нем практически невозможно работать. Важнейшим классом программ каждого компьютера следует считать его операционную систему, которая осуществляет поддержку работы всех остальных программ, обеспечивает их взаимодействие с аппаратурой и предоставляет пользователю возможность общего управления компьютером. Эта система преобразует команды и действия, выполняемые человеком за компьютером, в длинные наборы коротких и простых команд, понятных компьютеру. Операционных систем не так много. В 1974 году была разработана система CP/M, положившая начало созданию операционных систем для персональных 8-разрядных компьютеров.

Успех этой системы объяснялся ее предельной простотой и компактностью, а также тем, что она требовала очень мало памяти. В 1981 году одновременно с компьютерами IBM PC появилась операционная система MS-DOS — дисковая операционная система фирмы «Microsoft», которая стала главной операционной системой для 16-разрядных компьютеров. В настоящее время для этой системы создано колоссальное количество прикладных программ.

Машинная программа как бы определяет профессию компьютера в данный момент. А поскольку память компьютера можно в считанные секунды очистить от старой информации и программы и так же быстро заменить их новой программой и данными, то компьютер, как в сказке, превращается на наших глазах из феноменального вычислителя в

шахматиста, бухгалтера или секретаря-машинистку. Прикладные программы обычно обращены к человеку, который сам не разрабатывает программ (и часто даже не имеет понятия о том, как это делается), а только использует их для решения своих конкретных задач. Так, например, различные редакторы создают максимальные удобства для работы с текстами. При этом пользователь может вызывать на экран дисплея различные документы и работать с ними как на печатной машинке. Но при этом возможности и удобства работы несравненно возрастают. Пользователь, например, может произвольно задавать размер листа, размеры полей и отступов, выбирать самый разнообразный шрифт, выделять, переставлять и убирать части текста, править и вносить изменения, автоматически проверять орфографию и пунктуацию, обращаться к различным словарям (которые находятся в памяти компьютера), вставлять иллюстрации и т.д. и т.п. Он может вызвать сразу несколько документов и работать с ними одновременно, перенося данные из одного в другой. Наряду с редактором есть множество прикладных программ, ориентированных на узких специалистов. Они позволяют делать экономические и математические расчеты, писать музыку, рисовать, играть и т.д.

100. ИНТЕРНЕТ

В истории человечества насчитывается три информационные революции: первая была вызвана изобретением письменности, вторая — книгопечатанием. Сейчас мы находимся в начале третьей информационной революции, которая в перспективе должна качественно изменить все условия жизни человека. Она связанна с появлением глобальной информационной компьютерной сети Интернет, по праву считающейся одним из самых впечатляющих созданий современной техники. Эта сеть образовалось буквально на наших глазах в течение двух последних десятилетий XX века путем объединения множества локальных и территориальных компьютерных сетей.

Самые первые локальные вычислительные сети появились в 60-х годах. Каждая из них представляла собой систему вычислительных машин какой-нибудь организации или фирмы, расположенных в одном или нескольких близлежащих зданиях и соединенных с помощью специальных кабелей, позволяющих им обмениваться информацией. Территориальные вычислительные сети стали дальнейшим развитием локальных сетей. Это была совокупность нескольких локальных сетей, соединенных друг с другом. Используя их, можно было получать и посылать информацию за пределы своей системы. Глобальная сеть Интернет стала логическим завершением этого процесса. Она связала в единую систему десятки тысяч частных, коммерческих, академических, государственных и других информационных сетей по всему миру, то есть в полном смысле слова стала сетью компьютерных сетей.

Начало существованию Интернета положило в январе 1969 года правительство США. В этом году группа ученых (их работу финансировало Управление перспективных исследований (ARPA), которое являлось подразделением Министерства обороны США) объединило в единую систему несколько компьютеров — хранителей стратегически важной информации. Для правительства США эта система была удобна тем, что

гарантировала бесперебойную работу компьютеров даже в случае ядерной войны. Система ARPANET поначалу только связывала научных работников с удаленными компьютерными центрами. Но вскоре выяснилось, что она может служить чрезвычайно удобным способом посылать электронную почту и обмениваться информацией. К 1980 году по примеру ARPANET было создано несколько других национальных компьютерных сетей, соединяющих различные общества, группы и организации (например, CSNET объединяющая исследователей в области вычислительной техники и программирования). В 1983 году ARPANET разделилась на две сети — ARPANET и MULNET.

Система MULNET была зарезервирована для военного использования, в то время как ARPANET стала использоваться для мирных и научных целей. Была предусмотрена система обмена информацией между ними. Это объединение получило название Интернет. Поначалу все национальные компьютерные сети в США существовали отдельно друг от друга, но постепенно их одну за другой подсоединили к Интернету. Наконец в 1986 году Национальный научный фонд США связал ученых всей страны с пятью суперкомпьютерами, расположенными в различных научных центрах. Высокоскоростные компьютерные сети, соединяющие эти суперкомпьютеры, образовали базовую сеть под именем NSFNet. Она стала как бы позвоночником, основой и главной частью той глобальной компьютерной сети, которая сейчас известна как Интернет. В последующее десятилетие, по мере присоединения к этой сети множества других региональных и национальных компьютерных сетей, Интернет превратился в грандиозную систему, охватывающую весь земной шар.

Сперва Интернетом пользовались только специалисты, но постепенно круг пользователей Сетью значительно расширился, и в настоящее время к его услугам обращаются люди самых разных профессий. Это домохозяйки, адвокаты, писатели, спортсмены, полицейские, садовники, повара, бизнесмены, студенты и т.д. Их интерес к Интернету объясняется тем, что он действительно может предоставить информацию, необходимую и интересную каждому. Интернет предоставляет множество различных услуг, таких как возможность доступа к различным банкам данных, поиск библиотечной информации, использование электронной почты и т.д. Подключившись к Интернету, каждый пользователь получает быстрый доступ к громадным информационным ресурсам, накопленным человечеством. Он может просмотреть каталоги крупнейших библиотек мира, узнать свежие новости, получать копии различных документов, обсуждать волнующие его вопросы, налаживать контакты с коллегами по науке и бизнесу. Он может получать и пересылать сообщения из любого уголка мира, читать новости и сообщения, посвященные тысячам разных тем, находить любые документы, книги, фотографии, аудиозаписи и фильмы, знакомиться с новыми людьми, узнавать цены на интересующие его товары и многое другое. Допустим, ему необходима какая-то программа для компьютера — можно связаться с каким-нибудь университетом и скопировать программу с их компьютера. Можно связаться с любым музеем, чтобы получить данные о каком-нибудь экспонате. Можно подключиться к удаленной библиотеке. Можно получить официальные сводки, бюллетени, коммюнике и обзоры различных общественных и

государственных организаций. Можно подписаться на одну из многочисленных программ новостей и получать самые свежие сообщения — еще прежде, чем они попадут на телевидение или в газеты. Однако наиболее популярным приложением Интернета в настоящее время остается электронная почта, поскольку сейчас это самый быстрый, экономичный и простой способ пересылки информации между людьми — по цене ниже почтовой марки. То, что введено в банк данных в одной точке Земного шара, в другой через несколько секунд может быть прочитано и введено в печать. Причем сообщения могут содержать не только текст, но также рисунки, фотографии, аудио — и видеозаписи, документы и программы.

Для того чтобы подсоединиться к Интернету, необходимы три вещи: компьютер, телефон и модем. Модем — это «перевозчик» информации между компьютером и телефонной станцией. Он нужен потому, что телефон и компьютер передают данные двумя несовместимыми способами. Компьютер «разговаривает» цифрами, то есть хранит и манипулирует информацией, представленной в виде чисел. Телефонная сеть работает на аналоговых сигналах, которые на экране осциллографа представляются в виде волн. Когда один компьютер передает данные другому компьютеру через телефонную сеть, модем преобразует компьютерные числа в электрический сигнал. И наоборот, когда информация по телефону достигает модема, он преобразует ее в цифровую форму, понятную для компьютера. Так же как компьютер, к которому он подключен, модем бесполезен без программ, управляющих его работой.

Физически базовая сеть представляет собой огромное количество компьютеров, связанных между собой кабелями и способных обмениваться данными. Линии передачи информации могут быть самыми разными это волоконно-оптические и телефонные кабели, микроволновые или спутниковые системы связи. Как правило, персональные компьютеры отдельных пользователей не выходят прямо в базовую сеть, а присоединяются к специальному узловому компьютеру, который принадлежит организации или частной компании и называется файловым сервером. Он выполняет три функции: 1) на нем хранятся часто используемые программы, а также другая интересная информация, которую можно получить; 2) он играет роль диспетчера — принимает информацию, которую отдельные пользователи желают передать своему адресату, и пересылает ее к нему; 3) он служит как бы шлюзом к другим компьютерным сетям. Таким узловым компьютером может стать, например, компьютер колледжа, подсоединяющий к Интернету компьютеры факультетов, преподавателей или студентов. (В 1994 г. в Интернете насчитывалось уже 5 миллионов узловых компьютеров, причем только в США их было более 2 миллионов; к этому времени глобальная Сеть объединяла около 55 миллионов пользователей во всем мире.) Каждый узловой компьютер и персональный компьютер пользователя получают в Интернете свой адрес. Адрес включает не менее двух частей: собственный адрес пользователя и адрес узлового компьютера (последний имеет более сложную структуру и включает в себя, например, название страны, название территориальной сети в этой стране и собственный адрес узлового компьютера). В сущности, непосредственно подключиться в

Интернет может и простой пользователь — для этого достаточно иметь высокоскоростной модем, но это подключение стоит дорого (несколько тысяч долларов) и ежемесячная плата тоже очень велика (порядка тысячи долларов). Поэтому обычно это не практикуется, к тому же круглосуточный доступ в Интернет, как правило, обычному пользователю не нужен.

Данные перемещаются по Интернету следующим образом: из персонального компьютера отдельного пользователя они попадают в локальную или территориальную сеть, из нее — в базовую сеть Интернета и по ней переносятся в любую точку мира, затем передаются в местную территориальную сеть и наконец опять в компьютер отдельного пользователя. Как на автомагистралях, так и в линиях, используемых для передачи цифровой информации от одного компьютера к другому, существуют ограничения скорости. Эта скорость передачи информации называется полосой пропускания. Линии с широкой полосой пропускания передают в единицу времени больше информации, чем линии с узкой полосой пропускания. Вообще компьютерные линии передают информацию со скоростью сотен тысяч и миллионов бит в секунду, а наиболее современные приблизились к скорости в миллиард бит в секунду.

ХРОНОЛОГИЯ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ, ОПИСАННЫХ ИЛИ УПОМЯНУТЫХ В КНИГЕ

Ок. 800000 г. до Р.Х.

— Первые ручные рубила, изготовленные ударной техникой.

Ок. 500000 г. до Р.Х.

— Начало использования огня.

Ок. 150000 г. до Р.Х.

— Ручные рубила, изготовленные контрударной техникой (с помощью колотушки и отбойника).

Ок. 100000 г. до Р.Х.

— Первые составные орудия, изобретение рукоятки.

Ок. 50000 г. до Р.Х.

— Появление отжимной техники обработки камня.

Ок. 40000 г. до Р.Х.

— Искусственное добывание огня.

Ок. 12000 г. до Р.Х.

— Появление вкладышевых инструментов.

— Лук и стрелы.

Ок. 10000 г. до Р.Х.

— Весло и лодка.

Ок. 8000 г. до Р.Х.

— Начало мотыжного земледелия.

Ок. 6000 г. до Р.Х.

— Пиление, сверление и шлифовка камня.

Ок. 5000 г. до Р.Х.

— Прялка и ткацкий станок.

— Парус и корабль с двуногой мачтой.

Ок. 4000 г. до Р.Х.

— Колесо. Первые повозки.

— Гончарный круг.

— Металлургия меди.

— Пиктографическое письмо.
Ок. 3000 г. до Р.Х.
— Идеографическое письмо.
— Килевое финикийское судно.
— Плуг.
Ок. 2500 г. до Р.Х.
— Корабль с одноногой мачтой.
— Первые линзы из хрусталя.
Ок. 2000 г. до Р.Х.
— Колесо со ступицей. Повозки с неподвижной осью.
— Слоговое письмо.
— Металлургия бронзы.
Ок. 1000 г. до Р.Х.
— Буквенно-звуковое письмо.
— Металлургия железа.
— Ручная мельница.
— Начало оспопрививания в Китае.
Ок. 700 г. до Р.Х.
— Трирема.
Ок. 600 г. до Р.Х.
— Фалес экспериментирует с наэлектризованным янтарем.
Ок. 450 г. до Р.Х.
— Стеклянные линзы.
Ок. 300 г. до Р.Х.
— Водяная мельница.
— Первые описания компаса.
Ок. 100 г. до Р.Х.
— Римский колесный плуг с ножом и отвалом.
— Ручная прялка.
— Двухцилиндровый поршневой насос Ктесибия.
105 г.
— Бумага Цой Луня из старых сетей.
Ок. 300 г.
— Бумага из растительного сырья.
Ок. 350 г.
— Введен в употребление носовой парус-артемон.
527 г.
— Идея использовать гребное колесо для передвижения судов.
Ок. 600 г.
— Описание свойств селитры.
Ок. 650 г.
— Открытие пороха Сунь Сы-мяо.
Ок. 700 г.
— Штамповка рисунков на тканях.
Ок. 800 г.
— Косой парус.
996 г.
— Башенные часы Герберта в Магдебурге.

Ок. 1000 г.
— Компас с плавающей стрелкой.
1132 г.
— Хацян (пороховой огнемет) Чэнь Гуя.
Ок. 1150 г.
— Первые нефы и когги.
Ок. 1200 г.
— Первые штукофены.
— Тухоцян (бамбуковое ружье).
— Первые кулачковые молоты с приводом от водяного колеса.
1220 г.
— Рецепт пороха Марка Грека.
1232 г.
— Первое известие о применении боевых ракет в Китае.
1285 г.
— Очки Сальвино Армата.
Ок. 1300 г.
— Первые башенные часы.
1302 г.
— Усовершенствованный компас Флавио Джойи с картушкой.
1319 г.
— Опыты с порохом Бертольда Шварца.
Ок. 1320 г.
— Первые артиллерийские орудия, стрелявшие каменными ядрами.
Ок. 1350 г.
— Многомачтовые корабли.
— Руль.
Ок. 1400 г.
— Меха с приводом от водяного колеса.
— Блауофены.
— Чугунные ядра и литые чугунные пушки.
— Первые каравеллы.
— Первые книги, напечатанные с досок.
Ок. 1440 г.
— Печатный станок Гутенберга.
Ок. 1450 г.
— Первые пружинные часы.
— Колесные лафеты для пушек.
— Дробление парусов.
1480 г.
— Ружье Цольнера с прямой нарезкой.
1492 г.
— Экспедиция Колумба на трех каравеллах пересекает Атлантический океан и достигает берегов Америки.
Ок. 1500 г.
— Первые доменные печи.
— Мушкет с фитильным замком.
Ок. 1512 г.

— Ребодекон — скорострельная установка из нескольких мушкетов.
1516 г.
— Печатание цветных иллюстраций Уго да Карпи.
Ок. 1530 г.
— Самопрялка Юргенса.
1541 г.
— Первое упоминание о использовании деревянных рельс в горном деле.
1550 г.
— Камера-обскура Кардана с линзой.
1556 г.
— Книга Фабрициуса, в которой описаны его опыты с хлористым серебром.
Ок. 1600 г.
— Зрительная труба Мециуса.
— Простой микроскоп Янсена.
1609 г.
— Телескоп Галилея.
Ок. 1610 г.
— Сложный микроскоп Дребеля.
1619 г.
— Додлей при плавке железа применяет каменный уголь.
Ок. 1630 г.
— Первые винтовки.
1640 г.
— Экипаж Блаунта со стальными С-образными рессорами.
1645 г.
— Суммирующая машина Паскаля.
1646 г.
— Работа Кирхера «Великое искусство света и теней», в которой описано действие магического фонаря.
1657 г.
— Механические часы с маятником Гюйгенса.
1663 г.
— Трехлинзовый микроскоп Гука.
— Трактат Паскаля о равновесии жидкостей.
1669 г.
— Бранд открывает фосфор.
1672 г.
— Рефлектор Ньютона.
1674 г.
— Балансир Гюйгенса для пружинных часов.
1676 г.
— Якорно-анкерный спуск Клемента.
1690 г.
— Паровой двигатель Папена.
1694 г.
— Арифмометр Лейбница.

1695 г.
— Цилиндрический спуск для пружинных часов Томпиона.
Ок. 1700 г.
— Первые прививки натуральной оспы в Европе.
1701 г.
— В книге Ш. Плюме описан способ нарезки винтов с помощью примитивного суппорта.
1702 г.
— Паровой двигатель Севери.
1703 г.
— Трактат Лейбница о двоичной системе счисления.
1711 г.
— Паровая машина Ньюкомена.
1718 г.
— Распределительный механизм Бейтона для машины Ньюкомена.
1727 г.
— Опыты Шульца с азотнокислым серебром.
1735 г.
— Открытие кокса Дерби.
1738 г.
— Капитальный труд Бернулли «Гидродинамика».
1741 г.
— Прядильная машина Уайта с вытяжными валиками.
1745 г.
— Первый конденсатор («лейденская банка») Машенбрука иКлейста.
1748 г.
— Кардный цилиндр Уайта.
1750 г.
— Реакционное колесо Сегнера.
1750— 1754 гг.
— Цикл работ Эйлера, посвященных колесу Сегнера. Первое исследование по теории гидротурбин.
1764 г.
— Прядильная машина Харгривса.
1765 г.
— Первая экспериментальная модель паровой машины Уатта.
1766 г.
— Кавендиш открывает водород.
1768 г.
— Первая действующая паровая машина Уатта.
1769 г.
— Прядильная машина Аркрайта.
— Прокатный станок для изготовления проволоки.
— Паровая телега Кюньо.
1772 г.
— Выходит десятый том «Энциклопедии» Дидро и д'Аламбера, в котором дано описание простейшего крестового суппорта.
1775 г.

— Мюль-машина Кромптона.
1776 г.
— Начало фабричного производства паровых машин Уатта.
— Подводная лодка «Тортю» Бюшнеля.
1781 г.
— Опыты Кавелло с мыльными пузырями, наполненнымиводородом.
1782 г.
— Универсальная паровая машина Уатта двойного действия.
1783 г.
— Первые аэростаты братьев Монгольфье и Шарля.
— Прокатка фасонного железа Кортом с помощью вальцов.
— Клапрот открывает уран.
1784 г.
— Паровой молот Уатта.
— Пудлинговая печь Корта.
1785 г.
— Пароход Фитча, передвигавшийся с помощью механическихвесел.
1786 г.
— Действующая модель паровой тележки Мердока.
— Гальвани открывает электрический ток.
1787 г.
— Пароход Фитча «Персеверанс», передвигавшийся с помощью гребного винта.
1788 г.
— Первый пароход Саймингтона.
1794 г.
— Первый токарно-винторезный станок Модсли с крестовымсуппортом.
— Первая модель скоропечатной машины Кенига.
1796 г.
— Опыты Дженнерта по прививанию коровьей оспы.
— Романцемент Паркера.
— Уплотнительный воротничок Модсли.
1797 г.
— Первый гидравлический пресс Брамы.
1798 г.
— Дженнерт обнародует результаты своих опытов пооспопрививанию.
— Токарно-винторезный станок Модсли с автоматическим суппортом и сменным ходовым винтом.
1799 г.
— Патент Лебона на использование и способ получения светильного газа.
1800 г.
— Токарно-винторезный станок Модсли с автоматическим суппортом и сменными шестернями.
— Электрическая батарея Вольты.
— Подводная лодка Фултона «Наутилус».
1801 г.
— Первая рельсовая дорога с конной тягой.

— Первая паровая повозка Тривайтика.
— Патент Лебона на двигатель внутреннего сгорания, работающий на светильном газе.

1802 г.
— Книга Веджвуда с описанием его опытов по фотографии.
— Риттер открывает аккумуляторный эффект.

1803 г.
— Фултон испытывает во Франции свой первый пароход.
— Петров впервые наблюдает явление вольтовой дуги.
— Паровой автомобиль Тривайтика.

1804 г.
— Первый паровоз Тривайтика.
— Пароход Саймингтона «Шарлота Дундас».
— Эллиптические рессоры Эллота.
— Ткацкий станок Жаккара с программным управлением.
— Боевая ракета Конгрева.

1807 г.
— Пароход Фултона «Клермонт».
— Ружейный замок Форзича.

1808 г.
— Второй паровоз Тривайтика.

1809 г.
— Телеграфный аппарат Земеринга.

1810 г.
— Деви наблюдает явление вольтовой дуги.

1811 г.
— Скоропечатная машина Кенига цилиндрического типа.

1812 г.
— Паровоз Бленкистона — Муррея с двухцилиндровым двигателем. Паровая железная дорога между Мидлтоном и Лидсом.
— Первые спички Шапселя.

1813 г.
— Паровоз Брунтона.

1814 г.
— Паровоз Стефенсона «Блюхер».
— «Беговая машина» Драйса.

1815 г.
— Паровоз Блекетта и Хедлея «Пыхтящий Билли».
— Медные пистоны Эгга с ружейным порохом.

1816 г.
— Паровоз Стефенсона «Киллингуорт»
— Ньепс делает из камеры-обскуры первый примитивныйфотоаппарат.

1817 г.
— Берцелиус открывает селен.

1818 г.
— Велосипед Динера.
— Поворотное устройство Акермана.

1819 г.

— Пароход «Саванна» впервые пересекает Атлантический океан.
— Джон Гершель открывает свойства серноватистокислого натра закреплять фотографическое изображение.
1820 г.
— Эрстед наблюдает взаимодействие между электрическим проводником и магнитной стрелкой.
— Гальваноскоп Швейгера.
— Арго изобретает электромагнит.
— Первая электрическая лампочка накаливания Деларю.
1821 г.
— Медные пистоны Райта с гремучей смесью.
1821— 1825 гг.
— Строительство железной дороги из Дарлингтона в Стоктон под руководством Стефенсона.
1822 г.
— Наборная машина Черча.
— Первый паровой омнибус Герни.
— Действующая модель разностной вычислительной машиныБэббиджа.
1824 г.
— Ньепс получает первые фотографические изображения с помощью смол.
— Работа Карно «Размышление о движущей силе огня».
— Паровой омнибус Хэнкока.
1825 г.
— Электромагнит Стерджена.
— Эрстед открывает алюминий.
1826— 1830 гг.
— Строительство железной дороги Ливерпуль — Манчестер под руководством Стефенсона.
1828 г.
— Паровой котел Сегена с дымогарными трубами.
— Унитарный патрон Дрейзе.
— Винтовка и конические пули Дельвиня.
— Велер синтезирует мочевину.
1829 г.
— Рейнхильские состязания паровозов. Победа «Ракеты»Стефенсона.
1830 г.
— В Англии получена одна из первых пластмасс — камптуликон.
1831 г.
— Фарадей открывает явление электромагнитной индукции.
— Электромеханическое реле Генри и Сальваторе даль Негро.
1832 г.
— Магнитоэлектрическая машина Пиксии.
— Гидротурбина Фурнейрона.
1833 г.
— Гальванометр Нервандара.
— Фосфорные спички Ирини.
— Ктипограф Прогрина.

— Стробоскоп Штампфера.

1834 г.

— Электродвигатель постоянного тока Якоби.

— Дифференциал Робертса.

— Проект аналитической вычислительной машины Бэббиджа.

1835 г.

— Телеграф Шиллинга.

1836 г.

— Игольчатое ружье Дрейзе со скользящим затвором.

1837 г.

— Телеграф Кука и Уинстона.

— Телеграфный аппарат Морзе.

— Опыты Пейджа по передаче звуковых сигналов с помощью электрического тока.

1838 г.

— Телеграф Штейнгеля.

— Пелуз открывает явление нитрации органических веществ.

— Литеролитная машина Брэса.

— Гальванопластика Якоби.

1839 г.

— Дагер обнародует свой способ получения изображения на серебряной пластинке (дагеротипию).

— Тальбот открывает проявляющее действие галусовой кислоты.

— Гудьир открывает способ вулканизации каучука серой.

1840 г.

— Портретный фотографический объектив Петцеваля.

1841 г.

— Синхронный электродвигатель переменного тока Уитстона.

1842 г.

— Несмит берет патент на изобретенный им паровой молот.

— Пелиго получает чистый металлический уран.

— Статья Менабреа с описанием аналитической вычислительной машины Бэббиджа.

1843 г.

— Пишущая машинка Турбера с рычажной передачей.

— Коробка передач Хилля.

— Копирующий телеграф Бена.

— «Примечания переводчика» Лавлейс к английскому переводу статьи Менабреа с приложением первой в истории программы для вычислительной машины.

1844 г.

— Винтовка Тувенна.

— Телеграфная линия между Вашингтоном и Балтимором.

— Дуговая электрическая лампа Фуко.

1845 г.

— Велосипед Милиуса с педалями.

1846 г.

— Шенбейн получает пироксилин.

— Ротационная машина Апплегата.
— Промывка буровых скважин водяной струей по методу Фовеля.

1847 г.

— Шретер открывает аморфный красный фосфор.
— Собреро получает нитроглицерин.
— Монолитные резиновые шины Хэнкома.

1848 г.

— Бетхер изобретает «безопасные» спички.
— Копирующий телеграф Бекуэла.

1849 г.

— Винтовка и полые пули Минье.
— Наборная машина Зеренсена для литер с сигнатурами.

1850 г.

— Первый подводный телеграфный кабель между Англией иФранцией.
— Локомобиль (паровой трактор) Говарда.

1851 г.

— Открытие фотографического коллодия Скотом Арчером.
— Братья Лундстрем начинают производство «безопасных» спичек.

1852 г.

— Индукционная катушка Румкорфа.
— Гироскоп Фуко.

1853 г.

— Комплексная словолитная машина Джонсона.
— Проекционный стробоскоп Ухатиуса.

1854 г.

— Автоматическая пушка Бессемера.
— Электролитический способ получения алюминия Бунзена и Девилля из расплава хлористого алюминия.
— Зинстеден наблюдает аккумуляторный эффект на свинцовых пластинах, опущенных в серную кислоту.

1855 г.

— Телеграфный аппарат Юза.

1856 г.

— Неподвижный конвертер Бессемера.
— Стереотип из папье-маше Вальтера.
— Якорь Сименса для электрогенератора.
— Газоразрядная лампа Гейслера.

1857 г.

— Фоноавтограф Скотта.
— Феррис получает из нефти керосин.

1858 г.

— Плюккер открывает в газоразрядной трубке «катодные лучи».

1859 г.

— Первая буровая скважина Дрейка на нефть.
— Дю Мон выдвигает идею хронофотографического аппарата.
— Электрический аккумулятор Планте.

1860 г.

— Вращающийся конвертер Бессемера.

— Электродвигатель Пачинотти с кольцеобразным якорем.
— Телефон Рейса.
— Гидравлический ковочный пресс Газвелла.
— Газовый двигатель внутреннего сгорания Ленуара.
— Подводная лодка «Подводник» Буржуа и Брюна.
— Вильямс путем сухой перегонки каучука получает изопрен.
1861 г.
— Регенеративная печь Сименса.
— Брошюра Куанье «Применение бетона в строительномискусстве».
— Картечница Гатлинга.
1862 г.
— Ротационная машина Гоэ.
1863 г.
— Ротационная машина Буллока.
— Первый нефтепровод на Огайо в США.
— Линолеум Уолтона.
1864 г.
— Мартеновский способ производства литой стали в регенеративной печи.
— Газовый двигатель внутреннего сгорания Отто.
— Первый автомобиль Маркуса с бензиновым двигателем.
— Самодвижущаяся мина (торпеда) Уайтхеда с пневматическим мотором.
1865 г.
— Первый жилой дом из железобетона Уилкинсона.
1866 г.
— Трансатлантический телеграфный кабель между Европой и Америкой.
— Нефтепровод Гетча.
— Электрогенератор Вильде с электромагнитами и возбуждением от магнитоэлектрической машины.
— Сименс открывает принцип самовозбуждения.
1867 г.
— Динамит и гремучертутный капсюльный детонатор Нобеля.
— Машина для печатания номеров Шоулза и Сулле.
— Патент Монье на кадки из железобетона.
— Велосипедное колесо с металлическими спицами Каупера.
— Динамо-машина Ледда с самовозбуждением.
1868 г.
— Бассейн и трубы Монье из железобетона.
— Велосипед Тевенона с каучуковыми шинами.
— Братья Хайетт получают целлулоид.
1869 г.
— Железобетонные плиты и перегородки Монье.
— Шарикоподшипники Сюрирея.
— Проекционный стробоскоп Брауна с дуговой электрическойлампой.
— Гитторф обнаруживает отклонение катодных лучей под действием магнитного поля.

1870 г.

— Велосипед с цепной передачей Лоусона.

— Электрогенератор Грамма.

1871 г.

— Наборная машина Гелли с автоматическим выравниванием строк.

— Сухобромжелатиновый фотографический процесс Мэддокса.

— «Планофор» Пено — первая удачная модель летательного аппарата тяжелее воздуха.

1872 г.

— Идея Брайтона использовать бензин в качестве горючего для двигателя внутреннего сгорания.

— Начало опытов Мюйбриджа в области моментальнойфотографии.

— Двухтактный газовый двигатель Бенца.

— Полотебнов открывает бактерицидные свойства зеленойплесени.

— Байер синтезирует фенолформальдегид.

1873 г.

— Пишущая машинка Шоулза.

— Патент Монье на железобетонный мост.

— Электрическая лампочка накаливания Лодыгина с угольнойнитью.

— Фундаментальное сочинение Максвелла «Трактат об электричестве и магнетизме».

— Смит открывает явление внутреннего фотоэффекта.

1874 г.

— Первая серийная пишущая машинка «Ремингтон».

— Кристаллический детектор Брауна.

1875 г.

— Второй автомобиль Маркуса с бензиновым двигателем.

1876 г.\ — Телефон Белла.

— Электрическая свеча Яблочкова.

— Микрофон Юза.

1877 г.

— Первая центральная телефонная станция в Нью-Хейвене (США).

— Четырехтактный газовый двигатель внутреннего сгорания Отто.

— Первый фонограф Эдисона.

— Роликовый фотоаппарат Варнерке с бромсеребряной коллоидной лентой.

1878 г.

— Томасовский способ производства литой стали.

— Железобетонные балки и шпалы Монье.

— Телефонный аппарат Эдисона с индукционной катушкой и микрофоном из прессованной сажи.

— Электрическая лампочка накаливания Сойера и Мана с угольной нитью.

— Электрическая дуговая печь Сименса.

— Проект фототелеграфа де Пайва с использованием внутреннего фотоэффекта.

1879 г.

— Электрическая лампочка накаливания Эдисона.

— Индукционный двигатель с вращающимися магнитными полюсами Бейли.
— Подводная лодка Джевецкого с педальным двигателем.
— Бушарда синтезирует каучукоподобный продукт из изопрена.
— Катодно-лучевая трубка Крукса.
1880 г.
— Брошюра де Пайва «Электрическая телескопия» с первым описанием телевизионного устройства.
1881 г.
— Проект телектроскопа Сенлека.
1882 г.
— Трансформатор Голяра и Гиббса с разомкнутой магнитнойсистемой.
— Центральная электростанция в Нью-Йорке.
— Депре осуществляет электропередачу между Мисбахом иМюнхеном.
— Фотографическое ружье Марея.
— Электрический аккумулятор Фора.
1883 г.
— Пулемет Максима.
— Паровая турбина Лаваля.
— Первый бензиновый двигатель внутреннего сгорания Даймлера.
— Эдисон наблюдает явление термоэлектронной эмиссии.
1884 г.
— Гидротурбина Пельтона.
— Гидравлический пресс Витворта для ковки слитков.
— Паровая турбина Парсонса.
— Трансформатор братьев Гопкинсон с замкнутой магнитнойсистемой.
— Целлулоидные фотопластинки Карбута.
— Подводная лодка Джевецкого с электродвигателем.
— Подводная лодка Норденфельда с паровой машиной и торпедным аппаратом.
— Тилден получает изопрен путем разложения скипидара.
— Проект телевизионного устройства Нипкова с диском построчной развертки.
1885 г.
— Прокатный стан для изготовления бесшовных труб братьев Меннесманов.
— Многоступенчатая паровая турбина Парсонса.
— Дери обосновывает параллельное подключениетрансформаторов.
— Депре осуществляет электропередачу между Крейлем иПарижем.
— Электролитический способ получения алюминия Эру и Холла из глинозема, растворенного в расплаве криолита.
— Автомобиль Бенца с бензиновым двигателем.
— Мотоцикл Даймлера.
1886 г.
— Линотип Маргенталера.
— Хронофотографический аппарат Пренса с 16-ю объективами и бумажной лентой, снабженной перфорациями.
— Герц открывает электромагнитные волны и внешнийфотоэффект.

— Автомобиль Даймлера с бензиновым двигателем.

1887 г.

— Железобетонные конструкции Вайса с арматурой в нижней зоне сечения.

— Граммофон Берлинера.

— Электромеханический табулятор Голлерита.

1888 г.

— Пневматические шины Данлопа для велосипеда.

— Двухфазный электрогенератор и двухфазный электродвигатель Теслы.

— «Оптический театр» Рейно.

— Моментальный шторный фотозатвор Аншютца.

— Хронофотографический аппарат Пренса с одним объективом и бумажной лентой.

— Генератор с мгновенным парообразованием Серполле.

— Паровой трактор Бэтерома на гусеничном ходу.

— Фотоэлемент Ульянина с внутренним фотоэффектом.

— Столетов изучает явление внешнего фотоэффекта.

1889 г.

— Паровая турбина Лаваля с расширяющимся соплом.

— Трехфазный асинхронный электродвигатель Доливо-Добровольского с короткозамкнутым ротором.

— Трехфазный трансформатор Доливо-Добровольского с радиальным расположением сердечников.

— Усовершенствованный фонограф Эдисона.

— Установка Чепмена для роторного бурения.

— Целлулоидная фотопленка Истмэна.

— Проекционный аппарат Пренса с одним объективом и дуговойлампой.

— Хронофотографический аппарат и ленточный проектор Фризе-Грина со скачковым механизмом и перфорированной целлулоидной пленкой.

1890 г.

— Пишущая машинка Вагнера с видимым шрифтом.

1891 г.

— Трехфазный трансформатор Доливо-Добровольского с параллельным расположением сердечников в одной плоскости.

— Линия электропередачи между Лауфеном и Франкфуртом.

— Карбюратор Банки.

— Когерер Бранли.

— Фирма «Панар-Левассор» выпустила «Панар» — первый «настоящий» автомобиль.

— Съемная пневматическая шина для велосипеда Мишлена.

— Планер Лилиенталя «Дервитц», на котором стали впервые возможны планирующие полеты.

— Кинетоскоп Эдисона.

— Хронофотографический аппарат Мурея с прерывистым движение пленки.

— Брошюра Дизеля «Теория и конструкция рационального теплового двигателя».

1894 г.

— «Турбиния» — первое судно с приводом от паровой турбины Парсонса.

— Киносъемочный аппарат Демени со скачковым механизмом в виде «пальца».

— Опыты Лоджа по обнаружению электромагнитных волн при помощи когерера Бранли.

— Первая работающая модель двигателя Дизеля.

— Автомобиль Бенца «Велло».

— Первые автомобильные гонки Париж — Руан.

— Эксперименты Ленарда с люминофорами.

1895 г.

— Киносъемочный аппарат и кинопроектор братьев Люмьер со скачковым механизмом в виде грейфера. Кинотеатр братьев Люмьер в Париже.

— Первый радиоприемник (грозоотметчик) Попова.

— Двигатель Дизеля.

— Съемная пневматическая шина для автомобиля Мишлена.

— Автомобильные гонки Париж — Бордо.

— Электронно-лучевая трубка Брауна с вертикальным отклонением луча.

1896 г.

— Граммофонная пластинка Берлинера из шеллака.

— Киносъемочные аппараты Контенсуза и Бюнцли со скачковым механизмом в виде четырехлопастного мальтийского креста.

— Радиотелеграфы Попова и Маркони.

— Планер-биплан Шанюта.

— Беккерель открывает явление радиоактивности солей урана.

1897 г.

— Томсон открывает электрон.

— Попов наблюдает отражение радиоволн от корпуса корабля.

1898 г.

— Радиоприемник Маркони с джиггером.

— Проект телевизионного устройства Вольфке, передающего сигналы с помощью радиотелеграфа.

— Телеграфон Поульсена.

1899 г.

— Электростанция в Эльберфельде с паровыми турбинамиПарсонса.

— Телефонный радиоприемник Попова.

1900 г.

— Радиоприемное устройство Маркони, позволяющее вести одновременный прием от двух передающих станций.

— Планер братьев Райт с устройством перекашивания крыльев.

— Квантовая теория Планка.

1901 г.

— Первая радиопередача Маркони через Атлантический океан.

— Фирма «Даймлер Моторен» выпускает первый «мерседес».

— Первый трактор с двигателем внутреннего сгорания Харта иПарра.
— Второй планер братьев Райт.
— Кондаков синтезирует каучук из диметилбутадиена.
1902 г.
— Магнитный детектор Маркони.
— Магнето Боша для воспламенения газовой смеси в двигателях внутреннего сгорания.
— Планер братьев Райт с хвостовым оперением.
— Электронно-лучевая трубка Петровского с вертикальным и горизонтальным отклонением луча.
1903 г.
— Первый дизель-электроход «Вандал».
— Щелочной аккумулятор Эдисона.
— Аэроплан братьев Райт «Флайер-1».
— Электронно-лучевая трубка Венельта с регулируемой интенсивностью электронного пучка.
— Работа Циолковского «Исследование космических пространств реактивными приборами».
1904 г.
— Первый теплоход «Сармат».
— Аэроплан братьев Райт «Флайер-2».
— Двухэлектродная электронная лампа-диод Флеминга.
1905 г.
— Аэроплан братьев Райт «Флайер-3».
— Шестирукавная вакуумно-выдувная бутылочная машина Оуэнса.
— Проект радара Хюльсмейера.
— Эйнштейн разрабатывает теорию фотоэффекта.
1906 г.
— Газонаполненный фотоэлемент с внешним фотоэффектомДембера.
1907 г.
— Установлена регулярная радиосвязь между Европой и Америкой.
— Начало серийного производства тракторов Харта и Парра.
— Аэроплан Вуазена «Фарман-1».
— Трехэлектродная электронная лампа-триод Де Фореста.
— Электронно-лучевая трубка с растровой развертокйМандельштама.
— Проект электронно-механического телевидения Розинга.
— Четырехвинтовой вертолет Бреге и Рише.
— Беддекер открывает резкое увеличение проводимости полупроводников при наличии в них примесей.
1908 г.
— Первый реверсный судовой дизель.
— Дизельная подводная лодка Бубнова «Минога».
— Аэроплан братьев Райт «Райт-1».
— Начало выпуска модели "Т" на автомобильном заводе Форда.
— Усовершенствованный табулятор Голлерита.
— Способ производства фенопластов Бакеланда из фенолформальдегидовых смол.
1909 г.

— Блерио впервые перелетает на аэроплане через Ла-Манш.
— Аэроплан «Фарман-3» Фармана.

1910 г.

— Усовершенствованный щелочной аккумулятор Эдисона.
— Трехэлектродная электронная лампа Либена.

1911 г.

— Десятирукавная вакуумно-выдувная бутылочная машина Оуэнса.
— Проект полностью электронной телевизионной системыСуинтона.
— Автомат перекоса Юрьева.
— Автоматический стабилизатор Сперри для самолета.

1912 г.

— Первый океанский теплоход «Зеландия».
— Первый гусеничный трактор фирмы «Холт».

1913 г.

— Крекинг-установка Бартона.
— Первый конвейер на предприятии Форда.
— Ламповый генератор и радиотелефонный передатчик Мейснера.

1914 г.

— Синтез каучука из дивинила Мэтьюсом и Стренджем.
— Вертолет Мумфорда.
— Патент Годдарда на конструкцию двухступенчатой ракеты.

1915 г.

— Способ откачки электронных ламп Лэнгмюра и Гедэ.
— Первый английский танк «Маленький Вилли».

1916 г.

— Английский танк «Большой Вилли».
— Французские танки «Шнейдер» и «Рено».

1917 г.

— Немецкий танк A7V.
— Фундаментальные работы Эйнштейна «Испускание и поглощение излучения по квантовой теории» и «К квантовой теории излучения», положившие основу квантовой электроники.

1918 г.

— Джон синтезирует карбамидную смолу.

1919 г.

— Триггер Бонч-Бруевича, Икклза и Джордана.

1921 г.

— Жидкостный реактивный двигатель Годдарда.

1922 г.

— Тейлор и Юнг наблюдают явление радиолокации.

1923 г.

— Система электронного телевидения Зворыкина.
— Дженкинс осуществляет передачу неподвижного изображения по радио из Вашингтона в Филадельфию.

1924 г.

— Вертолет Эмишена.

1925 г.

— Дженкинс осуществляет первую телевизионную передачу движущегося изображения.

— Первые регулярные телепередачи в Лондоне через систему механического телевидения Бэрда.

1926 г.

— Ракета Годдарда с жидкостным реактивным двигателем.

1927 г.

— Лебедев разрабатывает процесс производства дивинила из этилового спирта.

1928 г.

— Электронная лучевая трубка Дженкинса с накоплением зарядов.

1929 г.

— Кинескоп Зворыкина.

— Пенициллин Флеминга.

1930 г.

— Уиттл берет патент на конструкцию турбореактивного двигателя.

— Вертолет 1-ЭА Черемухина.

1931 г.

— Построен Ленинградский опытный завод синтетического каучука.

— Иконоскоп Зворыкина.

1932 г.

— Дал первую продукцию Ярославский завод синтетическогокаучука.

— Ракета с гироскопическими рулями Годдарда.

1933 г.

— Тейлор, Юнг и Хайланд выдвигают идею радара.

— Первая советская жидкостная ракета ГИРД-09 Королева и Тихонравова.

1934 г.

— Иконоскоп Круссера.

— Фредерик и Ирен Жолио-Кюри открывают искусственную радиоактивность.

1935 г.

— Радиолокационная станция СН дальнего обнаруженияУотсона-Уатта.

— Пластиковая магнитофонная лента с магнитным покрытием фирмы АЕГ.

1936 г.

— Начало регулярного телевизионного вещания в Великобритании и США.

— Охайн берет патент на свою модель турбореактивного двигателя.

— Вертолет FW-61 Фокке.

1937 г.

— Первый турбореактивный двигатель "U" Уиттла.

1938 г.

— Начало регулярного телевизионного вещания в Германии и СССР.

— В США создана радиолокационная станция XAF.

— В Великобритании впервые создана система противовоздушной обороны с использованием сети радарных станций.

— Ган и Штрассман открывают деление ядер урана.

— Турбореактивный двигатель HeS-178 Охайна.

— Вертолет 11-ЭА Братухина.
— Релейная ЭВМ Цузе Z1.

1939 г.

— В Великобритании создана радиолокационная станция CHL для дальнего обнаружения низколетящих самолетов и надводных кораблей.
— Первый в истории турбореактивный самолет He-178.
— Вертолет S-46 Сикорского.
— Релейная ЭВМ Цузе Z2.

1940 г.

— В Великобритании создана портативная радиолокационная станция AI, размещаемая на борту самолета-истребителя.
— Точечный германиевый диод.
— Мюллер и Андрианов синтезируют силиконовую пластмассу.

1941 г.

— Очистка и производство пенициллина по методу Чейна и Флери.
— Турбореактивный двигатель HeS-8 Охайна.
— Германский турбореактивный самолет He-280V.
— Английский турбореактивный самолет «Глостер G40».
— Вертолет FA-223 Фокке.
— Релейная ЭВМ Цузе Z3 с программным управлением.

1942 г.

— Очистка и производство пенициллина по методу Ермольевой.
— Под руководством Ферми осуществлена управляемая ядерная реакция в первом ядерном реакторе.
— Юри и Даннинг разработали газодиффузионный метод обогащения урана.
— Немецкий турбореактивный истребитель Me-262.
— Американский турбореактивный самолет P-59A «Эркомет».
— Вертолет S-47 Сикорского.
— Первая ЭВМ на электронных лампах Атанасова.
— Первая баллистическая ракета «Фау-2» Брауна и Риделя.

1943 г.

— Лоуренс разработал электромагнитный способ обогащения урана.
— Английский турбореактивный истребитель «Глостер G41Метеор».
— Вертолет XR-5 Сикорского.

1944 г.

— Стрептомицин Ваксмана.
— Американский турбореактивный истребитель «Локхид F80 Шутинг Стар».
— Вертолет S-49 Сикорского.
— Релейная вычислительная машина «Марк-1» Айкена.

1945 г.

— В США создана и испытана первая атомная бомба.
— Атомная бомбардировка японских городов Хиросимы и Нагасаки.
— Советский турбореактивный истребитель Як-15.

1946 г.

— Двухвинтовой вертолет Г-3 Братухина.
— Вертолет S-51 Сикорского.

— ЭВМ ENIAC Эккерта и Моучли.
— В СССР осуществлена первая цепная реакция на опытном ядерном реакторе.

1947 г.

— Советский турбореактивный истребитель МиГ-15.
— Соосный вертолет Ка-8 Камова.
— Релейная ЭВМ «Марк-2» Айкена.

1948 г.

— ЭВМ с хранимой программой «МАРК-1» Килбурна и Вильямса.
— Транзистор Шокли, Бардина и Браттейна.
— Советская баллистическая ракета Р-1 Королева и Глушко.

1949 г.

— Вертолет S-55 «Чикасо» Сикорского.
— В СССР испытана атомная бомба.

1950 г.

— Советская баллистическая ракета Р-2 Королева и Глушко с несущим баком и отделяющейся боеголовкой.

1951 г.

— Первый советский серийный вертолет Ми-1 Миля.
— ЭВМ МЭСМ Лебедева.
— ЭВМ UNIVAC-1 Моучли и Эккерта.
— Память на магнитных сердечниках Форрестера для ЭВМ.
— Американская баллистическая ракета «Викинг», созданная под руководством Брауна.

1952 г.

— Первая промышленная ЭВМ фирмы IBM — IBM 701.
— Первые примесные германиевые транзисторы.
— Американская баллистическая ракета «Редстоун», созданная под руководством Брауна.

1953 г.

— Советская баллистическая ракета Р-5 Королева и Глушко.
— Цинглер разрабатывает каталитический способ производства полиэтилена.

1954 г.

— Вертолет S-58 «Сибэт» Сикорского.
— В СССР пущена первая в мире Обнинская атомнаяэлектростанция.
— Квантовый генератор Басова — Прохорова и мазер Таунса.

1955 г.

— Сплавно-диффузионный германиевый транзистор фирмы «Белл систем».

1956 г.

— Американская четырехступенчатая баллистическая ракета «Юпитер-С».

1957 г.

— Советская межконтинентальная баллистическая ракета Р-7 Королева и Глушко.
— В СССР осуществлен запуск первого в истории ИСЗ «Спутник-1».
— В СССР осуществлен запуск ИСЗ «Спутник-2» с собакой Лайкой на борту.

1958 г.

— В СССР осуществлен запуск космической автоматической научной станции «Спутник-3»

— Первый американский ИСЗ «Эксплорер-1».

— Первая интегральная схема Килби. Начало микроэлектроники.

— Появились первые ЭВМ второго поколения на транзисторах.

1960 г.

— Твердотельный лазер Меймана на рубидиевой основе.

— Газовый лазер Джавана на гелий-неоновой основе.

— В СССР осуществлен первый запуск космического корабля «Восток» в автоматическом режиме.

1961 г.

— Первый в истории пилотируемый космический полет советского космонавта Юрия Гагарина на космическом корабле «Восток-1».

— Автоматически действующий манипулятор Эрнста («рукаЭрнста»).

— Первая экспериментальная ЭВМ третьего поколения.

1962 г.

— В СССР запущен первый спутник серии «Космос».

— Полупроводниковый лазер Басова, Крохина и Попова.

— Матрицы памяти для запоминающих устройств ЭВМ фирмы RCA в интегральном исполнении.

— Первый орбитальный космический полет американского астронавта Джона Гленна на космическом корабле «Меркурий-6».

— Первые промышленные роботы: «Версатран» фирмы «АМФ Версатран» и «Юнимейт» фирмы «Юнимейшн Инкорпорейтед».

1964 г.

— Фирма IBM начинает выпуск электронных вычислительных машин IBM-360 на интегральных микросхемах.

1965 г.

— В СССР получен изопреновый синтетический каучук.

1966 г.

— Статья Као и Хокэма, в которой изложена идея волоконно-оптической системы связи.

1969 г.

— В Стэнфордском университете (США) создан первый адаптивный робот второго поколения «Шейки».

— В США создана территориальная компьютерная информационная сеть ARPANET.

1970 г.

— Световоды фирмы «Корнинг Гласс»: первая оптико-волоконная система связи, пригодная для передачи светового сигнала на большие расстояния.

1971 г.

— Фирма «Интел» создает первый микропроцессор для калькулятора i4004.

— Советская орбитальная космическая станция «Салют».

1973 г.

— Американская орбитальная космическая станция «Скайлэб».

1974 г.

— Фирмой Digital Research разработана операционная система CP/M, положившая начало созданию операционных систем для персональных 8-разрядных компьютеров.

1976 г.

— Городская цифровая волоконно-оптическая телефонная система связи в Атланте.

— Первые ЭВМ четвертого поколения «Крэй-1» и «Крэй-2» на больших интегральных микросхемах.

— Первый персональный компьютер «Эппл» Джобса и Возняка.

1979 г.

— Фирма Intel создает микропроцессор i8088 для персональных компьютеров.

1981 г.

— Фирма IBM выпускает свой первый персональный компьютер IBM PC на базе микропроцессора i8088.

— Фирма «Microsoft» разрабатывает операционную систему MS-DOS для 16-разрядных компьютеров.

1983 г.

— Персональный компьютер IBM PC/XT фирмы IBM.

— В США создана территориальная компьютерная информационная сеть Internet.

1986 г.

— В США создана территориальная высокоскоростная компьютерная информационная сеть NSFNet, послужившая базой для глобальной международной компьютерной сети Интернет.

ЛИТЕРАТУРА

Айсберг Е. Радио?… Это очень просто! М.-Л., 1963.

Айсберг Е. Транзистор?… Это очень просто! М.-Л., 1964.

Алексеев Г.Н. Становление и развитие ядерной энергетики. М.,1990.

Андреев И. Боевые самолеты. М., 1992.

Анучин Д.Н. Открытие огня и способы его добывания. М.-Пг., 1923.

Апокин И.А., Майстров Л.Е. История вычислительной техники. М.,1990.

Арисава М. Что такое компьютер. Киев, 1990.

Безрукий А.П., Макеев Н.К. От серпа до комбайна. Минск, 1984.

Беккерт М. Железо. Факты и легенды. М., 1988.

Белкин С.И. Рассказы о знаменитых кораблях. Л., 1979.

«Путешествие по кораблям». Л., 1972.

Белоус Б.С. США: ядерные когти «ястребов». М., 1986.

Белькинд Л.Д. Томас Альва Эдисон. М., 1964.

Беляев А.И. История алюминия. — В кн.: Труды института истории естествознания и техники АН СССР. Т. 20. М., 1959.

Беляев Н. Генри Форд. М., 1935.

Белянчиков П.М. Трактор в Америке. М., 1927.

«Гусеничный трактор „Холт“». М., 1918.

Берг А.И. А.С. Попов и изобретение радио. Л., 1935.

«Зарождение радиолокации». — Радио. 1947. № 5.

Берзин Е. Управление парусными и паровыми судами и шлюпками. СПб., 1880.
Блинкин С.А. Вторжение в тайны микромира. М., 1966.
Блохинцев Д.И. Рождение мирного атома. М., 1977.
Бобков В.Н., Сыромятников В.С. Космические корабли. М., 1984.
Боголюбов Н. История корабля. М., 1879.
Богорад М.Л. Водяные турбины и их создатели. М.-Л., 1953.
Бодри де Сонье. Подробный курс устройства автомобиля. СПб.,1916.
Бойко С. Первобытные архимеды. Ставрополь, 1977.
Бойко Ю.С., Турьян В.А. Голубая мечта столетий. М., 1991.
Большая Медицинская энциклопедия. М., 1974-1989.
Большая Советская энциклопедия. М., 1926-1947.
Большая Советская энциклопедия. М., 1949-1958.
Большая Советская энциклопедия. М., 1969-1978.
Бочарова М.Д. Электротехнические работы Б.С. Якоби. М.-Л., 1959.
Брагин В.А., Брагина Р.П. Жизнь и небо. М., 1984.
Бронников И.Л. Страницы истории техники. Брянск, 1995.
Бургасов П.Н., Никольский Г.П. Натуральная оспа. М., 1972.
Бурение нефтяных и газовых скважин. М., 1961.
Буховцев Б.Б., Климентович Ю.Л., Мякишев Г.А. Физика. М., 1980.
Быховская Р. История часов. М., 1929.
Бэлью Л., Стулингер Э. Орбитальная станция «Скайлэб». М., 1977.
Вейгелин К., Штерн Н. Как покорили воздух. М.-Л., 1926.
Веселовский О.Н. Доливо-Добровольский. М., 1963.
Вислоух Л. Что такое турбина. М.-Л., 1928.
Виноградов Р.И., Пономарев А.Н. Развитие самолетов мира. М.,1991.
Винтер Г. Суда Колумба, 1492 г. Л., 1975.
Виргинский В.С. Очерки истории науки и техники в XVI-XIX вв. М.,1984.
«Очерки истории науки и техники в 1870-1917 гг.». М., 1988.
«Роберт Фултон». М., 1964.
«Джордж Стефенсон». М., 1964.
Владимиров И.Н., Ципоруха М.И. Человек строит корабль. М., 1992.
Воронов Ю.П. Компьютеризация: шаг в будущее. Новосибирск, 1990.
Гауэр Д. Оптические системы связи. М., 1989.
Гелюх А.Н. Основные принципы управления летательными аппаратами на расстоянии. М., 1974.
Генриот Э. Краткая иллюстрированная история судостроения. Л.,1974.
Гигерих В., Трир В. Стекольные машины. М., 1988.
Гольдовский Д.Ю., Назаров Г.А. 25 лет космической эры: из истории создания первых ИСЗ. М., 1982.
Готвальд В. Новейшие изобретения и открытия и практическое применение их в жизни. Пг., 1916.
Готье Ю.В. Развитие техники в первобытные времена. М., 1923.
Грин В., Кросс Р. Реактивные самолеты мира. М., 1957.
Гришин Ю.А. История мореплаванья. М., 1972.
Гровс Л. Теперь об этом можно рассказать. М., 1964.
Громко Н.И. Введение в страну ЭВМ. Минск, 1989.
Губерт В.О. Эдвард Дженнерт и его открытие. СПб., 1896.

Гумилевский Л. Рудольф Дизель. М., 1933.
Гуриков В.А. История прикладной оптики. М., 1993.
Гутер Р.С., Полунов Ю.Л. От абака до компьютера. М., 1975.
Дак Э. Пластмассы и резины. М., 1976.
Данилевский В. Очерки истории техники XVIII-XIX вв. М.-Л., 1934.
Джибсон Ч. Великие изобретения. М.-Л., 1925.
Добронравов. Беседа о колесе. М.-Л., 1951.
Доллежаль Н.А. У истоков рукотворного мира. М., 1989.
Долматовский Ю.А. Автомобиль за сто лет. М., 1986.
Дорошук В.Е. Ядерные реакторы на электростанциях. М., 1977.
Дрожжин О. Век авто. М., 1931.
Ефимов В.В. Звукозапись?… Это интересно и просто. Киев, 1977.
Ефимов И. Сильнее ветра, быстрее звука. Л., 1973.
Жаботинский М.Е. Свободная связь. М., 1977.
Загорский Ф.Н. Очерки по истории металлорежущих станков до середины XIX века. М.-Л., 1960.
Загорский Ф.Н., Загорская И.М. Джеймс Несмит. М., 1989.
Зайцев Ю.И. Спутники «Космос». М., 1975.
Зенкевич М. Братья Райт. М., 1933.
Зубков Б.В. Трубопроводный транспорт. М., 1967.
Зюршер, Марголпе. Микроскоп и телескоп. СПб., 1898.
Игер Б. Работа в интернете. М., 1996.
Изобретение радио. М., 1966.
Интернет. М., 1995.
Иойрыш А.И., Морохов И.Д. Хиросима. М., 1979.
Иойрыш А.И. Ядерный джин. М., 1994.
История механики с древнейших времен до конца XVIII века. М.,1971.
История отечественного судостроения. СПб., 1995-1996.
История открытий. М., 1998.
История техники. М.-Л., 1936.
История техники. М., 1962.
История энергетической техники. М.-Л., 1960.
Калашников. Очерк развития техники механической записи звука. — В кн.: Труды института истории естествознания и техники АН СССР. Т. 26. М., 1959.
Катышев Г.И., Михеев В.Р. Авиаконструктор И.И. Сикорский. М.,1989.
Кацпржак Е.И. История книги. М., 1964.
Кемпферт В. История великих изобретений. Л., 1928.
Кильчевский Б. Прошлое токарного станка. — «Техника — молодежи». 1934. № 5.
Кириллин В.А. Страницы истории науки и техники. М., 1989.
Копол В. Мой персональный компьютер IBM PC. Минск, 1997.
Копылов В.Е. У истоков бурения скважин. Тюмень, 1982.
Корольков В.Г. Магнитная запись звука. М.-Л., 1949.
Космическая станция «Салют». М., 1975.
Костиков Л.М. История создания железобетона. — В кн.: Материалы по истории строительной техники. Вып. 2. М., 1962.
Костин А.Е. Структура и функционирование микро-ЭВМ. М., 1991.

Котовский В.Н. Подводные хищники. М., 1929.
Краткая химическая энциклопедия. М., 1961-1967.
Крысин Н.А. За овладение крекинг-процессом. М.-Л., 1932.
Кузнецов Е.В. Послушный металл. М., 1988.
Кузнецов Н.Г. Курс автомобилизма. СПб., 1911.
Ламан Н.К. Развитие техники обработки металлов давлением. М.,1990.
Ландау Л.Д., Китайгородский А.И. Физические тела. М., 1982.
Лебедев В. Очерки истории орудий труда. М.-Л., 1927.
Лебедев В. История радиотехники. М., 1930.
Лебединский В.К. Изобретение беспроволочного телеграфа. М.,1925.
Левин В.Ф. Развитие исследований в области крекинга углеводородов. М., 1969.
Левин-Дорш А., Кунов Г. Первобытная техника. М.-Пг.
Лоуренс У. Люди и атомы. М., 1966.
Лурье И.М. Очерки по истории техники Древнего Востока. М.-Л.,1940.
Майоров Ф.В. Электронные вычислительные машины и их применение. М., 1959.
Мао Цзо-бэнь. Это изобретено в Китае. М., 1959.
Максимов А.И. Космическая Одиссея. Новосибирск, 1991.
Маркевич В.Е. Ручное огнестрельное оружие. СПб.-М., 1997.
Матвеев Л.В., Рудик А.П. Почти все о ядерном реакторе. М., 1990.
Материалы по истории космического корабля «Восток». М., 1991.
Милонов Ю.К. Архитектурное творчество и строительная техника. — В кн.: Архитектура и строительная техника. М., 1960.
Митчель Ф. Танки на войне. М., 1935.
Михаль С. Часы. М., 1983.
Моравский А.В. История автомобиля. М., 1996.
Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика. М., 1981.
Надин. В царстве замечательных изобретений. М., 1912.
Намиас М. Ядерная энергия. М., 1955.
Никольский В. Как появились машины. Л., 1926.
Новейшие успехи материальной культуры в связи с ее историей. СПб., 1904.
Нилус А. История артиллерии. Отд. 1. СПб., 1908.
«Полный курс артиллерии для артиллерийских училищ». СПб., 1913.
Нойкирхен Г. Мореплаванье вчера и сегодня. Л., 1977.
От космических кораблей — к орбитальным станциям. М., 1971.
Охлябин С. Давай изобретем велосипед. М., 1981.
Очерки истории радиотехники. М., 1960.
Очерки истории техники докапиталистических формаций. М., 1936.
Павленко Н.А. История письма. Минск, 1987.
Пешкин И. Покорение железа. М., 1964.
Перышкин А.В., Родина Н.А. Физика. М., 1991.
Петров В.П., Сочивко А.А. Управление ракетами. М., 1959.
Петров Г.С., Петрова Л.Г. Пластмассы. М.-Л., 1953.
Печерский Ю.Н. Этюды о компьютерах. Кишинев, 1989.
Пинкин А. Конструкция пишущих машин и машинопись. М., 1932.
Пипуныров В.Н. История часов с древнейших времен до наших дней. М., 1982.

Пишущие машины. СПб., 1894.
Пишущие машины и их история. — Наука и жизнь. 1894. №№ 29-30.
Победа над расстоянием. М., 1924.
Подвиги человеческого ума. М., 1870-1871.
Попова В.Д., Гольдберг. Устройство и техническая сборка часов. М., 1982.
Поповский Г. История часов. М., 1937.
Преображенская А.Б., Зарубин В.А., Никифорова А.В. Популярно о ядерной энергетике. М., 1993.
Промышленность и техника. Энциклопедия промышленных знаний. СПб., 1903-1904.
Пронин А.Н. Ракеты для космических исследований. М., 1973.
Проценко А.Н. Покорение атома. М., 1967.
Пышкин С.Л. Лазеры и их применение. Кишинев, 1982.
Радунская И. Превращение гиперболоида инженера Гарина. М.,1966.
Решетов С. Наборные машины, их изобретение и развитие. М., 1932.
Ринжельман М. Основы устройства машин мотокультуры. П., 1917.
Родионов В.М. Зарождение радиотехники. М., 1985.
Рузе М. Роберт Оппенгеймер и атомная бомба. М., 1965.
Русецкий А.Ю. В мире роботов. М., 1990.
Рюмин В.В. Чудеса техники. СПб., 1911.
Семенов А.С. Спичка и ее предки. М.-Л., 1927.
Семенов С.А. Развитие техники в каменном веке. Л., 1968.
«Происхождение земледелия». Л., 1974.
Сергиенко С.Р. Академик С.В. Лебедев. М., 1959.
Симоне Д. ЭВМ пятого поколения: компьютеры 90-х гг. М., 1985.
Словарь русского языка. М., 1981-1984.
Смирнов Ю.П. История вычислительной техники. Чебоксары, 1994.
Соболев Д.А. История самолетов. М., 1995.
«Рождение самолета». М., 1988.
Советские пилотируемые корабли и орбитальные станции. М., 1976.
Современная радиоэлектроника. М., 1993.
Соколов И. История изобретения кинематографа. М., 1960.
Спыну Г.А. Роботы с искусственным интеллектом. Киев, 1989.
Стражева И.В., Буева М.В. Борис Николаевич Юрьев. М., 1980.
Сульман Р. Завещание Альфреда Нобеля. М., 1993.
Сырмай А.Г. Корабли. М., 1967.
Тарасов Л.В. Знакомьтесь — лазеры. М., 1988.
Техника в ее историческом развитии. (От появления ручных орудий до становления техники машинно-фабричного производства.) М., 1979.
Техника в ее историческом развитии. (70-е гг. XIX в. — начало XX в.). М., 1982.
Техническая энциклопедия. СПб.
Тихомиров В. Ошибка Эдисона. М., 1973.
Товмасян А.К. Из истории телевидения и фототелеграфа. Ереван,1971.
Трактор «Интернациональ». Харьков, 1913.
Урвалов В.А. Очерки истории телевидения. М., 1990.

Фабер А. Ход производства в крекинг-процессе по способу Бартона. — Химическая промышленность и торговля. 1923. № 6.
Федоров Б.В., Гордон С.А. Что такое лазер. М., 1967.
Федоров В. Эволюция стрелкового оружия. М., 1939.
Федорович Л. Морская практика. СПб., 1877.
Фигье Л. Важнейшие открытия и изобретения. СПб., 1862.
Фирдман Г.Р. Интегральные схемы. М., 1969.
Формирование радиоэлектроники. М., 1988.
Фуллер Д. Танки в великой войне 1914-1918 гг. М., 1923.
Ханке Х. Люди, корабли, океаны. М., 1984.
Цверава Г.К. Никола Тесла. Л., 1974.
Цытович Н.П. Краткий очерк эволюции артиллерии в связи с развитием производительных сил и опытом войны. М.-Л., 1930.
Частиков А.П. История компьютера. М., 1996.
Чернозубов Ю.С. Как рождаются микросхемы. М., 1989.
Чернышев В.В. Космические орбитальные станции. М., 1976.
Черток Б.Е. Ракеты и люди. М., 1994.
Чудаков Е.А. Как устроен автомобиль. М.-Л., 1935.
Чудеса человеческой изобретательности. СПб., 1901.
Шамшур В.И. Радиолокация вчера и сегодня. — Октябрь. 1946. № 12.
Радиолокация. М.-Л., 1949.
Шатт С. Мир компьютерных сетей. Киев. 1996.
Шерр С.А. Корабли морских глубин. М., 1964.
Шмелев И.П. История танка. М., 1996.
Шпарбер А.Я. Металлургия железа и чугуна. Тула, 1996.
Шухардин С.В. История науки и техники. М., 1974.
Шухов В. Нефтепроводы. СПб., 1884.
Щелкунов М.И. История, техника и искусство книгопечатанья. М.-Л., 1926.
Эгерштром Н.Ф. Краткая история артиллерии и ручного оружия.
Элион Г., Элион Х. Волоконная оптика в системах связи. М., 1981.
Энгельс Ф. История винтовки. — В кн.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч. т. 15. М., 1959.
Эндерлайн Р. Микроэлектроника для всех. М., 1989.
Энциклопедический словарь Брокгауза и Эфрона. СПб., 1890-1907.
Эрр Ф.Ж. Артиллерия в прошлом, настоящем и будущем.
Юрьев Б.Н. История вертолетов. — В кн.: Б.Н. Юрьев. Избранные труды. Т. 2. М., 1961.
Создание летающих вертолетов в СССР. — Там же.
Ядерное оружие. М., 1965.
Язвицкий В. Карманный огонь. (Спички.) М.-Л., 1925.
Яновская М. А есть ли предел?… М., 1969.