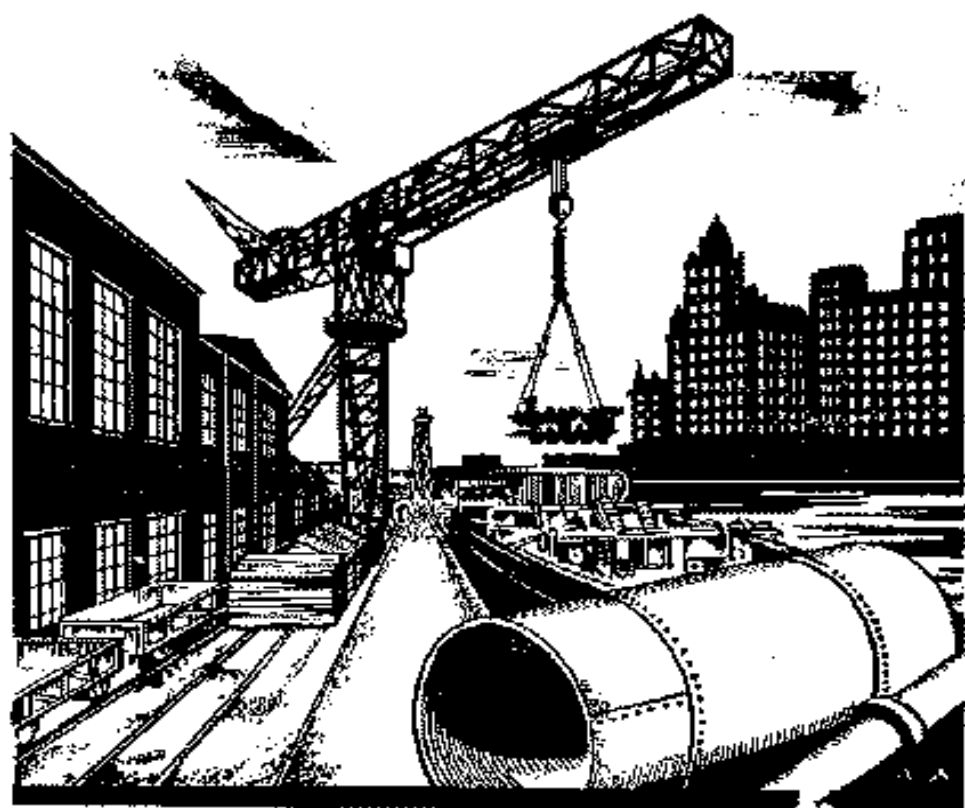


В.Д.Никольский
УСПЕХИ
И ПУТИ РАЗВИТИЯ
МИРОВОЙ ТЕХНИКИ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД,
1925

73 /

ИНЖЕНЕР
В. Д. НИКОЛЬСКИЙ

ПРОВЕРИТЬ

83
3

У С П Е Х И
И
ПУТИ РАЗВИТИЯ
МИРОВОЙ ТЕХНИКИ

1937

БИБЛИОТЕКА
СИБИРСКОГО ГОРНОГО
ИНСТИТУТА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД
1925

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие автора	4
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА I. Добыча ископаемых.	8
Материалы первобытной техники. Железный век. Горное дело в древности. Исследование земных недр. Бурение скважин. Успехи изучения подземных залежей. Угольные копи. Борьба с опасностями горных работ. Мировая добыча каменного угля. Нефтяная промышленность. Горючий сланец. Торф и его добывание. Применение торфа.	
ГЛАВА II. Железо и его получение.	39
Железная руда и ее мировые запасы. Свойства железа. Микрофотографии. Выплавка чугуна. Обогащение руд. Получение стали. Бессемерованаемартеновский процесс. Успехи электрометаллургии. Специальные сорта стали. Последние достижения металлургии в области использования ее «отбросов». Мировое потребление железа и железный голод будущего.	
ГЛАВА III. Современные способы обработки металлов.	67
Стальные и чугунные отливки. Ковка. Прессование. Современные гиганты. Штамповка. Прокатка. Нагревание. Разрезывание металлов. Холодная обработка металлов. Токарные, револьверные, сверлильные и долбежные станки. Фреза и фрезерные станки. Точка инструментов.	
ГЛАВА IV. Современные строительные материалы.	88
Алюминий и его применение. Термитовая сварка. Новый металл-дюралюминий и его свойства. Будущность дюралюминия. Кирпич и обработка камня. Искусственные камни. Цемент. Новые сорта цемента. Бетон, его приготовление и свойства. Бетонные работы. Железобетон и его свойства. Резервуары, башни и склады. Фундаменты и опоры. Арки, своды, мосты. Столбы и мачты. Различные специальные конструкции из железобетона. Лигностон (дерево-камень).	
ГЛАВА V. Механизация производства.	113
Механизация и автоматизирование. Массовое производство. Клепальная машина. Винторезные станки. Гвоздильные станки. Автоматические станки. Машины для производства бутылок. Производство перьев, пуговиц, иголок, клинков, напильников, труб, пил, монет, стальных шаров, стальных троссов и канатов, Цепей и сеток. Авто-матические машины для прядения и тканья. Вязальные и трикотажные машины. Швейные машины. Машинное производство обуви. Ситценабивные машины. Ротационные машины. Словолитные и наборные машины.	
ГЛАВА VI. Механизация работ.	130
Машины для перемещения и подъема грузов. Подъемные краны и их работа. Пневматический подъемник. Механизация добычи торфа и угля. Выкачивание расплавленной серы. Механизация строительных и земляных работ. Паровой копер. Машины для копания ям. Земле-черпательные машины. Экскаваторы. Паровая лопата. Землесосы. Размыв грунта гидравлическим способом.	
ГЛАВА VII. Замечательные технические сооружения последнего полувека.	149
Горные туннели. Мон-Сениский и Сен-Готардский туннели. Смплонский туннель. Катсильский туннель. Первый туннель под рекой Темзой. Второй лондонский подводный туннель. Туннель под рекой Гудзон в Нью-Йорке и способы его постройки. Проект постройки туннеля под Ламаншским проливом. Замечательные мосты. Форт-ский мост. Бруклинский и Вильямсбургский мосты в Нью-Йорке.	
ГЛАВА VIII. Чудеса инженерной техники.	174
Величайшие в мире здания. Эйфель и его башня. Американские небоскребы. Дома компании Белля и Вульворга. Панамский канал—торжество современной техники. Его история и сооружение.	
Заключение.	197

Предисловие автора

Все возрастающий интерес в самых широких массах к успехам современной техники, так тесно связанной с целым рядом экономических и политических вопросов, находит себе яркое выражение в многочисленных книгах и журналах, популярно-научного и специальнотехнического содержания, появившихся за последнее время.

Настоящая книга, посвященная описанию главных путей, по которым шло развитие мировой техники последнего полувека, уже по своему объёду не может конечно, претендовать на сколько-нибудь полное и исчерпывающее описание всех достижений современной техники за этот период - для этого понадобился бы коллективный многотомный труд, вроде промышленной энциклопедии, потребность в которой, кстати сказать, живо ощущается в настоящее время.

Цель этой книги несравненно скромнее: задача ее дать малоподготовленному читателю общую картину развития и состояния человеческой техники за последние десятилетия. Я намеренно избегал введения математических формул, не желая затруднять читателя, для которого их язык непонятен. Также, по возможности, я стремился, при иллюстрации того или иного отдела, приводить фотографические снимки и схемы, а не чертежи, читать которые умеет не всякий, несмотря на всю их наглядность для сколько-нибудь подготовленного техника.

Рассказать о всех достижениях техники последнего полувека это значит - привести длинный и неспянный общей мыслью список машин, изобретений и сооружений, иначе говоря - не дать ничего. Я ограничился поэтому лишь описанием главнейших этапов развития мировой техники, наиболее полно отразившихся в культурной жизни современного человечества, отметив основные и наиболее важные моменты этого развития.

От описания улучшения способов добычи главнейших сырых материалов, составляющих основу нашей материальной культуры, я перешел к изложению способов их обработки и превращения в другие материалы, чтобы подробнее впоследствии остановиться на вопросах механизации

труда, автоматизации, точности и значения массового производства. Отдельная глава уделена описанию некоторых сооружений, могущих иллюстрировать гигантский размах современной инженерно-строительной техники. Затем, в главах, посвященных вопросам энергетики, я попытался выяснить ее роль в современном мировом хозяйстве и наметить главные пути завоевания новых источников энергии.

Техника транспорта, химическая технология, техника связи и путей сообщения, техника мелиорации и сельского хозяйства, техника печатного дела, техника волокнистых веществ, техника общественного благоустройства, техника военного дела и ряд других отраслей современной техники составляет содержание другой моей книги, которая будет продолжением и дополнением настоящей.

Желая быть возможно более точным, я сознательно старался, где это необходимо, привести цифровые данные для того, чтобы настоящая книга могла дать также нужную справку по некоторым вопросам.

Данные о запасах мировой энергии, о добыче железа, угля и нефти, а также ряд других сведений сверены с последними иностранными источниками. Алфавитный указатель в конце книги поможет облегчить пользование заключающимся в ней материалом.

Мне хотелось, чтобы в этой книге мог почерпнуть кое-что полезное всякий грамотный человек, у которого нет возможности следить по журналам за новейшими успехами мировой техники. Быть может и преподаватель найдет здесь некоторые сведения, которые он захочет использовать в своих беседах с учениками, и студент-техник, которому эта книга поможет заглянуть в те области, где современем ему придется работать.

Вот то, что автор считает необходимым предпослать этой книге, отдавая при этом себе ясный отчет о ее неполноте и других недостатках, за сообщение о которых он будет искренно признателен своим читателям.

ВВЕДЕНИЕ

Что понимаем мы под словом - техника?

Этому понятию можно дать много разных толкований. Большинство совершенно ошибочно считают технику совокупностью практических знаний, тесной областью сухих цифр, хаосом сложных машин и орудий, - чем-то узко специализированным, доступным пониманию немногих и достойным внимания лишь тогда, когда приходится осязать и пользоваться плодами технических завоеваний.

А между тем понятие «техники» — значительно шире.

История техники, это — история борьбы человека с мертвой материей. Это - увлекательный рассказ о неугасимом его стремлении подчинить себе непокорные силы природы, овладеть ее бесценными скрытыми дарами, покорить и обуздать мертвую материю.

Техника, это — неустанная борьба человека за то, чтобы раскрепостить свой труд и освободить себя от оков подневольной тяжелой физической работы...

Время случайных, неожиданных технических достижений осталось далеко позади. Современный техник почти никогда не идет ощупью, - его путь бывает ярко освещен светом научного знания, подготовлен и выровнен бесчисленными трудами его предшественников. Стефенсон не создал бы своего первого локомотива без паровой машины Уатта; Грамм и Сименс, изобретая динамо-машину, использовали открытия Фарадея; успех первых аэропланов братьев Райт и Блерио обязан работам погибшего Лилиентала и многих других.

В области техники, как и в науке, наблюдается та же преемственность, и почти каждое новое изобретение и технический успех имеют за собою длинную нисходящую лестницу и подчас бывают оплачены дорогой ценой человеческих жизней.

В известном романе английского писателя Беллами — «Через сто лет» герой его, благодаря разным обстоятельствам, засыпает и просыпается век спустя, не узнавая» когда-то знакомый ему город. Все настолько изменилось, все стало таким необычным — начиная от нового социального строя и кончая мелочами повседневного обихода. Особенно поражают

его завоевания техники, безмерно усовершенствованной и утонченной... Думается, что человек этот, если бы он заснул полвека тому назад, был бы не менее поражен — настолько глубок и головокружителен прогресс научно-технической мысли последнего полувека. Телефон, фонограф, кинематография, радио, авиация, подводное плавание, электрический свет, электрическая передача энергии, электрические железные дороги, поразительные успехи химии, искусственные краски, получение азотистых соединений из воздуха, пышный расцвет химической промышленности, невиданные по своей мощи машины-орудия для обработки металлов, изумительная механизация целого ряда производств, непомерный рост железной индустрии, гигантские суда, здания, уходящие в небо, туннели и каналы немислимых раньше размеров, чудовищные средства взаимоистребления, — все это было достигнуто лишь в последние полвека, и точно лавина, падающая с гор и все ускоряющая свое движение, этот успех технических знаний с каждым годом растет вширь и вглубь, суля нам в ближайшие полвека новые возможности, которые пока доступны лишь провидению романиста.

Техника настолько тесно переплелась теперь с нашим повседневным обиходом, сделалась настолько неотъемлемой частью всей нашей жизни, что знать хотя бы важнейшие ее завоевания необходимо каждому культурному человеку.

Для нас, граждан С.С.С.Р., возрождающейся страны, в напряженной борьбе и неслыханных трудностях создающих новые, лучшие социальные формы человеческих отношений, - для рабочего, для крестьянина, для трудовой интеллигенции, для всех, кому дороги преуспевание и развитие производительных сил своей родины, ясное и отчетливое представление о том, что дала и что может дать нам современная техника, является необходимым вдвойне.

Только овладев знанием - наукой и умением - техникой, будем мы в состоянии использовать несчетные богатства нашей страны, создать сильную и здоровую промышленность, поднять наше сельское хозяйство и устроить нашу жизнь на новых началах.

ГЛАВА I.

Добыча ископаемых.

Материалы первобытной техники. В эпоху, отделенную от нас несколькими десятками тысяч лет, человечество не знало других материалов кроме обломков камня, костей и кусков дерева. Мускульная сила рук, увеличенная силою каменного топора, была единственным его средством в суровой борьбе за свое существование.

Непонятная и враждебная природа грозно обступила его убогое жилище — пещеру на склоне горы или неуклюже сложенную из ветвей хижину. Примитивный ум первобытного человека с трудом соединял в одно целое постепенно накапливавшиеся данные жизненного опыта. Нужно было что-нибудь исключительное, что захватило бы его воображение и удержалось в его памяти. Блестящая раковина, красивый кусок минерала иногда больше привлекали его внимание, чем какоенибудь явление, из которого он мог бы извлечь для себя пользу.

Однако, год за годом, столетиями и тысячелетиями происходило накопление первых познаний о свойствах окружающих человека стихий. Огонь, вода, земля и воздух, хотя и были еще населены в воображении первобытного человека особыми духами, божествами, но мало-помалу открывали ему свои тайны и делались его слугами и друзьями.

Огонь стал согревать человека в холодные ночи ледникового периода, когда полЕвропы было покрыто толстой ледяной броней, варить ему пищу, обжигать посуду, плавить металлы...

Вода стала первым путем сообщения, неся на себе первые челноки и утлые суда человека, рискнувшего, наконец, покинуть родные берега в поисках новых стран...

Воздух надувал паруса его кораблей, помогал разгораться непослушному пламени в первобытных кузнечных. горнах...

Земля постепенно раскрывала человеку свои глубины, полные тайн и чудес.

Так, шаг за шагом, ошибаясь, открывая новое и, еще чаще, забывая старое, то терпя неудачи, то чутьем схватывая уголок истины, челбвечество медленно, но неуклонно шло по ступеням культуры и технического прогресса...

От сломанного куска дерева к обделанному кремню, от камня к бронзовому и железному орудию — таков общий ход технического прогресса человека за многолетний период.

Несколько различной породы камней, 5 — 6 металлов (медь, олово, железо, свинец, золото и серебро), а для построек — дерево, глина, песок, известь и лишь позднее цемент были почти единственными материалами техники в начале исторической эпохи несколько тысяч лет тому назад.

Какой беспомощной кажется нам человеческая техника той эпохи, и, тем не менее, она сумела создать сооружения, удивляющие нас своей смелостью и величием даже в настоящее время...

Отсутствие подходящих и достаточно прочных инструментов, а также хороших способов добычи и обработки металлов в сильной степени тормозило их широкое распространение, и, где только возможно, употреблялось сравнительно легко поддающееся обработке дерево.

Но постепенно повышавшиеся требования, предъявляемые к технике, всеусложнявшейся материальной культурой, неустанно толкали вперед человеческую изобретательность. Человек не мог уже довольствоваться каменными топорами. По всей вероятности, счастливый случай — кусок меди, сплавившийся из руды под влиянием жара разложенного костра, натолкнул его на открытие меди и бронзы; впрочем, есть основание думать, что это произошло с куском железной руды и умение обрабатывать железо предшествовало появлению бронзового века.

Вероятно, и другое предположение: среди обломков, носящихся в мировом пространстве и падающих иногда на нашу планету в виде так называемых «падающих звезд», накаляясь при этом добела, благодаря своей огромной скорости и трению о воздух, встречаются иногда куски и даже целые глыбы весом в сотни пудов чистого, как его называют, метеорного железа. В поисках за материалом для своих орудий человек, натолкнувшийся на такой кусок, не мог не оценить замечательных свойств «нового» вещества — его крепость, тяжесть и, главное, свойство поддаваться механической и огневой обработке.

Мы не будем здесь подробно останавливаться на всех этапах этой увлекательнейшей повести о постепенном завоевании человеческого ума в

области технических знаний — об этом расскажут нам книги, посвященные «истории культуры». Наша цель будет значительно уже: бросить взгляд на отдельные этапы умения человека добывать и использовать некоторые главнейшие материалы, которыми располагает современная техника, и отметить наиболее важные моменты головокружительно быстрого роста ее успехов за последние полвека.

Благодаря успехам химии мы знаем уже теперь, что окружающая нас природа состоит приблизительно из 90 простейших веществ или элементов, считавшихся до последних лет неразложимыми. Однако, лишь десятка полтора из них получили особенно широкое применение в технике.

Механическая и химическая технология рассматривают свойства различных веществ и их пригодность для того или иного употребления в технике. Взглянем поэтому на те «сырые» материалы, используя которые современные техники могли одержать свои блестящие победы над мертвой природой.

Железный век. Наше время кто-то назвал веком железа и электричества, и в этом названии много правды. Быть может еще правильнее было бы назвать его «веком угля и железа», так как главным образом энергия, заключенная в угле, приводит в движение тяжелые машины заводов и фабрик, вращает валы с бесчисленными приводами и станками, плющит, режет, сгибает раскаленные глыбы металла, плавит руду, превращает чугун в сталь, мчит по рельсам быстроходные экспрессы и тяжелые грузовые составы, заставляет гиганты-суда рассекать океанские волны, превращаясь в электричество, освещает города и деревни и, сгорая в печах, обогревает наши жилища...

Без угля не получить железа, без железа не добыть угля...

Уголь и железо — основа и скелет всей нашей современной культуры.

Свойства угля были известны давно. Много сотен лет тому назад эти бурные куски каменного угля умели лишь использовать как топливо, когда его залежи были под руками, и только общий рост техники последних двух веков сделал уголь тем необходимым веществом, каковым он сейчас является в промышленной жизни всех стран.

Но если уголь еще подчас можно заменить другим источником тепла и энергии — древесным топливом, силой падающей воды, ветряной энергией, то жёлезо, сталь и чугун с их многочисленными полезными свойствами заменить какимнибудь другим металлом вряд ли удастся.

Производство машин и инструментов, военное дело, судостроительство, сельское хозяйство, инженерные работы — словом, решительно все отрасли современной промышленности и техники «насыщены» железом,

живут железом, потребляя его с каждым годом все больше и больше. Темп промышленного развития мира в последние полвека настолько усилился, что казавшиеся бесконечными запасы каменного угля, без которого не может существовать и железная промышленность, по-видимому, через несколько сот лет могут прийти к концу...

Но это время от нас еще далеко, и миллиарды пудов расплавленного чугуна долго еще по-прежнему будут литься из устьев доменных печей и вагранок...

Роль железа в современной технике поистине необъятна. Производство железа различных сортов в несколько раз больше производства всех остальных металлов, употребляющихся в современной промышленности.

Железо, как это ни странно звучит, дороже золота. Исчезновение золота — допустим такое чудесное обстоятельство — имело бы во много раз меньшие последствия, чем исчезновение с лица земли железа, что нанесло бы смертельный удар всей нашей современной культуре, отбросив человечество на много веков назад...

Горное дело в древности. Не сразу узнало человечество полезные свойства железа и других металлов. Долгие годы потребовались на то, чтобы от первых робких попыток металлургии дойти до нынешних каменных гигантов, извергающих из себя ежедневно десятки тысяч пудов жидкого чугуна.

Умение найти в земле тот или иной ценный минерал долгое время, почти до наших дней, составляло настоящее искусство и было облечено некоторым покровом таинственности. «Горный промысел» или умение разбискивать и добывать из земли различные руды, был известен уже в глубочайшей древности. Предания и так называемые священные книги всех народов повествуют о том, что уже 6000 лет тому назад в разных местах производилась правильная добыча и выплавка некоторых металлов.

Еще и доньше то там, то здесь археологи находят следы заброшенных копей, где когда-то добывалась руда. Некоторые из этих старинных копей принадлежат к доисторическому периоду, но большая часть носит следы работы человека исторической эпохи, за несколько тысяч лет тому назад. Ассирийцы около 4000 лет до нашего времени разрабатывали медные рудники в Армении. Еще древнее горные работы в Египте и Китае, где уже 5000 лет тому назад умели плавить и обрабатывать железо. В Индии, около г. Дели, до сих пор существует железная колонна высотой в 18 метров и толщиной 41 см, весящая свыше 1.000 пудов и представляющая для нас настоящую загадку: как могли в то время сварить столь искусно эту огромную глыбу железа, какими забытыми познаниями обладали тогдаш-

няя металлургия индусов, справившаяся с задачей, которая представляет и теперь немалую трудность?

По свидетельству Страбона и Плиния горным делом занимались финикийцы — древний торговый народ, живший на восточном побережье Средиземного моря — умевшие добывать не только железо, но также золото, серебро и олово. Недавно найденные остатки шахты около берегов одного озера центральной Африки, повидимому, подтверждают легенду о золотых копях царя Соломона. При раскопках Ниневии (в Месопотамии) было обнаружено несколько тысяч пудов сварочного железа в виде небольших болванок, что доказывает некоторое знакомство ассирийцев с железодельной техникой.

Древний историк Светоний дает нам описание крупных горных работ, производившихся в эпоху Римской империи.

Альмаденские ртутные рудники в Испании разрабатывались еще при римском императоре Августе, серебряные рудники в горах Лауригона (в древней Греции) славились тогда во всех странах, снабжая их этим ценным металлом.

Славяне до Рюрика знали золото, серебро, медь и железо, получавшееся ими путем грабежа и мены. Медное дело давно было известно среди племен, населявших Пермский край. В XIV веке новгородцы уже раздобывали железную руду около Белого моря.

Старые копи были устроены довольно примитивно, — это были, по большей части, открытые большие ямы, разрабатывавшиеся в виде отдельных ступеней. Искусство копать шахты-колодцы и поперечные штольни явилось уже значительно позднее. Трудность и отсутствие надлежащих технических средств для откачки воды, первого врага глубоких подземных работ, служили главными препятствиями, тормозившими развитие горного дела.

В Египте около Каира сохранилась древняя шахта глубиной около 90 метров с остатками приспособлений, доказывавших умение египтян удалять воду посредством глиняных сосудов, прикрепленных к веревке, которая наматывалась на вал, вращаемый животными. Римляне владели уже довольно значительными познаниями в горном деле и умели не только устраивать шахты, но и прорывать довольно значительные подземные туннели. Так, например, около Фуцинского озера сохранились остатки водотводных штолен в несколько километров длины.

После падения Римской империи, с наступлением упадка средних веков, горное дело пришло снова в полное расстройство. Только много веков спустя, постепенно, вместе с ростом общей культуры Европы, стало

развиваться искусство нахождения и добычи полезных ископаемых. Наибольшее развитие горный промысел получил в некоторых областях Германии и Богемии (Чехии). Снова коегде возобновляются заброшенные римские копи, с XI века в Шварцвальде начинается правильная добыча серебряных руд, а в XII веке около Льежа (Бельгия) открывается раз? работка каменного угля.

Открытие пороха дало новый толчок развитию горного дела - силу человека можно было заменить при выламывании кусков руды силой газов, развивающихся при взрыве. Для ломки крепкого камня до этого времени прибегали к сложному способу раскаливания его сильным огнем и обливанием холодной водой, отчего на поверхности камня образовывались трещины.

В поисках за рудой приходилось все глубже и глубже зарываться в землю, что все больше увеличивало трудности работ по поднятию добытого материала и по откачиванию подземных вод. Изобретение паровой машины Ньюкоменом и Ворчестером в середине XVII века дало новый мощный толчок горному делу и металлургии- постройка новых паровых машин и других механизмов в сильной степени увеличили потребность в железе, а с другой стороны, паровые машины, даже при всем их тогдашнем несовершенстве, значительно облегчили задачу борьбы с водой, затоплявшей рудники, а также способы подъема и опускания в шахты. Первые водоотливные машины, установленные на английских каменноугольных коях, сразу же завоевали себе настолько прочную репутацию, что с того времени все скольконибудь значительные копи стали оборудоваться этими установками. Накопленный опыт в деле распознавания горных пород с середины XVI века кладет начало «геологии» — или науке о строении земли и ее пород. Появившиеся в 1556 году сочинения Агриколы снабжены многими рисунками и показывают, что горная техника стояла уже тогда на правильном пути. Потребность в подготовленных и знающих горное дело людях вызвала в 1771 году основание первой горной академии в Фрейбурге (в Германии) и ряда других подобных учреждений в разных странах.

Постепенно совершенствовались способы и приемы горного дела. В 1846 г. инженер Лешо изобрел алмазный бур, состоящий из пустотелой стальной коронки с насаженными на ней алмазами, который позволил значительно легче и быстрее высверливать в твердых породах скважины для закладки пороховых зарядов и производить пробное бурение при горных разведках. Усовершенствовались способы откачки воды и вентиляции при подземных работах, появились новые приборы для производства обследований. Мощные двигатели значительно облегчили добычу и транспорти-

ровку руды и угля, а все растущий спрос на металлические изделия вскоре поставил горное дело на одно из первых мест в современной промышленной жизни.

Исследование земных недр. Успехи научных знаний последнего полувека, естественно, не могли не отразиться на способах отыскания полезных ископаемых, и если в общих своих чертах отдельные приемы здесь остались почти те же, что и в середине прошлого столетия, — как, например, для шурфования и бурения, — то в ряде других способов успехи наших физических знаний дали иногда совершенно новый подход в решении некоторых задач горноразведочного дела.

Скажем здесь несколько слов о месторождениях некоторых полезных ископаемых. Металлы и руды более всего свойственны древнейшим геологическим образованиям или горным породам, попадаясь в виде так называемых жил, штоков и пластов.

Жилы, это — трещины в горных породах, в которых застыла жидкая некогда масса, содержащая руду, прорвавшаяся из внутренних областей земного шара, находящихся в огненно-жидком состоянии, или образовавшиеся благодаря отложению в этих трещинах и пустотах разных осадков и кристаллов из протекавших по ним подземных источников.

Штоки, это — более крупные скопления минерального вещества неправильной формы, вытянутые в горизонтальном или косом направлении. Пласты, это — еще большие массы минерала, расположенные в виде слоев, параллельно с другими соседними пластами.

Иногда ископаемый минерал встречается в виде самостоятельной массы, или гнезда, как ее тогда называют.

Металлы чаще всего встречаются в виде жил. Сюда относятся золото, серебро, медь, свинец, олово, цинк, железо и другие металлы. Золото, серебро и платина; так называемые благородные металлы, не окисляясь и не соединяясь с кислородом, встречаются в самородном и чистом состоянии, другие же исключительно в виде руд, то есть в соединениях с кислородом, серой и другими веществами.

В более поздних горных породах в виде штоков и пластов встречаются руды железа, каменной соли, бурого угля, гипса и ряда других ископаемых.

Неустанная деятельность текучей воды-рек и дождей, совокупно с деятельностью ветра и солнца, разрушила и измельчила некоторые горные породы, отложив их в виде песка, который в свою очередь часто бывал занесен другими слоями почвы. Некоторые металлы — как золото, платина

и алмазы (кристаллический углерод) — встречаются иногда в этих разрушенных остатках, или росс ы п я х.

Интересно отметить здесь одно замечательное обстоятельство. Почти все металлы обладают значительным удельным весом: железо имеет удельный вес — 7,7, медь — около 8,8, свинец — 11,3, вольфрам и золото — около 19, платина — 21,2; удалось также определить средний удельный вес земного шара, оказавшийся равным около 5, тогда как средний удельный вес большинства горных пород на его поверхности не превосходит 2–2,5. Отсюда некоторые ученые склонны делать выводы, что внутренность земного шара, хотя и уплотненная колоссальным весом лежащих над ней пород, заключает в себе огромные количества разных тяжелых металлов, вернее всего предположить — железа, составляющих внутреннее ядро земли, откуда только в виде небольших жилок тяжелые металлы просочились наружу и застыли в земной коре, подвергшись потом окислению воздухом и водой, превратившись в современные рудные залежи.

Как бы то ни было, отыскание этих рудных месторождений составляет одну из самых важных задач горного дела. Как раньше, так и теперь для поверхностей неглубокой разведки пользуются зондами и небольшими буровыми, позволяющими сравнительно недалеко проникать внутрь почвы. Для более глубоких изысканий прибегают к устройству шурфов, или колодцев глубиною в несколько саженей, укрепленных деревянными распорками, если грунт недостаточно прочен.

Бурение скважин. Для более глубокой разведки в настоящее время применяется бурение посредством специальных инструментов, которыми удается производить исследования до глубины 2000 метров. Способ этот, как оказывается, был давно уже известен в древнем Китае, где по свидетельству француза миссионера Имберта проводились такие колодцы на несколько сот саженей.

В Европе бурение скважин стало известным уже несколько сот лет тому назад. Астроном Кассини писал в 1771 году, что он нашел в Австрии много колодцев, устроенных бурением скважин. В Модене (Испании), по его словам, эти колодцы*) для получения свежей воды имеются во многих домах. Такие колодцы, состоящие из железных труб, пересекая водоносный слой, отводят ключ к поверхности земли, где он, если давление достаточно велико, может бить фонтаном. В начале прошлого века в Европе насчитывалось уже несколько сот таких буровых скважин, устроенных для

*) Называемые иногда артезианскими по имени французской провинции Артуа, где они получили широкое распространение.

целей водоснабжения и достигавших» иногда глубины многих сотен футов. Глубокое бурение с промывкой было изобретено в 1846 г. инженером Равеллем. Бурение это производится обыкновенно посредством стальных сверл различной формы, навинчиваемых на сплошную или пустотелую штангу по несколько метров длиной каждая. Верхняя часть штанги снабжена ушком для продевания рукояти, за которую один или несколько рабочих поворачивают весь инструмент и производят бурение. По мере углубления штангу наращивают навинчиванием новых кусков, а измельченную породу удаляют особой ложкой (желонкой) с клапаном и по вынутым образчикам заключают строение грунта. Если последний слишком непрочен (песок, ил, глина) — в просверленную скважину вставляют железные трубы, также постепенно наращиваемые по мере углубления для прочистки скважины. Штанга иногда делается из пустотелых железных труб, сквозь которые накачивается вода, очищающая дно от накопившейся грязи и уносящая ее вверх через зазор между наружной обсадной трубой и штангой. На поверхности грязь отстаивается и служит для определения характера проходимых скважиной пород. Применявшийся раньше способ бурения, заключающийся в поворачивании и нанесении штанге удара сверху — при более глубоких скважинах был оставлен и заменен с 1822 г. канатным бурением, перенятым от китайцев. Штанга с долотом поднималась при помощи веревки и затем падала вниз, собственным весом заставляя долото входить в грунт. Изобретение свободно падающих инструментов или такого приспособления, где падала только нижняя часть штанги с долотом, устранило главную причину поломок штанги и позволило доводить бурение до нескольких сот метров. Скважину у Мандорфа в Люксембурге удалось довести в 1844 г. до 715 метров.

Изобретенный Лешо в 1846 году бур — в виде коронки с алмазом, примененный им для глубокого бурения твердых пород, и усовершенствованный в Англии и Америке — дал возможность пробивать скважины диаметром до 7 дюймов в самых крепких гранитах. В мягких породах применяют стальные долота, в твердых алмазные коронки. Кебрих в 1876 г. построил «станок, где соединены оба эти способа; станком его конструкции, где были применены канатное бурение, промывка, свободно падающий инструмент и ряд других усовершенствований, была пробита между прочим скважина в Парушовице глубиной 2.003 метров. Глубочайшей скважиной в мире в настоящее время считается скважина в Силезии, около д. Чухово глубиной 2239,7 метров, т.е. больше двух верст,

Бурение глубоких разведочных скважин, давая нам полное представление о строении почвы, требует много времени, средств и умения.

Обыкновенно над местом, где хотят заложить скважину, устанавливается деревянная вышка до 15 метров высоты, на вершине которой укреплен блок с канатом, поддерживающим штангу для бурения. Буровая штанга получает вращение от установленного в особой пристройке локомобиля. Тот же локобель приводит в движение насос, подающий по трубам воду для промывки скважины. Для облегчения веса прибора последний подвешивается к коромыслу, на другом конце которого имеется противовес. Это коромысло, или балансир, может служить для производства ударов при ударном бурении, получая движение от парового цилиндра. Если скважина предполагается довольно глубокая и если при этом слабость грунта требует применения обсадных труб — последние вначале берутся иногда диаметром до 80 сантиметров, для того, чтобы в том случае, если опускание трубы станет невозможным, перейти к более узкому размеру и продолжать работу дальше. Новейшие буровые станки делаются еще более компактными; ими можно работать до глубины в 300 метров и проходить за неделю до 30 метров в самом твердом камне.

Бурение скважин далеко не так просто, как это может показаться с первого взгляда. Иногда неудачный выбор места их заложения приводит к весьма тяжелым последствиям, когда они открывают путь мощным подземным источникам воды. Так, в Брянске в 1894 г. какой-то подземный ключ пробил себе дорогу снаружи трубы и произвел в окружающей местности ряд промоин, сопровождавшихся обвалами почвы и зданий. Еще значительнее были последствия такого же случая в одном немецком городке, где в 1892 г. прорвавшийся поток выкес с собою огромное количество земли, что вызвало в городе образование провалов, появление трещин, разрывы мостовой и обрушение десятков домов.

На основании данных бурения можно составить настолько подробный план и разрез горных пород данной местности, что дальнейшие работы по проложению шахт и штолен для добычи ископаемого минерала будут уже происходить не ощупью, как раньше, а с полной уверенностью и определенностью. И все-таки, несмотря на то, что наши глубочайшие скважины могут проникать на глубину почти двух верст — мы знаем лишь о строении ничтожной $\frac{1}{300}$ радиуса земного шара... Если взять вместо земли большой мяч, то глубина величайших скважин выразится на нем величиной не более булавочной головки. Достоверных сведений о строении внутренних областей нашей планеты мы еще и теперь не имеем.

Успехи изучения земных недр. Последние завоевания науки принесли ряд новых способов для определения скрытых от нашего взора внутренних слоев земли и их полезных ископаемых.

Способы эти замечательны тем, что они в некоторых случаях позволяют определять местонахождение того или иного минерала, не прибегая к копанью шурфов и бурению дорого стоящих скважин, требующих, помимо этого, немало времени.

Магнитометрический способ, получивший давно уже значительное распространение, основан на том, что магнитная стрелка, повешенная на горизонтальной оси, изменяет свой обычный наклон под влиянием магнитных и железных масс, находящихся от нее иногда на значительном расстоянии. Обходя какоенибудь место и замечая положение стрелки, можно определить положение, глубину и мощность железных залежей.

Электрометрический способ основан на пропускании постоянного или переменного тока через толщину земных покровов и наблюдении над сопротивлением разных образцов почвы. Дело в том, что горные породы обладают различной способностью пропускать сквозь себя ток — лучше всего проводит золото, серебро, медь, хуже — железо, олово, гранит и другие минералы. От присутствия в почве того или иного металла электрическая проводимость ее меняется, что и наблюдается посредством специальных приборов. Способ этот применяется главным образом для пород, обладающих известной электропроводностью, как, например, известняк, каменный уголь, сернистые металлы и проч.

Радиометрический способ получил свое применение всего несколько лет тому назад в связи с успехами радиотелеграфа. Радиоволны, как оказывается, проходят почти через все тела, — только породы, содержащие некоторые руды, очень плохо проводят посылаемые радиосигналы или отражают и искажают их. Изучая, каким образом распространяются в горных породах радиоволны, можно определить весьма быстро границы и объем рудной залежи.

Гравиометрический способ основан на изучении силы тяжести, которая, как показали наблюдения, не всюду одинакова на земной поверхности. Существует закон, которому следует изменение силы тяжести, выражающий собою ее нормальное распределение. В некоторых местностях, однако, наблюдаются небольшие уклонения или аномалии от ожидаемых нормальных значений силы тяжести, по которым можно заключить, что в недрах существуют какие-то массы с повышенной или пониженной плотностью, изменяющие правильное значение силы тяжести. Путем последовательных наблюдений можно установить границы залегания этих масс, а иногда и определить их состав.

Сейсмометрический способ, основан на законах, изученных наукой о землетрясениях — сейсмологией. Подробное исследование коле-

баний почвы позволяет отчасти определить внутреннее состояние земли и физические свойства самых глубоких слоев нашей планеты. Крупные успехи сейсмологии навели на мысль о возможности применить ее выводы для обследования и верхних слоев земной коры при помощи искусственных взрывов. Вызванные взрывами колебания при прохождении через толщу земли претерпевают ряд изменений на границах раздела пород, и эти изменения записываются особыми чувствительными аппаратами. Изучение этих записей дает возможность определить природу и способ залегания различных ископаемых.

Так, шаг за шагом, открывает нам земля тайны своих недр, облегчая обладание необходимыми для человека скрытыми там подземными богатствами.

Угольные копи. Бросим теперь взгляд на те успехи, которые современная техника достигла в области добычи некоторых полезных ископаемых.

Применение пороха для раздробления породы и установка мощных паровых машин для откачивания воды и вентиляции сильно подвинуло технику горного дела вперед. Прimitивные колодцы со скользкими деревянными лестницами уступили место глубоким, по несколько сот сажен шахтам, снабженным механическими подъемниками, двигающимися со скоростью стрелы, слабые конные приводы для откачки воды сменились мощными паровыми машинами и насосами, естественная тяга — искусственной вентиляцией. Изобретение Дэви в начале прошлого века безопасной рудничной лампы уменьшило число частых до того времени взрывов подземных газов и угольной пыли, усовершенствовались способы крепления шахт и штолен, но всетаки работа в угольных копях как в прежние годы, так и теперь, по справедливости, может считаться одной из труднейших и опаснейших.

В 1619 г. в Англии впервые воспользовались углем для выплавки чугуна, и с тех пор рост мирового потребления угля, составляющего теперь основу всей современной промышленности, неуклонно идет вверх, угрожая, правда, лишь в отдаленном будущем, — полным истощением этого необходимого минерала. В своем месте мы скажем подробнее о предполагаемых запасах угля, которыми владеет человечество.

Каменный уголь, как известно, обязан своим происхождением остаткам доисторических лесов, которые под влиянием давления образовавшихся над ними горных пород и внутренней теплоты земного шара с течением многих сотен тысяч лет превратились в то плотное черно-бурое, слегка

блестящее в изломе вещество, которое мы все знаем под названием каменного угля.

Пласты угля лежат на различной глубине, иногда доходящей до версты и более. Разработку ведут поэтому сверху, углубляя шахту по мере истощения верхних пластов. Особенное внимание обращается сейчас на крепление стенок шахты, которое, при скольконибудь значительных ее глубинах, делается из камня и железа. Цель крепления не только удержать стенки шахты от обрушения, но и по возможности преградить доступ внутрь ее многочисленным подземным источникам, перерезаемым шахтою. Когда шахта пересекает слой угля, от нее прокладывают, следуя ходу разрабатываемых пластов, вбок, горизонтальные или наклонные ходы — штольни, в которых и производится добыча руды и угля.

По мере выборки ископаемого минерала, штольни укрепляют, чтобы они не обрушились, деревянными подпорками и каменными сводами. Под шахтой устраивается один или несколько подъемников на крепких стальных канатах, приводимых в движение сильной паровой машиной. Клеть, служащая для подъема людей и добытого угля, снабжена приспособлениями, тормозящими ее падение в случае обрыва каната, на котором она привешена. На дне шахты, куда обыкновенно стекает вода со всего рудника, устанавливается паровой насос, откачивающий воду наружу. В различных местах копи имеются автоматически поворачивающиеся двери, служащие для пропуска свежего воздуха, вгоняемого мощными вентиляторами через особые колодцы с поверхности земли. Некоторые современные копи снабжены даже электрическим освещением, сигнализацией и телефоном.

Чем глубже залегает слой угля, — тем лучше произошел в нем процесс разложения и обугливания, тем большим запасом теплоты, или, как говорят теплотворной способностью, он обладает. Сравнительно молодой бурый уголь содержит около 65-70% чистого углерода, и один килограмм его может дать не более 7.000-7.500 калорий*), тогда как более зрелый антрацит содержит до 95% углерода и развивает при горении до 8.400 калорий.

Отдельные вагончики для руды и угля всюду вывозились раньше лошадьми, которые опускались внутрь копей и оставались там до своей смерти. В новых копиях теперь стремятся заменить конную тягу электрической, посредством небольших электрических локомотивов.

Размеры некоторых современных рудников огромны. Сеть штолен и проходов тянется иногда под землей на несколько верст. Глубина больших

*) Калорией (большой) называется количество теплоты, могущее, нагреть 1 килограмм воды на 1 градус Цельсия.

шахт может достигать до 1000 метров и больше. Тысячи рудокопов работают в бесконечных штольнях и галлереях крупных копей. Глубочайшими рудниками в мире считаются золотоносные копи СенДжондель Рой в Америке глубиной в 2.200 метров, один рудник в Индии, глубиной около 2.010 метров и в Южной Африке — около 2000 метров.

Характерной особенностью глубоких шахт надо считать их довольно высокую температуру на дне, достигающую до 40°, — в этом начинает уже сказываться внутренняя теплота земли, повышая температура слоев на 1° приблизительно на каждые 30 метров глубины. Это дает основание думать, что на глубине 50 — 60 километров господствует температура, заставляющая плавиться большинство известных нам минералов.

Открытие Нобелем в 1862 году нового сильного взрывчатого вещества - нитроглицерина позволило значительно ускорить разработку твердых минералов. Чтобы добраться до пластов каменного угля, приходится разбить и извлечь большие количества ненужных, подчас весьма твердых, горных пород. На заре горной техники породы эти разбивались вручную или посредством закладки в небольшие скважины, или шпуров пороховых зарядов. Бурение этих шпуров представляет одну из самых тяжелых и изнурительных работ шахтера. Часами должен он иногда бить по стальному долоту и поворачивать его после каждого удара для того лишь, чтобы за час пройти им несколько сантиметров...

Изобретенные в 1863 г. и усовершенствованные впоследствии рудничные буровые машины (называемые обыкновенно перфораторами) сильно облегчили производство этих работ. Машины эти работают силой сжатого воздуха, давлением воды, а также при помощи электрических моторов. Мускульная сила человека заменена здесь другим, во много раз более сильным, источником силы. Перфоратор может быть установлен и закреплен в любом положении и пробивает шпуров во всевозможных направлениях. Существует несколько разных систем таких пневматических перфораторов; рабочий должен лишь следить за правильностью работы и заменять иступившиеся инструменты. За сутки такой перфоратор может пробить 3—4 метра в самой твердой горной породе. Ручное бурение удерживается лишь потому, что, благодаря низкой оплате труда забойщиков, оно обходится иногда немного дешевле механического.

Иногда несколько таких перфораторов и механических сверл, соединяются вместе на одном станке, и тогда работа идет еще производительнее. Такими станками, между прочим, производились работы по проведению больших туннелей. Интересна построенная Уокером около двадцати лет тому назад машина для прорывания шахт в твердых породах. Машина эта

изображена на рис. 1 и состоит из массивного чугунного фундамента, на котором укреплены по радиусам 8 железных балок Д на которых могут устанавливаться сверла С, приводимые в движение воздушным двигателем, находящимся внутри фундамента или установленным на балках, при чем за каждым сверлом наблюдает один рабочий. На время производства взрывов зарядов, заложенных в просверленных отверстиях, все приспособление может быть поднято кверху на блоках до такой высоты, где нельзя опасаться повреждения машин обломками камней. По мере углубления, вместе с прибором, если грунт ненадежен, опускается надстраиваемая сверху каменная обделка шахты D.

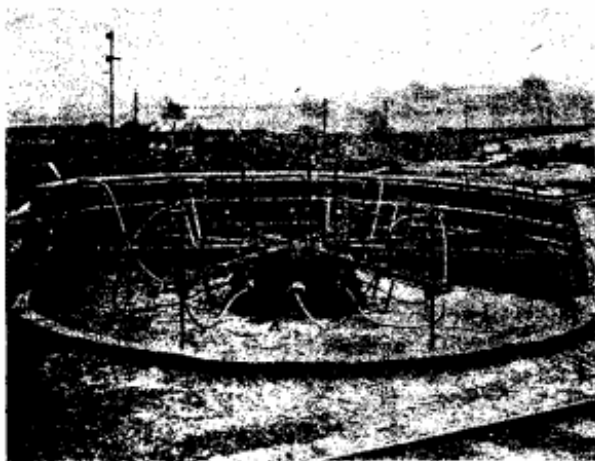


Рис. 1. Машина Уокера для рытья шахт.

Немецкий горный техник Петш предложил весьма остроумный способ углубления шахт в пльвучих породах, где даже откачивание мало помогает, так как вместе с водой увлекается окружающий грунт, и шахта обваливается. Он предложил, дойдя до слоя пльвуна, пропустить сквозь него вокруг шахты ряд труб, на расстоянии метра одна от другой, и накачать в них какую-нибудь замораживающую жидкость (он брал хлористую магнезию, жидкую углекислоту или воздух). Тогда через некоторое время вся масса грунта около трубок настолько промерзнет, что в ней можно вполне безопасно работать, как в самом крепком песчанике, и установить необходимое крепление.

Борьба с опасностями горных работ. Мы говорили уже о том, что несмотря на все технические усовершенствования работа шахтера все-таки

остается весьма тяжелой работой. Приходится треть жизни (а раньше 10 и 12 часов подряд) проводить среди подземного мрака, нерассеиваемого скудно горящей лампочкой, вдыхая сырой воздух, часто, отравленный примесью ядовитых газов, работать и отбивать уголь иногда в самом неудобном положении, под вечной угрозой быть раздавленным обвалившимся пластом, или, надрываясь от усилия, тащить на салазках уголь для погрузки в вагонетки...

Стремление, где только это возможно, механизировать работу человека повело к изобретению в конце прошлого века в рубовых машин, заменяющих тяжелый труд забойщика. Машины эти получили особенно широкое распространение в С.-Америке, где уже в 1906 г. работало 10200 таких машин, добывших 108 миллионов тонн угля или 35% добычи того года. В Англии их было в то время около 1100 штук, добывавших около 10 миллионов тонн. В настоящее время во всем мире работает уже несколько десятков тысяч таких машин, заменивших труд сотен тысяч рудокопов. Быстрому их распространению в Европе мешает лишь низкая заработная плата, сравнительно с Сев. — Амер. Соед. Штатами, несмотря на даваемые машиной сбережения силы и здоровья рабочёго. Нет сомнения, что у нас, где личность и здоровье рабочего стоят на первом плане, механизация добычи угля должна получить самое широкое распространение.

Конструкций рубовых машин выработано несколько, в зависимости от способов их работы. Одни из них построены на ударном принципе, подобно перфораторным машинам; рабочий только направляет машину, выдалбливающую в массе угля особым рычагом с переставным долотом выемку шириною и глубиною по 1,5 метра и высотой от 0,4 до 0,15 метра, в то время как другой рабочий занят выгребанием кусков и угольной мелочи. Расход же энергии на машину не более 2 лошадиных сил. За 10 часов работы такая машина может выбрать около 70 кубических метров или около 100 тонн (6000 пудов) угля, тогда как за такое же время два рабочих не выбрали бы и четверти этого количества. Машины эти употребляются исключительно при подготовительных работах. Для сплошной выемки применяются машины иного устройства, состоящие из низкой тележки, медленно передвигающейся вдоль забоя посредством цепи. На тележке укреплен обыкновенно электрический мотор в 30 — 40 лошадиных сил, который приводит в движение врезающийся в уголь диск с резцами, или бесконечную цепь с зубьями, или вал с ножами. Производительность таких машин весьма высока, но работа их требует немалого количества электрической энергии.

Небрежное или слабое крепление неоднократно бывают причинами больших обвалов, хоронящих под собою десятки рабочих... Иногда внезапно прорвется подземный поток, смоем крепи, обвалит забои и штольни, затопит шахту и всех, кто работает в копи... Не менее страшен и пожар, угрожающий страшным взрывом, и густой дым, могущий, если вентиляция слаба, заполнить внутренности разработок и задушить людей, словно пчел в улье...

История горного дела сохранила нам потрясающие рассказы о заживо погребенных рабочих, пробывших без пищи около двух недель под землей в полном мраке и обязанных своим спасением лишь самоотверженной работе своих товарищей, оставшихся на поверхности... Или лопнет канат, и не удержавшаяся клеть рухнет с людьми и грузом с высоты сотен саженей...¹⁾

На каждом шагу подстерегает шахтера опасность, но особенно опасен и тяжел его труд в каменноугольных копях, где больше всего жертв уносит частые и в наше время взрывы так называемого гремучего газа, просачивающегося сквозь совершенно незаметные трещины. Присутствие его бывает довольно трудно обнаружить, а между тем примесь к воздуху нескольких процентов этого газа, образует взрывчатую смесь, мгновенно воспламеняющуюся от каждой случайной искры. Вот почему шахтерам, работающим в угольных копях, строжайше воспрещается брать с собой спички и табак, и выдаваемые им безопасные лампы с сеткой пломбируются так, чтобы их нельзя было открыть. О присутствии газа судят по изменению и удлинению язычка пламени внутри сетки, сквозь которую само пламя, если только сетка не раскалится не может перекинуться наружу.

Страшным врагом углекопа являются также взрывы скопляющейся в воздухе копей угольной пыли, сопровождающиеся не менее ужасными последствиями, чем взрывы рудничного газа. Так, в 1879 г. в Бельгии такая катастрофа на руднике унесла до 120 жертв, у нас в 1908 г. на Рыковских копях погибло от взрыва 283 человека, в декабре 1910 г. во время одного взрыва газа погибло 360 рудокопов, а памятная всем катастрофа 1906 г. в Карьерре во Франции стоила жизни более чем 1000 шахтерам... Цифры эти с трудом укладываются в нашем сознании, но, к сожалению, факты остаются фактами. Английская фабричная инспекция вычислила, что ежегодно на каждые десять тысяч углекопов приходится 23 человека убитых и до двух тысяч раненых. Самая страшная эпидемия и кровопролитная война не дают такого большого процента пострадавших, как добыча каменного

¹⁾ Во время нечтания этой книги весь мир облетело ужасное известие об обрыве клетки на одной из немецких шахт. при чем погибло около 50 человек.

угля. Каждая тонна добытого каменного угля полита каплей крови шахтера... А если он и уцелеет, то через десятка полтора лет этой катаржной работы он превращается в инвалида с суставами, изломанными ревматизмом, и с легкими, пропитанными угольной пылью...

Шахтеры-уголекопы по справедливости могут считаться в этой войне с природой передовой цепью атакующих, боевыми ветеранами в великой армии труда...

Вина за эти катастрофы падает в значительной степени на углепромышленников, которые в погоне за лишним рублем барыша равнодушно относятся к неблагоустройству копей с дурной вентиляцией, считая, что жизнь рабочих стоит дешевле затрат на улучшение условий их труда. Однако, размеры некоторых несчастий были настолько велики, что над вопросом о предупреждении и предотвращении их последствий серьезно задумались техники всех стран.

В настоящее время в благоустроенных коях имеется особая сигнализация, предупреждающая о скоплении в том или ином месте опасных газовых примесей, а сильная и правильная вентиляция попрежнему является лучшим средством для борьбы с этим невидимым врагом.

Тщательное устранение возможности вспышки огня и появления искры также является главной заботой администрации рудника.

Для борьбы с угольной пылью, носящейся в воздухе, хорошим способом является ее периодическая поливка, заставляющая пыль оседать.

При взрывах, разрушающих и обжигающих все на своем пути, самым страшным является образование огромного количества удушливых и ядовитых газов, от которых гибнет нередко $\frac{3}{4}$ всех жертв катастрофы. При этом рабочие, уцелевшие при самом взрыве, гибнут не моментально, а через некоторый промежуток времени, нередко лишь через 1-2 часа с момента взрыва, в то время, когда они стремятся спастись из отравленного рудника. Современная горная техника выработала поэтому ряд приемов, состоящих в немедленном проникновении к опасным местам, где уцелели рабочие, специальных спасательных отрядов, а также в восстановлении вентиляции рудника и изолировании отравленных газами частей последнего. Трудность этих работ увеличивается иногда оттого, что в руднике почти всегда после взрыва начинается пожар, и тогда усиленная вентиляция еще больше раздувает огонь и увеличивает размеры несчастья.

В ряде рудников устроены под землю спасательные станции и пункты для подачи первой помощи, снабжаемые воздухом независимо от общей сети рудника и могущие служить убежищами после взрыва.

Такие же спасательные станции с особо обученным персоналом смелых, и здоровых людей имеются теперь на всех крупных рудниках. Образцом подобного рода устройств считается у нас спасательная станция на Макеевском руднике в Донецком бассейне, спасшая уже не, один десяток жизней. Все дружинники такой станции снабжены особыми костюмами и аппаратами, дающими им возможность работать в отравленной атмосфере. Уменью обращаться с этими спасательными аппаратами в Англии заставляют обучаться теперь почти всех рабочих.

Такие аппараты имеются нескольких систем (Дрэгера, «Вестфалия», «Вега», Нейпертаи др.). Большинство из них имеют запас свежего воздуха в сжатом виде и прибор, поглощающий выделяющуюся при дыхании углекислоту.



Рис. 2. Шлемовый респиратор Дрэгера. 

На рис. 2 изображен один из таких наиболее распространенных аппаратов шлемовый респиратор Дрэгера. Аппарат этот состоит из двух металлических сосудов с сжатым кислородом, прилаженных на спине и служащих для дыхания. Об остающемся запасе кислорода можно узнавать по особому прибору и регулировать его расход соответствующими вентилями. На груди помещены дыхательные мешки, разделенные для вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, от которых к шлему идут два прочных шланга. На спине рядом с запасом кислорода помещен прибор для очищения выдыхаемого воздуха от углекислоты и холодильник, где происходит добавление к нему из бутылей некоторого количества свежего кислорода.

Нет сомнения, что продолжающийся прогресс техники горного дела создаст в новом социальном строе условия, которые вполне обеспечат жизнь и здоровье рудокопа в его тяжелой, но необходимой для современной промышленности работе...

Мировая добыча каменного угля. Залежи каменного угля рассеяны во всех странах земного шара. Впервые были они обнаружены в Европе, и уже в XI веке каменным углем стали производить выплавку чугуна.

Значительное количество выделяемого углем тепла завоевало ему прочное положение в металлургии, являющейся и по сей час главной потребительницей угля, а затем быстрое развитие паровой техники, потребовавшей также огромного количества угля, на протяжении одного прошлого столетия увеличило в десятки раз его мировую добычу.

В 1877 году она была равна 288 миллионам тонн, в 1896 г. возросла до 582 милл., в 1907 г. она равнялась 1120 милл., в 1920 году около 1300 миллионов тонн, при чем около 45% добычи падает сейчас на самую промышленную страну в мире Сев. Америку.

Геологи и экономисты полагают, что при таком росте добычи угля мировые запасы его, исчисляемые приблизительно в 6000000 миллионов тонн, должны быть исчерпаны через 2000 лет. Так ли это конечно, покажет лишь будущее, но уже и сейчас техники и изобретатели все чаще начинают задумываться о тех новых источниках тепловой и механической энергии, которые могли бы явиться на смену каменному углю. Подробнее об этом мы поговорим в главе, посвященной различным запасам и источникам мировой энергии.

Нефтяная промышленность. Если в области добычи каменного угля и большинства других полезных ископаемых остались в общем прежние методы и только лишь в отдельных процессах появились большие нововведения, то развитие нефтяной промышленности целиком относится ко второй половине прошлого столетия, став теперь одной из главнейших отраслей мировой добывающей промышленности и скрытой пружиной сложнейших международных политических и экономических взаимоотношений.

О роли нефти, как источника энергии и сырого материала для производства целого ряда химических соединений, мы скажем в свое время подробнее, здесь мы лишь укажем на основные методы ее добычи и обработки.

Кроме каменных и бурых углей, углерод встречается в земле в виде алмаза и графита негорючего вещества, идущего, главным образом, на выделку огнеупорных тиглей и карандашей. Помимо этих соединений в природе имеется много других естественных соединений углерода с водородом, как в газообразном виде (естественные подземные газы), так и в жидком (нефть) и в твердом (горный воск и асфальты).

Происхождение нефти и других водородных соединений углерода в настоящее время еще не выяснено с полной определенностью. Существует предположение, что в известный момент жизни земного шара создались благоприятные условия для непосредственного образования этих соеди-

нений, другие же гипотезы приписывают происхождение нефти, горного воска и асфальта разложению жиров огромных скоплений морских животных. Последнее отчасти доказывается способом получения таких соединений в лабораторной обстановке. Энглеру, при перегонке, под давлением, рыбного жира, удалось получить жидкость, похожую на нефть. Работы химиков последних лет, производившиеся под влиянием все растущего спроса на нефть, дают возможность думать, что задача получения дешевых нефтяных продуктов искусственным заводским путем будет в непродолжительном времени также разрешена.

Сама по себе нефть известна в глубокой древности. Так как она легче воды, ее собирали с поверхности горных озер около нефтяных месторождений и пользовались ею вместо масла в светильнях. На Апшеронском полуострове в Закавказьи прорывавшиеся из-под земли горючие газы с давних времен служили предметом религиозного культа для местного населения, видевших в них проявление божественной силы. Геология и современная горная техника развенчали эту легенду, но зато дали миру одно из ценнейших веществ современной промышленности.

Началом широкой добычи надо считать 1860 г., когда одной из буровых скважин близ Титусвиля в Пенсильвании, находящейся в Сев. Америке, был открыт первый фонтан жидкой нефти, давший в первый же год до 60000 тонн.

Нефть представляет из себя желто-бурую, густую жидкость легче воды, скопляющуюся отдельными гнездами или прослойками на значительной глубине под землей. Нефть содержит свыше 87% углерода, около 11% водорода и горит почти без золы, развивая высокую температуру и выделяя до 11000 калорий теплоты на 1 килограмм, т.е. почти в полтора раза больше лучших углей. Как топливо оно может считаться идеальным, так как легко вводится в топку и прекрасно регулируется, быстро, по желанию, загораясь и погасая. Будучи более теплотворным, оно легче сравнительно с другим родом топлива и занимает меньше места при перевозке. О нефти, как источнике энергии, будет сказано дальше, здесь же мы ограничимся лишь описанием способов ее добычи.

Практичные американцы быстро уловили значение нефти вначале лишь как продукта, из которого можно было путем перегонки извлечь керосин и бензин, и сразу же поставили ее добычу на широкую ногу. Техника глубокого бурения для получения воды и для горных изысканий была уже настолько развита, что молодой нефтьпромышленности не приходилось проходить слишком длинного пути исканий и опытов.

Вначале нефть получалась из фонтанов, бивших через заложенные в нефтеносном пласте буровые скважины, под давлением скопившихся над ней горючих газов.

Фонтаны эти иногда достигают высоты в несколько десятков саженей, давая в сутки сотни тысяч ведер и почти мгновенно обогащая своего счастливого собственника. Сила их подчас бывает так велика, что не всегда удается запереть скважину даже на время, бывали случаи, что положенная на трубу скважины массивная железная плита в несколько часов протиралась частицами песку, со страшной силой уносимых нефтяным потоком.

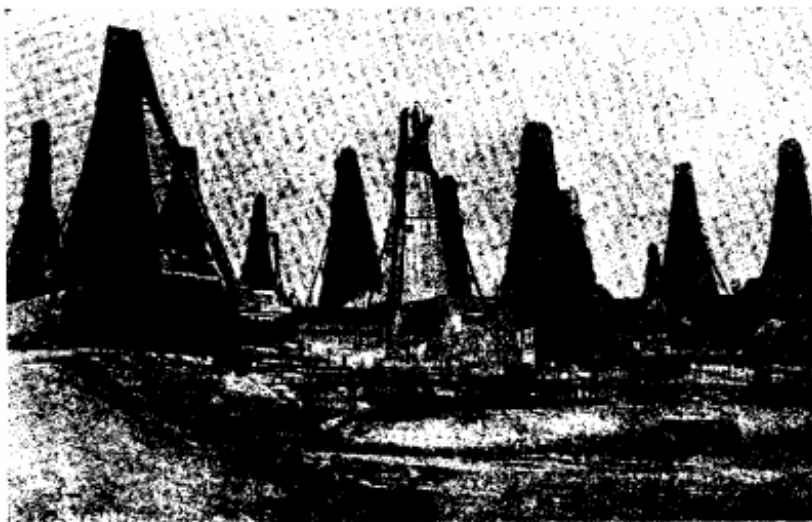


Рис. 3. Нефтяные вышки в Баку.

Странное впечатление производят нефтяные промыслы когда впервые их видишь перед собою. Среди голой степи высятся повсюду десятки и сотни деревянных конических вышек, высотой саженей 10, напоминающие собою _ по форме узкую форму для творожной пасхи (см. рис. 3). Воздух наполнен характерным запахом нефти, пропитавшей все кругом и землю, и строение, и платье рабочих. Сотни верст черных труб всевозможных размеров змеятся во всех направлениях по земле...

Под каждой вышкой имеется буровая скважина, достигающая иногда, как у нас в Баку, больше 1200 метров глубины. Бурение этих скважин во

всем почти сходно с описанным выше способом глубокого бурения. Фонтанирующая нефть сравнительно редкое явление большая часть скважин эксплуатируется другим способом, так называемым тартанием. В скважину, оборудованную небольшой паровой машиной или каким-либо иным двигателем, на стальном канатерпуске опускается желонка или узкое железное ведро высотой 23 метра с открывающимся во внутрь днищем.

Дойдя до слоя нефти, днище желонки открывается, нефть заполняет желонку, которая тогда быстро поднимается вверх, при чем дно ее, под действием тяжести набравшейся внутрь нефти, захлопывается. Когда желонка вытянута, дно ее автоматически открывается, нефть вытекает по желобу и накачивается в специальное хранилище, состоящее из огромных железных резервуаров, достигающих иногда емкости нескольких тысяч кубических метров.

Другой способ для добычи нефти, широко распространенный на американских промыслах, заключается в применении насосов. В виду большой глубины скважин, выкачивание нефти насосом не может производиться прямо с поверхности земли; поэтому все устройство напоминает насосы для глубоких колодцев, где цилиндр насоса опущен на самое дно, а поршень приводится в движение длинной железной штангой от двигателя, установленного около скважины. Способ этот позволяет применять 15-30-сильные двигатели вместо 80-100-сильных, употребляемых при тартании, что в свою очередь вызывает меньший расход энергии на добычу нефти.

Электрификация нефтяных промыслов, т.е. переход от отдельных паровых или нефтяных двигателей к электрическим, питаемым с общей центральной станции, является также успехом последнего десятилетия. Какую экономию в добыче нефти может дать электрификация, показывает хотя бы такое сопоставление: на бакинских промыслах, чтобы добыть старыми способами 100 пудов нефти, надо затратить от 25 до 30 пудов нефти, сжигая ее в котлах и мелких двигателях, тогда как, переводя скважину на электрический мотор, питаемый общей станцией, этот расход нефти падает до 8 пудов. Иначе говоря на 100 миллионов пудов добытой нефти (до такой цифры доходила добыча нефти в Баку) можно, электрифицировав скважины, сберечь около 17 миллионов пудов этой драгоценной жидкости.

В самые последние годы появилось одно интересное изобретение русского техника А р у т ю н о в а, которое обещает еще более удешевить добычу нефти. Вместо тартания и откачки нефти поршневыми насосами он предложил опустить непосредственно в скважину (ширина которой внизу обыкновенно не менее 30-40 сантиметров) построенный им узкий элект-

ромотор с насосом, получающим электрическую энергию по бронированному кабелю, опущенному в скважину. Опыты с этим прибором дали уже весьма удовлетворительные результаты.

Огонь — самый страшный враг нефтяных промыслов, грозящий не только уничтожением ценных запасов нефти, но и жизни работающих. Особенно тяжелы последствия пожара фонтанирующей нефти, происходящего иногда от случайной искры при ударе камня, выброшенной струей нефти, о стальную трубу скважины. О тушении такого пожара нечего тогда и думать впору бывает самим спастись от ревушего моря огня... Пожар перекидывается на временные пруды с запасами сырой нефти, дым густым столбом стоит над местом работ, и пожар в большинстве случаев кончается лишь с истощением самого фонтана. Памятен еще грандиозный бакинский пожар, случившийся в 1903 году, когда сторело несколько миллионов пудов нефти, разлившейся при этом по поверхности моря и сжегшей стоявшие на рейде корабли.

Около Баку нефть давно уже добывалась для освещения, посредством простых колодцев, где она скоплялась и вычерпывалась. Любопытно отметить, что первые попытки обратить внимание на нефть и продукты ее перегонки, как на прекрасный осветительный материал, сделанные еще в 1823 году Д у б и н с к и м, равно как и такие же старания некоторых американских техников в пятидесятых годах, были мало успешны. Только после того, как в 1855 году один ученый, Силлиман, доказал, что керосин (первый продукт перегонки нефти) отлично горит в лампах, превосходя даже употреблявшиеся до того времени другие растительные и минеральные масла, на нефть обратили серьезное внимание. Успехи применения буровых скважин вызвали быстрое развитие нефтяного дела в Америке, дающей сейчас около 70 миллионов тонн в год, или свыше $\frac{3}{4}$ всей мировой добычи.

В России наиболее крупным месторождением нефти считается Бакинский район, правильная эксплуатация которого началась Кокоревым лишь с начала 70-х годов, когда была заложена первая буровая скважина. По своему качеству и мощности запасов Бакинские промыслы считаются одними из первых в мире. Когда вывоз нефти за границу увеличился, образовавшиеся там крупные общества не могли мириться с трудностями дальней доставки нефти к морю и последовали примеру американских компаний, построивших уже в 1870 году ряд нефтепроводов или труб, по которым нефть гонится насосами на далекое расстояние, что иногда значительно дешевле, чем перевозка по железной дороге. В Америке теперь длина сети таких нефтепроводов равна нескольким тысячам верст, при чем

длина некоторых линий достигает 800 верст и больше. Для перекачивания готового уже керосина государством был сооружен в 1900 году огромный керосинопровод от Баку до Батума, вдоль линии железной дороги, общей длиной 814 верст, состоящий из 8-дюймовых чугунных труб и 16 перекачивательных станций. Это замечательное сооружение обошлось свыше 20 миллионов рублей, и по нему можно перегнать около 230000 п. (или 4000 тонн) в сутки.

Переработка нефти, производящаяся обыкновенно на местах ее добычи, развилась теперь в большую отрасль промышленности. Перегоняя нефть на огне в закрытом сосуде и охлаждая продукты перегонки, получают сперва более легкие продукты бензин и керосин, а темный густой остаток, известный под названием мазута, является прекрасным топливом и смазочным средством. Дальнейшая перегонка мазута дает ряд легких смазочных масел и оставляет в осадке тяжелую густую массу (гудрон), находящую себе применение при постройках.

Перегонка нефти ведется в особых приборах посредством горячего водяного пара, при чем нефть предварительно очищается от песка и грязи. Полученный при перегонке керосин также сгущается посредством перемешивания его с кислотой и щелочью. В Баку такие очистные заводы занимают поверхность по несколько десятин, давая в день десятки тысяч пудов керосина и различных смазочных материалов.

Кроме бакинских, и пенсильванских месторождений, нефть добывается в значительных количествах в Румынии, Галиции и Голландской Индии. Недавно сравнительно были открыты богатые месторождения в Персии и Месопотамии. В С. С. С. Р. нефть добывается также в Грозненском районе и около Майкопа на Кавказе, на р. Эмбе, в Уральской области и Фергане, где, однако, общая сумма добычи значительно уступает таковой в Бакинском районе, несмотря на его значительно истощенные запасы.

Горючий сланец. Кроме угля и нефти есть еще и другие минеральные горючие вещества. Упомянем здесь лишь об имеющих большее значение для Севера С. С. С. Р. так называемых горючих сланцах, значительные залежи которых около самой поверхности земли находятся в Ленинградской губернии. Обладая меньшей теплотворной способностью, чем уголь, и давая много (около 20%) золы, сланцы могут, тем не менее, служить в некоторых случаях хорошим топливом и, что важнее, могут давать при соответствующей перегонке ряд маслянистых веществ, близких по своему составу к нефтяным продуктам. Из сланцев, имеющих и за границей, в настоящее время добывается несколько сот тысяч тонн смазочных материалов, а из его твердых остатков и золы делается цемент.

Торф и его добывание. Щедрая природа дала человечеству в качестве топлива не только уголь и нефть, лежащие глубоко под поверхностью земли, не только леса, так безжалостно им истреблявшиеся, к его услугам имеется еще одно вещество, значение которого было оценено лишь во вторую половину XIX века, хотя о свойствах его было известно и раньше.

Мы имеем здесь в виду торф. Это ископаемое представляет из себя продукт растительного происхождения и состоит из остатков моха, болотистых трав, камыша и других растений, оседавших постепенно на дно болот и подвергшихся там процессу уплотнения и разложения без доступа воздуха.

Время, потребное для образования торфа, сравнительно невелико и исчисляется всего лишь 50-100 годами. За 100 лет торфяное болото может дать годный для топлива материал, утолщаясь оседающими слоями моха на 4 аршина. Таким образом, в отличие от угля и нефти, запасы торфа возобновляются самой природой и при разумной их эксплуатации могут послужить для человечества источником топлива на много столетий.

Техника массовой добычи торфа развилась лишь в последние десятилетия. Раньше торф добывался, главным образом, вручную. Когда находили соответствующее торфяное болото, ждали, пока с него сойдет высокая весенняя вода, и приступали к резке его лопатами, предварительно сняв верхний растительный покров. Теперь такое болото раньше осушают канавами, а потом уже приступают к разработке. Лучшим торфом считается так называемый моховой, или сфагновый, торф, образовавшийся от разложения некоторых сортов моха. Торф режется в куски, которые складывают для просушки на открытом месте, доступном ветру и солнцу. Содержащаяся в торфе вода через 2-3 недели испаряется, и в торфе остается лишь 20-25% влаги. Такой торф называется воздушносухим и обладает твердостью куска сухой глины. Четыре резчика могут приготовить в день от 5 до 7 тонн такого торфа. Значительно лучшего качества торф получается, если его после резки измельчить и отжать часть воды в ручных или механических прессах.

Таких прессов имеется множество систем. Наиболее употребительным из них можно считать пресс завода, Дольберга в Германии, состоящий из чугунной оболочки, внутри которой вращаются рядом два вала с ножами, разрыхляющими забрасываемую сверху торфяную массу. На этих валах установлено несколько винтообразных лопастей, захватывающих и выталкивающих измолотую массу сквозь четырехугольное узкое отверстие, откуда она идет в виде пластичной полосы, разрезаемой дальше на отдельные кирпичи. Последние на деревянных дощечках перевозятся вагонетками на расположенное поблизости поле сушки, продолжающейся, как и при

ручной резке, от 2 до 3 недель, после чего высушенные торфинки складываются в большие штабеля и кучи.

Стоимость воздушносухого торфа по ценам довоенного времени не превышала на месте 5-6 копеек и могла конкурировать с углем, не выдерживая, однако, длинных перевозок, сильно удорожавших цену торфа. В теплотворной своей способности торф уступает каменному углю, один килограмм торфа дает лишь от 3.000 до 4.000 калорий.

Главным стремлением торфяной техники последних десятилетий было во-первых, механизировать и удешевить самую добычу торфа, сведя до минимума число рабочих, необходимых для его заготовки, и, во-вторых, выработать процессы для удаления из торфяной массы возможно большего количества содержащейся в ней влаги. То обстоятельство, что большая часть воды в торфе находится в нем в коллоидальном состоянии, как, например, в киселе или желатине, делает невозможным удаление ее прессованием. Попытки применять громадные давления и центрофуги-аппараты, где жидкость отделяется центробежной силой, не привели к скольконибудь удачным результатам. Успешнее были опыты с электрическим удалением влаги, но этот способ оказался чересчур дорогим и сложным. Лучшим способом поэтому до сего времени считается сушка торфа на солнце и на ветру или искусственным высушиванием. Задача механизирования добычи торфа в настоящее время разрешается весьма удачно в целом ряде конструкций. Первый наиболее тяжелый процесс ручной копки торфа, при чем работа здесь идет все время в воде, заменяется иногда механическими торфорезками и экскаваторами, могущими вынимать по несколько сот куб. метров за день. Такова изобретенная около 15 лет тому назад баггермашина Эке лунда, состоящая из железной платформы, могущей передвигаться по рельсам с установленной на ней паровой машиной многочерпакового устройства. В дальнейшем, говоря о землечерпательных снарядах, мы опишем подробнее этот тип машин. Черпаки укреплены на особой поворачивающейся раме, которая может опускаться по мере углубления ямы. Забранная черпаками торфяная масса подается элеватором в торфяной пресс, помещенный на баггере.

Машина Штрэнге также представляет из себя многочерпаковый баггер, соединенный с приспособлением для передачи (транспортером) торфа в пресс. Черпаки насажены на прочной железной бесконечной¹⁾ цепи, цепь эта посредством зубчатки приводится в движение, черпаки тогда скоблят и захватывают находящийся под ними торф и выносят его наверх, где

1) Бесконечной цепью или лентой в технике называется вообще всякое гибкое тело, связанное концами, как, например, ремень на шкиве,

он падает либо прямо в воронку пресса, либо на механический транспортер. Все эти механизмы укреплены на раме с так называемым гусеничным тракторным ходом, на котором они могут передвигаться по любому месту, не нуждаясь в устройстве особого рельсового пути, как в некоторых других машинах. Глубина выемки торфа этой машиной достигает 34 метров. Еще лучших результатов удалось достичь на многочерпаковом экскаваторе системы Виланда (рис. 4), которая имеет устройство для снятия верхнего растительного покрова и транспортер. Последний устроен весьма остроумно и состоит из бесконечной цепи с наклепанными на ней пластинками, оги-

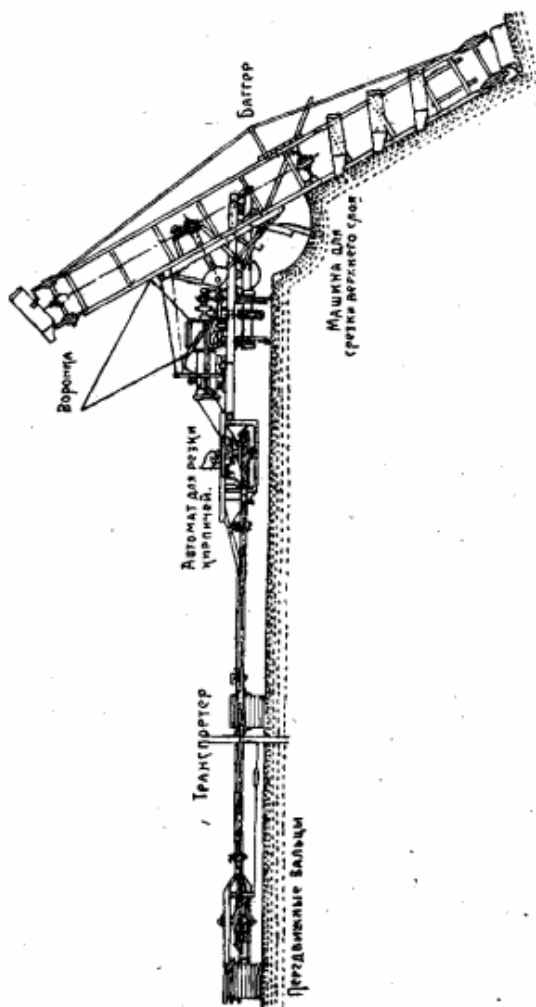


Рис. 4. Баггер-машина Виланда для механической резки торфа.

бающей два шкива на длинной раме, которая может на роликах перемигаться по полю сушки. Как только с одной стороны транспортер заполнится торфинками из пресса, пластинки на цепи опрокидываются, и торфинки падают на землю. Такая машина с мотором в 12 — 15 лошадиных сил дала в час около 30 кубических метров массы, или, считая на сухой торф, до 1000 пудов в час, при чем стоимость одного пуда не превышала 2 — 2½ коп. за пуд (по ценам довоенного времени).

Предлагалось еще много других конструкций, например, интересна по своей мысли машина Зеленая, где торф забирался большим винтом, заключенным в железной трубе. Машина Годжа построена совсем иначе — и состоит из баржи, на которой спереди установлены два больших круглых винта, режущих торф и передающих его по особому элеватору к прессу, где торф смешивается с водой и поступает в виде жидкой массы на подготовленное для него поле сушки.

Больше всего хлопот при резке торфа дают встречающиеся в большинстве болот пни и сучья когда-то росшего там леса. Машины не всегда могут справиться с этим препятствием, — останавливаются, ломаются и замедляют всю работу, которая должна идти как хорошо налаженный механизм. Для борьбы с этим злом также придумано немало подчас остроумных конструкций и способов; одним из интереснейших может считаться изобретенный около 1914 года русскими инженерами Классоном и Кирпичниковым способ размывания, названный гидроторфом.

Сущность его заключается в том, что на торфяную массу под сильным давлением направляют струю воды, которая вымывает торф, превращая его в жидкую кашу, с плавающими в ней обнажившимися пнями, которые легко вытаскиваются особыми кранами. Жидкая торфяная масса выкачивается специальным торфососом и посредством разъемных труб разливается по выравненному полю сушки, где вода уходит в землю, и жидкость через несколько дней превращается в густую массу. Когда эта масса достаточно затвердеет, по ней пускают ездить автомобиль с особой конструкции задними колесами, которыми торфяная масса формуется в отдельные кирпичи. Производительность одного такого комплекта машин, требующего около 200 человек для обслуживания и для разборки кирпичей, достигает миллиона пудов за сезон. Способом этим очень интересовался В. И. Ленин, предвещая ему большую будущность, и, действительно, сейчас в С. С. С. Р. на гидроторф приходится уже 13 миллионов пудов, т.-е. около 10% всего количества торфа, выработанного в 1924 году Цуторфом (Центральное Управление по добыче торфа).

Высушенный торф может служить прекрасным топливом, если в топках и печах произвести некоторые изменения, обеспечивающие постепенное его сгорание и хороший приток воздуха. Говоря о паровых котлах, мы еще вернемся к этому вопросу. Обугленный в особых печах или кучах торф, как и каменный уголь, может дать отличного качества кокс, с содержанием 86% углерода находящий себе все большее применение в металлургии, выгодно отличаясь от каменноугольного кокса лишь небольшой примесью, вредной для металлургических процессов. Отходящие при коксовании летучие вещества могут улавливаться и давать ценные для техники смолы.

На нашем Севере, богатом торфяными залежами, и железной болотной рудой, широкое применение торфяного кокса может дать сильный толчок к возрождению металлургических заводов в Ленинградском районе.

Торф невыгодно перевозить на далекие расстояния, — поэтому лучше его сжигать на месте добычи в больших центральных электрических станциях, а полученную электрическую энергию передавать по проводам в промышленные и населенные центры. Такие станции имеются и у нас в Ленинграде — станция «Красный Октябрь» в 10 верстах от города; под Москвой, уже в 1914 году построена Богородская электростанция и строится огромная станция в несколько десятков тысяч сил на Шатурских торфяных болотах в 120 верстах от Москвы.

Но это еще не все ценные качества торфа. Наблюдения показали, что торф может служить не только топливом, но и отличным удобрением. Внешение в почву 4.800 пудов торфа подняло урожай ржи, сравнительно с неудобренным полем — на 60%, тогда как навозное удобрение увеличило его лишь на 37%, а урожай картофеля повысился на 40 — 50%. Весь вопрос заключается здесь в удешевлении доставляемого на поле торфа, которого по многолетним наблюдениям все-таки требуется 20 — 25 пудов на прирост одного пуда зерна. Благодаря своей пористости, высушенный моховой торф служит также отличным подстилочным средством для скота, легко впитывая в себя часто теряющуюся навозную жижу. Подстилка эта, вывезенная впоследствии на поле, также служит в качестве удобрения.

Значение торфодобычания растет с каждым годом, и это вполне понятно, так как запасы его настолько велики, что ими не приходится пренебрегать в современном мировом хозяйстве, стремящемся использовать все природные производительные силы.

Залегая иногда слоями в несколько саженей толщины, торфяные болота содержат в себе огромные, точно еще не учтенные, количества торфа, исчисляемые многими десятками миллиардов тонн. Особенно богата

болотами и торфяниками Россия, владевшая в до-военных границах около 68 миллионами десятин болот. Из этого количества можно считать, что 22 миллиона являются торфоносными с средней глубиной торфа в 3 аршина и обладают общим запасом в 53 миллиарда куб. сажень сухого торфа, что составит, в переводе на воздушно-сухой торф (1 куб. = 75 пудам) — 3.960 миллиардов пудов, или 64,9 миллиардов тонн, т.-е. почти столько же по весу, что и наши запасы каменного угля.

Все растущая роль торфа в современной промышленности и сельском хозяйстве дают нам уверенность утверждать, что еще ближайшее будущее принесет нам много нового в способах его добычи и применения.

Мы познакомились теперь в общих чертах с успехами современной техники, занятой добычей топлива. Каким образом отдает это топливо свою тепловую энергию - мы скажем дальше, когда будем говорить об источниках и способах получения энергии вообще. Те огромные массы топлива, которые современная промышленность — особенно железоделательная — поглощает в огненных недрах своих котлов и печей, делает добычу угля тем хребтом, на котором держится вся наша культурная жизнь. Если бы завтра почему-либо прекратилась добыча угля и торфа — жизнь замерла бы... Остановились бы поезда, обезлюдели бы моря и реки, потухли бы заводские печи, перестали бы дымиться трубы фабрик, дома и улицы городов погрузились бы ночью во мрак...

Мы пережили и постепенно выходим из последствий такого кризиса страны, когда империалистическая и гражданская войны разрушили нашу угольную промышленность, и знаем, что значит топливный голод... Нет топлива — нет и промышленности... Вот почему так долго говорили мы о технике добычи топлива, перед тем как перейти к другим достижениям современной технической мысли.

ГЛАВА II.

Железо и его получение.

Железная руда. Геологические изыскания показали, что железные руды являются одними из наиболее распространенных руд во всех странах света. Говоря о мировых запасах железной руды необходимо заметить, что речь идет о тех запасах, которые удалось определить современными исследовательскими способами, — но нет сомнения, что на больших глубинах, куда еще не проникал стальной бур, лежат новые необъятные залежи железной руды...

Как мы уже говорили, железо встречается на земле исключительно в виде руды, т.е. соединений с кислородом и некоторыми другими веществами. Однако, около Гренландии на острове Диско железо было обнаружено в виде самородных глыб среди пород, выброшенных вулканом, обстоятельство, по-видимому, подкрепляющее мысль о присутствии значительных масс чистого железа на больших глубинах.

Большое значение для железодобывающей промышленности играет чистота железной руды, т.е. присутствие в ней тех или иных вредных примесей и богатство руды, т.е. количество чистого, содержащегося в ней железа. Есть руды, где содержание железа доходит до 70 — 80%, а есть и такие, которые содержат его в количестве 10 — 20%. Такие руды весьма невыгодны для переплавки, и потому их прежде чем пустить в доменную печь, подвергают “обогащению” — процесс, с которым мы познакомимся ниже, когда будем говорить о различных способах обработки ископаемых и увеличении % железа, содержащегося в руде.

В Европе большие залежи железа находятся во Франции (бассейн Лонгви), в Бельгии, в Германии, Австрии и на севере Норвегии и Швеции; наиболее значительными могут считаться разработки в Штирийских горах в Австрии, где добыча руды идет уже с отдаленнейших времен. Это целая

гора, изрытая скалами и уступами, на которой проложены теперь десятки верст узкоколеек, вывозящих руду. Не уступают по своей мощности этим месторождениям залежи железа в Норвегии и Швеции, лежащие далеко на севере за полярным кругом и славящиеся своими прекрасными качествами. Недавно, сравнительно, обнаружены богатые месторождения в несколько сот метров толщины в районе нашей бывшей государственной границы с Норвегией на Мурмане, где один немецкий завод очищает и отправляет эту руду в Европу. Общие запасы выгодных для разработки железных руд в Европе могут быть исчислены в $4\frac{1}{2}$ миллиарда тонн. Еще больше запасы железных руд в Америке, где они достигают 5 миллиардов тонн. Богатейшими залежами там считаются месторождения в области Великих озер, где слои руды тянутся на десятки километров, достигая толщины в 30 — 50 метров.

Залежи железных руд обнаружены также и в Азии и в Африке, но, в виду их отдаленности от удобных путей сообщения, в настоящее время еще не разрабатываются.

Особенный интерес для нас представляют месторождения железа в С.С.С.Р. Огромные залежи железа попадают на Урале, где его запасы исчисляются не менее как в 135 миллионов тонн. Одна Гора Магнитная, сплошь состоящая из прекрасной железной руды с 65% железа, содержит в себе не менее 100 миллионов тонн руды, а Бакальское месторождение около 30 миллионов тонн. Добыча руды на Горе Магнитной производится прямо с поверхности земли и настолько легка, что обходилась в 1 — $1\frac{1}{2}$ коп. за пуд.

Залежи в центральной части исчислялись в 800 миллионов тонн руды или 315 миллионов тонн железа. Руда этого района находится довольно глубоко под землей и содержит лишь около 40% железа. К этой группе можно отнести детально теперь обследуемые залежи около Курска, известные под названием “Курской аномалии”. В этом районе давно уже замечались какие-то странные отклонения магнитной стрелки. По распоряжению Советского Правительства, начиная с 1919 г., проф. Лазаревым ведется систематическое изучение этого месторождения.

Сейчас там обнаружены пласты железной руды, тянущейся в виде узкой 2-х верстной полосы на расстояние до 250 верст и содержащих в себе сотни миллионов тонн железной руды.

Кавказ обладает запасом не менее 14 миллионов тонн руды, или 8,3 миллиона тонн железа, Сибирь и Восток имеют 27 миллионов тонн руды, или 14,8 миллионов тонн железа.

Но самую главную роль в Республике играет Южное месторождение около Кривого Рога, где близость к Донецкому бассейну—сердцу углепромышленной жизни —делает эти залежи важнейшим центром всей промышленной жизни С.С.С.Р. Запасы руды этого района исчисляются теперь в 500—600 миллионов тонн. Около 400 миллионов пудов, или 6,5 миллионов тонн добывалось ежегодно в этом районе за последние годы перед войной, что составит около $\frac{2}{3}$ общей добычи железной руды в России. Открыты были эти залежи сравнительно недавно — всего лишь 50 — 60 лет тому назад; руда там залегает на некоторой глубине под поверхностью земли в виде пластов и отдельных гнезд, достигающих иногда 80—100 метров толщины. Верхние слои земли снимаются, и дальнейшая разработка ведется обыкновенно уступами—вручную или посредством взрывания, так как окружающая порода отличается большой твердостью. Подъем руды на поверхность совершается в вагонетках по канатным и рельсовым дорогам, где руда подвергается сортировке и поступает в переплавку.

Еще значительнее запасы руды на Керченском полуострове, где они исчисляются в 5—6 миллиардов пудов, т.е. в несколько раз превосходят вместе взятые запасы Урала и Кривого Рога, но низкое содержание железа (всего 35 — 42%) и присутствие значительного количества фосфора в сильной степени обесценивают месторождение этих руд, несмотря на удобство их добывания и транспорта морским путем к металлургическим заводам.

На Севере, в Архангельской и б. Олонецкой губерниях, также имеются залежи—хотя и не такие обширные— железной руды. Петр Первый еще двести слишком лет обратил на них внимание, основав около Петрозаводска 5 плавильных заводов. Однако, ряд неблагоприятных обстоятельств препятствовал развитию металлургической промышленности, уже несколько раз возникавшей на нашем Севере. Довольно большое количество руды имеется на Севере в виде так называемой “озерной руды”, добываемой со дна озер посредством черпаков. Руда эта имеет вид небольших шариков и лепешек и содержит в себе от 20 до 60% чистого железа. Запасы ее точно еще не определены и только для одного большого озера Выг равняются не меньше 10 миллионов пудов. В настоящее время имеется проект добывать эту руду механическим рудососом мощностью около 50 куб. метров в час и поставить обогащение руды и ее выплавку на местном древесном угле в количестве около 30.000 тонн чугуна в год.

О росте добычи железной руды могут дать нам представления следующие цифры: в 1885 году добывалось около 1 миллиона тонн, в 1895 году— около 3 миллионов, в 1905 году — около 5 миллионов тонн, в 1913—1914 годах добыча руды возросла до 10 миллионов тонн и несомненно, в связи

с все растущим потреблением в стране росла бы и добыча руды, если бы не последовавший после этого долгий период европейской и гражданской войн, нанесший всей нашей промышленности ряд тяжелых ударов, . от последствий которых она с огромным напряжением лишь сейчас начинает оправляться...

Свойства железа. Как это ни странно, даже близкие технике люди, но не имеющие частого дела с железом, очень мало осведомлены об основных его свойствах и различиях, несмотря на то, что железо, сталь и чугун, это—почти в буквальном смысле фундамент всей современной техники и промышленности.

Скажем здесь поэтому подробнее об этих металлах.

Первым, основным продуктом плавки железной руды в доменных печах является чугун.

Чугун представляет из себя серый или белый в изломе металл, хорошо заполняющий собою формы, отчего он и получил широкое распространение в отливках всякого рода. Чугун отличается значительной твердостью, но зато довольно хрупок и легко ломается от удара. При быстром охлаждении жидкого чугуна последний может закаливаться и приобретать большую твердость. Характерной особенностью чугуна является значительное в нем содержание углерода, доходящее до 3% —3,5%.

В соединении с кремнем и марганцем чугун обладает уже другими свойствами и носит название кремнистого, или марганцевого, чугуна.

Если от чугуна отнять часть углерода, так, чтобы его содержалось не более 2,3%, мы получим сталь и железо— продукты, отличающиеся ковкостью и тягучестью. В зависимости от способов получения, с которыми мы дальше познакомимся, сталь носит название пудлинговой, бессемеровской и мартеновской. Вообще же сталь и железо разделяются на следующие сорта:

I. Свареная сталь—углерода не меньше 0,5%, хорошо закаливается; отличается хрупкостью.

Свареное железо —углерода не меньше 0,5%. Закалку не принимает, в горячем состоянии лучше сваривается с другими кусками.

II. Литая сталь: углерода содержится не больше 0,15%, закаливается, отличается хрупкостью.

III. Литое железо. Углерода меньше 0,15%. Не закаливается, но хорошо куется и сваривается.

В сильнейшей степени свойства железа изменяет то или иное содержание других примесей. Незначительно изменив содержание углерода,

можно придать ему совершенно другие качества. Примесь кремния увеличивает способность железа растворять в себе углерод. Сплавы железа с кремнием (иногда и содержание последнего до 70—80%) называются ферросилицием и находят себе большое применение в некоторых металлургических процессах, равно как и сплавы железа с марганцем, употребляемые для производства литого металла.

Чугун очень плохо сопротивляется ударам и изгибу, сталь и железо, наоборот, представляют прекрасный материал всюду, где требуется некоторая гибкость и упругость. Последним свойством особенно обладают некоторые сорта закаленной стали, из которой готовят рессоры и пружины. Железо обладает ценным свойством легко свариваться и коваться, но в твердости оно значительно уступает стали. Вообще говоря, железо можно считать разновидностью стали, отличающейся от нее лишь содержанием углерода. Совершенно чистое или, как говорят, химически чистое, железо в природе почти не встречается. Интересно между прочим отметить, что чистое железо почти не подвергается ржавлению, т.е. окислению на воздухе, в виду чего для некоторых целей употребляется и этот сорт. Влияние разных примесей и способы обработки сильно сказывается на степени сопротивления стали разрыву. Обычное железо и мягкая сталь выдерживают, не разрываясь, до 600 килограмм на квадратный сантиметр, но есть сорта стали, идущие на проволочные кабели, которые выдерживают и до 20.000 килограмм. Есть сорта стали настолько твердые, что ими можно резать любой металл—есть и такие, которые гнутся в листах и никогда не ломаются.

Современная строительная и машинная техника предъявляют к стали такие разнообразные требования, о которых металлургия не могла даже мечтать всего несколько лет тому назад, и, тем не менее, благодаря совместной работе физиков и химиков, проникших в тайны строения частицы железа, удалось установить твердые законы, управляющие образованием того или иного сорта железа. Осмонд и Аустин дали разъяснение целому ряду темных процессов при плавке стали. Русскому ученому Д. К. Чернову принадлежит здесь также не малая заслуга в установлении условий образования разных видов железных сплавов. По современным взглядам сталь и чугун рассматриваются как разные растворы углерода в железе, который растворяется в последнем, как сахар в воде. Углерод может находиться в железе в трех различных видах: в свободном состоянии в виде частиц графита, в химически связанном или в виде так называемого цементита и, наконец, в состоянии твердого раствора в виде так называемого углерода закала.

В 1864 году английским ученым Сорби и в 1878 г. Мартенсом было предложено изучать строение металла посредством микроскопа и фотографии. Если взять обломок какого-нибудь металла и гладко отшлифовать одну из его сторон, а затем слегка подействовать на шлиф кислотой, — под микроскопом при сильном освещении мы увидим своеобразную картину расположения, формы и оттенков, входящих в состав данного сплава, — его составных частей. Не произведя количественного анализа, иногда можно совершенно точно судить только по одному взгляду в микроскоп о составе таких микрофотографий, ставших теперь одним из главных средств в деле изучения свойств всякого рода сплавов.

Выплавка чугуна. Сама техника выплавки чугуна из железной руды известна, по-видимому, с глубокой древности.

В древности железо добывалось прямо из руды, прокаливанием ее в ямах и посредством дальнейшей проковки прокаленных кусков руды под молотком, при чем железо освобождалось от остатков руды и шло в изделия. Но далеко не всякая руда могла так перерабатываться, — бедные руды потребовали уже применения искусственного дутья мехами. Меха для раздувания пламени плавильных печей употребляли еще римляне и германцы, но родину металлургии железа, по-видимому, приходится искать дальше — в центральных и южных частях Африки, где и сейчас еще в ходу старые приемы выплавки железа. Применение дутья неожиданно повело к открытию чугуна, т.е. того же железа, но с примесью 2—3% углерода *). В виду хрупкости и нековкости чугуна — его даже не считали чем-либо ценным и прямо пускали в отброс. Лишь, позднее, начав строить доменные печи и научившись способам превращать чугун в железо, достаточно оценили свойства этого материала.

Для выплавки чугуна из руды повсеместно употреблялся древесный уголь, что повело в Англии к значительному уничтожению лесов. У нас на Урале почти вся чугунно-плавильная промышленность выросла также на древесных углях, в виду его большой дешевизны сравнительно с привозным каменным углем.

После ряда неудачных попыток в середине XVIII века в Англии удалось, наконец, заменить древесный уголь — углем каменным, и с тех пор развитие этих главнейших отраслей промышленности — угольной и чугунно-плавильной — пошло гигантскими шагами вперед. Еще успешнее

*) Расплавленное железо обладает способностью растворять в себе некоторое количество углерода, образуя чугун.

пошла выплавка чугуна после применения в 1730 году кокса (пережженного каменного угля, лишенного своих летучих примесей). За 60 лет производство чугуна и железа в Англии удесятирилось, и Англия стала на первое место в ряду других стран, производящих железо, — которое, однако, в последние годы заняли Сев.Амер. Соед. Штаты с их чудовищно развитой металлургической промышленностью.

Сущность самой выплавки заключается в следующем. Руда смешивается с углем и подвергается действию высокой температуры, при чем уголь соединяется с кислородом окиси железа, превращаясь в летучие газы, а расплавленный чугун каплями падает на дно плавильной печи. Этот процесс отнятия кислорода от окисей металлов называется в химии восстановительным процессом, а печь, где происходит выплавка чугуна из руды, — доменной печью.

Печи эти устраивались раньше в виде больших башен из кирпичной кладки, имеющих внутри пустое пространство, суживающееся кверху и книзу. Сверху засыпалась руда вперемешку с углем и известью для очищения чугуна, снизу зажигался огонь и вдувался мехами воздух; жидкий чугун по мере его скопления выпускался через особые отверстия в нижней части печи. Такие печи могли давать в сутки лишь несколько сот пудов чугуна и были весьма несовершенны, так как теряли массу тепла с отходившими газами.

Большим успехом в чугунно-плавильной технике было изобретение в тридцатых годах прошлого столетия дю Ф о р о м горячего дутья, существенно уменьшившего расход топлива — использованием теплоты уходящих из домны горячих газов. Газы эти стали пропускать между рядами чугунных труб, по которым шел воздух, вдуваемый в домну. Способ этот в шестидесятых годах был заменен более экономными воздухонагревателями системы В и т в е л я и К о у п е р а, давшими возможность довести нагрев дутья до весьма высокой температуры.

Каждое десятилетие вносило с тех пор что-нибудь новое в конструкцию прежних доменных печей, достигших в настоящее время значительного совершенства и огромной производительности. Еще в 1863 году суточная производительность доменной печи была около 50 тонн; в 1880 г. она поднялась до 120 тонн, в 1898 году не редкостью были домны с 700 тоннами суточной производительности, а сейчас имеются печи, дающие в сутки до 900—1.000 тонн или до 60.000 пудов чугуна... Одна такая доменная печь на заводе К а р н е д ж и в Америке дает столько же, сколько давали все печи Америки в 1830 году и только в четыре раза меньше того, что выплавляли печи всего мира в 1800 году...

Взглянем, как устроен один из таких современных гигантов. Еще издали, когда мы стали бы подъезжать к одному из современных крупных железодельных заводов—наше внимание было бы привлечено видом огромных высотой 25—30 метров, т.е. в 2 шестиэтажных дома, круглых башен, окованных железом и связанных между собою, какими-то трубами невероятной толщины (см. рис. 5). Рядом и над ними вьется легкое кружево каких-то железных ферм,—мелькают и где-то скрываются поднимаемые вагонетки, слышится лязг цепей, шипение пара, грохот падающей руды и время от времени, точно огненный вздох, вылетают из каменной груды этих громад... Всюду стелется пар, и воздух насыщен дымом и копотью...

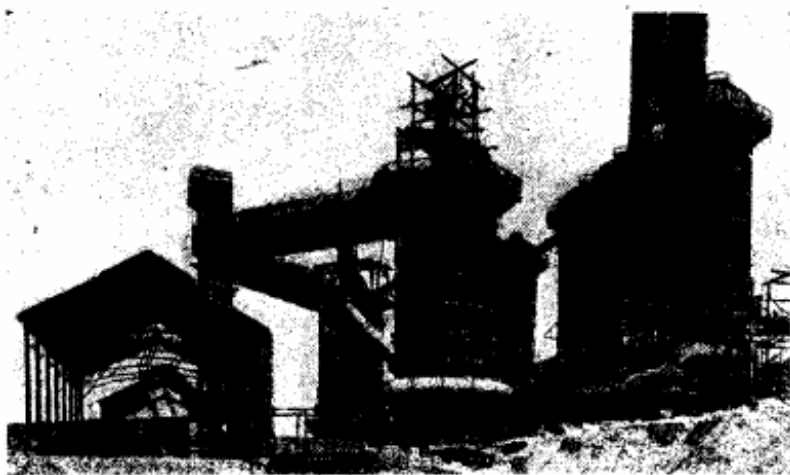


Рис. 5. Современный крупный чугуноплавильный завод.

Современная доменная печь (см. рис. 6) складывается из огнеупорного кирпича и обшивается снаружи железом. В средней своей части печь расширяется и поддерживается на железных и чугунных столбах. Нижняя, суживающаяся от середины, часть печи покоится на солидном каменном основании. Такое устройство позволяет делать печи со значительно более тонкими стенками. Верхнее отверстие, через которое происходит загрузка шихты¹⁾ обычное время закрыто железным конусом на цепях, препятствующим газам уходить в воздух. Тележки с шихтой доставляются особым

1) Шихтой называется готовая смесь из руды, угля и плавней или флюсов, — извести и некоторых других материалов, облегчающих плавку и способствующих очищению получаемого чугуна.

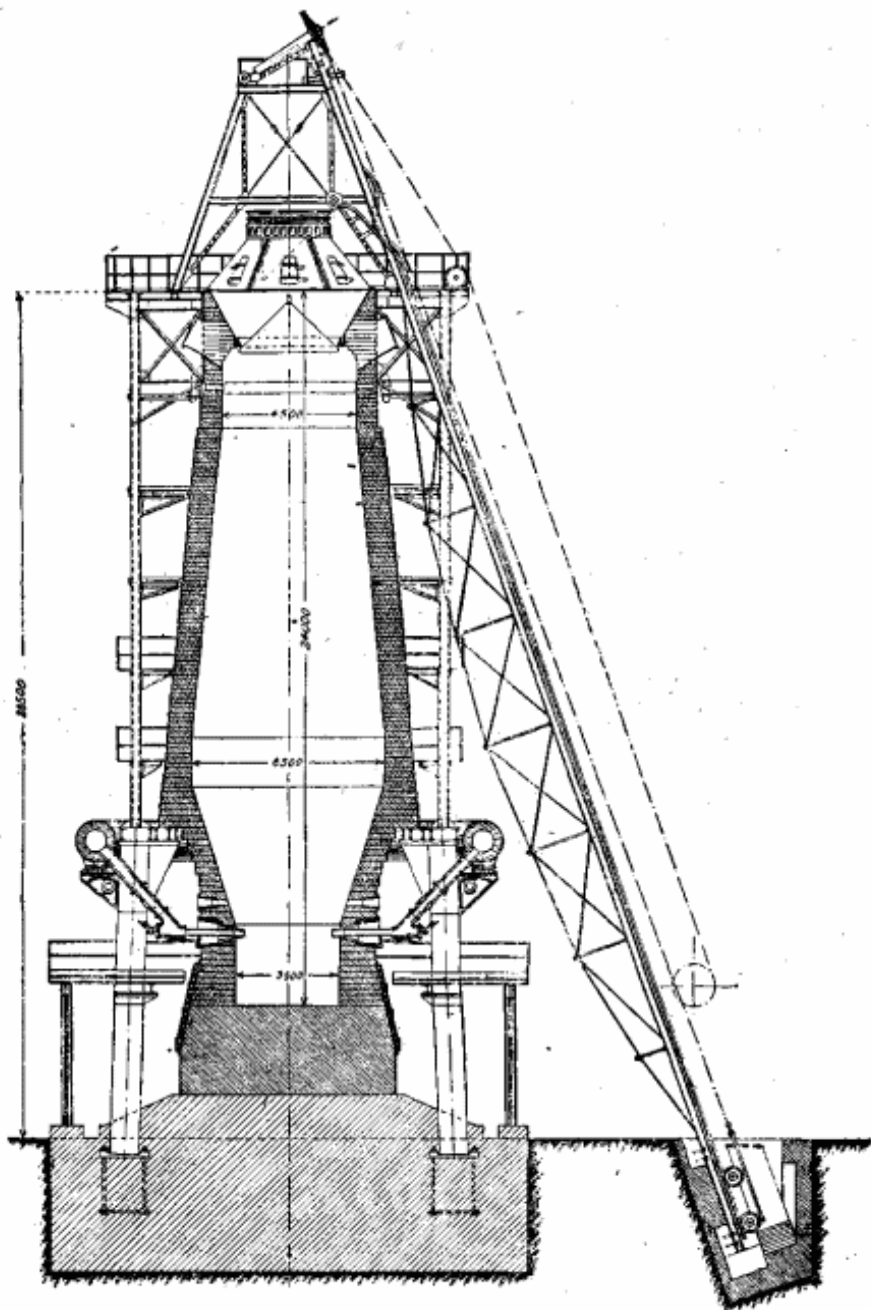


Рис. 6. Разрез современной доменной печи с механическим подъемником.

подъемником наверх, где они автоматически опрокидывают свое содержимое в устье печи и затем опускаются обратно. Отходящие газы улавливаются и по огромным железным трубам, одетым изнутри кирпичом, отводятся в так называемые коупера — высокие прямые башни, стоящие рядом, где отдают свое тепло воздуху, вдуваемому в домну. Эти воздухонагреватели устроены весьма остроумно по так называемому регенеративному способу: чтобы дым и газы не смешивались с чистым воздухом — они пропускаются сперва через эти башни, наполненные редкой кирпичной кладкой, и нагревают их докрасна, затем особым вентилям газопровод закрывается, — газ идет в другую башню, а через нагретый первый коупер продувают воздушными насосами-компрессорами свежий воздух, который в свою очередь там нагревается перед своим входом в доменную печь. Само вдувание происходит через чугунные сопла или фурмы, размещенные в нижней части доменной печи. В самом низу печи устраивается металлоремник, куда стекает жидкий чугун и шлак, выпускаемые от времени до времени через небольшие отверстия, заложенные глинянными пробками.

Руда, перед тем как она попадает в печь, подвергается иногда сортировке, при чем более крупные ее куски измельчаются в особых мельницах и дробилках.

Толчеи и валки сейчас почти совершенно не употребляются. Промывка применяется чаще всего для обогащения руд, смешанных с глиной и песком, и заключается в механическом отделении этих примесей посредством струи воды. Руда загружается в особый, слегка наклоненный, вращающийся барабан, где она разрыхляется водой, при чем более легкие части пустой породы вымываются и уносятся прочь. Чаще всего применяется химическая очистка — обжиганием руды. Обжигаются руды, содержащие много углекислоты, как, например, шпатный железняк, теряя при этом до 30% своего веса, что выгодно отражается и на удешевлении ее перевозки; магнитный железняк обжигается иногда для того, чтобы облегчить дальнейший процесс плавки в печи и для большего разрыхления руды. Раньше обжигание производилось в кучах, но в последние десятилетия почти всюду делается в особых рудообжигательных печах, причем в Швеции для обжига руды пользуются газами, отходящими от доменных печей.

Говоря об обогащении руд, нельзя не упомянуть также о способе отделения более легких частиц “пустой” породы на машинах, где, посредством сотрясаний слоя поступающей в них измельченной руды, легкие частицы задерживаются и скользят медленней, тогда как более тяжелые куски руды двигаются быстрее и отходят в сторону.

Интересен способ обогащения руд, обладающих магнитными свойствами, главным образом железных. Впервые юн был применен в 1855 году и получил значительное усовершенствование в последующий период. Новые аппараты, называемые электромагнитными сепараторами, или отделителями, устроены таким образом, что измельченная руда тонким слоем проходит мимо сильного электромагнита, который притягивает магнитные частицы, падающие в одну сторону, тогда как частицы не магнитные падают в другое место. Такие чрезвычайно удачно работающие сепараторы построены Веттерилем и Эдисоном.

Успехи химии позволяют теперь при плавке не идти ощупью как прежде, а точно определить те примеси, которые необходимы для получения чугуна хорошего качества. Примеси эти, или флюсы, как их называют, состоят обыкновенно из песку, глины и извести, примешиваемых к руде в специально для того устроенных шихтарнях. Под влиянием высокой температуры они спекаются в стекловидную массу, плавающую поверх чугуна, и так же выливаемую по мере ее скопления, образуя при застывании известный всёшлак.

Температура плавления железа около 1400° , и такую же температуру имеет и выпускаемый чугун. Операция выпуска жидкого чугуна, особенно ночью, представляет из себя феерическое зрелище: сперва где-то вспыхивает огненная точка; медленно, а потом все быстрее, оттуда начинает течь расплавленный чугун, — и вскоре огненная струя, окруженная багровыми клубами пара, бежит по канавкам и желобкам к устроенным в песке формам, где и застывает в виде отдельных брусков, или свинок.

Много труда берет разбивание таких соединенных между собою свинок. Для этой цели употребляется гидравлический пресс, отделяющий свинки одну от другой и дробящий их просто на 2 — 3 куска. Еще дешевле и производительнее оказался предложенный Улингом способ, заключающийся в том, что чугун из домны выпускают в огромные ковши, откуда он небольшими порциями разливается по отдельным изложницам, или формам, укрепленным на передвигающейся бесконечной цепи и, охлаждающихся в специальном баке, при чем застывшие свинки падают потом прямо в вагоны. Устройство это сберегает много труда и избавляет рабочих от весьма изнурительной и опасной работы.

Для действия одной крупной домны необходимо огромное количество свежего воздуха, — так для печи с производительностью в 24.000 пу-

дов, или 400 тонн, чугуна в сутки требуется не менее 1.200 куб. метров воздуха в минуту. Поэтому современные доменные печи обслуживаются мощными машинами и воздуходувками в несколько сот лошадиных сил.

Лозунг современной техники, — что ничего не должно пропадать даром, — повел к использованию доменной печи в 1895 году в качестве источника энергии.

Оказалось, химическая и тепловая энергия, теряемая с газами, отходящими из воздухонагревательных приборов, настолько велика, что на каждую тонну выплаваемого чугуна ими можно привести в действие газовый двигатель в 34 лош. силы. Отбрасывая отсюда около 6 лош. сил, нужных самому доменному заводу, имеем даровую энергию в 28 лош. сил; таким образом, домна средней величины, выплавающая в сутки 200—300 тонн чугуна, может развить энергию в 5.600 — 8.400 лош. сил, которая, будучи использована для ряда других производств, позволит значительно удешевить само производство чугуна.

Такие приспособления для использования энергии доменных газов устроены в нескольких больших заводах Европы и Америки и работают настолько успешно, что сделали возможным выплавку чугуна из таких руд, которые раньше считались невыгодными.

Получение стали. Хрупкость и непрочность чугуна в том виде, как он получается из доменных печей, в сильной степени ограничили бы распространение железа, если бы не удалось избавиться от излишка находящегося в чугуне углерода. Раньше это делалось посредством выжигания углерода в так называемых сыродутных горнах, состоявших из небольших печей, куда вдувается воздух. Получившийся в конце операции ком железа, называвшийся крицей, состоял из пропитанного шлаком куска, который после вторичного нагрева подвергался проковке. Способ этот теперь почти совершенно оставлен, как не экономический и дающий лишь небольшие куски металла.

Увеличившаяся потребность в железе привела к способу получения железа посредством окислительного плавления в горнах или так называемому кричному способу. Практика показала, что можно получить хорошую сталь, расплавив в горне чугуны и обрабатывая крицу в этой чугуновой ванне. Сущность такого способа заключается в очистке чугуна окислением и удалением из него избытка углерода и других примесей — марганца, кремня, фосфора и др. Способ этот сохранился кое-где и по настоящее время, но основным его недостатком является его небольшая производительность, не превышающая для одной печи 1.0 тонн железа в неделю. очень скоро — уже в конце XVIII века — почувствовалась потребность в печах

еще большей мощности, и вот в 1788 г. появляется, изобретенная англичанином Картом пламенная, или отражательная, печь, применявшаяся ранее лишь для выплавки меди. В этой печи топливо сжигается в топке около плавильного пространства, и горячие газы проходят над подом, или широким дном печи, при чем нагревают и обезуглероживают находящийся на дне металл теплотой, отраженной от сводчатого потолка.

Карт, ввел усовершенствование в этом способе, предложив перемешивать (по-английски: to puddle—пудль) жидкую ванну длинной кочергой, для большего соприкосновения металла с кислородом воздуха, — отчего и процесс этот стал называться пудлингованием. Еще лучше дело пошло, когда набойку дна печи начали делать из таких материалов, которые препятствовали бы образованию кислых шлаков. Отдельные частицы железа сбиваются в комок, свариваются, и, когда такой комок или крица достигает известной величины, его выкатывают и пускают для обжимки под пресс или молот. Работа при таких печах требует огромной выносливости и силы и по справедливости считается одной из тяжелейших. Несмотря на то, что этот способ в свою очередь вытеснен новыми методами получения стали, для некоторых сортов, однако, пользуются еще пудлинговыми печами. Большим усовершенствованием в них явилась изобретенная в 90х годах качающаяся пудлинговая печь системы Ро, состоящая из металлической камеры, выложенной внутри огнеупорным кирпичом, могущей качаться на горизонтальной оси, которая служит каналом для нефти, нагревающей печь. Находящийся в такой печи металл скатывается постепенно в один комок весом до 100 пудов, поступающий затем под пресс. Преимущество этой печи перед старым типом заключается в том, что в ней удастся получить значительно большие крицы, чем при ручной обработке, где они не превосходят 4 —5 пудов, и имеется возможность избежать трудной и дорогой работы ручного пудлингования.

Полный переворот в способах получения больших масс стали сделан в 1856 г. английским металлургом Бессемером, предложившим пропускать горячий воздух через расплавленный чугунок. Задача эта представляла ряд больших трудностей, но Бессемер гениально разрешил ее, построив так называемый конвертор.

В своей теперешней форме это грушеобразный железный сосуд, выложенный изнутри огнеупорным кирпичом, достигающий размеров в несколько метров высоты. Сосуд этот может вращаться на солидных осях, по которым горячий воздух вдувается через ряд мелких каналов внутри огнеупорной кладки на дне. Поворачивание конвертора производится вручную или посредством гидравлического двигателя. Процесс бессемерования идет

чугуне при продувании воздуха фосфорную кислоту. Для этой цели наилучшим веществом оказался доломит — минерал, содержащий в себе магнит, похожий по виду на мел. Такая набивка, или футеровка, называется основной, так как вещество, находящееся в ней, легко вступает в химическое взаимодействие с кислотами и уничтожает их кислотный характер, превращая их в соединения, называемые в химии основными: известь, заложенная в такой футеровке, вытягивает всю фосфорную кислоту, очищая наложенный в конвертор чугун, и после нескольких плавов заменяется новой набивкой.

Большим шагом вперед в деле бессемерования явился сравнительно недавно изобретенный на заводе Карнеджи в Америке способ выпуска чугуна в конверторы прямо из доменных печей; раньше это не удавалось, так как чугун из доменной печи получался недостаточно однородный по своему составу. Особенно важно для бессемеровского процесса было одинаковое содержание в чугуне кремния. Джонс предложил сливать весь чугун из доменных печей в один большой резервуар емкостью в несколько сот тонн, где он подогревается, приобретая определенное среднее содержание кремния, и оттуда уже идет без вторичной, дорого стоящей переплавки — в конверторы.

Изобретение Сименсом регенеративной печи позволило достигать таких температур (свыше 1400°), при которых стало возможным вести даже выплавку чугуна. Дело в том, что в прежних пудлинговых печах температуру нельзя было довести выше 1200° , достаточной для плавки чугуна, но недостаточной для плавки железа. Инженер Мартен соединил пудлинговую печь с регенератором Сименса и создал в 1865 году так называемый Сименс-Мартеновский способ получения железа и стали, быстро сделавшийся одним из главных способов получения этих металлов. В этой печи источником тепла является генераторный газ, производимый в особых газогенераторных печах, где образуется окись углерода, — горючий газ, известный всюду под именем “угара”, который сгорает, будучи смешан с воздухом, в пространстве отражательной печи. Остроумное устройство под печью ряда камер с клетками из огнеупорного кирпича позволяют использовать уходящее из печи тепло; для этой цели установлены особые клапаны, которые направляют в эти камеры то горячие продукты горения, то свежий воздух, нагревающийся в них перед поступлением в самую печь. Этим способом удалось достигнуть экономии 40 — 50% топлива. Кроме того, благодаря высокой температуре, развиваемой генераторными газами, в этих печах можно пускать в переплавку разного рода железный и стальной лом, стружки и т. п. материалы.

Чугун и сталь в Мартеновских печах (см. рис. 7) достигают такой температуры, что начинают как бы кипеть, выделяя вредные примеси в виде пенистого шлака, удаляемого через особые отверстия. В этих печах металлург может готовить, прибавляя разные количества других металлов, любые сорта стали и получать в невиданных раньше количествах чистое железо. Процесс плавки здесь идет медленнее, чем в Бессемеровских печах, что позволяет брать время от времени пробы металла и получать сталь постоянного состава.

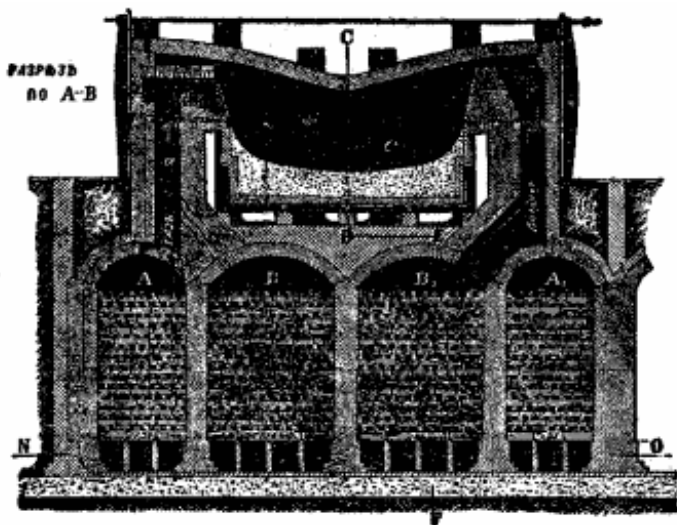


Рис. 7. Разрез Мартеновской печи.

Размешивание стали и забрасывание туда отдельных кусков металла происходит теперь не вручную, а посредством огромной механической железной руки с круглыми или опрокидывающимися лотками на конце.

Для загрузки всякого рода обрезков недавно построен специальный пресс, который сжимает поступающие в печь железные остатки в плотный пакет.

Некоторая медленность плавки окупается зато огромной емкостью печей. В 1880 году печи эти не строились более как на 10—15 тонн, а сейчас имеются уже “Мартены”, перерабатывающие зараз до 100 тонн и более.

Многие такие печи снабжены особым приспособлением, позволяющим их наклонять и выливать готовую сталь в разливочные ковши, а расплавленный шлак в особые приемники. На рис. 8 изображен железный каркас такой гигантской Мартеновой поворачивающейся печи на 200 тонн, построенный на заводе Стиса Оуэна во Франции в 1923 году.

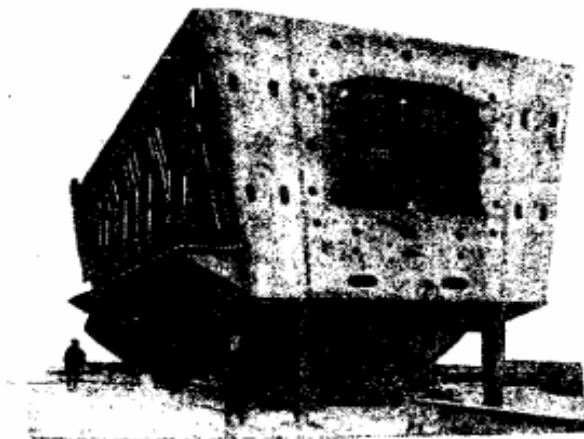


Рис. 8. Каркас гигантской мартеновской печи на 200 тонн.

Чтобы закончить с описанием современных способов получения стали, упомянем еще о производстве тигельной, или цементной, стали. Цементированием называют явление впитывания в себя раскаленным железом некоторого количества углерода, отчего сталь приобретает значительную твердость или, как говорят, цементируется. Для этого в огнеупорные кирпичные ящики закладывается по несколько тонн железа, пересыпают его угольным порошком и без доступа воздуха прокаливают в сильном сварочном жару в продолжение нескольких дней. Так как наружные слои впускают в себя больше углерода, чем внутренние — полосы цементированной стали складывают затем в несколько раз и прокатывают.

Тигельная сталь, — способ изготовления которой был введен в технику с 1840 года, — состоит в плавке цементной стали в графитовых закрытых тиглях или горшках на очень сильном жару, отчего металл приобретает большую однородность; такой способ, впрочем, довольно дорог, позволяя получать металл лишь в небольших количествах.

Успехи электрометаллургии. Успехи электротехники последнего полувека не могли не найти своего яркого отражения и в успехах металлургии нашего времени. С тех пор, когда, благодаря изобретению динамо-ма-

шин, стало возможным получение сильных электрических токов, начинается период применения его для выплавки разного рода металлов. Высокая температура, развиваемая вольтовой дугой, впервые была использована для плавки руды в 1853 году Джонсоном и Пишу. Но эта первая попытка, как и следовало ожидать, не оказалась удачной, как и ряд других подобного рода приборов. Только известному германскому электротехнику Сименсу в 1878 году удалось добиться практических результатов, пропустив угли вольтовой дуги через тигель с металлом. В новый период вступает электрическая плавка после печи, изобретенной в 1882 году Эдисоном и другими электротехниками — Коуэльсом, Вильсоном, Ферранти и другими.

В 1892 году французский ученый Муасан построил небольшую электрическую печь, в которой он получил настолько высокую температуру, что удалось расплавить и превратить в пар большинство известных металлов.

В 1895 году Бенардос и Славянов изобрели способ электрической резки металлов.

В 1890 году Диль построил электропечь для выплавки алюминия.

В 1895 году ДеЛаваль, изобретатель паровой турбины, носящей его имя, построил удачный тип печи для плавки железа.

Но на серьезный промышленный путь, однако, вступает электрометаллургия лишь с 1898 года, когда итальянский инженер Стассано построил свою первую электрическую печь, напоминающую по своей форме небольшую домну, в нижнюю часть которой введены толстые угольные электроды.

В 1900 году появляется печь Келлера, состоящая из ящика с огнеупорной набивкой, куда засыпается руда и внутрь которой сквозь крышку пропускаются толстые угольные бруски, соединенные с источником тока. Печь эта дала еще лучшие результаты.

Большим шагом вперед были появившиеся в 1903 году электропечи французов Жиро и Геру, позволившие вести выплавку и очищение стали в довольно крупном размере. Несколько образовавшихся в то время обществ до сих пор с успехом работают посредством этих печей, при чем типы этих печей несколько раз значительно видоизменялись.

Было бы слишком долго перечислять здесь многочисленные появившиеся в разное время системы — отметим здесь лишь одну из лучших — печь Реннерфельда, посредством которой с незначительной тратой энергии в короткое время можно получить все желаемые сорта стали.

Одновременно с постройкой печей для очистки стали, начиная с 1900 годов, идет упорная работа по созданию экомического типа электродоменной печи (системы Геру, Гельфенштейн и др.)

В крупном заводском масштабе впервые электродоменная печь была пущена в ход в Швеции в 1910 году, около гидроэлектрической казенной станции Тролльгатан, откуда печи получали необходимую для них электрическую энергию.

Работы на этих печах, рассчитанных на выпуск 2-3 тонн в сутки, продолжались и дали настолько обнадеживающие результаты, что вскоре после этого времени в Швеции и некоторых других странах, располагающих дешевым источником электрической энергии, получаемой на водяных установках, были также пущены в ход электродоменные печи.

Какие же преимущества перед обыкновенной доменной плавкой могут дать электродоменные печи?

Преимущества эти заключаются, главным образом, в том, что, помимо получения металла более высокого качества, является возможность экономии около $\frac{2}{3}$ необходимого для плавки угля. Для Швеции, где кокс и каменный уголь ввозятся из заграницы, а древесный уголь довольно дорог, применение дешевой электрической энергии, несомненно, могло быть иногда выгоднее, чем плавка в обычных доменных печах.

1 тонна чугуна для своей выплавки в электродомне требует около 400 килограмм древесного угля, около 2.000 киловатт часов¹⁾ и 2,8 килограмм угольных электродов, через которые подводится ток к руде, или, иначе говоря, при помощи одной электрической силы в год можно выплавить около 3 — 3,5 тонн руды.

Современные электрометаллургические печи строятся уже на 10—15 тонн вместимости металла и работают чрезвычайно правильно, давая продукт исключительной чистоты. На рис. 9 изображена такая электропечь системы Геру — Линденберга, могущая поворачиваться и выливать свое содержимое посредством помещенного под ней гидравлического механизма. Сверху видны 2 пропущенные через крышу массивных угольных электрода. Приготовлением последних занято сейчас несколько заводов заграницей, при чем размеры этих электродов достигают иногда 5 — 6 метров в длину или около 1 метра в поперечнике, а вес их доходит до нескольких тонн. На одну тонну выделяваемой из железа стали такие печи берут

1) Киловатт-час — мера электрической энергии, соответствующей работе 1 киловатта, равной 1,36 л. с. в продолжение 1 часа или часовой работе электрического тока в 10 ампер и 100 вольт. 1 киловатт может питать 1 час около 50 шестнадцатисвечных металлических ламп.

от 500 до 300 киловатт-часов, не требуя никакого другого источника теплоты.

В России в 1915 году образовалось общество “Северный белый уголь” для эксплуатации местных гидравлических сил на реке В ы г, где под руководством автора этой книги проектировалась постройка 2 — 3 гидроэлектрических станций мощностью в несколько десятков тысяч лошадиных сил, и предполагалось также поставить выплавку чугуна в электродоменных печах из местных железных руд.

Около того же времени был разработан проект постройки на р. Рионе крупной гидроэлектрической станции для снабжения энергии марганцевого Чиатурского района, где предполагалось организовать электроплавку ферромарганца из местной руды. На Урале с 1911 года работала небольшая гидроэлектрическая станция около Сатки для выплавки феррохрома. Кроме того, начиная с 1910 года на нескольких крупных русских металлургических заводах были установлены печи для электрической выплавки стали. Заслуживает также упоминания впервые осуществленная в 1911 году в Ленинграде несколькими русскими инженерами (Максименко и Никольским) элек“трическая выплавка ферровольфрама. Большие успехи достигнуты также в последнее время на Московском заводе „Электросталь”.

В 1902 году были во всем мире всего 3 электрических печи для выплавки стали, в 1912 году это число возросло до 125, и в 1922 году их имелось уже 1.150, не считая несколько сот электрических печей для различных других металлургических процессов. Возросла и величина этих печей, — так в 1902 году наибольшая их загрузка доходит до 2 тонн, через десять лет она возросла до 15, а сейчас на знаменитом автомобильном заводе Форда в Америке работает печь, вмещающая в себя 65 тонн жидкого металла.

Специальные сорта стали. Углубление в химические и физические процессы образования стали дало технике за последние 3 — 4 десятилетия целый ряд чрезвычайно ценных сортов стали, нашедших себе широкое применение в области машиностроения и технике дела.

Металлургия недавнего прошлого знала лишь свойства углеродистой стали. Современная металлургия зато имеет дело с десятками разного рода сталей, чрезвычайно разнящихся друг от друга как по своему составу, так и по качествам. Укажем здесь наиглавнейшие.

Марганцевая сталь. — Сталь эта содержит обыкновенно около 1,5 углерода и около 12% марганца.

Залежи этого металла, по своему виду напоминающего темный чугун, имеются у нас на Юге России и около Чиатур в Закавказьи, где добыча марганцевой 40 — 50% руды достигала одно время 600.000 тонн, или по-

ловины всей добычи этой руды на земном шаре. Небольшие примеси марганца сообщают стали большую хрупкость, но с увеличением % марганца в стали происходит удивительное изменение: сталь делается весьма тягучей, но вместе с тем и чрезвычайно прочной. Быстрое охлаждение сообщает такой стали большую тягучесть, медленное, наоборот, делает ее хрупкой. Из такой стали выделывают части машин, служащих для дробления горных пород, железнодорожные крестовины, колеса, кассы — словом, нет той отрасли машиностроения, где бы ни применяли этот ценный материал. Твердость этой стали настолько велика, что ее не всегда берет самый твердый резец, и приходится прибегать к его обработке наждачными колесами.

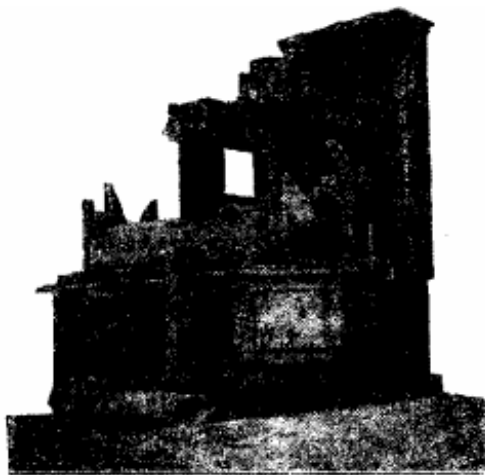


Рис. 9. Электрическая печь Геру
для выплавки стали.

Хромовая сталь содержит обыкновенно около 2% хрома и от 0,8 до 2,0% углерода. Хром встречается в виде соли хромовой кислоты и хромистого железняка; добывается эта руда на Урале, в Норвегии, в Германии и Северной Америке. Достоинство хромистой стали заключается в том, что, будучи закалена, она соединяет в себе большую твердость с большой упругостью, не изменяя своей формы и не трескаясь даже при сильных ударах. Это ценное свойство хромистой стали нашло себе применение в выделке плит и броневых снарядов, а также некоторых частей машин, требующих большой твердости и упругости.

Никелевая сталь содержит около 3% углерода и от 3,2% до 20% никеля. Последний представляет из себя в чистом виде белый металл, похожий по своим свойствам на железо. Присутствие его в стали придает последней значительную вязкость и прочность. Никелевая сталь последние годы находит себе все большее применение для котельных трубок, болтов, автомобильных и велосипедных частей, броневых плит и т. д. В соединении с хромом получается так называемая хромоникелевая сталь.

Вольфрамовая сталь — содержит от 0,4% до 2% углерода и от 5 до 24% вольфрама. Рудные месторождения последней встречаются сравнительно редко, отчего и стоимость ее довольно высока — несколько десятков рублей за пуд. В виду большой тугоплавкости этого металла, выплавка его в чистом виде сопряжена с большими затруднениями и стала возможной только с появлением электрических печей. Металл этот имеет исключительно высокий удельный вес — около 19 — и настолько тверд, что режет стекло, как алмаз. Сплав его с железом обладает способностью хорошо сохранять намагничивание и отличается чрезвычайной твердостью, почему и применяется для изготовления всякого рода сверл, резцов и других инструментов, служащих для обработки металла. Вольфрамовая сталь обладает еще одним замечательным свойством — способностью само закаливаться. Резцы из обыкновенной углеродистой стали, будучи сильно нагреты во время работы, теряют свою закалку или, как говорят, отпускаются, а инструменты из вольфрамовой стали даже при температуре в несколько сот градусов сохраняют свою твердость и крепость. Это обстоятельство позволило дать обрабатываемым ими предметам втрое большую скорость вращения на токарных станках, — скорость, при которой инструменты из другой стали быстро пришли бы в полную негодность. Иначе говоря, на одном и том же станке с резцами из вольфрамовой стали можно обработать в три раза быстрее и больше изделий, чем с резцами из простой углеродистой стали. В последнюю мировую войну, потребовавшую неслыханного количества снарядов и станков, это свойство вольфрамовой, или, как ее еще называют, быстрорежущей стали, сыграло огромную роль в военной промышленности.

Таким же ценным качеством обладает хромовольфрамовая сталь, содержащая в себе 0,3 — 1,3% углерода, до 0,3% марганца, от 2,2 до 7% хрома и от 9,2 до 25,5% вольфрама. Резцы из этой стали сохраняют свою твер-

дость даже при темно-красном калении в 600° . Открытием своим эта сталь обязана Уайту и знаменитому американскому технологу Тейлору, произведшему несколько десятков тысяч опытов над резанием металлов. Посредством этой стали один человек может сделать на станке в шесть раз большую работу, чем при помощи обыкновенных инструментов.

Специальные сорта стали, хотя и стоят значительно дороже обыкновенных, зато обладают более высокими качествами, позволяющими сделать серьезную экономию на затраченном материале, — так, например, на постройке одного большого океанского корабля, благодаря применению специальных сортов стали, удалось уменьшить его вес на 500 тонн.

В Америке, где за два десятилетия 1900—1920 г.г. общий выпуск железа и стали увеличился на 10%, производство специальной стали возросло в 10 раз.

Все большее значение начинает приобретать так называемая молибденовая сталь, содержащая в себе несколько % металла молибдена, которая хорошо противостоит действию кислот и может, в некоторой степени, заменить дорого стоящую вольфрамовую сталь. Большие успехи достигнуты — опять-таки на американских заводах — в деле получения нержавеющей стали. Удалось получить железо с содержанием всего лишь 0,03% углерода и нержавеющей сталь (с содержанием 14% хрома), которые почти совсем не окисляются, находя себе широкое применение в некоторых химических производствах. Интересными свойствами обладает недавно изобретенный сплав “нихром” из никеля, хрома и железа, обладающий большим сопротивлением для электрического тока и необычайной стойкостью к окислению. В виду того, что плохие проводники электрического тока быстро нагреваются последним, — проволока из нихрома нашла себе применение для изготовления нагревательных приборов, а на одном американском заводе даже построена огромная электрическая нагревательная печь для одновременного отжига 4-х крупных морских орудий по 25 тонн каждое.

Наконец, говоря о сплавах, нельзя не упомянуть здесь о все растущем применении так называемых легких металлов и сплавов с алюминием и магнием, играющих сейчас большую роль в моторо- и авиостроении.

Последние достижения металлургии в области использования ее “отбросов”. Те долго еще неизгладимые разрушения, которые внесла война во все отрасли промышленной и экономической жизни мира, заставили металлургическую технику последних лет обратить внимание на возможное удешевление производства и на использование тех материалов, которые раньше считались бросовыми и негодными.

Немецким металлургам удалось, например, понизить расход топлива на тонну изделий до 60% расхода 1913 года; удалось вести, плавку чугуна в домне на мелком коксе и на одних дровах с содержанием 15% влаги. Много обещают в будущем производившиеся на одном русском заводе опыты плавки чугуна на торфе, при чем последнего требовалось около 3 тонн на 1 тонну выпущенного чугуна и, кроме того, получалось еще 4.200 куб. метров газа, который можно было бы использовать как источник энергии. Успехи, достигнутые известным бельгийским заводом Коккерия в деле утилизации доменных газов, дают полное основание рассчитывать на получение с каждой затраченной тонны торфа около 00 киловатт, или около 80 лош. сил, т.е. домна с суточной производительностью в 50 тонн может дать около 3.000 киловатт энергии.

Большие успехи сделало использование шлаков доменных печей; на эти шлаки до последнего времени смотрели как на неизбежное зло и загромождали ими целые площади около печей. Некоторые, впрочем, шлаки, получаемые при одном металлургическом процессе, нашли себе прекрасное применение в качестве удобрения (томасшлаки), незначительная часть доменных шлаков шла на подсыпку в топках местах. Теперь найдено, что, будучи измельчены и соответствующим образом обработаны, эти шлаки дают отличный строительный цемент (о цементе мы скажем в своем месте подробнее).

Много материала уходило раньше в виде пыли вместе с доменными газами. Американский завод Карнеджи установил особые уловители этой пыли и получил десятки тысяч годного для переплава материала.

Насколько выгодно бывает такое использование отбросов, показывает пример одного американского медноплавильного завода, терявшего ежедневно с пылью около 18 тонн меди с примесью частиц серебра и золота. Установка электрических пылеуловителей Коттереля, основанных на притягивании к себе пылевых частиц, особыми наэлектризованными пластинками, между которыми пропускаются газы, содержащие пыль, хотя и обошлось заводу в 8 миллионов рублей, но зато сразу же сократило потери завода в 10 раз, дав ему экономию около 260.000 рублей в год.

Не меньшее значение имеет уловление пыли в оловянных и цинковых заводах, где эти потери металла в пыли достигают весьма крупных значений.

Словом, — параллельно усовершенствованию способов обработки и добычи, в последние годы все больше развёртывается новая отрасль техники и не только в металлургии, — отрасль наилучшего использования всего материала и возможного уменьшения количества его отбросов, — что в наиболее технически передовой стране — Америке — повело 2 года тому назад даже к образованию специального комитета утилизации промышленных отбросов, под руководством известного экономиста-металлурга Гувера.

Примером использования энергии доменных газов и вообще образцовой организации всего производства могут служить сталелитейные заводы в Джери (в Америке около озера Мичиган), где применены все новейшие усовершенствования, металлургической техники. Руда и кокс подвозятся к этому заводу по воде и механически перегружаются на электрическую железную дорогу и поступают на склады, вмещающие до 5 миллионов тонн. Доменных пёчей на заводе 12 штук по 550 тонн суточной вместимости каждая. Руда и кокс доставляются и сбрасываются в печи тоже автоматически, особыми подъемниками, при чем устранена всякая возможность потери газов из домны при засыпке. Доменные газы очищаются от пыли, при чем пыль. потом тоже идет в дело, промываются, нагревают воздух, поступающий для дутья, в нескольких газонагревательных печах, потом отдают свое тепло под топкой ряда паровых котлов, обслуживающих завод и электростанцию, и, наконец, окончательно используются в разного рода газовых двигателях. 12 таких доменных печей производят каждый час около 1 миллиона кубических метров и дают энергию 57 крупным газовым двигателям в количестве до 150.000 лошадиных сил, идущую на приведение в движение многочисленных заводских механизмов.

Мировое потребление железа и “железный голод”. Тот сказочный размах развития железодельательной промышленности ставит перед нами роковой вопрос: надолго ли хватит человечеству этого драгоценного металла?

Посмотрим, что говорят нам цифры. Начнем прежде всего с России, запасы железа которой исчисляются в 700 миллионов тонн чугуна. В последние годы перед войной добыча железной руды в России достигла 2.580 тонн, увеличившись за 50 лет с 1864 г. в десять раз. На душу населения выплавка чугуна и стали была равна лишь 1,5 пуда в 1918 году и около 0,5 пуд. в 1923 году, т.е. во много раз меньше, чем у других культурных народов — факт, ярко показывающий нашу техническую отсталость, теперь еще более увеличившуюся, от других промышленных стран. “

Вот таблица, иллюстрирующая развитие мировой выплавки чугуна по отдельным годам в миллионах тонн.

Страны	1864.	1874.	1884.	1894.	1904.	1913.	1923.
Соед. Штаты.	1	2	4	6,8	17	31,4	40
Англия	4,8	6,1	8	7,5	8,5	10,3	7,4
Германия	0,9	2,6	3,4	5,4	10	19,1	4,7
Франция	1	1,3	1,4	2,7	—	5,1	5,1
Россия	0,27	0,45	0,51	1,34	2,9	4,6	(Ок. 1 м.)

В этой таблице нас поражает, прежде всего, быстрый рост железодобывающей промышленности в Америке, где за 50 лет, начиная с 1874 года, производство ее увеличилось в 20 раз, далеко оставив за собою когда-то первую в мире промышленность Англии и Германии. Весьма показательны успехи последней, ставшей с 1902 года на второе место в мире и достигшей к началу мировой войны огромной выработки в 19 миллионов тонн.

Война, вызвавшая колоссальное напряжение промышленности всех стран, внесла сильное расстройство и в железодобывающую индустрию, от которого они лишь в 1919 г. начинают медленно оправляться. Следующая таблица даст нам представление о мировой выплавке стали *) в миллионах тонн в разных странах за последние десятилетия.

Страны.	1913.	1920.	* 1921.	1923.
Сев.-Ам. Соед. Штаты.	31,3 77	42,1 91	19,8 36	44,6 85
Германия	17,3	6,6	8,7	5,5
Франция	46	3,0	3,1	4,1
Бельгия	14	1,2	0,8	2,2
Остальные страны	11,5	4,7	2,0	5,2
Всего во всем мире	74,92	66,72	37,98	71,01

*) Выплавка чугуна, из которого в дальнейшем получается сталь, незначительно различается от количества выплавленной стали.

Обилие железа и общие благоприятные экономические условия поставили сейчас Америку на первое место, среди всех остальных стран всего мира. Почти 63% от всей мировой продукции стали падает на Северо-Американские Соединенные Штаты.

Трудно даже себе представить это количество. Наглядный пример лучше всего поясняет это. Представьте себе стальной лист толщиной в 1 метр и поверхностью 10 кв. километров или гигантский куб высотой 330 метров, т.е. на 30 метров выше Эйфелевой башни, — столько было выплавлено стали за 1923 год и $\frac{1}{3}$ этого количества дала Америка. Куда же уходит в стране это море стали? И это становится понятным, если сказать, что за 1923 год, в Америке было построено и отремонтировано около 200.000 железнодорожных вагонов, выпущено 4000 паровозов, закончено построек на 8 слишком миллиардов рублей, произведено четыре миллиона автомобилей, спущено несколько сот крупных судов — всего даже трудно перечислить.

Это все растущее в невероятной прогрессии потребление железа серьезно ставит вопрос — надолго ли хватит для промышленности мировых запасов железа?

Проф. Шагрэн на международном геологическом конгрессе в Стокгольме дает приблизительный подсчет этим мировым запасам, приводимый в следующей таблице:

Страны света.	Действительные запасы, миллионов тонн.		Предположительные запасы, миллионов тонн.	
	Руд.	Железа.	Руд.	Железа.
Европа . .	12.032	4733	41.029	1 2.085 + значительные.
Америка .	9855	5.154	81.822	40.731 + громадные.
Австралия.	136	74	69	37 + значительные.
Азия . .	260	156	457	283 + громадные.
Африка . .	125	75	тысячи	тысячи - громадные.
Всего .	22.468	10.192	больше 123 377	больше 53 136 + громадные.

С другой стороны — вот цифры роста мирового потребления железа.

Годы	1500	1700	1800	1810	1820	1830	1840	1850
Количество чугуна, в миллионах тонн	0,06	0,1	0,37	0,62	1,01	1,58	2,68	4,42
Годы	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	
Количество чугуна, в миллионах тонн	7,18	11,62	18,11	27,25	40,2	65,2	59	

Каждые десять лет мировая добыча чугуна возрастает на 50 — 60%, и нет основания думать, что рост этот замедлится в будущем — скорее наоборот. Тогда в 1960 году мировая добыча железа достигнет 600 миллионов тонн, а к 1990 году она достигнет 2.500 миллионов тонн, через сто лет будет исчерпан действительный запаса руды в 10.000 миллионов тонн, а через 200 лет истощатся и предполагаемые ее запасы...

Нет сомнения, однако, несмотря на эти неутешительные выводы, что к этому времени мировая техника достигнет такого блестящего расцвета, что ей станут доступны и те неисчерпаемые запасы железа, которые хранятся в недоступных пока для нас недрах земли, и «железный голод» не скоро еще будет угрожать человечеству.

ГЛАВА III.

Современные способы обработки металлов.

Стальные и чугунные отливки. Сталь, огненной струей выливаемая из устья плавильных печей, прежде чем сделаться частью какой-нибудь машины или постройки, претерпевает еще длинный путь предварительной горячей и холодной обработки.

Путь этот сложен и многообразен. В зависимости от требований, предъявляемых к стали и вообще ко всякому металлу, в сильной степени меняются и способы его обработки. Взглянем здесь на некоторые из этих способов.

Следя за ходом получения стали, мы остановились на том моменте, когда сталь из Бессемеровского конвертора разливается по изложницам. Раньше ждали, пока сталь не застынет, и потом пускали вынутую болванку в дальнейшую обработку. Но потом обнаружили, что в изложнице металл застывает неравномерно, оставляя в середине пустоты, или, как их называют, “раковины”. Для того, чтобы этого избежать, подвозят изложницы с неостывшей еще сталью к сильному прессу, который сжимает застывающую сталь, отчего металл получается значительно однороднее.

Чтобы сделать какую-нибудь отливку, сперва надо приготовить “модель” отливаемого предмета. Эта модель делается обыкновенно из дерева, при чем если модель сложная, то ее готовят из нескольких частей. Самую отливку металла делают в форме из какого-нибудь огнеупорного материала, обыкновенно смеси песка с глиной. Смесь эту помещают в формовочный ящик, называемый опокой, ставят туда же модель отливки и обкладывают ее этой смесью, так, чтобы потом можно было модель вытащить, не повредив сделанного ею в формовочной массе отпечатка. Если модель не плоская и имеет более сложные очертания, то ее отпечаток готовят в двух ящиках, накладываемых один на другой, при чем в каждом получается по одной половине отпечатка.

Формовка, особенно для больших и сложных отливок, представляет собой трудное и ответственное дело — почти искусство. Влажность и состав формовочной массы, правильность отпечатка, прочность самой формы и правильный выбор температуры и состава металла, идущего в дело, — все это и целый ряд других обстоятельств влияют на удачный результат всей отливки.

Умение приготовить любое количество металла однородного качества позволило делать отливки в несколько десятков тонн весом, о которых не могли и мечтать лет пятьдесят тому назад. Вот, например, на рис. 10 и 11 внутренность одного из крупнейших металлургических заводов Шкода, с отлитой целой рулевой частью для броненосца, весящей 22 тонны, или гигантская шестерня весом 44 тонны и диаметром 6 метров, отлитая на том



Рис. 10. Рулевая рама, весом в 22 тонны, отлитая на заводе Шкода.

же заводе. Но и это еще не является пределом современных отливок — сейчас льют маховики и рамы для машин весом 60 тонн и более.

Иногда небольшие отливки отливаются прямо в металлических формах, что удешевляет изделия.

В последнее время начинают применять в некоторых случаях способ отливки легкоплавких металлов под давлением, что увеличило прочность, точность и чистоту отливки. Способ этот еще более усовершенствовался, когда начали в металлической форме создавать некоторое воздушное разрежение.

Американец Де-Ли во предложил новый, весьма оригинальный способ отливки труб; в горизонтальный быстро вращающийся цилиндр выдвигается трубка, из которой брызжет мелкими струйками перегретый чугун, отбрасываемый центробежной силой к стенкам трубы, где он и застывает ровным слоем.

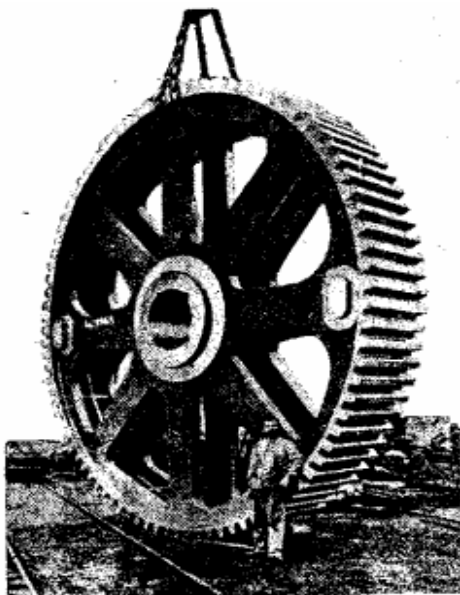


Рис. 11. Литая шестерня, весом в 44 тонны.

Для формовки некоторых отливок, в особенности для формовки больших зубчатых колес, последние десятилетия стали употребляться автоматические формовочные машины, которые стали делать эту работу и лучше, и быстрее, чем вручную.

Ручная набивка больших форм, отнимающая много времени в настоящее время, часто заменяется работой пневматической трамбовки, действующей сжатым воздухом.

Самый процесс отливки иногда удается заменить работой машины. Так, на автомобильном заводе Форда, к которому мы еще неоднократно вернемся, литье производится машиной, состоящей из вращающегося стола, на котором укреплено двенадцать разъемных чугунных изложниц; все отдельные процессы здесь настолько упрощены, что на изготовление отливки надо лишь $\frac{1}{8}$ времени, которое требуется при обыкновенных отливках в песочных формах. Один рабочий на такой машине за 8 часов работы может сделать свыше 2.500 отливок!

Готовая отливка в некоторых случаях для более равномерного остывания поступает в особые печи и затем подвергается очистке. Грубые заусенцы скалывают вручную или пневматическими зубилами, чистят напильниками и сильной струей воздуха и песка или особыми пескоструйными аппаратами.

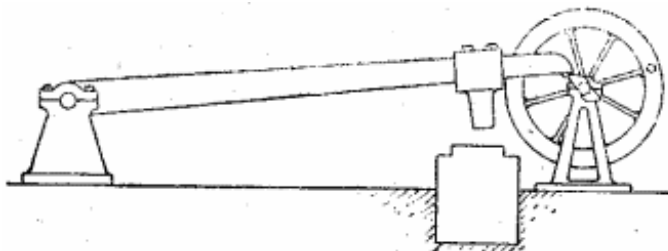


Рис. 12. Старинный молот.

Ковка. Этот способ может считаться самым старым, так как литой чугун появился в Европе лишь в XV веке, а стальные отливки начали делать еще позже. Проковка криц — была известна раньше. Трудность работы с огнем и железом и требующееся для нее немалое искусство — с давнего времени заставляли народную молву наделять кузнецов какими-то особенными свойствами. Недаром в древности бог подземного огня Вулкан считался лучшим кузнецом на свете...

Значительное повышение прочности и однородности металла, которые он приобретает после проковки, делают ее совершенно необходимой при изготовлении большинства машинных частей; пока эти проковки были не велики, они могли делаться мускульной силой человека. Потребность в более мощных орудиях ковки вызвало изобретение механического молота, приводимого в движение силой воды. Для этого падающая часть молота, называемая бабой, укреплялась на длинном качающемся бревне, припод-

нимавшемся посредством зуба, посаженного на валу водяного колеса; молоты эти удержались кое-где лишь до середины прошлого века (см. рис. 12).

Мысль применить для подъема массы молота паровую силу пришла в голову еще знаменитому Уатту, изобретателю паровой машины, в 1784 г. Однако, первый годный для работы паровой молот был построен заводчиком Несмитом только в 1837 году для французского завода в Крезе. Это изобретение внесло огромный прогресс в дело изготовления крупных железных и стальных изделий. Идея парового молота весьма проста — на солидной чугунной опоре в виде двух ног установлен паровой цилиндр, к середине которого прикреплена тяжелая железная баба. Впуская пар под поршень, можно поднять бабу, а выпуская — можно заставить его упасть и нанести удар проковываемой вещи, лежащей на наковальне. В 1855 г. Нейлор для ускорения и усиления удара предложил впускать пар также и поверх поршня, увеличивая вес бабы давлением пара.

В этом виде (см. рис. 13) конструкция парового молота сохранилась с некоторыми изменениями и до настоящего времени, причем легкость управления им поистине поразительна: в руках опытного механика точность удара можно довести до того, что тысячепудовая баба с размаху разобьет поставленное на наковальне яйцо в рюмке, не повредив последней, а через секунду расплющит в лепешку раскаленную стальную глыбу железа...

Для небольших поковок весьма распространены пружинные молота, где падающая часть соединена с одним концом сильной рессоры, при чем молот работает от механического кривошипного механизма, действующего на другой ее конец. Такими небольшими ковочными молотами можно произвести до 200—250 ударов в минуту.

В большом ходу также небольшие молота, приводимые в движение силой сжатого воздуха. Известные всем пневматические ударники представляют из себя маленькие молота и также работают сжатым воздухом.

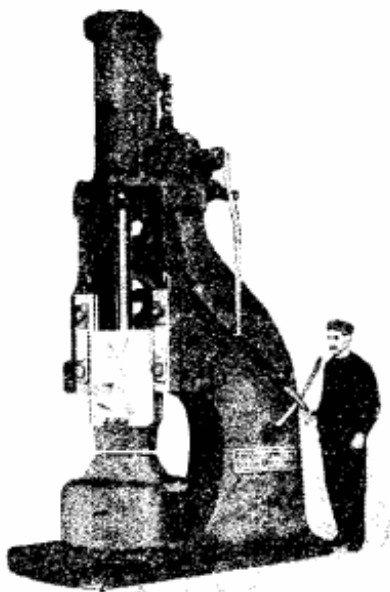


Рис. 13. Двухтонный паровой молот.

У нас в России одним из крупнейших молотов считается молот, установленный на б. Обуховском и Пермском заводах с весом падающих частей в 50 тонн, где вес фундамента и наковальни около 500 тонн. Были построены молота с весом падающей части в 20, 50, 100 и даже в 125 тонн (7.625 пудов). Одним из величайших в мире паровых молотов был построенный около 1905 года молот на известном металлургическом заводе в Бетлегеме в Пенсильвании (Сев. Америка) с весом падающих частей 115-тонн

При устройстве этого гиганта самое трудное было устроить такой фундамент, который выдержал бы страшные удары, наносимые молотом. Сначала были забиты сваи 11 метров длиной, на них положены доски, слой деревянных стружек, слой чугунных болванок, затем еще доски, слой пробки 45 сантиметров толщины, дубовые балки, чугунные плиты, пробка и, наконец, 6 слоев чугунных болванок, — что вместе составило с весом наковальни 1.955 тонн. Диаметр цилиндра был 1,93 метра, длина его — 6 метров, диаметр штока—0,4 метра, а общая высота молота 27,4метра. Сильное сотрясение окружающей почвы, происходящее при работе парового молота, однако, настолько вредно отзывается на окружающих его строениях, что мало-помалу заставило технику искать других способов для обработки горячего металла.

Таким новым способом оказался гидравлический пресс, впервые построенный по идее Гельдгила на известном английском заводе Витворта в 1861 г. Гельдгил в Англии и Газвель в Вене предложили заменить применявшуюся раньше прессовку расплавленной стали обработкой ее под прессом, после того как металл уже затвердел.

Основная мысль устройства пресса такова. Если взять прочный металлический цилиндр (см. рис. 14) с очень широким, почти равным ему по диаметру поршнем и начать нагнетать в этот цилиндр воду под большим давлением,— то поршень (или плунджер, как его называют) пресса под давлением воды начнет выдвигаться и, если такой пресс укрепить на прочной станине, то поршень может произвести огромное давление на прессуемый предмет. Допустим, что нагнетание воды производится маленьким рычажным насосом с очень небольшим поршнем; надавливая на ручку насоса с силою 25 килограмм, можно при отношении плеч рычага $1/8$ произвести давление на воду в насосе—в 200 килограмм и, если площадь поршня насоса равна, например, 4 кв. сантиметрам, можно довести давление воды в 50 килограмм на квадратный сантиметр, т.е. до 50 атмосфер. Если диаметр поршня пресса будет 50 сантиметров, то его площадь будет равна около 2 000 кв. сантиметров, на которые нагнетаемая вода окажет давление в $2.000 \times 50 = 100.000$ килограмм, и с такой именно силою (не

считая 5% потерянных на трение) поршень пресса может давить на пресуемый предмет. Пресс имеет перед молотом ряд крупных преимуществ, в значительной степени позволивших вытеснить прежние большие молота. Для пресса нет надобности устраивать огромные и дорогие фундаменты, — работа пресса идет совершенно гладко, не вызывая опасных сотрясений, металл под прессом значительно лучше обрабатывается, тогда как при работе молотка — сила удара не успевала при больших поковках передаваться внутрь проковываемых предметов и ограничивалась лишь их поверхностью. Было установлено, что для одинакового действия на всю тол-

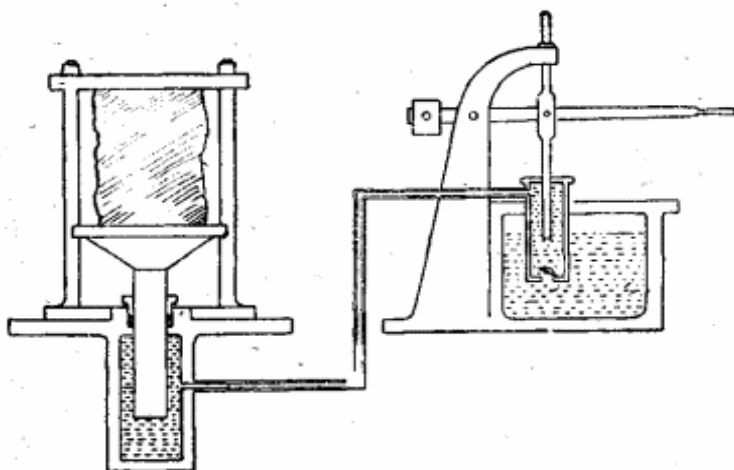


Рис. 14. Схема действия гидравлического пресса.

щину металла необходимо взять давление пресса лишь в 4 — 5 раз большим, чем вес падающей части парового молота. Кроме того, пресс значительно дешевле и занимает меньше места в мастерской. С другой стороны, все возрастающая величина поковок потребовала бы устройства молотов таких размеров, что работать с ними стало бы невозможным. В самом деле, современные прессы, могущие развивать несколько тысяч тонн давления, пришлось бы заменить молотом в 500—1.000 тонн, т.е. машиной совершенно невероятной величины. На рис. 15 изображен такой пресс, развивающий давление в 10.000 тонн. Сбоку виден круглый циферблат, показывающий давление пресса; на кране висит сверху „механическая рука», поворачивающая и передвигающая пресуемую болванку, вес которой иногда

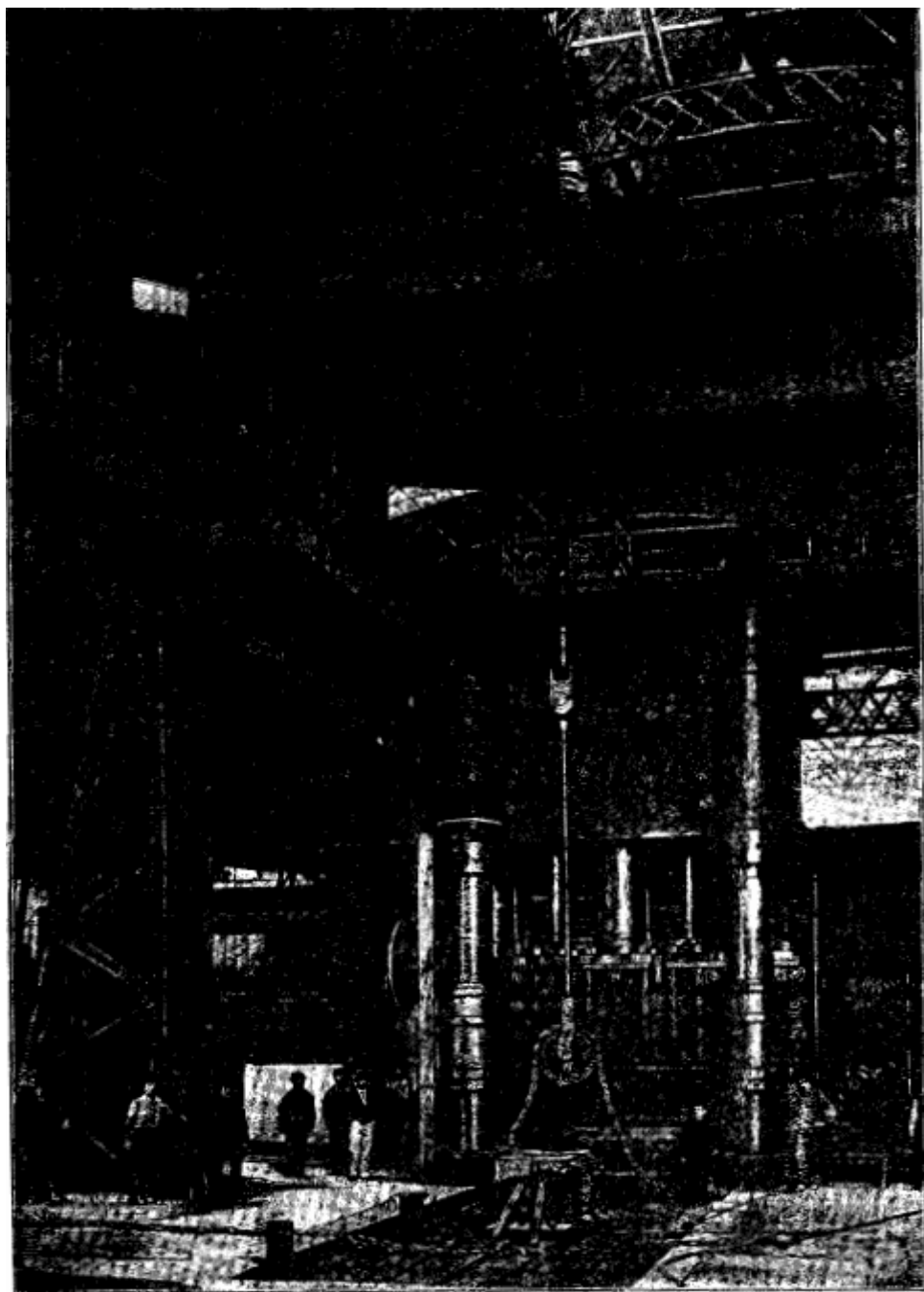


Рис. 15. Гигантский гидравлический пресс в 10.000 тонн.

доходит до 50 — 100 тонн, так как столько весят современные гребные пароходные валы и береговые орудия, обрабатываемые под прессом.

На рис. 16 представлена одна такая обжатая под прессом глыба стали весом в 136 тонн (т.е. почти 8.000 пудов). Для ускорения и работы больших прессов вода нагнетается в них, конечно, не вручную, а посредством насосов, связанных с каким-либо двигателем, так как давление воды иногда доходит до 1,000 атмосфер. Изобретение гидравлического аккумулятора и воздушного колпака позволило, когда пресс не работает, постепенно накапливать энергию, не-

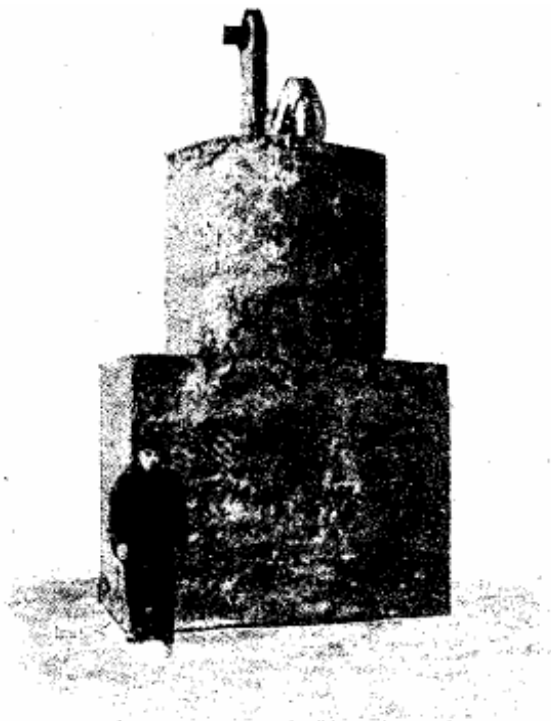


Рис. 16. Глыба стали весом в 136 тонн, обжатая под прессом.

обходимую для прессования, и расходовать ее по желанию, в те моменты, когда необходимо дать полное давление. В некоторых новых конструкциях работа пресса производится одновременно действием пара и воды под высоким давлением, отчего прессы эти называются парогидравлическими.

Надо самому видеть работу современных гигантских прессов, развивающих чудовищное давление в 15.000 тони (почти миллион пудов) и в

несколько секунд сминающихся, как кусок масла, раскаленные металлические массы, в десятки тонн весом, чтобы понять и оценить успехи современной машиностроительной техники.

Штамповка. Целый ряд металлических изделий готовится сейчас из одного куска, при чем желаемая форма придается ему обжатием или штамповкой на специально построенных молотах или прессах. Изделия из жести или листового железа, покрытого оловом для предохранения его от ржавления, фабрикуются теперь на различных механических станках, где материал режется, загибается и скрепляется почти автоматически при небольшом лишь надзоре со стороны рабочего.

Штамповкой делаются небольшие машинные части: ножевой товар, домовые приборы и разные мелкие изделия. Более крупные предметы, например, днища паровых котлов, делаются на давяльных механических и гидравлических прессах. В последние годы прессуются из одного куска на сильных гидравлических прессах даже вагонные колеса.

Весьма интересен получивший значительное распространение способ штамповки прессованием, изобретенный Губером. Сущность его заключается в следующем: на штампуемый предмет из не очень толстого металла накладывается штамп с обратным изображением, края штампа промазываются водонепроницаемой мастикой и все вместе кладется на дно прочного цилиндра, куда затем нагнетается вода под огромным давлением, достигающим в некоторых прессах до 7.000 атмосфер (или килограмм на кв. сантиметр). При таких больших давлениях металл как бы размягчается и заполняет собою форму штампа, отчего на предмете и получается его изображение. Постройка прессов с таким огромным давлением, где требуется полная водонепроницаемость поршня и исключительная прочность стенок цилиндра, представляет из себя немалые трудности.

Прокатка. Получающийся из печей металл часто бывает не совсем однороден — в нем попадают остатки шлака, пузырьки воздуха и т. д. Пускать такой металл в обработку на механических станках нельзя, так как внутри изделий может оказаться именно такой дефект, который и поведет к скорой поломке сделанной части. Цель предварительной обработки под давлением и заключается в “уплотнении” массы металла. Этой цели служит прокатка, основанная на известном свойстве тягучести металлов.

Как это ни странно звучит, но такие металлы, как железо и сталь, не говоря уже о меди, свинце и других — могут под влиянием сильного давления “растекаться” и менять свою форму, даже будучи в холодном состоянии.

Сама прокатка, изобретенная в 1784 г. совместно с пудлингованием, англичанином Картом, состоит в том, что нагретый кусок металла подводят к двум вращающимся в разные стороны валкам, укрепленным на солидной раме, которые увлекают металл и своим вращением проталкивают его между собою, сплющивая его при этом.

В зависимости от работы прокатные станки разделяются:

- 1) по размеру: на мелкосортные (где протягивается проволока), на среднесортные (сортовое железо, полосы, прутья), на крупносортные (более крупные сорта), на специальные (рельсы, балки, бандажи и трубы);
- 2) по качеству работы: на болваночные (для грубой обработки) на отделочные (для чистой и точной работы);
- 3) по конструкции: станк с двумя (дуо), с тремя (трио) и с четырьмя валками, с гладкими и с ручьевыми валками, с постоянным или переменным вращением и т. д.

Если валки гладкие, то и прокатываемый под ними металл выходит в виде гладкого куска; если же на валках сделаны особые проточки, или ручьи, и валки Гесно сближены друг с другом, то понятно, что и прокатываемый материал может пройти только в то отверстие, которое образуют эти проточки, приняв их очертание в свету.

Прокатка разного рода фасонного или сортового железа производится именно на таких валках, при чем сперва болванка проходит через более широкий ручей, потом через более узкий и, так, раз за разом, приобретает, наконец, сечение, соответствующее данному сорту.

На гладких валках прокатывают обыкновенно листовое железо. Тонким железом благодаря своей чистоте давно славятся Уральские заводы. В Америке теперь с успехом готовятся листы из железа под названием “Армко”, очень мало боящиеся ржавчины, благодаря почти полному отсутствию в нем углерода. Толщину листового железа можно менять от 1/2 миллиметра до нескольких сантиметров — последнее идет на изготовление котлов, железных резервуаров и трубопроводов.

Сортовое железо готовится теперь в огромных количествах для разных железобетонных конструкций, о которых мы будем говорить дальше. На прокатных станках можно изготовить полосы почти любой длины; так, в 1897 году на одной выставке фигурировала лента железа длиной около 700 метров, весом 524 килограмма.

Для прокатки более толстых кусков и броневых плит существуют чрезвычайно мощные станки, развивающие давление между валками свыше сотни тонн и требующие для своей работы машин в несколько тысяч лошадиных сил.

Передвижение больших масс металла около прокатных станков достигается следующим устройством: вынутый из печи кусок металла кладут на вделанную в полу мастерской раму с многочисленными чугунными валками, которые своим вращением от особого привода увлекают с собой и помогают проталкиванию бруска между валками.

Раньше большие прокатные станы непосредственно соединялись с паровой машиной и снабжались огромным маховиком своей инерцией помогавшим прокатке, теперь же предпочитают соединять стан с сильным электрическим мотором, получающим энергию от центральной заводской станции.

На таких станках удается вести прокатку плит длиной около 10 метров, шириною 4 метра и толщиной до 0,5 метров, весом свыше 100 тонн. Знаменитый своей роковой ролью в прошедшей мировой войне завод Круппа в Германии стоял в этой области приготовления брони и больших орудий на первом месте, имея десятки разнообразнейших таких станков; один из них, служащий для выпрямления железных листов, шириною до 5 метров, изображен на рис. 17.

Быстрое развитие железнодорожной сети во всем мире потребовало огромное количество рельс и балок, которых нельзя было бы получить иначе, как только на прокатных станках. О производительности таких рельсопрокатных станков могут дать представление следующие цифры: на прокатку рельса тратится около 70 секунд, при чем скорость прокатки от 1 до 2,5 метров в секунду (т.е. до скорости бегущего человека), и в сутки один такой стан может наготовить больше тысячи рельс с общим весом в 300 тонн. В Америке в 1923 году около 20% всего произведенного железа, или свыше 6 миллионов тонн, было выпущено в виде рельс и балок.

Интересной разновидностью прокатки является изобретенный в восьмидесятых годах Манессманом способ горячей вальцовки труб без шва. До этого трубы изготовлялись либо литые, либо свертывались и прокатывались со швом; трубы же Манессмана обладают значительно большей проч-

ностью и потому получили сейчас повсеместное распространение. В его станках валки устанавливаются не параллельно, а под некоторым углом, и форма их такова, что середина вращается быстрее краев. Валки эти не протягивают раскаленную болванку, а как бы снимают постепенно ее верхний слой, выпуская его в виде готовой трубы.

Нагревание. Вот те главные способы обработки железа, которыми обладает современная металлургическая промышленность. Куску железа или стали, прежде чем попасть в обработку на механических станках, приходится пройти длинный путь, где жар огня, сила машины, знание инженера и труд рабочего соединились в мощный союз, которому не в силах противостоять ни тяжесть, ни твердость металла...

Все эти процессы обработки металла происходят значительно легче, когда он уже несколько размягчен предшествующим нагреванием. Для этой цели металлургические заводы оборудованы особыми нагревательными печами, иногда весьма значительных размеров, где куски железа и стали подвергают действию горячих газов. Загрузка и разгрузка таких печей, где часто приходится нагревать весьма крупные болванки, производится посредством механических сильных клещей и кранов, приводимых в движение электричеством. Для нагревания также пользуются электрическим током, что, несмотря на большую стоимость устройства, бывает иногда

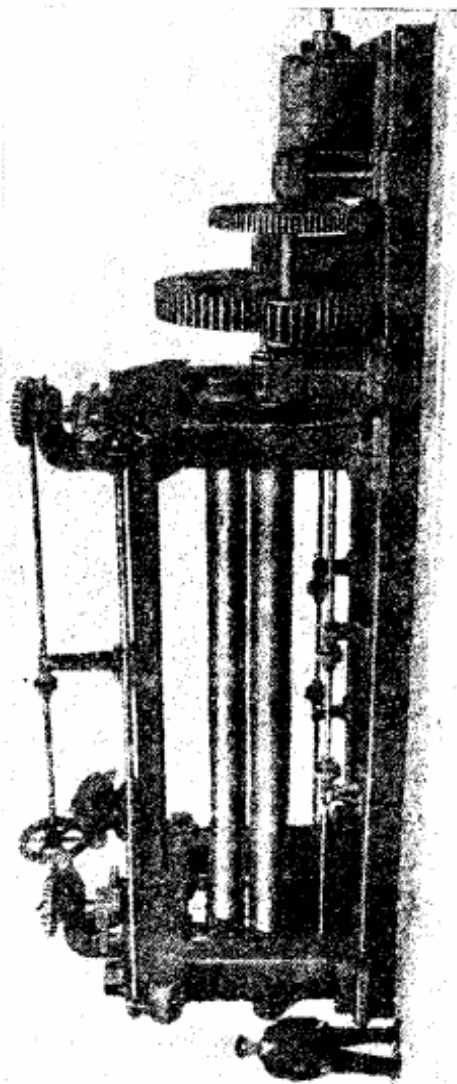


Рис. 17. Прокатный стан для выпрямления листов.

выгоднее других способов нагрева.

Интересный способ нагревания металлов, предложенный Л е г р а н ж е м и Г о г о . Состоит он в том, что в ванну с раствором 2 — 3% поташа погружают два электрода, от динамо-машины, при чем к положительному полюсу прикреплен нагреваемый предмет. При пропускании тока вода разлагается, водород образует на металле темный газовый слой, который постепенно раскаляется и нагревает опущенный в ванну предмет.

Говоря о нагревании металла, нельзя не упомянуть об одном интересном способе, изобретенном в начале этого столетия Г о л ь д ш м и д т о м , воспользовавшимся свойством порошкообразной смеси алюминия с окисью какого-либо металла сгорать за счет кислорода, заключенного в последней, развивая при этом чрезвычайно высокую температуру. Такой смесью, названной “т е р м и т о м ”, пользуются для сварки небольших предметов — труб, балок, рельс, для чего обкладывают свариваемые концы термитом (обыкновенно смесью алюминия с окисью железа). После зажигания термит сгорает, и образовавшееся жидкое железо соединяет в одно прочное целое находящиеся в нем концы свариваемого предмета.

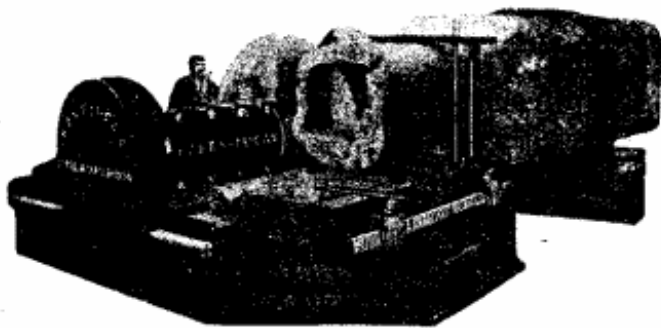


Рис. 18. Разрезывание стальной болванки.

Резание. Твердость железа всегда затрудняла быстрое резание его на куски. Для резки металла в современной технике употребляется несколько способов. Для небольших предметов в ходу ручные пилы из особой твердой стали, для резания же более крупных отливок пользуются крупными механическими пилами. Такие пилы строятся иногда значительных размеров и могут разрезывать весьма крупные куски металла, как это изображено на рис. 18.

Разрезывание листов и производится механическими ножницами, справляющимися с листом толщиной в несколько сантиметров. Толстые листы и плиты режутся на гидравлических прессах, снабженных особыми прочными резаками.

Совершенно новый способ резки металла представляет применяемая сравнительно недавно так называемая автогенная резка. Если взять газы кислород и водород и зажечь их, то развивается настолько сильный жар, что в нем плавятся почти все известные нам металлы (около 2.000 градусов). Направляя струю такого горящего газа на металл, можно очень быстро его расплавить и разрезать таким “огненным ножом” предметы любой величины.

Способ этот еще хорош тем, что вся операция резки происходит очень быстро и может быть произведена где угодно — в любых труднодоступных местах. Например, толстая броневая плита режется пламенем в $\frac{1}{2}$ часа, а механическим способом, если только сталь не слишком тверда — в 2-3 часа и более. В последнее время вместо дорогостоящего кислородо-водородного газа для резки употребляют ацетилен и блаугаз, также дающие при горении очень высокую температуру пламени.

Холодная обработка металлов. В древности не знали почти совершенно холодной обработки металла, если не считать чеканки; умение обрабатывать дерево и металлы, придавая им любые формы, пришло значительно позже. Первым механизмом можно считать токарный станок для обточки дерева и металлов, изобретение которого приписывается легендарному греческому архитектору Дедалу, будто бы впервые совершившему полет по воздуху...

Знаменитый художник и ученый Леонардо-да-Винчи оставил в своих бумагах эскиз токарного лучкового станка с ножным приводом. На старых токарных станках работы велись вручную, т.е. резец держался в руках, отчего и обрабатываемые предметы выходили неровными и недостаточно правильными.

Машиностроение и техника обработки металлов росли вместе с металлургией. Успехи последней давали новый толчок изобретательности техников и вот, наряду со все повышающимися требованиями к изготовленным машинам, с конца XVIII века начали совершенствоваться и способы механической обработки металлов. В 1794 году Иосиф Брама вводит в употребление так называемый суппорт или приспособление, зажимающее резец на токарном станке и могущее передвигаться вдоль обрабатываемого предмета.

Значение этого изобретения было огромно: оно позволило получать ровные и гладкие внутри цилиндры любых размеров и тем самым сильно подвинуло технику строения паровых машин и целого ряда других механизмов, где требуется точность отделки.

XIX век принес в технику обработки металлов целый ряд новых машин и станков. Все усложнявшаяся техника машиностроения требовала новых приемов обработки и выделки отдельных машинных частей. Дело металлургии было — дать материал первоклассного качества, дело механики было — найти способы наилучшей и наиболее дешевой обработки этого материала.

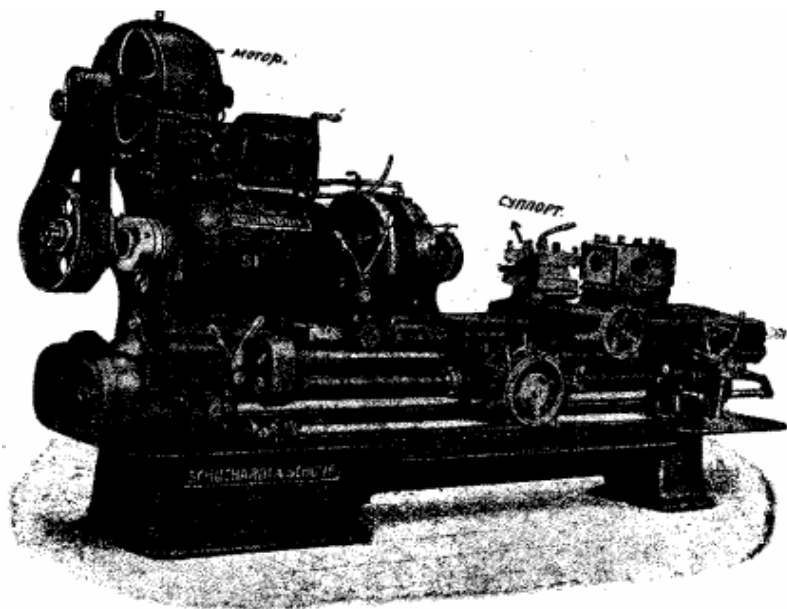


Рис. 19. Токарный станок с электрическим мотором.

Имена Витворта, Селлера, Армстронга, Рело, Цейнера и целого ряда ученых и инженеров всех стран навсегда . будут связаны с развитием и успехами современного машиностроения.

Токарный станок. Применение этого станка в современной технике обработки металлов до крайности разнообразно. Обточке подвергается не только железо и сталь, но и дерево, кость, эбонит, разные искусственные составы и вообще все тела, отличающиеся достаточной твердостью и однородным составом. Существует чрезвычайно много всякого рода

токарных станков: от небольших станков величиной в кулак, употребляемых часовых дел мастерами до гигантов в 15 метров длиной, обтачивающих пароходные валы и современные артиллерийские орудия.

Размеры станка обыкновенно характеризуются расстоянием между концами так называемых шпинделей, зажимающих обрабатываемый предмет, и высотой центра над рамой, определяющей наибольший диаметр этого предмета. На рис. 19 изображен один такой современный усовершенствованный токарный станок с электрическим мотором. Суппорт с резцом может передвигаться вдоль рамы от руки, а также посредством длинного, видного в нижней части винта, так что каждому обороту обрабатываемого предмета будет соответствовать некоторое продольное перемещение суппорта с резцом. Приспособление это применяется, главным образом, при нарезке крупных винтов. Перестановка резцов и сверл всегда требовала довольно значительного времени; поэтому появились так называемые револьверные станки, где инструменты переставляются чрезвычайно просто, будучи укреплены на одном общем патроне, и могут быть одним

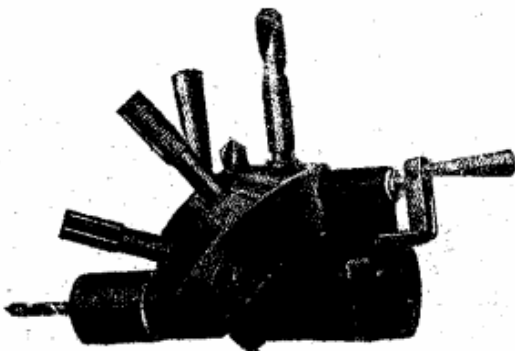


Рис. 20. Патрон револьверного типа.

поворотом, как барабан в револьвере, приведены в соприкосновение с обрабатываемым предметом. Рис. 20 изображает такой общий патрон, несущий на себе несколько ручных сверл, метчиков и шарошек. В целях большей экономии ценного материала резцов, последние могут делаться небольших размеров, при чем в станках они укрепляются тогда посредством особых держателей.

Для обработки плоских поверхностей и прорезывания пазов употребляются строгальные и долбежные машины; одна из них видна на рис. 21; машина эта состоит из солидного чугунного основания с глад-

кой рамой, на которой укрепляется болтами и затяжками обстругиваемый предмет. Резцы устанавливаются в суппортах на вертикальной неподвижной раме, а обстругиваемый предмет вместе с рамой, на которой он установлен, передвигается то вперед, то назад, при чем резец каждый раз снимает с него некоторое количество материала. Поперечное и вертикальное движение суппортов может производиться как автоматически, так и вручную. Скорость резания на таких станках достигает до 30 сантиметров в секунду. Станки эти также бывают весьма крупных размеров — например, для обработки паровозных рам они делаются 30 метров длиною. В зависи-

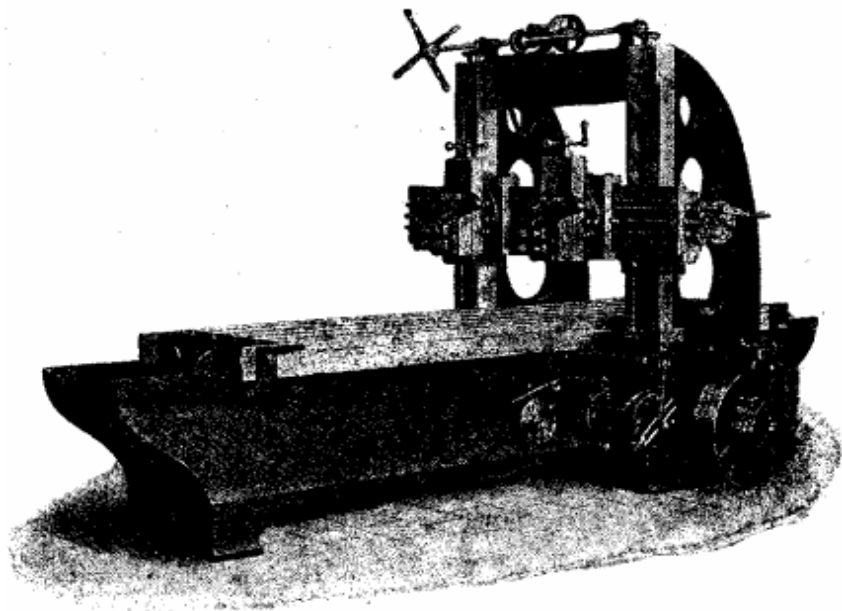


Рис. 21. Строгальный станок.

мости от назначения обрабатываемой вещи пользуются разного вида строгальными станками. Так, для обработки круглых предметов берут станки, в роде изображенного на рис. 22, где обрабатываемый предмет укреплен на массивной поворачивающейся круглой раме.

Для просверливания отверстий пользуются сверлильными станками, которых тоже имеется множество систем, начиная от обыкновенного станка с одним сверлом до многшпиндельного (см. рис. 23) с несколькими одновременно работающими резцами, которые можно устанавливать

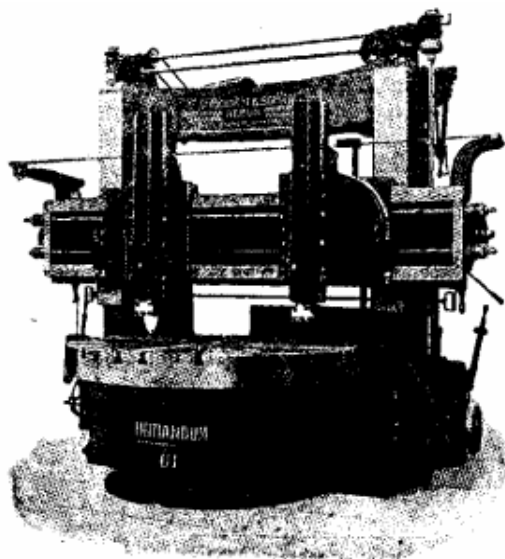


Рис. 22. Вертикально-токарный и фрезерный станок карусельного типа.

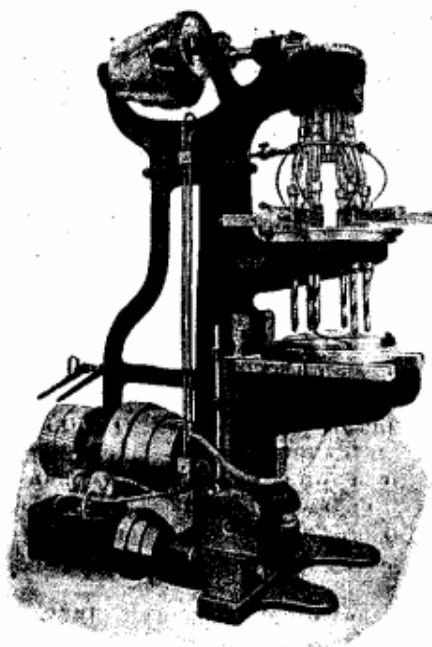


Рис. 23. Сверлильный станок.

против любой точки обрабатываемого предмета, В стремлении по возможности ускорить все процессы обработки амёриканская машиностроительная техника создала любопытный тип сверлильного станка, на котором можно вести обработку предмета несколькими десятками сверл одновременно с 1, 2, 3 и 4-х сторон (см. рис. 24).

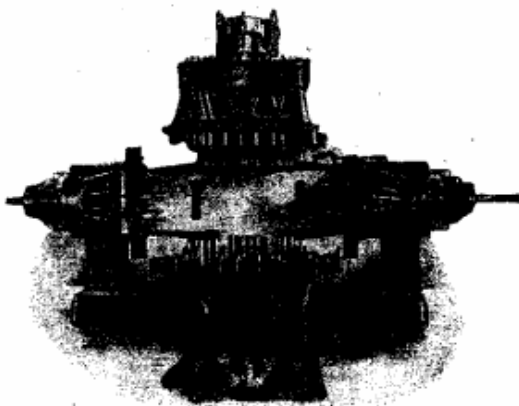


Рис. 24. Американский станок на 60 сверл.

Американская техника, в стремлении по возможности автоматизировать работу станка, довела современное машиностроение до высокой степени совершенства.

Изобретение так называемого фрезерного станка позволило производить совершенно недоступные раньше работы. Этот небольшой круглый цилиндр с острыми режущими краями (см. рис. 25) Произвел в машиностроении целую революцию. Фрезой на фрезерном станке можно вести обработку как плоских, так и изогнутых поверхностей,— внутренних и наружных, и притом с такой автоматической и постоянной точностью, что обработанный ею предмет не нуждается ни в какой дальнейшей обработке и пригонке. Фреза приводится в быстрое вращение и своими острыми краями (иногда для экономии металла режущие края делаются вставными) соскабливает с металла слой за слоем, следуя сделанной на поверхности предмета разметке.

Большую роль в современной технике обработки металла играет сорт и качество инструментальной стали. Соответствующий выбор состава и способа ее приготовления является одной из самых трудных и ответствен-

ных задач современной металлургии. О некоторых таких сортах — углеродистой, вольфрамовой — мы уже упоминали раньше. Точка и правка

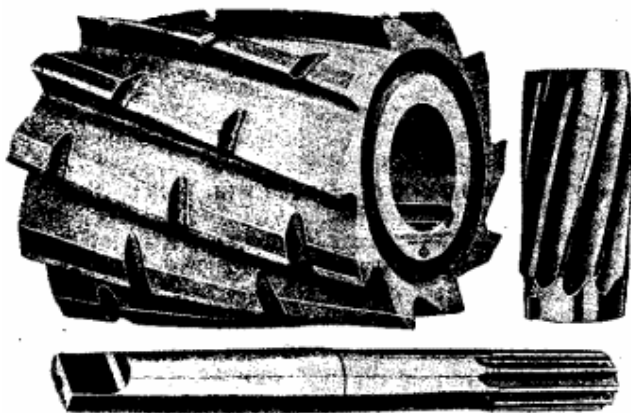


Рис. 25. Разные типы фрез.

затупившихся инструментов производится теперь на специальных станках, работающих иногда автоматически и снабженных быстровращающимися точильными кругами различной формы из наждака, корунда и других



Рис. 26. Гигантский точильный круг.

смесей, в состав которой входят вещества, обладающие высокой степенью твердости и приготовляемые искусственным путем в электрических печах. О размерах таких кругов дает представление рис. 26, где изображен американский точильный круг завода “Нортон” диаметром в 173 сантиметра.

ГЛАВА IV.

Современные строительные материалы.

Древняя техника с ее скромными и несовершенными орудиями могла справляться лишь с такими материалами, которые легче всего подвергались обработке. Дерево, глина, камни, бронза, железо — вот главные этапы и основные материалы техники старого времени.

Замечательные свойства железа, завоевавшие ему важнейшее место во всем укладе нашей жизни, сделались известными не сразу, — мы видели, что только XIX век раскрыл перед нами все тайны железа и дал нам в руки достаточно средств для добычи этого драгоценного металла в почти неограниченном количестве.

Железо и сталь для машин, зданий, пароходов, мостов, двигателей, камень, кирпич и бетон для фундаментов и построек — вот главные материалы недавнего прошлого и настоящего времени. Расширение физических и химических знаний в прошлом веке дало технике последнего времени несколько новых материалов, которым, по-видимому, суждено вытеснить во многих случаях прежние.

Алюминий. Когда в 1827 г. германскому химику Велеру удалось впервые получить в порошке новый металл, названный *алюминием*, никто не мог предполагать, что столетие спустя этому элементу придется играть такую важную роль во многих областях техники и житейского обихода, соперничая иногда с главным металлом индустрии — железом. В сплавленном виде его удалось получить лишь в 1854 г. химику Девилю, но еще долгое время, благодаря большой трудности получения, на него смотрели как на интересное, но практически мало пригодное вещество, пока успехи химической технологии и электрометаллургии не удешевили его добычу.

Алюминий является чрезвычайно распространенным веществом и содержится во многих горных породах. Всем известная глина имеет в своем составе химические соединения, содержащие алюминий, и только не-

достаток химических знаний делал этот металл неизвестным в прежнее время.

Было высчитано, что в земной коре алюминия содержится до 8%. Лучшими сортами глины для добычи алюминия считается криолит и боксит, — содержащие до 70% окиси алюминия, залежи которых были найдены во Франции, а впоследствии и в других странах.

У нас в С.С.С.Р. такие “алюминиевые руды” найдены около Тихвина и на Урале:

Сперва боксит подвергается измельчению в тонкий порошок шаровыми мельницами ¹⁾ дробилками и очистителями, смешивается с кальцинированной содой и прокаливается в печи. Из нового химического соединения получают глинозем, который потом обезвоживают. Чистый глинозем можно также получить и другими способами, при чем один из лучших принадлежит русскому химику Пенякову, работающему в Бельгии. Добытый тем или иным способом глинозем смешивают с некоторыми другими минералами, содержащими алюминий, подвергая полученную смесь расплавлению и разложению электрическим током, при чем алюминий оседает на дне.

Самым замечательным свойством этого металла является его легкость по сравнению с другими. Удельный вес алюминия равен всего лишь 2,6, т.е. он в три раза легче железа и меди. Плавится алюминий при 700° и в изломе имеет бледный серебристый оттенок, напоминая собою серебро. Алюминий подвергается ковке, волочению и свариванию, прекрасно отливается в формы, но почти не соединяется паянием.

Прибавление небольших его количеств в чугун, значительно улучшая качество отливок, увеличивает вязкость стали и делает ее более однородной. Прекрасными качествами обладает сплав алюминия с медью (алюминиевая бронза). Вообще говоря, сплавы алюминия обладают большей прочностью, чем чистый алюминий, отчего они и получили большое распространение в технике. Алюминий не страдает от влияния воздуха — чистая поверхность его покрывается тонкой пленкой окиси, но дальше его окисление не идет. Эти свойства обеспечили алюминию прочное положение в различнейших производствах и изделиях.

Особенно удобен алюминий по своей легкости и неокисляемости для кухонной посуды, приготовляемой штампованием. Посуда эта отличается кислотоустойчивостью, большой теплопроводностью и удобством чистки.

1) Шаровые мельницы устраиваются из железного барабана, куда засыпают измельчаемый материал и массивные чугунные шары; затем барабан вращают, отчего шары истирают загруженный материал в мелкий порошок.

Алюминий получил широкое применение также в приготовлении походной и химической посуды, частей инструментов, фасонных отливок, оконной и дверной арматуры, обшивок железнодорожных вагонов, досок для печатания чертежей, гнезд для аэропланов, стоек, автомобильных частей и во множестве других случаев, где требуется легкость и устойчивость металла внешним химическим воздействиям.

Раньше мы уже говорили о способности алюминиевого порошка гореть, соединяясь с кислородом окиси какого-либо металла, — свойство, использованное Гольдшмидтом в его способе “термитовой сварки”, заключающейся в том, что свариваемые концы металла обкладывают огнеупорной массой и термитом — смесью мягкого порошка алюминия и окиси металла, служащего для сварки. Зажженная смесь плавится, восстанавливая из окиси чистый металл, при чем развивается настолько высокая температура, что сваривание происходит в несколько минут.

Еще большее применение в начале настоящего столетия алюминий и его сплавы (алюминиевая бронза) получили в электротехнике. Дело в том, что способность алюминия проводить электричество оказалась весьма высокой — почти 0,6 электропроводности меди. Поэтому вес алюминиевого провода одинаковой электропроводности с медным составляет всего около половины веса медного провода. Эта легкость его и дешевизна, сравнительно с медью, открыла широкую дорогу для применения алюминия в передачах электрической энергии по проводам. В отношении к внешним атмосферным влияниям алюминиевые провода оказались даже лучше медных. Прекрасные качества выказала также специально приготовленная алюминиевая краска, хорошо покрывающая дерево, ткани и металлы, выдерживая жар, холод и влагу.

Интересно здесь привести несколько цифр, показывающих рост мировой добычи алюминия и падение его стоимости.

В 1855 году один килограмм алюминия, бывшего еще редкостью, стоил около 500 рублей, — в 1857 г., с усовершенствованием способов добывания, цена на него упала до 50 рублей. В 1880 году он стоил 35 рублей, а с 1890 года, после постройки большого завода в Нейгаузене, цена одного килограмма упала с 15 рублей до 1 рубля в 1900 г., — а сейчас равна 60 — 70 копейкам.

В настоящее время наиболее крупным производителем алюминия является Америка, где в 1913 году было получено 29.500 тонн, затем Франция — 15.000 тонн, Швейцария — 10.000 тонн и Англия — 10.000 тонн. За последние годы, особенно с сильно поднявшимся спросом на алюминий и

его сплавы в авиационной и автомобильной промышленности, —общая цифра мировой добычи алюминия доходит до 100.000 тонн.

В России алюминия не добывали вовсе, и годовой ввоз его с 1900 года по 1912 год возрос с 300 до 1.000 тонн, резко поднявшись в годы войны (1915 —9.700 тонн, 1917 — 3.600 тонн) и только в самое последнее время, в связи с найденными у нас залежами алюминиевой глины (бокситы) поднят вопрос о создании большого электрометаллургического завода для выплавки алюминия на одной из северных рек.

Но не эти перечисленные выше достоинства алюминия делают его “металлом будущего” — только с появлением нового замечательного его сплава — дюралюминия — для алюминия открывается новая эра, где он уже выступает на борьбу со сталью и железом.

Немецкий инженер Альфред Вильм, исследуя алюминий и его сплавы в течение ряда лет (с 1903—1911 год), нашел замечательный сплав, которому суждено было сыграть впоследствии великую роль в деле развития воздухоплавания и авиации. Патент на это изобретение Альфред Вильм продал немецкой фирме Дюронер Метальверке, откуда сплав и получил свое название—дюралюминий.

Долгое время немецкий дюралюминий являлся наилучшим, и всякие попытки подражать ему оставались бесплодными.

Однако, в настоящий момент имеются сведения о ряде алюминиевых сплавов, обладающих свойствами, несколько не уступающими дюралюминию, а иногда даже превосходящими его.

В Англии найдены сплавы, не уступающие по своему качеству германскому металлу. В С.С.С.Р. на Кольчугинском заводе русским инженерам также удалось найти легкий и прочный алюминиевый сплав, названный “кольчугалюминием”. В погоне за облегчением веса авиационных частей удалось найти еще более легкие сплавы, правда — в 3 — 4 раза менее прочные, чем дюралюминий, но обладающие удельным весом всего лишь 1,14 —1,83. Таков новый сплав “электрон” и “магналий”, куда входит легкий металл магний.

Дюралюминий по внешнему виду очень схож с алюминием, хорошо полируется и лишь когда отполирован, имеет слегка красноватый оттенок, указывающий на присутствие в нем меди.

Состав его следующий: (в процентах):

Медь 3,5 — 5,5%

Магний 0,2—0,6%

Марганец 0,5 — 0,8%

Алюминий остальное

Благодаря своим замечательным качествам, чрезвычайной легкости и прочности, дюралюминий получил громадное распространение. Металл этот стоит приблизительно в 5 раз дороже прокатанной на холоду стали, но при одинаковой прочности ее требуется в три раза меньше по весу. Принимая же во внимание, что дюралюминий гораздо легче подвергается обработке и меньше изнашивается, ясно, что во многих случаях употребление этого материала может обойтись дешевле, чем употребление стали. Из дюралюминия теперь строят самолеты, которые в смысле крепости и легкости значительно превосходят прежние деревянные машины.

Дерево, еще недавно составляющее главный строительный материал воздухоплавательных аппаратов, теперь почти совершенно вытеснено дюралюминием, так как последний не коробится от воды, не усыхает от жара, не боится огня и легко заменяется новыми запасными частями.

Дюралюминий хорошо поддается прокатке, ковке, штамповке, его можно сваривать и паять. Он прекрасно выдерживает толчки и удары, благодаря чему из этого материала нашли возможным изготовлять шатуны автомобильных и авиационных двигателей, червячные передачи и другие ответственные машинные части.

Дюралюминий великолепно подвергается закалке. Для этого изделия из дюралюминия помещают в горячую ванну с содержанием поташа и углекислой соды, нагретой до 480 — 500°. Когда металл нагреется до этой температуры, его опускают в воду или масло, при чем происходит закаливание. Непосредственно за этой операцией металл весьма податлив для обработки. Его можно ковать, прессовать, гнуть. С течением времени он начинает твердеть и через несколько дней приобретает ту твердость и прочность, которые дают ему возможность конкурировать со сталью.

Закаленный дюралюминий замечательно сопротивляется влиянию климатических условий, а также разъедающему действию морской воды, несмотря на содержание в нем меди.

Благодаря свойству закаленного дюралюминия терять свою прочность при высоких температурах он не употребляется в чистом виде для отливки сильно нагреваемых частей двигателя; обычно для этого употребляются другие сплавы алюминия с большим содержанием меди.

Общество воздушных кораблей Цеппелина произвело ряд опытов, в течение трех месяцев подвергнув образцы изделий из разных металлов действию морского воздуха и брызгам волн на плавучем маяке в Северном море.

Дюралюминий блестяще выдержал испытание, ибо оказалось, что он сопротивлялся этим условиям лучше, чем другие материалы.

В ряде известных аппаратов системы Дорнье, Рорбаха, Юнкерса, Лангекоер и других в настоящее время применяют для постройки исключительно дюралюминий; на Парижской авиационной выставке 1921 г. больше половины выставленных аппаратов были из стали и из дюралюминия. Даже обтяжка металлических аппаратов делается теперь не из полотна, а из волнистого тонкого дюралюминия. Каждый месяц приносит известие о все новых и новых применениях дюралюминия, подтверждающих его великую будущность. Уже выработан такой сортимент дюралюминия из углового, таврового, круглого и иного сечения, как для железа и стали. Сейчас дюралюминий почти завоевал область авиации, и нет сомнения, что при его дальнейшем усовершенствовании и удешевлении этот “металл будущего” также прочно войдет в конструкцию автомобиля, моторных лодок, аэросаней и т. д. и заменит сталь при постройке вагонов, трамваев, станков, двигателей, мостов и в других металлических сооружениях.

Кирпич и обработка камня. В технике менее всего играет роль выслуга лет, поэтому даже в таком старом и, казалось бы, испытанном производстве, как кирпичное дело и каменные работы, последние два десятилетия принесли немало нового. Кирпич и известь были известны еще в глубокой древности. Из кирпича было большинство построек в Вавилоне, из кирпича же возводились постройки Китая за несколько тысяч лет тому назад. Мы не будем здесь касаться описания этого столь распространенного и в наше время строительного материала. Как раньше, так и теперь основной процесс приготовления хорошего кирпича заключается в измельчении и перемешивании с песком известных сортов глины, формовке массы и огневой сушке полученных кирпичей.

XIX век, особенно его вторая половина, внес в эту отрасль техники много новых методов, касающихся, главным образом, механизации всех отдельных процессов изготовления кирпича, начиная от перемешивания сырой массы и кончая формовкой готовых кирпичей. Машины для формовки получили теперь настолько широкое распространение, что ручной труд изготовления сохранился лишь там, где очень дешевы рабочие руки. В

этих машинах хорошо перемешанная глиняная масса выдавливается в виде непрерывной полосы прямоугольного сечения, которая затем автоматически режется на отдельные кирпичи, переносимые особыми транспортерами в отделение для сушки и обжигания.

Около середины прошлого века явилась мысль, с целью экономии топлива, воспользоваться тем теплом, которое ранее бесполезно уносилось в трубу при обжиге кирпича; Фридриху Гофману в 1858 г. удалось осуществить эту мысль, построив так называемую “кольцевую печь”, в виде длинного вытянутого кольцеобразного канала, имеющего в наружной стене несколько отверстий для входа в печь а во внутренней— столько же устьев, соединяющихся с дымовой трубой. Через боковые наружные отверстия закладывается сырой кирпич, а топливо забрасывается через отверстие в потолке печи, при чем топку ведут лишь в нескольких отделениях. Когда кирпич в одной части печи хорошо обожжен, что бывает при температуре не менее 900°, топку здесь прекращают и начинают ее рядом, где кирпич уже сильно нагрет продуктами горения предыдущей части печи, воздух же, необходимый для горения, тоже нагревается, проходя через камеру с остывающим кирпичом. Такая печь позволяет вести процесс обжига непрерывно, переходя от одной камеры к другой, и дает по сравнению со старым способом до 75% экономии топлива.

Большие современные печи строятся на 15 — 20 отделений и вмещают в себе до 200 тысяч кирпича. В печи Бока очаг остается на месте, а обжигаемый кирпич движется навстречу горячим газам. Мировое производство кирпича в настоящее время превышает 30 миллиардов штук в год, при чем на каждого жителя в Европе приходится около 100 кирпичей, а в Англии более 160.

Из различных сортов глины и цемента изготавливаются огнеупорные плитки, пустотелые кирпичи, черепица, канализационные трубы и другие строительные материалы, значительно удешевившиеся за последние десятилетия благодаря усовершенствованию и механизации при массовом их производстве.

В обработке камней, с незапамятных времен производившейся вручную, молотом и долотом, также появились совершенно новые способы, постепенно вытесняющие ручной труд. Распиловка камней средней твердости (гипс, шифер, известняк) производится круглыми стальными пилами, поливаемыми водой, для уменьшения нагревания металла. Более твердые породы распиливаются круглыми стальными пилами со вставленными в их зубья небольшими алмазами. Очень хорошо работают проволочные пилы, изобретенные Виолеттом и Гэ, где стальная лента заме-

нена быстро движущейся на шкивах бесконечной проволокой; такие пилы в четыре раза производительнее обычных, ленточных и позволяют прямо выпиливать из скалы куски камня, высверлив предварительно, где надо, гнезда для опускания в них шкивов, направляющих проволоку.

Обработка поверхностей также во многих случаях заменена машинным трудом, но нельзя сказать, чтобы эта задача была уже вполне удовлетворительно разрешена. Хрупкость камня и неоднородность его строения делают правильную обработку его механическими средствами довольно затруднительной, так как нельзя соразмерить силу удара с твердостью камня в отдельных местах. Для этой цели сейчас применяются долото, со сжатым воздухом, дающее до 15.000 ударов в минуту, и строгальные машины, снабженные резаками, напоминающими фрезу. Применением круглых резцов удается довольно хорошо обтачивать круглые предметы, как, например, колонны, точильные камни и различные архитектурные украшения.

Окончательная отделка поверхностей производится теперь на особых шлифовальных и полировальных станках, где посредством механической передачи обрабатываемая поверхность притирается различными шлифовальными кругами из более твердых пород. Круги эти иногда выделяются из искусственно твердого минерала — карборунда, получаемого в электрических печах. Такая полировка камня достигается обработкой его поверхности различными порошками, прижимаемыми к полируемому камню мягкими предметами. В России особенно славилась своими изделиями из камня Екатеринбургская гранильная фабрика.

Большое применение находят также с недавнего времени кирпичи из шлаков. Огромные массы их, шедшие раньше в отброс и доставлявшие металлургическим заводам только расходы по их удалению, теперь находят более выгодным использовать для приготовления кирпичей. В Германии уже открылось несколько таких заводов по эксплуатации шлаков. Сперва шлак из печей и топок подвергается измельчению, при чем из него особыми отделителями извлекают кусочки железа и кокса, снова идущего затем в дело. Измельченная и просеянная масса шлака смешивается с каким-нибудь вяжущим материалом и затем прессуется и формируется в отдельные кирпичи, высушиваемые на воздухе. Шлаковые кирпичи обходятся дешевле глиняных на 30% и лучше выносят сжатие; здания из этих кирпичей отличаются совершенным отсутствием в них сырости и требуют меньше дров для их отопления.

Искусственные камни. Приготовление искусственных камней было известно еще некоторым древним народам. В Японии, в древней Греции и Риме изготавливались целые части зданий из смеси песка с цементом и известью, напоминавшей наш современный бетон. Искусство готовить составы для связывания отдельных частей в одно целое также было хорошо знакомо древним, — некоторые римские каменные постройки на особом цементе из пуццоланы до сего времени сохранили свою прочность. Гипс и каменные имитации из гипса также насчитывают за собой несколько сот лет существования.

Современные искусственные камни можно разделить на четыре категории:

- 1) подражание естественным камням и предназначенные для внешней отделки;
- 2) тоже, но предназначенные для внутренней отделки;
- 3) камни, заменяющие кирпич;
- 4) камни для мостовых.

В первой категории главное место занимает искусственный песок, приготовляемый из смеси цемента с песком, вдавливаемый в деревянные или металлические формы. Через несколько дней изделие вынимают из формы и обрабатывают его поверхность для придания ей натурального вида. Из бетона и цемента готовят искусственный камень, заменяющий гранит при отделке фасадов. Особенно хороши такие камни, приготовленные из смеси цемента с песком, из которой во время формирования искусственно извлекается воздух. Можно также изготавливать камни, масса которых сохраняет некоторое время свою пластичность, что облегчает работу штукатуру или художника.

Смесь толченого белого и черного мрамора с портландцементом довольно хорошо передает вид гранита и часто идет на отделку архитектурных деталей. Подобным же образом изготавливаются террасовые или мозаичные плиты, — например, при устройстве полов, ступеней при чем в слой цемента втрамбовывается гранит и мрамор, после чего поверхность камня шлифуют песчаником, замазывают ее углубления цветным цементом и придают окончательную отделку полированием и пропитыванием специальной мастикой.

Камни для внутренней отделки изготавливают в виде некоторых сортов мрамора, служащих для украшения стен, лестниц, потолков, колонн и т. д. Большой частью имитации эти готовят из пластичных, впо-

ледствии отвердевающих растворов гипсового теста и разных окрашивающих веществ.

Для внутренних переборок в современных больших американских домах в большом ходу плиты из легкой обожженной глины — терракоты. Для работ, не преследующих художественных целей, пользуются часто различными сортами искусственных камней, обладающими специальными качествами, — легкостью, пористостью, отсутствием звукопроводности и т. д. Для фабрикации этих сортов камня пользуются иногда отбросами различных производств. Легкие сорта камней готовятся из кусков пемзы, связанных цементным раствором, — их удельный вес доходит до 0,7, т.е. они бывают легче воды, обладая, однако, значительной прочностью. Пробковые камни, или коркштейны, применяемые для обшивки холодильников и дорожных ледников, обладают способностью задерживать тепло, готовятся под прессом из крошеной пробки с вяжущим веществом.

Особую группу искусственных камней составляют составы, куда входят волокнистые вещества — обрезки соломы — джута, пакли, кожи и других отбросов, связанных магнезиальным цементом. Бумага в качестве строительного материала была использована в Америке впервые лет шестьдесят тому назад; изготовлялась она в виде плотных кирпичных листов, пропитанных особым составом, предохранявшим бумагу от сырости. Из бумажной прессованной массы выделывают иногда легкие кирпичи и даже были попытки применить бумажную массу для изготовления некоторых вагонных частей.

Цемент. Но все эти перечисленные выше искусственные строительные материалы далеко уступают по своему значению в современной строительной технике бетону и железобетону, на которых нам следует остановиться несколько подробнее.

Если взять обыкновенный камень — известняк и подвергнуть его действию огня, он рассыплется в порошок, освобождая содержащуюся в нем углекислоту, и образует соединение, жадно впитывающее в себя воду, застывая потом в твердое каменнообразное вещество. Это свойство негашеной извести стало, по-видимому, известным уже в глубокой древности, от которой сохранилось немало зданий, построенных из кирпича и камня, связанного известковым раствором.

Обжигание извести производится в особых печах, работающих с перерывами или непрерывно, как при обжиге кирпича в кольцевых печах Гофмана. Некоторые известняки, будучи обожжены и смешаны с водой, дают тесто, способное отвердевать не только в воздухе, но и под водой. Такие известняки отличаются содержанием кремнезема и его соединений

(некоторые сорта глины и мергелей). Уже около 3000 лет тому назад было известно, что, если к извести примешать порошок пуццоланы,— вещества вулканического происхождения, то полученная смесь может затвердеть под водой.

В новейшее время гидравлическая известь была впервые применена английским инженером Смитом при постройке Эдистонского маяка в начале прошлого столетия. Начиная с того же времени, постепенно начал входить в обращение романский или быстро твердеющий цемент, производившийся во Франции. Название “романский” было дано этому цементу Джемсом Паркером, изготовившим его в 1796 году, в знак того, что новый состав не уступит в прочности тем растворам, на которых древние римляне возводили свои знаменитые сооружения. Цемент еще лучшего качества был найден в 1824 году каменщиком. Д. Жозефом Аспдином в Англии, путем сильного обжига смеси гашеной извести с глиной и назван портландским, в виду сходства нового вещества с камнем, выламываемым около г. Портланда. Новый цемент вскоре приобрел широкую известность и сделался совершенно необходимым материалом во всякого рода постройках. Производство цемента получило особенное развитие в Англии и Германии. В пятидесятых годах производство цемента в Германии не превышало нескольких тысяч тонн, в 1870 г. там изготовлялось около 400.000 тонн, в 1900г. — свыше 2,5 миллионов тонн, а в настоящее время около 8 миллионов тонн. Америка в 1921 г. дала около 16 миллионов Тонн, а все мировое производство цемента достигает теперь цифры нескольких десятков миллионов тонн.

Приготовление портландцемента ведется посредством длинного ряда операций. Сперва глина с известью тщательно измельчается и смешивается, после чего полученная смесь разбалтывается с водой и отстаивается в особых бассейнах. Иногда при некоторых сортах глины обходятся без этого смешивания с водой. Полученное тесто размалывают, очищают и сушат в специальных печах, состоящих из длинных, косо поставленных железных цилиндров, сквозь которые продувается горячий воздух. После сушки материал снова дробится и измельчается в тонкий порошок, и обжигается в особых печах (шахтных, гофмановских или в американских вращающихся печах). Прокаленная смесь вновь измельчается на жерновах мельниц в тонкий порошок, просеивается и поступает на склады или запаковывается в бочки весом 170 килограмм (около 10 пудов) каждая.

Довольно большое применение получили также доменные шлаки для изготовления медленно твердеющего цемента и огнеупорного кирпича.

Недавно в Англии найден способ производства нового вида цемента, названного электроцементом, изготавливаемого обжигом сырой смеси в электрической печи. Новый цемент твердеет, или, говоря техническим термином, “схватывается” уже в течение 24 часов, достигая крепости 28-дневного портландцемента, значительно превосходя его в прочности и водонепроницаемости. Такой цемент, называемый также “плавленным цементом”, начал за годы войны изготавливаться во Франции; схватывание его начинается уже через 2 часа после затворения водой и заканчивается через 4 — 5 часов. Сделанные из такого цемента железобетонные сваи могли быть забиты уже через 3 дня после их изготовления. Сопротивление бетона из плавленного цемента через 3 месяца раза в 2 выше, чем у бетона из портландского цемента, что позволяет экономить на размерах изготавливаемых частей и на материалах. Быстрота же отвердевания допускает почти немедленную передачу готовых сооружений в эксплуатацию, что имеет огромное значение при постройке железобетонных дорог, военно-оборонительных сооружений и т. д. Помимо этого плавленный цемент обладает исключительной химической стойкостью, выдерживая действие воды с сернокислыми солями и дымовых газов, разрушающих поверхность простого портландцемента. Эти выдающиеся качества плавленного цемента, несмотря на его стоимость, вдвое превосходящую стоимость обычного цемента, несомненно завоюют ему весьма широкую область применения.

Совсем недавно в журналах появились известия, что профессор, Будников и студент Левин нашли способ изготовления весьма дешевого гипсового цемента, в три раза превосходящего по своей прочности портландцемент. Примешивая к обожженному гипсу около 0,5% извести, им удалось получить состав, выдерживающий до 40 килограмм на кв. сантиметр, тогда как портландцемент выдерживает всего лишь 14 килограммов.

Бетон. Цемент в большинстве случаев идет в дело не в чистом виде, а в смеси с песком и каменным щебнем, образуя искусственную, постепенно затвердевающую каменную массу, называемую бетоном. Бетон был известен уже древним римлянам; около Неаполя сохранились остатки старинного мола, при чем, по свидетельству одного римского историка, бетон частью укладывался наливным способом на месте, частью доставлялся в виде готовых массивов. В средние века также пользовались бетоном, судя по сохранившемуся дому в Рочестере с бетонными лестницами. Главное отличие бетона древнего от современного заключается в том, что теперь сооружения из бетона делаются трамбованием отдельных, постепенно на-

кладываемых слоев, тогда как в старину его плотность зависела от веса входящих в него камней.

Роль бетона в современной строительной технике исключительна по своему значению. Возможность возводить сооружения любой величины не только на поверхности земли, но и под водой для мостовых быков, фундаментов зданий, массивных свай, молотов, плотин, туннелей и других построек, делает бетон, особенно в сочетании; с железом, одним из главных современных строительных материалов, позволяющим осуществить технике наших дней такие сооружения, о которых нельзя было и думать два-три десятка лет тому назад. Мы еще неоднократно, говоря о разных замечательных сооружениях, будем возвращаться к бетону и железобетону, — поэтому, здесь ограничимся лишь самым общим описанием его приготовления и применения.

Бетон, обыкновенно, различается по степени содержания в нем цемента. Бетон, содержащий в себе небольшое количество последнего, называется тощим, а содержащий много цемента — жирным. Чаще всего состав бетона по объему таков: цемента — 1 часть, песка — 2 части, щебня 4 части, или — цемента 1 часть, песка 3 части, щебня 6 частей, смотря по степени желаемой плотности бетона.

Сперва насухо смешивают песок и цемент, затем постепенно прибивают воду и к полученному раствору прибавляют щебень или гравий. Песок и щебень должны быть перед смешиванием очищены от грязи и если надо, промыты.

Перемешивание можно производить вручную, но при больших работах пользуются машинным перемешиванием в так называемых бетоньерках, весьма разнообразной конструкции.

Обычный тип, это — железный наклонный барабан с устроенными внутри перемешивающими перегородками. Вода и смесь песка, цемента и щебня непрерывно засыпаются с одного конца барабана, а готовый бетон тоже непрерывно выходит из его другого конца. Производительность одной такой ручной бетоньерки, требующей для своего обслуживания 3 рабочих, доходит до 5 куб. метров, или до 600 пудов в час. Бетоньерки, снабженные механическими двигателями, вырабатывают во много раз больше; например, при сооружении Панамского канала работали гигантские бетонные мешалки, дававшие в час по 120 куб. метров бетона. Новые гигантские постройки потребовали и новых гигантских машин. Вот, например, (рис. 27) недавно пущенная в ход величайшая в мире камнедробилка для одного

американского завода, измельчающая целые глыбы камня в мелкий щебень. Высота этой дробилки около 7 метров; камень пережевывается в ней несколькими огромными челюстями из ультротвердой фосфористой бронзы. Работает эта машина от 300-сильного мотора и за день может измельчить до 30.000 тонн, щебня, могущего заполнить собой объем куба 25 метров высоты.

Пластичность свежеприготовленного бетона дает возможность чрезвычайно удобно доставлять его к месту, где он необходим, по особым трубам и рукавам. Рис. 28 дает представление о таком способе работ. Бетон намешивается машиной около высокой разъемной мачты, подымается вверх в особом лифте и идет оттуда по длинным, висящим на тросах желобам прямо к месту работ. Такая установка может в час дать до 60 куб. метров бетона.

Бетон незаменим при подводных работах, благодаря своему свойству твердеть в воде. Фундаменты плотин часто делают, просто “наливая” бетон на подготовленное и выровненное дно, где он затвердевает и образует плотное и водонепроницаемое основание. Из бетона же готовят гигантские искусственные камни весом до 1.000 тонн, идущие на постройку волноломов и портовых молов.

Последние года, помимо механизации, внесли много нового в самую технику изготовления бетона. Стокгольмский инженер Эрикссон изобрел состав бетона, который может обрабатываться пилой, рубанком и сверлом. Новый бетон напоминает пемзу по своей пористости и легкости. Удельный вес нового материала всего около 0,7, т.е. легче воды. Делается он из цемента, известняка и алюминиевого порошка, при чем при перемешивании с водой образуется газ, пропитывающий всю смесь, как взошедшее тесто, отчего этот бетон получил название газбетона. Из этого материала вы-

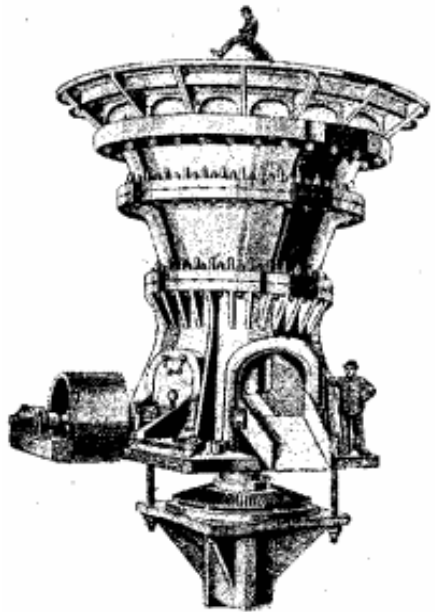


Рис. 27. Величайшая в мире
камнедробилка.

пиливаются кирпичи и плиты, идущие на отделку стен. Газбетон выдерживает давление до 3 килограмм на кв. сантиметр.

В Америке нашел себе широкое применение в строительном деле нефтяной бетон, т.е. бетон, смешанный с нефтью в целях придания ему особой прочности и нечувствительности к действию воды. Обычно к замешанной массе бетона прибавляют около 10% веса цемента. Такой бетон дольше твердеет, но зато совершенно не пропускает воды.

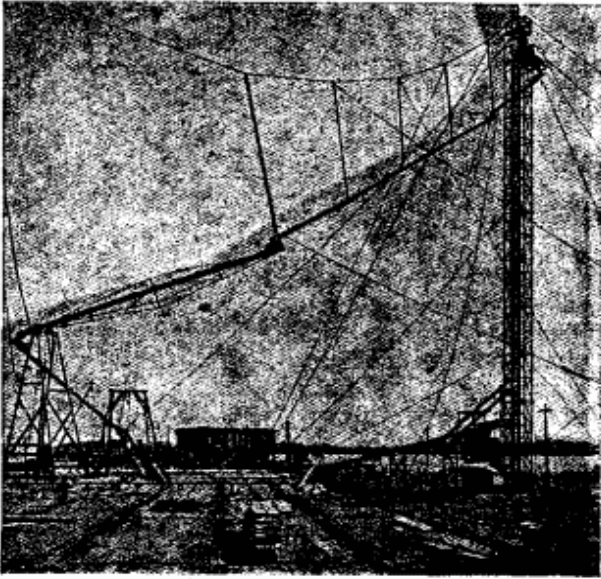


Рис. 28. Современные бетонные работы.

В Германии недавно начал в обращение новый материал для облицовки, названный сталебетоном, тоже обладающий высокой степенью прочности и водонепроницаемости и легко выдерживающий механическую обработку на различных станках. Сталебетон можно изготовлять сплошными поверхностями и в виде отдельных плит, при чем он хорошо пристает к старому бетону, камню и даже дереву, образуя прекрасный защитный слой (до нескольких миллиметров толщины), вдвое превосходя гранит по сопротивлению снашиванию. Материал этот в 2 — 3 раза прочнее обыкновенного бетона.

Железобетон. Первая железобетонная конструкция появилась в 1855 году, когда Ламбо соорудил маленький бот из цемента, на железном карка-

се. В 1860 году Коанье сделал несколько построек (стен, водопроводов) из такого материала. Однако, серьезное внимание обратили на этот новый материал лишь после работ парижского садовника Монье, взявшего в 1867 году патент на изготовление кадок, сводов и стенок резервуаров из железных сеток, покрытых слоем цемента или бетона. В 1875 году строится уже первый железобетонный мост пролетом в 16 метров, в 1878 году Монье патентует способ приготовления сводов, балок и балконов из железобетона. Сильный толчок к развитию железобетонных конструкций дали начатые в Германии с 1884 года обстоятельные исследования свойств нового строительного материала. Были подробно рассмотрены и определены условия работы железа и бетона, выведены формулы точного расчета, выработаны типы экономических конструкций.

В 1892г. появляется система железобетонных построек Геннебика, получившая теперь наибольшее распространение, сравнительно с другими системами. Много новых приемов было также выработано начиная с 1877 года в Америке, быстро оценившей огромную будущую роль железобетона.

Что же такое представляет из себя этот новый материал, в какие-нибудь два десятилетия ставший серьезным соперником железа и камня?

Ответ очень простой — в этом материале замечательным образом соединяются преимущества стали и бетона, но без их недостатков.

Сталь принимает на себя растягивающие усилия — бетон в разных конструкциях лучше сопротивляется сжатию. Колонна из железобетона, предназначенная для какого-либо груза, обойдется дешевле, чем колонна из стали, рассчитанная на тот же груз.

Стойка из железных прутьев прогнется под небольшим давлением, обложенная же бетоном выдержит груз во много раз больший; бетонная тонкая плита очень легко сломается, но имея внутри железную арматуру — не будет бояться даже сильных ударов.

Бетон и железо как бы помогают друг другу и в этом союзе и заключается их самое ценное свойство.

Другое достоинство железобетона заключается в их прочном сцеплении друг с другом, которое не может быть нарушено даже при сильном нагревании, что делает железобетонные конструкции более стойкими и безопасными при пожарах, чем железные, которые под влиянием огня размягчаются и обрушиваются.

Железо для железобетона берется обыкновенно в виде круглых прутьев разной толщины, которые ставят в тех местах, где по расчетам можно ждать появления растягивающих усилий. Железная арматура начисто вымывается от грязи и ржавчины, иначе железо плохо свяжется с бетоном.

Самая постройка из железобетона идет следующим образом. Сперва на железобетонном или каменном фундаменте устанавливают деревянную опалубку или сбитые из досок формы будущих железобетонных частей, внутри этих форм известным образом располагают железную арматуру, связывая ее отдельные прутья друг с другом железной проволокой, и заполняют эти формы бетоном ^{*)}, постепенно утрамбовывая его слой за слоем.

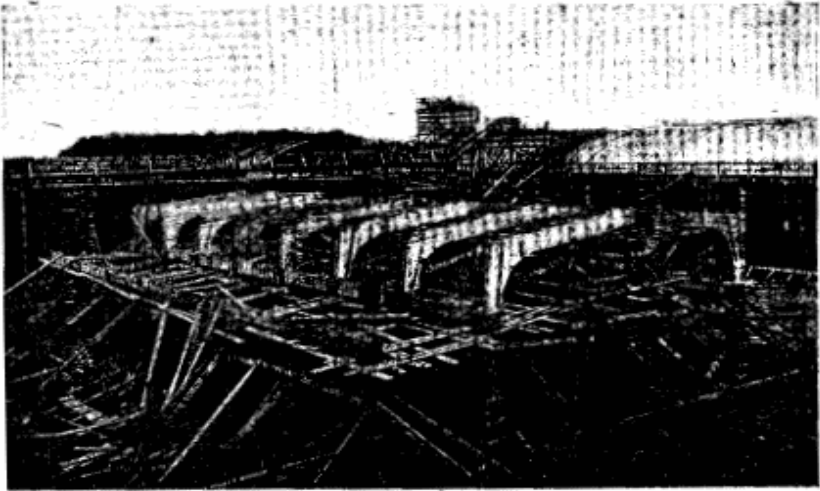


Рис. 29. Способ постройки из железобетона.

На рис. 29 видны эти формы колонн будущего железобетонного перекрытия. После того как бетон затвердевает, опалубку потолка и колонн снимают, чтобы использовать их в другом месте.

Подобным способом теперь удастся выполнять из железобетона в высшей степени сложные конструкции и здания, которые было бы совершенно немислимо или очень трудно построить из какого-либо другого материала, не говоря уже о большей дешевизне перед всякими другими способами.

^{*)} Бетон для железобетонных построек требует исключительной осторожности в выборе материалов и способов замешивания. Щебень для него не должен быть крупнее 20 — 25 миллиметров.

Для ускорения и механизации некоторых железобетонных работ в 1911 году была изобретена в Америке оригинальная машина, названная “цемент-пушкой”, — которая с силой выбрасывает из себя бетон, — так сказать стреляет им на поверхность с уложенной на ней арматурой. Эта машина (см. рис. 30) состоит из двух железных небольших резервуаров, загружаемых через воронку (1) бетонной массой, установленных на передвижной тележке; в нижней части одного из резервуаров устроено приспособление, которое непрерывно подает бетон небольшими порциями к устью трубы (2), где он давлением сжатого воздуха выбрасывается наружу, заменяя труд по подноске и утрамбовке бетона. По такому способу удается весьма быстро покрывать толщиной в 6 сантиметров большие поверхности, при чем 1 кв. метр обходится всего 1 руб. — 2 руб., т.е. значительно дешевле, чем при работах иным способом.

Железо бетонные конструкции.

Применение железобетона в современной строительной технике чрезвычайно широко. Вот краткий перечень современных железобетонных сооружений.

1. Постройка зданий и его отдельных частей. Здесь железобетон постепенно вытесняет кирпич, дерево и стальные балки. Как материал для устройства сводов, потолков, простенков, балок и лестниц, он, в виду своей несгораемости и долговечности, не имеет себе равных.

Недавно из бетона строились лишь арки и отдельные балки с перекрытиями, а теперь из него идет постройка целых домов, начиная от подвала и кончая крышей, позволяя строителю осуществлять самые смелые и красивые архитектурные планы. Театры, казармы, амбары, склады, ангары для дирижаблей, вокзалы, фабрично-заводские здания, с успехом строятся теперь целиком из железобетона. Насколько прочна внутренняя связь таких построек, доказывает случай с одним хлебным амбаром в Тунисе, осевшим набок благодаря размыву грунта; посредством разных приспособлений удалось все здание целиком выпрямить и укрепить в новом положении, при чем нигде не показалось ни одной трещины.



Рис. 30. Цемент-пушка.

На рис. 31 видна железобетонная конструкция заводских мастерских.

2. Подземные стоки и канализация. Железобетонные трубы для канализации применяются теперь во многих городах, как один из наиболее водонепроницаемых и дешевых материалов.

Трубы для канализации изготавливаются на заводе и лишь устанавливаются на месте работ. Очень крупные сечения — туннели — делают на месте.

3. Трубопроводы и каналы. Стенки оросительных каналов часто одеваются бетоном или железобетонными плитами для уменьшения

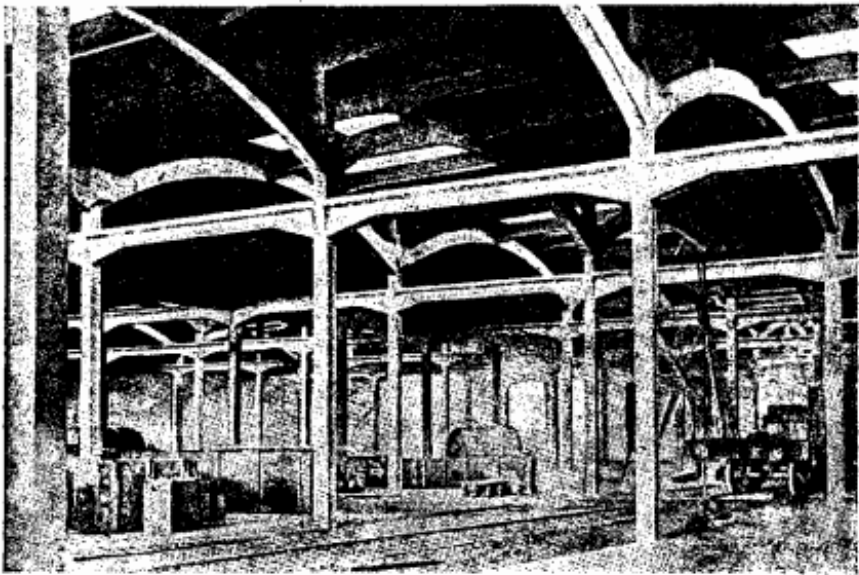


Рис. 31. Железобетонные мастерские.

потерь на просачивание. Большое распространение получило также устройство больших трубопроводов гидроэлектрических станций (см. рис. 32); такие трубопроводы достигают иногда 6 метров диаметра и несколько километров длины, выдерживая давление во много атмосфер.

Оригинален способ, как делаются такие трубопроводы. Сперва устраивают для него на выровненной поверхности земли или в канаве ряд фундаментов и устанавливают связанные между собой кольца, из железных круглых полос, служащих арматурой. Внутри такого каркаса вводят железный или деревянный цилиндр — опалубку с диаметром, равным

внутреннему просвету трубы, и приступают к обкладыванию арматуры бетоном. После того как бетон схватится, внутренний цилиндр вытягивают и ставят на новое место, где повторяют всю операцию снова.

4. Резервуары, водонапорные башни, зернохранилища, угольные склады. Большим достоинством железобетона является долговечность его службы, не требующей частых ремонтов, что неизбежно для железных резервуаров. Открытие таких составов, которые не пропускают нефть, дало возможность строить нефтяные танки и резервуары. Всяко-

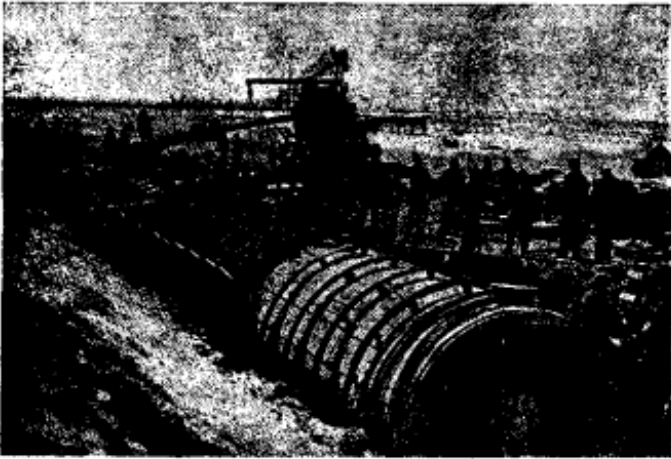


Рис. 32. Постройка железобетонного трубопровода.

го рода фильтры, отстойные баки для воды, очистные сооружения для сточных вод также получаются дешевле из железобетона. Силосы (резервуары, где идет медленное брожение), зернохранилища, склады для угля — достигли своих иногда огромных размеров только благодаря железобетону. Примером насколько Легким получается такое ответственное сооружение, как водонапорная башня, может служить рис. 33.

5. Плотины, дамбы, молы, подпорные стенки. Вначале из железобетона делались лишь небольшие стенки для удержания земли. Однако, постепенное усовершенствование способов постройки придало смелости конструкторам, и железобетон стал постепенно и здесь вытеснять каменную и бетонную кладку. В настоящее время имеется множество построенных железобетонных стен, плотин, шлюзов, дамб, водосливов и других гидротехнических сооружений. Интересен способ применения же-

лезобетона для устройства мола. Для этой цели на берегу были построены огромные железобетонные ящики, которые потом спустили в воду и отбуксировали на предназначенное место; затем ящики постепенно заполнялись камнем, и мол был готов. Таким способом был выстроен мол в Копенгагене, состоящий из железобетонных ящиков высотой 10 метров, составленных рядом и заполненных камнем.

Плотины, устроенные в виде отдельных сводов, дали огромную экономию в материале. Такие плотины строятся иногда таким образом, что

внутри их можно расположить со всем механизмом целую гидроэлектрическую станцию. В Америке, на р. Тенесси строится сейчас гигантская железобетонная плотина высотой около 37 метров, длиной 1.500 метров, предназначенная для мощной гидроэлектрической станции в 620.000 лошадиных сил. На постройку такой плотины пойдет свыше одного миллиона куб. метров бетона.

6. Фундаменты и опоры. При мягком грунте, не выдерживающем тяжелых фундаментов, применяются широкие железобетонные пласты, на которых уже и возводится настоящий фундамент и все здание. Иногда грунт укрепляют впрыскиванием цемента. Так, например, было сделано при постройке плотины на Волхове, где в щели каменистого дна был впрыснут под давлением жидкий цемент.

Большое распространение в последнее время получили железобетонные сваи, отличающиеся своей большой прочностью сравнительно с деревянными. Сваи делают обыкновенно квадратными или многоугольными, с башмаком из литой стали. Что-

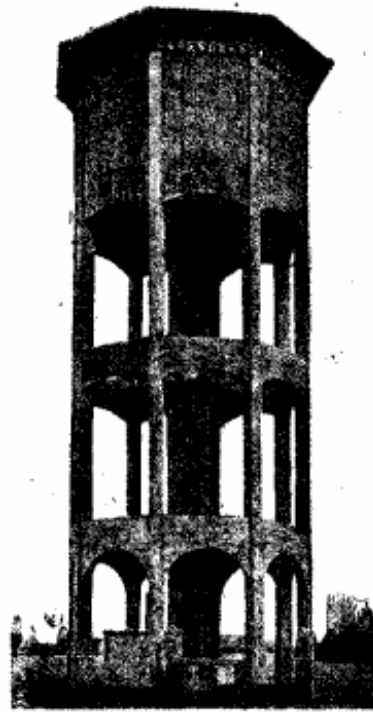


Рис. 33. Водонапорная башня из железобетона.

бы бетон сваи при забивании не выкрашивался, между его головой и бабой устраивают деревянный буфер. Железобетонные сваи делают иногда до 20 метров длины. Об одном таком весьма интересном сооружении на сваях мы скажем дальше. Недавно Франки предложил совершенно новый способ изготовления железобетонных свай (см. рис. 34). В грунт загоняют

одно или несколько колен железных труб, земля внутри их извлекается, затем туда вводят железную арматуру, и плотно забивают бетоном, постепенно вытаскивая наружную железную трубу. В результате получится неровный, но прекрасно прилегающий своей поверхностью к грунту — массивный железобетонный столб. Для удержания особо тяжелых сооружений прибегают к устройству опускных железобетонных колодцев, наполняемых после погружения бетоном.

7. Арки, своды, мосты, перекрытия. Железобетонные перекрытия можно теперь устраивать до 30 метров ширины и даже больше. Вообще говоря, величина сводчатого железобетонного перекрытия может быть сделана сколько угодно большой — это, главным образом, вопрос экономики.

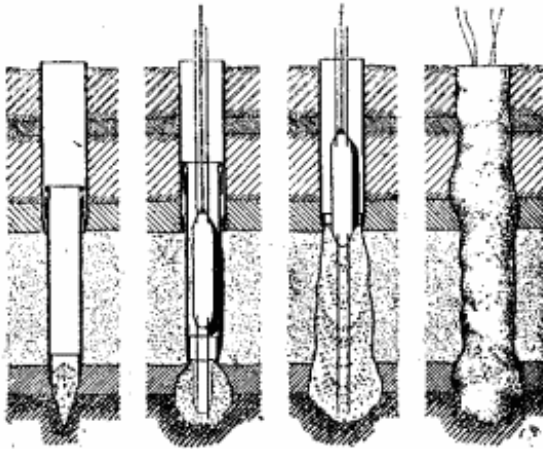


Рис. 34. Способ приготовления железобетонной сваи Франки.

Недавно построен во Франции колоссальный железобетонный сводчатый сарай — ангар для дирижаблей; он имеет около 70 метров в ширину и до 3.000 метров в длину, и, по-видимому, это еще не является пределом для железобетонных конструкций. Существует проект железобетонного стадиона для спортивных состязаний в Мирамасе около Парижа, рассчитанный на 50.000 зрителей с навесом в 40 метров ширины.

В мостостроении железобетон начал применяться еще с 1875 года. Первые такие мосты строились на железобетонных балках, не превосходя 25 — 30 метров в одном пролете. При больших пролетах предпочитают

арочные конструкции, так как балки выходят чересчур тяжелыми. Арочные мосты состоят обыкновенно из более или менее пологих арок, на которых устроены вертикальные стойки, поддерживающие проезжее полотно. Около десяти лет тому назад наибольший пролет таких мостов не превышал 80—90 метров, а сейчас построены и прекрасно работают мосты с пролетом в 182 м, и намечен к постройке один железобетонный мост в Бретани, который будет иметь три пролета в 187, 194 и 205 метров, при чем проезжее полотно и верхушка сводов будет на высоте 45 метров над уровнем воды.

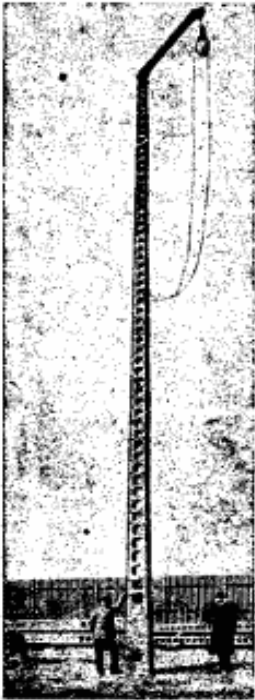


Рис. 35. Железобетонный столб.

8. Столбы, шпалы, фабричные трубы, мачты. Из железобетона оказалось небезвыгодным устраивать железнодорожные шпалы в виду того, что последние меньше подвергаются порче и прочнее деревянных. Шпалы эти делают в виде плоских плит с ребрами и отверстиями для болтов, удерживающих рельс. Столбы для электрических передач, освещения, телефонных и телеграфных линий (см. рис. 35) во многих случаях начинают вытеснять столбы из дерева и стали. Применение железобетона позволило осуществить постройку дымовых труб небывалой высоты до 180 метров. Из железобетона в нескольких странах построены мачты для беспроволочного телеграфа — например, в Японии имеется радиостанция с такими мачтами в виде суживающейся тонкой воронки 200 метров высоты.

9. Различные специальные конструкции из железобетона. В настоящее время трудно даже перечислить все области, где железобетон нашел себе применение. Каждый месяц приносит нам известия о новых и подчас довольно неожиданных применениях железобетона. Из железобетона начинают делать мостовые, — облицовывают туннели, строят целые железнодорожные вагоны и платформы. В 1911 году из железобетона был выстроен маяк в порту Александрии, высотой 27 метров. Особенность этой постройки заключается в том, что нижняя ее часть весом в 1.700 тонн и высотой в 15 метров была сделана на берегу и доставлена на место в плавающем состоянии, после чего внутрь ее были набросаны камни, заставившие основание мая-

ка плотно сесть на дно, выровненное перед тем посредством землечерпалки. Вся постройка была закончена в 6 месяцев.

Применить железобетон для постройки судов, как мы видели, пытались уже давно, с самого начала его изобретения. Однако, серьезных успехов в этой области достигли лишь с начала этого столетия в Италии. Первые суда этого рода не превышали 20 — 30 метров длины, но в последнее время начали строиться суда довольно крупных размеров океанского типа водоизмещением в несколько тысяч тонн. Все переборки, шпангоуты и обшивка таких судов выполнены целиком из железобетона, при чем экономия в железе и стали, сравнительно с металлическими судами, доходит до 50% — обстоятельство чрезвычайно важное, в виду чувствуемого иногда недостатка в железе. Такие суда уже несколько лет находятся в плавании и не раз уже доказали свою прочность тем, что благополучно выдержали без особенно тяжелых последствий такие удары, которые, наверно, разрушили бы суда из другого материала.

Каждая новая удачная постройка из железобетона придает все больше смелости современным конструкторам. Вот, например, один из таких интересных новых замыслов. Организация регулярных пассажирских воздушных сообщений между Европой и Америкой, стоящая сейчас на очереди, несмотря на огромные успехи воздухоплавания, все-таки встречает еще не мало трудностей, главным образом из-за больших расстояний между этими частями света. Один французский строитель разработал по этому проекту устройства на пути воздушных кораблей ряда плавучих станций, где бы аэропланы могли останавливаться в случае представившейся к тому необходимости. Станции эти должны представлять из себя целые плавучие острова с огражденными от волнения бассейнами около $\frac{1}{2}$ километра длиной, установленные на якорях и снабженные всеми необходимыми приспособлениями для ремонта и снабжения воздушных судов топливом. Самое интересное в этом проекте то, что все части этого острова, напоминающего нам один из романов Жюль Верна, должны быть сделаны из железобетона.

Лигностон (деревокамень). Казалось бы, что широкое применение стали, алюминия и железобетона навсегда уже вытеснило когда-то главный строительный материал — дерево. Недолговечность, чувствительность к сырости, легкая сгораемость и сравнительная непрочность отвели дереву и изделиям из него одно из последних мест в современной технике. Еще сотни две лет тому назад дерево царило во всех ее отраслях, а сейчас оно низведено до весьма скромной роли: при постройках разного рода — из дерева делаются леса, временные подпорки, опалубки, которые убирают после того, как постройка закончена.

Новый способ, недавно открытый Пфлеймером в Германии, хотя и не возвратит дереву его прежнего значения, но значительно расширит область его применения. Способ этот заключается в спрессовании дерева без повреждения составляющих его волокон, для чего дерево погружается в полужидкую массу и подвергается в особых сосудах нагреванию до 100° при сильном давлении в 300 атмосфер. Роль жидкой массы состоит в передаче давления всему куску дерева, которое приобретает удвоенную плотность и прочность, раз в восемь превосходящую прочность обычного дерева. Лигностон настолько тверд, что для его обработки приходится брать резцы из специальной стали.

Вообще же для придания дереву большей долговечности и способности сопротивляться гниению, шпалы, столбы и т. д. подвергают процессу пропитки под давлением каким-нибудь консервирующим веществом (например, креозотом, хлористым цинком, каменноугольной смолой) после предварительного просушивания, удаляющего избыток влаги из дерева.

Вот краткое и неполное описание тех материалов, способов их получения и главнейших механизмов, которыми стала располагать за последние десятилетия современная техника. Если сопоставить эти мощные орудия производства, которыми она теперь обладает, с теми несовершенными и слабыми средствами, которые были в ее руках всего лишь одно столетие тому назад, — становятся понятными и те поражающие успехи, которых человечеству удалось добиться в его неустанной борьбе с природой и мертвой материей.

ГЛАВА V.

Механизация производства.

Мы перечислили в главе III лишь несколько основных типов современных металлообрабатывающих машин, но на самом деле их сотни. Множество крупных заводов в Старом и Новом Свете заняты их изготовлением — и впереди всех идет Америка, где стремление заменить дорогостоящий труд человека — работой механизма, нашло себе последние годы наиболее яркое выражение.

Эта механизация всяких технических процессов проходит красной нитью во всех областях техники, создавая подчас совершенные новые приемы и методы производства.

Говоря о механизации, можно ее разделить на два класса, или периода. Отличительной чертой первого периода, — не изжитого еще и сейчас в некоторых производствах, было стремление облегчить труд человека, заменить его увеличенной во много раз силой машины, не избавляя, однако, от необходимости, иметь неослабное за ней наблюдение. Первые токарные станки, паровой молот и гидравлический пресс, подъемные краны — паровые лопаты и копры, прокатные станки требуют для своей успешной деятельности постоянного сотрудничества человека, направляющего и регулирующего их работу.

Но современная техника уже не удовлетворяется этими успехами. Она стремится еще больше упростить человеческий труд, сведя его лишь к простому направлению машинной работы, при чем последняя не должна нуждаться в непосредственном дальнейшем участии человека.

Это — характерная черта новейшего периода развития техники с ее стремлением автоматизировать действия, производимые машиной.

Ткацкий и прядильный станки, изобретенные еще в конце XVIII века, могут считаться одними из первых механизмов, где работа производится автоматически.

Нарезка винтов, выдувание стекла, взвешивание и перемещение грузов, набор и печатание газет, обработка металла — словом, целые группы самых разнообразных производств, — совершаются иногда в настоящее время при таком ничтожном участии человека, что с полным правом могут назваться автоматическими. Глядя на работу некоторых из этих замечательных машин, не знаешь, чем их считать — механическими рабами или одухотворенными механизмами...

Основное требование, предъявляемое при производстве современных машин, орудий, это — точность и аккуратность выделки их отдельных частей. Поэтому всякая подвергаемая обработке часть машины раньше самым тщательным образом размеряется на особых столах, для того, чтобы установить, в каком месте необходимо снять металл, проточить паз, высверлить отверстие. Для обмера изделий существуют точные шаблоны и калибры и масштабы, позволяющие, например, определить толщину обтачиваемой оси двигателя с точностью до сотых долей миллиметра.

Современные заводы настолько специализировали свою работу, что на каждом из них, обыкновенно, делают лишь один вид машин или одну и ту же работу.

Иногда ряд отдельных заводов соединяется в общую фирму или, наоборот, разветвляется на несколько отдельных производств, объединенных лишь одним центральным административно-хозяйственным органом. Каждый завод теперь выполняет лишь свою, ставшую его специальностью работу, не гоняясь за другими заказами. Вагонный завод не станет делать плуги, автомобильный завод не будет производить электрических машин. Имеются заводы, где производятся лишь отдельные части машин, а сборка их идет на другом заводе.

Массовое производство. Спрос на значительное число совершенно одинаковых предметов создал так называемое массовое производство, позволившее значительно удешевить стоимость выпускаемых изделий. Но это же массовое производство предъявило технике ряд тяжелых требований, из которых главнейшим надо считать требование, чтобы все соответствующие части данного изделия были бы абсолютно одинаковыми и взаимно заменяемыми. Так, например, в случае поломки какой-нибудь части велосипеда или автомобиля данной фирмы — сломанная часть должна заменяться другой такой же частью, купленной в любом магазине, при чем она должна совершенно точно прийтись на место.

Изобретение фрезерного станка, а которым мы уже говорили раньше, позволило производить с абсолютной почти точностью, пока не сотрется

фреза, — одни и те же части машин, требуя лишь самого минимального ухода за станками подобного рода.

Некоторые заводы поэтому оборудованы такими станками, из которых каждый производит лишь одну какую-нибудь часть; так, например, части ружейного затвора одной крупной Берлинской фабрики проходят через 113 различных станков, но зато не требуют никакой ручной обработки.



Рис. 36. Клепальная машина.

Последняя, в виду возможности индивидуальных ошибок и погрешностей отдельного рабочего, по возможности теперь избегается.

Совершенно немислимо в этой небольшой книге описать все эти чудесные произведения человеческой изобретательности — ограничимся поэтому лишь несколькими.

Клепальная машина. Одним из самых трудных и тяжелых заводских работ считалась клепка паровых котлов. Снаружи и внутри склепываемого котла становится по рабочему, — стоящий или лежащий внутри берет раскаленную заклепку, вводит ее в заклепочную дыру, после чего его товарищ снаружи с силой бьет по заклепке, пока не расплющит ее конец, тогда как он сам, с усилием, под страшный грохот металла, изо всех сил прижи-

мает заклепку к листам. После нескольких лет работы такой клепальщик навсегда становится глухим, — не даром они и называются “глухарями”.

Изобретенная в 1865 году Гуденлем клепальная машина дала возможность заменить этот неблагодарный труд работой машины. Оговоримся, однако, что не облегчение тяжелых условий труда преследуется в том или ином техническом нововведении, — в подавляющем большинстве случаев имеется лишь стремление упростить и удешевить производство...

Клепальная машина представляет из себя прочную стальную подковообразную станину, которая либо укреплена неподвижно на фундаменте, либо может краном на цепях перемещаться по всей мастерской. На концах этой станины устроен небольшой гидравлический пресс и зажимы.

Один рабочий (см. рис. 36) берет горячую заклепку, вводит ее в отверстие заклепываемой балки, а другой точно наставляет против нее “клепни”, висящие на цепях клепальной машины, и по гибкой трубе пускает в пресс воду. Тогда давление поршня прессы, охватывающего заклепку с ее обоих концов, сплюсчивает и плотно прижимает ее головку к склепываемым местам. Вся операция требует лишь нескольких секунд и делается совершенно беззвучно, давая огромную экономию и труда и времени. Клепка котлов производится таким же способом, при чем размеры клепальной машины должны соответствовать размерам склепываемых листов.

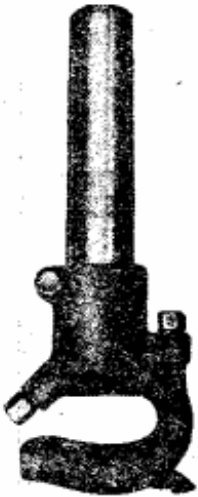


Рис. 37. Пневматический молот.

Значительно позже появились пневматические клепальные машины, действующие либо давлением, либо ударом воздуха. Машины эти во многих случаях удобнее гидравлических, так как не надо устраивать отводящей трубы, воздух можно выпускать прямо наружу, и нет опасности замерзания воды на морозе.

К числу ударных и пневматических механизмов надо отнести ручной пневматический молот, изображенный на рис. 37; сжатый воздух по гибкому шлангу поступает во внутреннюю камеру, где сообщает ряд быстрых ударов небольшому поршню, связанному с зубилом или с каким либо другим инструментом.

Значительную экономию труда дали изобретенные во 2-й половине прошлого века винторезные автоматические станки. Всем понятно, какую роль в современном машиностроении играет соединение на

винтах. нет машины, где не имелось бы десятков различных гаек, винтов, контргаяк, шайб и т. п. Более крупные винты нарезаются на токарных станках, имеющих приспособление для автоматического передвижения суппорта, а мелкие делаются на автоматах, которые требуют лишь самого ничтожного ухода. Есть станки, которые могут выделывать в час несколько сот идеально ровных винтов различных размеров, на что потребовалась бы работа десятка хороших токарей.

Автоматические станки и машины входят все больше во всеобщее употребление, — о некоторых из них мы уже говорили; в зависимости от их назначения, конечно, меняется и их конструкция, доходящая иногда до чрезвычайной сложности. Фрезерные и револьверные станки, строгальные, сверлильные, долбежные, самоточки разнообразнейших систем и размеров, давно уже употребляются в технике обработки металлов. Еще сложнее эти станки в различных отраслях производственной техники. Здесь изобретательность конструкторов поистине доходит до степени чудесного. Кажется иногда, что это не мертвая масса металла, а нечто живое и мыслящее, — так разумны, точны и целесообразны все движения отдельных частей...

Целый ряд вещей, которые тесно вошли в технику и в нашу жизнь, делаются за границей на автоматических и полуавтоматических станках. Стальные перья, монеты, иголки, пуговицы, ткани, обувь, книги, шарики для подшипников, ножи, клинки для бритв, бутылки, напильники, гвозди, пилы, зубчатые колеса, проволочные сетки, трубы, цепи автомобильные и велосипедные части, бумага, папиросы, гильзы, — все трудно и перечислить, — делается теперь почти без помощи рук человека, который лишь должен наблюдать за правильностью работы и “питанием” машины — смазкою и сырым материалом.

Скажем здесь о некоторых, наиболее интересных механизмах.

Вот, например (см. рис. 38), машина для производства бутылок, выделяемая заводом Кент-Оуэн в Соединенных Штатах; машина эта состоит из 9.176 отдельных частей и нуждается лишь в доставке расплавленной стеклянной массы. Все действия совершает она автоматически, выпуская несколько тысяч бутылок в час. Работа выдувания бутылок велась раньше силой легких, занятых этим делом рабочих, и скоро вызывала у них ряд заболеваний; особенно трудна была работа выдувания больших стеклянных сосудов, так называемых дутых халыв, из которых делается оконное стекло. Теперь эти процессы почти всюду заменены работой либо

автоматов, либо пневматических машин, работа с которыми значительно проще и легче.

Гвоздильные машины. Сильно возросший спрос на всякого рода гвозди и шипы вызвал появление автоматических станков для их изготовления. Некоторые сорта гвоздей в Америке штампуются из листового железа, но большинство гвоздей в настоящее время делается из круглой или квадратной проволоки. Последняя свивается с барабана и направляется в аппарат, где она режется на куски, на которых ударами нескольких штампов формируется шляпка и заостряется конец гвоздя. Такая машина может изготовлять от 100 до 600 гвоздей в минуту, требуя для своей работы от $\frac{1}{8}$ до 2 лошадиных сил, т.е. от 50.000 до 300.000 штук в 8 часов, тогда как опытный рабочий может их сделать за это время не более 400 до 1.500 штук, — иначе говоря одна машина здесь заменяет напряженный труд более ста человек...

Стальные перья еще лет семьдесят были предметом роскоши, теперь каждый школьник имеет их десятки. Сперва из листа специальной стали штампом вырезают отдельные куски, подвергают их обработке на огне, и затем на нескольких станках придают им нужную форму и заточку.

Пуговицы делаются теперь, главным образом, в виду своей дешевизны из металла и особой массы на автоматических прессовальных и дыропробивных машинах.

Иголки делаются из стальной мягкой проволоки, разрезаемой машиной на равные куски, которые потом острятся и закаливаются. Ушко, которое раньше пробивалось вручную, делается теперь на изобретенной Кайзером в семидесятых годах штамповочной игольной машине. Машинным же способом производится полировка и правка иголок. О производительности современных игольных фабрик, оборудованных автоматами, может дать представление немецкая фабрика Стефана в Изерлине с 5.000 рабочих, изготовляющая свыше 500 миллионов иголок в год.

Клинки для бритв и ножей фабрикуются также на многочисленных автоматических станках, что в необычайной степени позволило удешевить их стоимость. Фабрика известных бритв “Жиллет” в Америке, где заняты тысячи рабочих, вырабатывает в год несколько миллионов клинков.

Напильники, недавно еще насекавшиеся вручную, делаются теперь повсеместно на станках. Любопытно, что своему появлению на свет эти станки обязаны двум стачкам рабочих насекальщиков в Германии в 1873 и 1890 г.г. Чтобы избежать перерыва в работе, предприниматели основали союз, выработавший практически эти машины для механической насечки, быстро вытеснившей ручной труд. Напильники всех форм выхо-

дят на таких машинах значительно лучше и красивее напильников, сделанных по кустарному способу.

Трубы всякого рода, находящие такое большое применение во всех отраслях техники, готовятся сейчас исключительно механическим способом. Раньше трубы отливались; этим способом пользуются и теперь при приготовлении чугунных труб большего диаметра, но и здесь начинает входить машинный способ, о котором мы упоминали, говоря об отливках; в быстровращающуюся разогретую цилиндрическую форму равномерно впрыскивают жидкий чугун, который центробежной силой прижимается

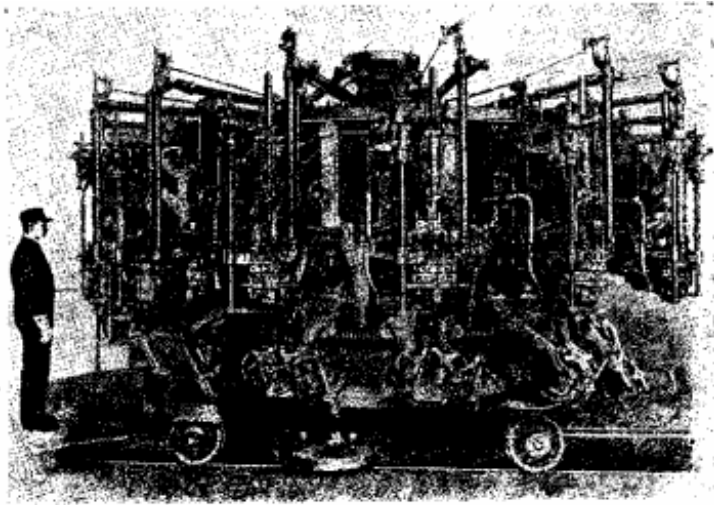


Рис. 38. Машина для производства бутылок.

и застывает на стенке. Газовые и водопроводные трубы готовятся из цельного куска железа, концы которого в горячем виде складываются, и весь лист протягивается через особый станок, образуя трубу со сваренным швом. Значительно прочнее трубы из листов, завиваемых и прокатываемых в виде спирали, на прокатном станке. Такие трубы могут делаться любого диаметра до 0,5 метра. Большое распространение в последние 2 десятка лет получил способ Манессмана, где прокатка труб идет особенным образом на устроенных вальцах, которые как бы снимают и скручивают с раскаленной болванки цилиндрический слой металла, образующий трубу без шва.

Часто приходится доставлять воду или газ к какому-нибудь механизму, изменяющему свое местонахождение, как, например, к передвижной

пневматической клепальной машине или при соединении труб парового отопления между вагонами. В этих случаях оказались весьма удобны изобретенные в 90х годах гибкие металлические шланги, состоящие из двух и более стальных спиральных лент с загнутыми наверх друг на друга краями. Такие шланги также делаются на автоматических станках (рис. 39).

Пилы всякого рода также делаются на автоматических станках, обеспечивающих правильную нарезку и заточку отдельных зубьев. Прочность некоторых современных крупных пил замечательна: они выдерживают несколько тысяч оборотов в минуту и могут резать почти любой металл, как дерево.



Рис. 39. Гибкий
металлический
шланг.

Чеканка монеты давно уже производится штамповкой; раньше это делалось небольшими ручными штампами, но все увеличивающееся денежное обращение берет такое количество звонкой монеты, что потребовались быстродействующие механические штампы. Теперь на станках прокатывают сперва из того металла, какой идет в дело (обыкновенно, это золото, серебро, медь, никель, — при чем в золото и серебро примешивают около 10% меди, чтобы монеты не так быстро стирались), длинные ленты. Потом эти ленты поступают под механические прорезные станки, на которых в час можно наготовить до 6.000 кружков. Кружки эти потом идут под штампы, выбивающие знаки на обеих их сторонах и на борту. Интересен в этом производстве способ сортировки монет, производимый на автоматических весах, изобретенный в 1871 г. Зейссом, разделяющих монеты на отдельные группы, смотря по их весу, при чем только монеты определенного веса поступают в обращение, а все остальные вновь идут в переделку.

Изготовление стальных шаров. В последние годы все более начинают применяться так называемые шариковые подшипники, заменяющие, благодаря меньшему трению в них и своей большой экономичности, — обычные гладкие, смазываемые подшипники. В них вал опирается на ряд стальных закаленных шариков, удерживаемых особой обоймой. Шары эти в каждом подшипнике должны быть совершенно одинакового размера, что достигается их выточкой на автоматических токарных станках или ковочных прессах, после чего они идут в обделку на автоматических шлифовальных и полировальных станках. Степень твердости и закалки проверяется очень простым и остроумным способом: шарики заставляют па-

дать на стальную плиту с определенной высоты, — чем закалка шарика больше, тем выше он отскочит от плиты кверху, где и упадет в соответствующий ящик; плохо закаленные шарики отскочат ниже и пойдут в брак. Изготовлением таких стальных шариков занято сейчас несколько крупных заводов в Америке и Европе, выделяющие их от размеров булавочной головки — для точных приборов, до величины крупного арбуза — для судовых вращающихся броневых башен.

Стальные канаты, цепи и сетки. В прежнее время, когда техника изготовления проволоки была на небольшой высоте, в ходу были только пеньковые канаты и железные цепи. Улучшение качества стали позволило получить стальную проволоку, которая выдерживает, не разрываясь, до 19.000 килограмм на квадратный сантиметр и выше — в то время как обыкновенное железо рвется уже при 3.000—3.500 килограмм... Из таких проволок на автоматических станках скручивают стальные троссы, почти вытеснившие менее прочные канаты из пеньки, джута и других растительных материалов, Цепи умели готовить еще в глубокой древности, — остатки железных цепей были найдены под развалинами Моссула (города на р. Тигре). Звенья выковывались вручную одно за другим, пока не составлялась цепь желаемой длины. Иногда применяется также способ отливки. В XIX столетии стали применять для изготовления цепей прокатные станки. Завод Борзига в Силезии пользуется станками специальной конструкции, позволяющими вести чрезвычайно быстро прокатку и сварку почти автоматически из отдельных скручиваемых спиралью брусков.

Совершенно новые мысли в фабрикации цепей внес Галль, предложивший готовить их из отдельных болтов, связанных между собою стальными пластинками, — образцом такой цепи служит велосипедная цепь. Цепи эти обладают меньшим трением в работе и потому часто применяются в разного рода машинах, как, например, в кранах и подъемниках.

Изготовление сетей, производившееся раньше только вручную, теперь идет почти везде на станках, близких по своему устройству к вязальным машинам. На всемирной выставке в Вене была сеть из 1.346.000 петель, связанная машиной в продолжение всего лишь 13 часов. Стальные сетки, применяющиеся в различных отраслях техники, делаются на особых проволочно-ткацких станках, где проволока выгибается и переплетается в прочную ткань с клетками разной величины. Производство проволочных сеток распространено в Англии и Германии. Война последнего времени

предъявляла к этой отрасли промышленности неожиданно крупный спрос. Борьба с подводными германскими лодками создала совершенно новые типы борьбы — посредством больших проволочных сетей, погружаемых на поплавках поперек ограждаемого пространства. Такими сетями длиной несколько сот верст было в 1917 году перегорожено все Немецкое море. Сотни тысяч верст колючей проволоки, потребовавшейся для фронтов воюющих сторон, были также изготовлены на автоматических станках.

Автоматические машины для пряденья и тканья. С прядильным и ткацким станком были знакомы уже в глубокой древности, — это, пожалуй, одна из первых машин, т.е. приспособлений, облегчающих и упрощающих труд человека. Серьезный прогресс в области механизации прядения принесла лишь появившаяся в 1766 году прядильная машина “Дженни”, изобретенная Джемсом Харгрэвсом. Рабочие-прядильники того времени, опасаясь, что новая машина лишит их куска хлеба, встретили ее появление с резкой враждебностью, разгромив первые мастерские и заставив изобретателя бежать. Но брошенная в мир идея неуничтожаема, — новая машина продолжала совершенствоваться. Аркрайт, Крамpton, Гейльман, Смит и многие другие вносили в нее ряд все новых усовершенствований, и уже к середине прошлого века во всех странах света работали сотни крупных прядильно-ткацких заводов. Трудно себе представить, какое огромное количество труда, терпения и изобретательности ушло на каждую мелкую деталь при выработке новейших типов этих машин. Принцип механизации и полной автоматичности доведен здесь до своих крайних пределов. Сырой хлопок, идущий в дело, сортируется, расчесывается, чистится, ссучивается в нитки, навивается на бесчисленные веретена, — почти без всякого участия человека. Современные прядильные станки или так называемые ватермашины и сельфакторы с 500 веретен занимают всего 16 метров в длину, 1 метр в ширину и обслуживаются лишь одной работницей, поправляющей рвущиеся нитки (см. рис. 40).

Построены сельфакторы даже с 1.200 веретенами, — длиной 4,5 метров, требующие на каждую пару машин 1 прядильщика для наблюдения, двоих подручных для присучки разорванных нитей и одного мальчика, заменяющего готовые катушки.

Таким образом, 4 человека, из коих один мальчик, могут заменить здесь вместе с машиной целую толпу в 2.400 прежних прядильщиков... Более разительного примера механизации трудно себе представить...

В 1900 году во всем мире работало свыше 100 миллионов веретен, перерабатывавших свыше 3 миллионов тонн хлопка, при чем на долю Англии, стоящей впереди других стран в текстильной промышленности, приходилось около половины.

В механизации техники тканья навсегда останется памятным имя Картрайта, изобретшего в 1786 году механический ткацкий станок, и Гейльмана, создавшего в 1823 году замечательную по своей продуктивности гребнечесальную машину, оказавшуюся пригодной для хлопка, шерсти, пеньки и других волокнистых материалов. Заставив челнок автоматически проходить через нити основы, удалось значительно ускорить процесс тканья и упростить за ним весь надзор.

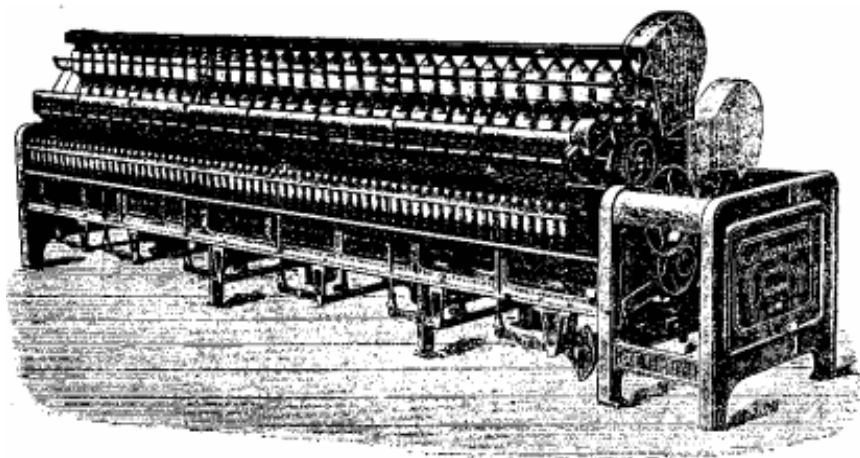


Рис. 40. Машина для прядения.

Было бы слишком долго описывать здесь бесконечные, в высшей степени остроумные детали этой машины, породившей одну из главнейших отраслей мировой промышленности.

Современные бумагопрядильные и ткацкие фабрики достигают огромных размеров, вмещающие в себя сотни станков и требуя для своего обслуживания тысячи лошадиных сил и рабочих. Но едва ли не самой удивительной по своему остроумию является автоматический ткацкий станок для узорного тканья, изобретенный в 1802 году французским механиком Жаккардом. Сущность его изобретения состоит в том, что нити разного цвета, перекрещивающие основу, соединены с особыми крючками, кото-

рые тянут нити лишь тогда, когда над соответствующим крючком придется отверстие передвигающегося над ними шаблона. Шаблон этот готовится из плотной бумаги или картона, напоминает собой ноты механического органа и может служить очень долгое время, заставляя, в зависимости от расположенных на нем отверстий, — повторяться одному и тому же узору на выделяемой ткани. Существуют теперь такие тонконаборные жаккардовые машины, где имеется 2.400 крючков с таким же числом нитей, позволяющие выделять изумительные по своей красоте ткани, с самыми сложными многоцветными рисунками, соперничая в этом с знаменитыми старинными гобеленами и дорогими персидскими коврами.

Вязальные и трикотажные машины. Главная особенность вязальных изделий заключается в том, что в них нити идут не прямолинейно, как в тканях, а соединяются между собою отдельными изогнутыми петлями, позволяющими этим изделиям растягиваться, плотно облекая тело.

История вязальной машины довольно стара. Мысль об ее изобретении пришла в голову одного английского студента Вильяма Ли, построившего первый вязальный станок в 1589 г. Станок оказался настолько удачен, что почти в том же виде сохранился до настоящего времени. Ловкая вязальщица может связать до 100 петель в минуту. На станке Ли таких петель можно сделать до 1.200, притом из шелка и гораздо изящнее. Новейшие узкие ручные станки имеют до 600 иглолок, а широкие 1.500, с которыми можно навязать от 5.000 до 40.000 петель в минуту.

Одна такая вязальная машина может таким образом заменить несколько сот искусных вязальщиц.

На прежних трикотажных машинах изменение ширины изделия встречало большие затруднения, которые удалось преодолеть англичанам Педжету и Коттону в семидесятых годах прошлого столетия. Станки эти еще более механизировали производство, позволив одному рабочему выделять до 30 пар чулок в день.

Раньше вязаные изделия, например, чулки, получались в виде прямых и плоских кусков, которые потом уже сшивались вручную. Изобретенные в середине прошлого века круглые станки дали возможность вязать различные круглые изделия без шва — чулки, фуфайки, свитеры, перчатки, вязаное белье, шляпы и т. п.

Можно разнообразить вязанье автоматическим введением цветных нитей и присоединять к вязальным машинам жаккардовские приборы. Получаемые современные вязаные изделия имеют множество видов и сортов, отличаясь по материалу, способу вязания, узору и цвету. Эта молодая,

сравнительно с ткачеством, отрасль промышленности завоевала себе, однако, в последние десятилетия выдающееся положение, вытесняя во многих случаях обыкновенные ткани. Центром трикотажного производства также сейчас является Англия, а отчасти Германия и Франция.

Швейная машина. Мысль избавиться от утомительной работы сшивания впервые зародилась в Англии в конце XVIII века, но только в середине XIX века она осуществилась в Северной Америке изобретением Элиаса Уэбба первой практичной швейной машины. Уэбб применил ткацкий челнок и иглу с узким острием для получения двойного стеганого шва, но его первая машина была еще далека от совершенства. Уэбб снабжает эту машину механизмом для передвижения материала, и ряд других изобретений скоро делает эту машину одной из самых необходимых в человеческом обиходе.

В настоящее время производство швейных машин сосредоточено в руках нескольких крупных американских компаний, из которых всемирно известная фирма Зингера выпустила уже в продажу за 50 лет своего существования несколько миллионов машин.

Ежегодно теперь готовится больше 3-х миллионов штук, при чем около четверти этого количества приходится на долю компании Зингер.

В зависимости от работы, к которой они предназначаются, швейные машины получили множество конструкций, сильно отличающихся друг от друга даже по своему внешнему виду. Существуют машины для обметки петель, для обметки пуговиц, для прострачивания сапожных заготовок, для шитья перчаток, для сшивания соломенных шляп, для фестонов, для модных работ, дающих узловой шов, и т. д. Приводятся они в движение от руки, а также от ножного или механического привода.

Машинное производство обуви. Несмотря на большое разнообразие операций, требующихся в сапожном деле, механизация и этой отрасли производства была с успехом решена во второй половине прошлого столетия, после появления швейной машины Уэбба. В 1851 году Джеймс Дрю построил первую машину для пришивания сапог; однако, первая удачная машина, послужившая образцом для многих других типов, была выпущена лишь в 1868 году МакКеем. Механическое производство обуви можно подразделить на три части: 1) производство голенищ, 2) выделка носков обуви и каблука и 3) отделка. Все эти операции производятся теперь различными довольно сложными машинами, вырабатывающими обувь, превосходящей по своей аккуратности и прочности обувь, шитую от руки.

Ситценабивные машины. Окраска и нанесение рисунка на ткани производилась и часто еще делается и сейчас ручным способом, посредством деревянных досок с вырезанным на них рисунком, покрываемым краской. Родиной современного печатания тканей надо считать Францию, куда оно проникло с Востока. Печатание сперва производилось на хлопковых тканях и только позднее стали печатать на шерсти и на шелке. Первой краскопечатающей машиной можно считать “перротину”, изобретенную в 1834 году французом Перро; на ней можно было производить печатание с плоских досок в несколько красок. Однако, наибольшее распространение получила вальцовая печатная машина, изобретенная Томасом Беллем еще в 1785 году. Ее принцип тот же, что и печатных ротационных машин: рисунок нанесен на окружности металлического печатного вала, на который автоматически наносится краска. Вал этот приходит в соприкосновение с другим валом, около которого обходит обрабатываемая материя, воспринимающая данный узор. Таких печатных вальцов можно устроить несколько; обычно они располагаются на окружности металлической рамы и приводятся в движение от общего привода. Современные мануфактуры оборудованы ситцепечатными машинами в 20 и более красок и имеют скорость выхода материи до 2 метров в секунду.

Почти так же строятся и об о й н ы е машины, печатающие узоры на обоях. Производство их, вместе с ростом общего среднего благосостояния, достигло весьма значительных размеров, при чем выделяемые на некоторых фабриках обои почти ничего не оставляют желать с художественной точки зрения.

Ротационные машины. Говоря о печатании на тканях, нельзя не сказать о замечательных успехах печатания вообще. Сущность печатания и ее история достаточно всем известны, чтобы стоило о них говорить. Честь изобретения книгопечатания из отлитых отдельных букв делят между собою бельгиец Костер и Гуттенберг, положивших своими гениальными работами с конца XV века новую эру культурного развития человечества. Печатание с готового набора долгое время, однако, производилось вручную, пока общее стремление к механизации не затронуло в прошлом веке и область типографскую. Идея воспользоваться непрерывным вращением вальца как в ситцепечатных машинах была осуществлена в 1812 году Кенигом и Бауэром, построившими для английской газеты Таймс первую печатную ротационную машину с барабаном, давшую до 1.000 оттисков в час. Успех этой машины дал толчок к появлению других конструкций. Гое в Нью-Йорке построил вскоре машину, дававшую до 20.000 оттисков в

час, но требовавшую 10 рабочих накладчиков, большего помещения и двигателя в 25 лошадиных сил; в 1869 году — Ипполит Маринони еще более усовершенствовал ее, введя, между прочим, приспособление для выкидывания отпечатанного листа.

Развивавшееся типографское и газетное дело, нуждавшееся в огромном количестве экземпляров, вызвало появление в высшей степени сложных и дорогих машин, могущих делать оттиски в несколько красок и выбрасывать за час до 30.000 экземпляров и выше, что не покажется слишком высокой цифрой, если вспомнить о современных огромных газетных предприятиях в Америке и Англии, выпускающих за ночь по несколько миллионов экземпляров.

На таких скоропечатных машинах оттиски делаются не с типографского набора, а с так называемых стереотипов, или отлитых с набора копий, обертываемых в виде листа вокруг печатающего барабана. Автоматичность работы этих машин дополняется еще тем, что все операции по разрезыванию, фальцовке и брошюровке отпечатанных листов также производятся механическими приспособлениями.

Словолитные и наборные машины. В середине XIX столетия появляются словолитные машины Д ж о н с о н а, называемые также комплектными машинами, где отливка и дальнейшая отделка производится автоматически.

Механизация печатания невольно навела на мысль: нельзя ли механизировать и подготовительные работы. Нельзя ли медленный и дорогой труд наборщика, вынужденного глотать вредную свинцовую пыль набираемых литер, заменить работой машины? Здесь, как это часто бывает в технике, одно изобретение дает толчок к развитию другого. Появившиеся в семидесятых годах пишущие машины дали руководящие нити для конструирования первых наборных машин.

Горн, Грин и Лоренц — в Америке, Гукер — в Миндоке построили несколько типов наборных машин, устроенных так, что при нажатии клавиши, соответствующей отдельной букве или значку, открывается путь для той или иной типографской литеры, которая автоматически становится в ряд, в общую строку. Такая наборная машина, изобретенная в 1895 году Форрейтером, весит около 250 килограмм и может набрать до 20.000 букв в час.

Еще совершеннее комбинированная словолитная наборная машина. В ней также имеется клавиатура со знаками, и, если нажимать на них, посредством сложных приспособлений, эти удары передаются медным матрицам (формам), по которым из сосуда с расплавленным типографским

металлом отливаются буквы, образуя слова и строки известной длины, в то время как матрицы, вытряхнув отлитую букву, снова возвращаются на место (рис. 41). По этому принципу построены машины “Линотип” системы Моргенталера, “Монотип” — Скеддера и “Типограф” — Бройта: из них “Линотип” обладает наибольшим распространением, позволяя вести набор 4 шрифтами и 90 знаками. Для своего действия наборные машины требуют газа для подогревания металла и электрической энергии для мотора, приводящего в движение их механизм. Обслуживаются они одним или двумя рабочими и могут в час набрать до 8 — 10 тысяч букв, т.е. в десять раз больше того, что может сделать хороший наборщик. В некоторых наборных машинах использованный набор автоматически разбирается, а в тех, где набор отливается, последний после печатания прямо идет в гарт, т.е. в переплавку. Несмотря на высокую стоимость таких машин (они стоили в мирное время до 7.000 рублей), автоматические наборные машины находят себе хорошее распространение, главным образом, в виду той экономии, которую они дают на работе набора.

Около полутора столетий тому назад, живший тогда механик Вокансон порадовал современников своей изощренной изобретательностью в деле постройки автоматов; он создал, например, механическую утку, которая плавала по воде, ходила по земле и даже щипала и ела траву, а также несколько других искусно сделанных манекенов людей и животных, в точности подражавших движениям своих живых образцов. Современная техника не стремится уже к тому, чтобы создать полное и точное подобие живого существа, — анализируя и изучив какую-нибудь группу движений или действие человека в данной работе, она берет лишь это действие или только какое-нибудь одно движение и стремится его воспроизвести в механизме, сделав это действие более точным, быстрым и производительным. Это — так называемая “органопроекция”, или стремление, — в прежнее время почти несознательное, — увеличить и усилить силу отдельных органов человека каким-либо механическим, искусственным приспособлением. Палка или рычаг — это как бы удлиненная рука, рупор — расширенное ухо, — подзорная труба — увеличенный глаз...

С этой точки зрения целый ряд машин и орудий представляются в наших глазах в новом освещении, как бы “одухотворяющим” и осмысливающим работу этих чудесных машин, кующих и плюющих железо, ткущих и шьющих нам ткани, роющих землю, дробящих камни — всей этой многочисленной армией неутолимых, нетребовательных и послушных стальных рабов современной техники...

Механизация работ в различного рода производствах с каждым годом делает такие успехи, что здесь даже вкратце нет возможности описать все наиболее интересные конструкции. Америка, где человеческий труд

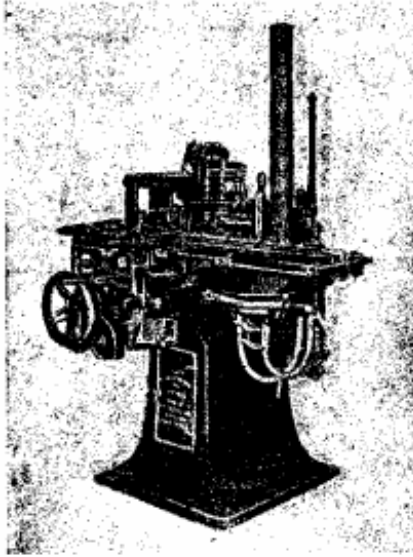


Рис. 41. Наборная машина.

очень дорог, это стремление к замене ручного труда машинным нашло себе наиболее яркое выражение. Автоматы для продажи мелких вещей, автоматический подметальщик улиц, машинки для чистки картофеля, автомат, чистящий ножи, вилки и обувь, автоматическая печь для хлеба, механическая мешалка теста, машина для мощения улиц, автоматическая камнедробилка, механическая лопата, механический бетонировщик, механический загрузчик, механический носильщик тяжестей — вот на удачу взятые названия небольшой части этих замечательных машин.

Взглянем, как работают еще некоторые из этих механизмов, облегчающих и во много раз увеличивающих работу человека.

ГЛАВА VI.

Механизация работ.

Машины для перемещения и подъема грузов. Сравнительно небольшой объем и вес предметов, изготовлявшихся техникой старого времени и медленный темп ее работы, позволял обходиться для перемещения и подъема — мускульной силой человека или животных. Изобретение рычага и блока, сделанное более трех тысяч лет тому назад, увеличило в несколько раз поле деятельности техники того времени. Мы и сейчас еще удивляемся циклопическим постройкам древних египтян, умевших с помощью примитивных технических приемов передвигать и подымать тяжелые массы камня, весящие несколько сот тонн. Нет такой работы, какой нельзя было бы рано или поздно выполнить, но задача современной техники — выполнить ее по возможности быстрее и экономичнее; в этом отношении техника подъемников всякого рода сделала за последние полвека значительный шаг вперед.

Подъемные краны значительных размеров начали строить с того времени, когда изготовляемые предметы стало не под силу передвигать устарелыми способами и когда успехи металлургии дали возможность перейти от мало надежных деревянных подъемников с канатами и ручными лебедками к прочным конструкциям целиком на железных и чугунных частях. В настоящее время имеется множество подъемных механизмов, обладающих чрезвычайным разнообразием в зависимости от той цели, для которой они предназначены, начиная от самых малых для подъема нескольких пудов — до гигантов, справляющихся с сотнями тонн за раз.

Краны можно разделить на неподвижные и подвижные.

На рис. 42 изображен такой небольшой подъемник с электрическим мотором, включенным висящими рядом ручками. Такие краны устанавливаются также на небольших поворотных колонках, закрепляемых непод-

видно, как, например, в литейных мастерских или устанавливаемых на платформе, могущей передвигаться по рельсам. Рис. 43 показывает такой кран, рассчитанный, на подъем 3—4 тонн, монтированный на железнодорожной платформе и занятый нагрузкой бревен.

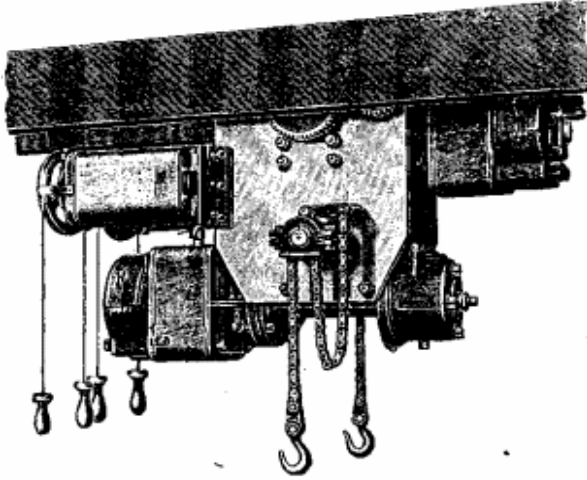


Рис. 42. Небольшой подъемный кран с электрическим мотором.



Рис. 43. Паровой кран на жел.-дор. платформе.

Каждая мастерская сколько-нибудь крупных размеров сейчас немислима без устройства в ней подъемных механизмов; чаще всего они устраиваются в виде “катучих”, или мостовых кранов, могущих передвигаться по рельсовому пути, расположенному вдоль стен, на такой высоте, чтобы под-

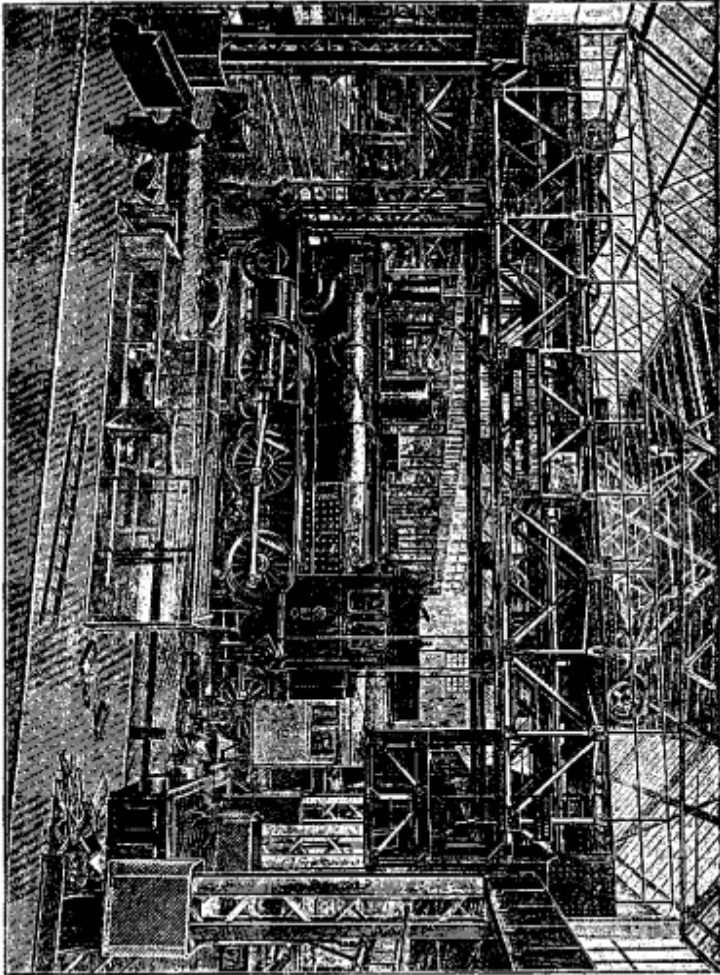


Рис. 44. Мостовой кран на 70 тонн.

нятый предмет мог бы быть пронесен краном над всеми машинами в данном помещении.

Эти краны делаются обыкновенно в виде мостовой фермы, вдоль которой движется тележка с механизмами для подъема. На конце такого

крана, если он настолько велик, что манипулирование им снизу делается неудобным, устраивается кабина для механика, где сосредоточены все управление краном. Последнее между прочим было бы совершенно немыслимо без применения электричества в качестве движущей силы, если, конечно, не ставить на тележку крана специальный паровой двигатель. Электрический ток подводится к крану посредством голых кабелей, проложенных вдоль рельсового пути и скользящих контактов. Такие краны иногда строятся на весьма большую подъемную силу, достигающую до ста и более тонн.

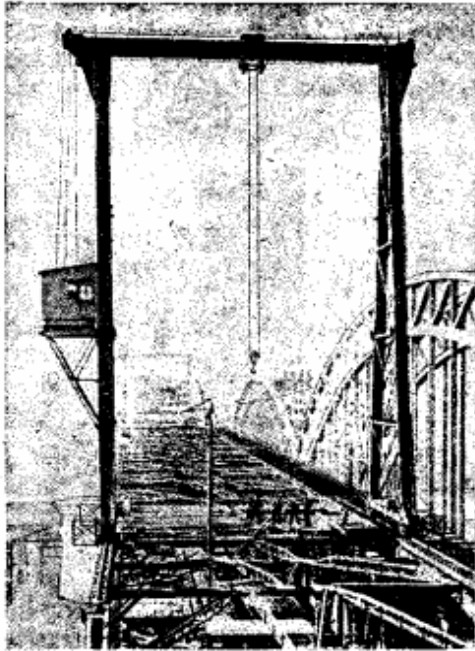


Рис. 45. Портальный кран на постройке моста.

На рис. 44 показан такой мостовой кран на 70 тонн одного крупного машиностроительного завода, держащий на весу целый локомотив.

При некоторых работах рельсовый путь для крана устраивается прямо на земле, и кран приобретает очертание огромных ворот, отчего такие краны называются порталными (porta — по-латыни ворота) с подъемником наверху. На рис. 45 представлен такой мостовой 15-тонный кран на длинных опорах с особыми тележками, служащий для установки на место от-

дельных частей строящегося моста. Высота этого крана достигает 28 метров, а расстояние между опорами или пролет 14,7 метров. Такие порталные краны на подвижных опорах достигают иногда огромных размеров до 100 и более метров в длину (см. рис. 46). Обслуживают они, преимущественно, гавани, железнодорожные станции и угольные склады. В последнем случае кран обыкновенно устраивается таким образом, что уголь может захватываться прямо с платформы или судов и высыпаться на землю под краном. Когда вдоль крана высота насыпанного угля достигнет известной высоты, кран перемещается немного в сторону, и насыпка угля повторяется снова, пока вся площадь, шириною равная пролету крана, не будет засыпана углем. Интересно устройство для выгрузки и забираия угля — с тележки крана свисает стальная раскрывающаяся лапа, которая может по

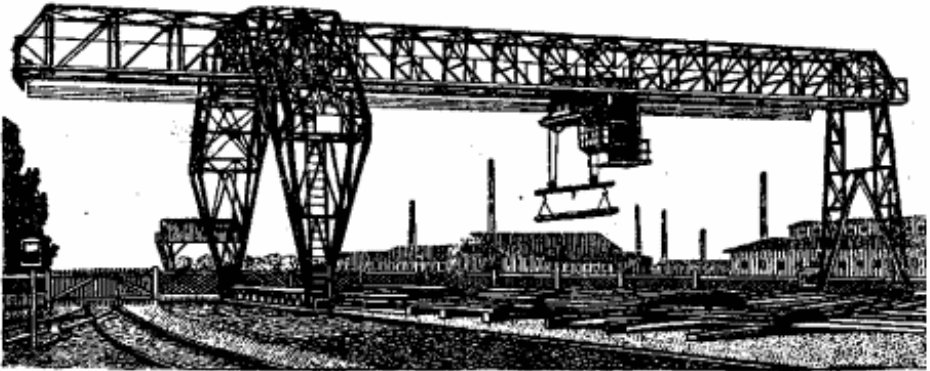


Рис. 46. Портальный кран над складом.

желанию машиниста открываться, захватывать, точно пригоршней, иногда 2—3 кубических метра угля и снова высыпать его в указанном месте.

Особенно внушительное впечатление производят гиганты-краны, которыми оборудованы современные крупные порты. Рис. 47 как раз изображает один из таких кранов в работе, поднимающим из трюма парохода целый паровоз весом не менее 100 тонн. Сам кран неподвижно укреплен на трех решетчатых ногах, поворачивается лишь верхняя часть с поперечным выступающим мостом, вдоль которого движется тележка с подъемником. Еще грандиознее размеры и сила других портовых кранов: подъемная сила их доходит иногда до 250 тонн, т.е. до 15.000 пудов. Есть своеобразная красота и изящество в этих стройных мощных сооружениях, с такой легкостью и быстротой передвигающих по мановению руки тысячпудовые грузы (рис. 48)...

Теперь никакой порт немислим без этих кранов, в поразительной степени упрощающих и облегчающих труд выгрузки и нагрузки товаров; например, разгрузка парохода, вместимостью в 2.000 тонн, нагруженного мелким газовым углем, потребовало бы работы десятков людей в продолжение целой недели, а в действительности может быть разгружена двумя

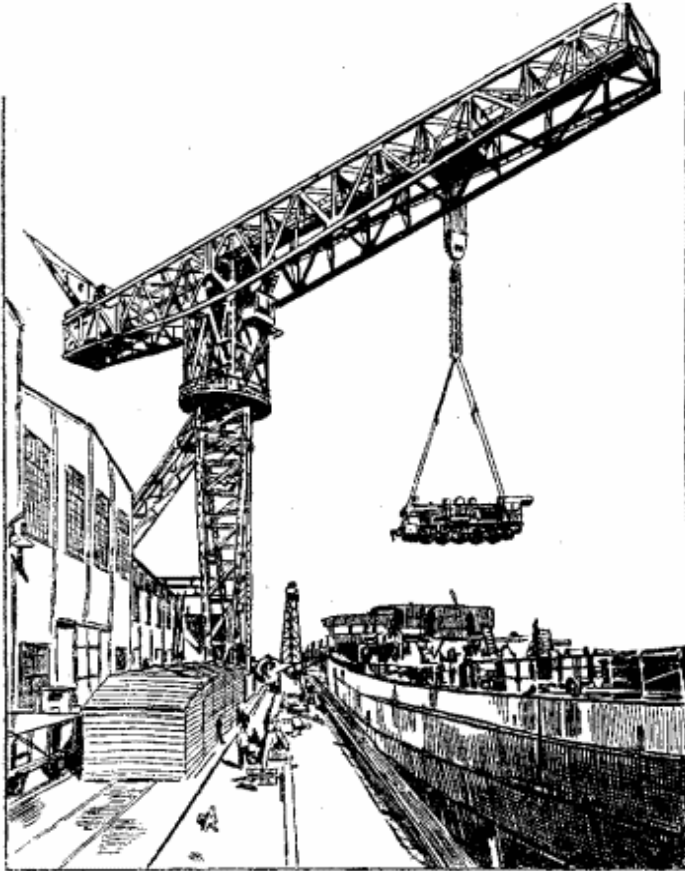


Рис. 47. 100-тонный кран, выгружающий паровоз из трюма.

кранами в 10 часов, требуя надзора лишь 4-х рабочих. Было высчитано, что работа такими кранами в десятки раз интенсивнее и экономичнее ручной разгрузки.

Незаменимой является работа электрических кранов для больших сталелитейных заводов, где требуется быстрое перемещение больших масс

жидкого металла, и в угольных коях, где механические шахтные подъемники также увеличивают часовую доставку угля в десятки раз.

Один из таких кранов изображен на рис. 49 и служит для загрузки мартеновских печей железным ломом. Ковш на конце длинной металлической руки, связанной с мостовым краном, наполняется железным ломом, вдвигается посредством крана в печь, где и высыпает свое содержимое.

Иногда для перетаскивания железных и стальных предметов рельс, балок, стружек и т. д. служит электромагнитный кран, весьма просто и остроумно устроенный. Этот кран состоит из сильного плоского электро-

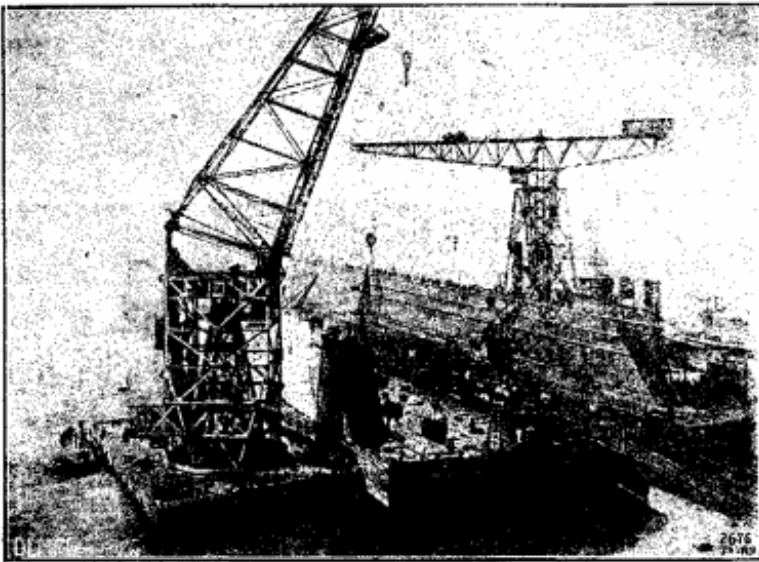


Рис. 48. 250-тонный портовой кран.

магнита иногда метра $1\frac{1}{2}$ в диаметре, подвешенного на крюке какого-нибудь подъемника и связанного кабелем с источником электрического тока. Если такой электромагнит поднести к железным предметам, последние с силой притягиваются к его поверхности. Затем, посредством крана, магнит, поднимают, ставят над местом выгрузки и выключают ток, отчего притянутый электромагнитом груз размагничивается и падает. Разгрузка 50 тонн железного лома выполняется этим краном в 2 часа, тогда как вручную она требует дневной работы 8 человек.

Насколько прочно вошли краны в оборудование заводов, показывает хотя бы пример завода Круппа в Эссене, где работают 608 кранов с общей

подъемной силой в 6.500 тонн. Не довольствуясь быстрой работой кранов описанного выше типа, современная техника создала новый тип разгрузочных механизмов — так называемые конвейеры, представляющие из себя непрерывную движущуюся металлическую ленту, снабженную захватами, черпаками или какими-нибудь другими приспособлениями для удержания и перемещения груза. Такие конвейеры теперь устанавливаются на всех больших паровых станциях, заменяя труд десятков подносчиков угля,

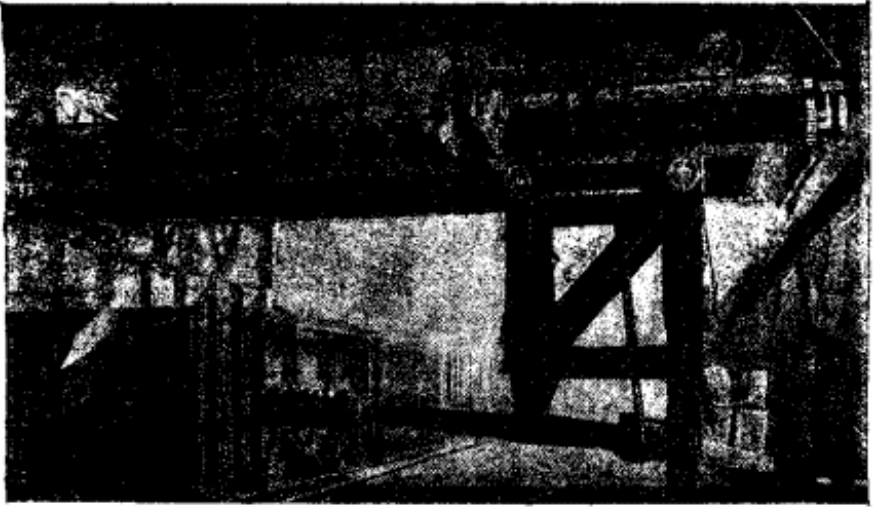


Рис. 49. „Механическая рука“ для загрузки Мартеновской печи.

на мельницах, на зерновых элеваторах — одним словом там, где требуется непрерывное перемещение на сравнительно небольшом расстоянии значительных масс материала. Такие конвейеры делаются также переносными и в большом ходу за границей на всякого рода складах. На рис. 50 виден такой конвейер, заменяющий 10 человек и производящий укладку мешков в штабеля; вся работа делается лишь двумя людьми, мешок складывается на нижнюю часть конвейера, подхватывается роликовой лентой и сбрасывается ею наверх, где один человек наблюдает за правильной их укладкой.

Пневматический подъемник. Несколько лет тому назад для выгрузки зерна из пароходов был построен очень интересный по своей конструкции подъемник. В трюм корабля с зерном (или каким-нибудь другим сыпучим телом) вводится раздвижная металлическая труба, соединенная с насосом, производящим в ней пустоту. Тогда давлением воздуха зерно

всасывается этой трубой и прогоняется системой других трубопроводов в предназначенный для него склад. Очистка трюма таким „воздушным хоботом» сильно сокращает и время и стоимость выгрузки.

Мощные подъемные современные механизмы позволили в некоторых случаях чрезвычайно упростить технику выгрузки — так, например, существуют устройства, подхватывающие и опрокидывающие весь вагон целиком, не прибегая к более долгому способу разгрузки его по частям. Такой способ, конечно, применим лишь к грузам, которые не могут пострадать от толчков и ударов (зерно, песок, уголь, железный лом и т. д.)

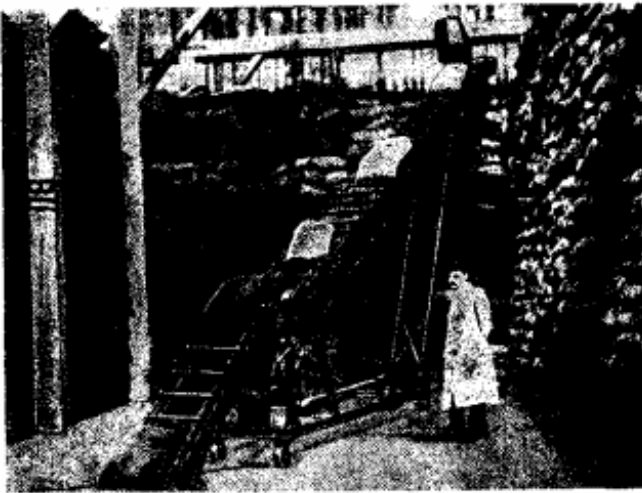


Рис. 50. Передвижной конвейер для укралки мешков.

Механизация горнопромышленных работ. О ней мы уже говорили в 1 главе. Широкое распространение врубовых машин, заменяющих тяжелый труд углекопа-забойщика, будучи в несколько раз производительнее его работы, ясно доказывается тем фактом, что большая часть угля в С. Америке добыта именно посредством этих машин. Несколько высокие единовременные затраты на их приобретение и установку служат пока единственным тормозом к их повсеместному распространению. Механизация торфодобычания посредством различных торфочерпалок, баггеров, экскаваторов и транспортеров также прочно привились в этой отрасли добывающей промышленности. Изобретенный в 1914 году русскими инженерами Классоном и Кирпичниковым весьма оригинальный новый способ добычи торфа, названный ими “гидроторфом”, доводит механизацию его добычи почти до предела. Заключается он в следующем.

Вдоль края разработки движется на гусеничном тракторе или по рельсам платформа, на которой устанавливается нагнетательный насос с мотором в 120 лошадиных сил, питающий 2 мощных брандспойта с давлением в 20 атмосфер. Сильной струей этих брандспойтов торф размывается, превращаясь в жидкую кашу, которая со дна выемки всасывается другим расположенным на тележке насосом и по разъемному трубопроводу разливается на поверхности заранее выровненного поля, где через несколько дней и застывает слоем в 25 сантиметров, после чего специальным автомобилем и широкими формующими ободьями режется на плитки и сушится обычным путем. Для вытаскивания корчей и пней тележка снабжена еще небольшим краном особого устройства. Одна такая установка за 70-дневный рабочий сезон дает 360.000 пудов торфа, содержащего 25% влаги, потребность при этом не более 5% добытого топлива.

Совершенно необычайный способ механизации добычи серы был недавно применен германским химиком Фраашем. В 1865 году в штате Луизиана было обнаружено редкое по своей величине месторождение серы. Бурение показало, что на глубине около 300 метров под поверхностью земли вулкан или гейзер, действовавшие в более ранний геологический период, образовали конусообразный серный массив диаметром до 1 километра и толщиной свыше 325 метров. Все усилия многочисленных предпринимательских групп, направленные на эксплуатацию этого богатейшего источника серы, разбивались о непреодолимые препятствия, лежащие в геологическом строении данной местности. Непосредственно над серным массивом проходила полоса так называемых “пльвунов” (густая смесь песка и воды) толщиной около 150 метров, которая не давала возможности заложить шахту для извлечения серы на поверхность земли.

Фрааш решил, что единственный способ добычи серы заключается в том, чтобы расплавить ее в месте залегания и выкачать затем в жидком виде на поверхность земли. Так как сера плавится при температуре в 112 градусов, то перед Фраашем предстояла задача передать на глубину 300 метров столь высокую температуру и постоянно ее там поддерживать. Фрааш провел через толщу пльвунов три трубы, концентрически вложенные одна в другую. В пространство между второй и третьей трубами Фрааш накачивал перегретую воду при температуре в 168°. Вода накачивалась под большим давлением специально сконструированными машинами, находившимися на поверхности земли. Из третьей трубы должна была выкачиваться расплавленная сера.

Теоретические предложения Фрааша оправдались в действительности, и, по истечении суток непрерывного накачивания горячей воды, когда третья труба была соединена с всасывающим насосом, из нее хлынула золотая струя расплавленной серы.

Механизация строительных и земляных работ. Эта область работ, несмотря на быстрый прогресс механизации целого ряда других производств, долгое время оставалась как-то в стороне. Лопата и тачка безраздельно царили во всех почти крупных строительных работах до середины прошлого столетия и далеко еще не изжиты по настоящее время.

История дает нам, правда, примеры грандиозных общественных работ, выполненных простою лопатой, — но ценою какого каторжного труда, гибели тысяч работников и затратою многих лет и средств куплены эти успехи...

Вот озеро Мэри, вырытое по приказанию одного из фараонов Египта. Озеро это собирало в себя часть весенних вод Нила и отдавало ее в период засухи, орошая целую страну. Десятки лет сотни тысяч рабов неустанно трудились над этим величайшим сооружением. Вот бесчисленные оросительные каналы Месопотамии и Туркестана. Трудом десятков поколений целого народа создавалась эта удивительная система орошения, почти занесенная, как и озеро Мэри, зыбучими песками. Тысячи крестьян, согнанных со всех углов Российской империи властной волей Петра, нашли свою могилу в северных болотах при постройке Петербурга и 150-верстной линии Приладожских каналов...

Удорожание рабочих рук, с одной стороны, и необходимость усилить темп работы, соответственно увеличившемуся масштабу некоторых сооружений, заставило техническую мысль последнего полвека создать такие механизмы, которые могли бы и здесь заменить труд человека работой неустояющего механизма.

Паровой копер. Изобретение парового молота невольно навело на мысль — нельзя ли использовать силу пара и для забивки свай, работы, обычно требующей массу времени. Сперва для этого около станины, вдоль которой скользит железная “баба”, устраивали небольшой паровой двигатель с воротом для ее подъема. Впоследствии, однако, нашли более удобным для достижения большей силы удара заставить самую паровую машину играть роль бабы, для чего либо цилиндр, либо поршень неподвижно закрепляют на станине в некотором расстоянии от верхнего конца свай и подводят пар от котла к цилиндру посредством гибкого шланга. Расшире-

ние пара толкает тяжелый цилиндр (если поршень неподвижен) и производит ряд быстрых, регулируемых по желанию ударов. В один час таким копром можно забить, в зависимости от прочности грунта, десятка полтора свай, т.е. в несколько раз больше, чем при работе ручным копром. Для забивки тяжелых железобетонных свай весом до 0,5 тонны употребляют паровые копры с весом бабы до 8 тонн (рис. 51).

При работе в песчаном грунте часто прибегают к так называемой промывке, для чего в грунт около свай опускают одну или две трубы, через которые нагнетают воду, способствующую разрыхлению почвы.

Копание ям и установка столбов также могут делаться теперь посредством машины, состоящей из грузовика с железной стойкой высотой около 3 метров в задней части кузова, поддерживающей небольшой кран и стальной широкий винт, получающий свое вращение от автомобильного мотора. Такая машина может в день нарыть 50 яму $1\frac{1}{2}$ м диаметром и глубиной 2 м, нуждаясь лишь в двух рабочих для ее управления и установки столбов (рис. 52).

Землечерпательные машины. Одним из первых механизмов для производства земляных работ были так называемые многочерпаковые землечерпательницы. Расчистка дна в реках и портах, производившаяся раньше железными черпаками, опускавшимися на канате и подымавшимися при помощи ручного или какого-нибудь иного ворота, скоро оказались слишком слабыми для выемки грунта на большой глубине.

Работа новыми многочерпаковыми машинами может вестись как с суши, так и с воды. В последнем случае землечерпательница состоит из солидной железной шаланды с длинным сквозным прорезом посередине, через который на цепях может опускаться рама с двумя барабанами на концах, вокруг которых обходит лента, состоящая из прочных стальных ковшей, связанных между собою железными звеньями. Вся рама может поворачиваться вокруг своего верхнего конца, подымая свой нижний конец на

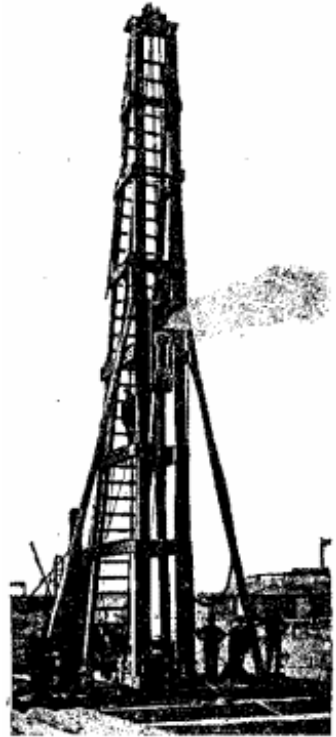


Рис. 51. Паровой копер для забивки свай.

разную высоту, в зависимости от глубины черпания. Сильная паровая машина, установленная на шаланде, посредством зубчатой передачи вращает верхний барабан рамы и вместе с нею заставляет двигаться по ней ленту с ковшами; При этом движении ковши, будучи приведены в соприкосновение с грунтом, захватывают последний и сбрасывают его по особому лотку в сторону или в особую баржу, отвозящую вынутый грунт куда-либо в другое место.

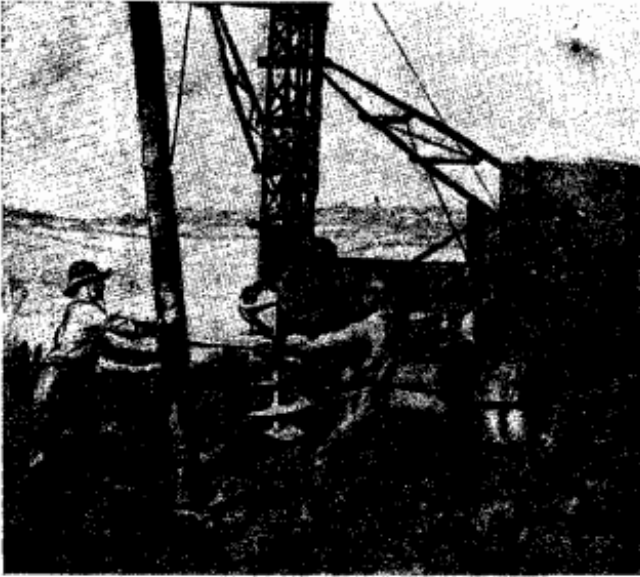


Рис. 52. Машина для рытья ям.

Все управление машиной происходит с одного места, при чем для обслуживания ее требуется лишь несколько человек — баггермейстер, руководящий работой, механик, помощник его и несколько матросов для перестановки всей машины во время работы посредством якорей, блоков и канатов.

Производительность этих машин — огромная. Есть машины с емкостью черпака до 1 куб. метра, вынимающие до 600 куб. метров в час, т.е. за день в 2 смены по 8 часов такая машина нароет около 10.000 куб. метров, или целый холм земли высотой в 12—14 метров.

При работах на Панамском канале употреблялись еще большие машины. Это были целые плоскодонные пароходы с двигателями в сотни лоша-

диных сил и с черпаками емкостью до 2 куб. метров, извлекавшие в час свыше 1.200 куб. метров. Большое применение многочерпаковой машины находят в золотопромышленном деле. В Америке строятся такие машины (см. рис. 53), представляющие из себя целую плавучую фабрику, где вынутый песок перед его вывалкой проходит ряд промывательных машин, от-

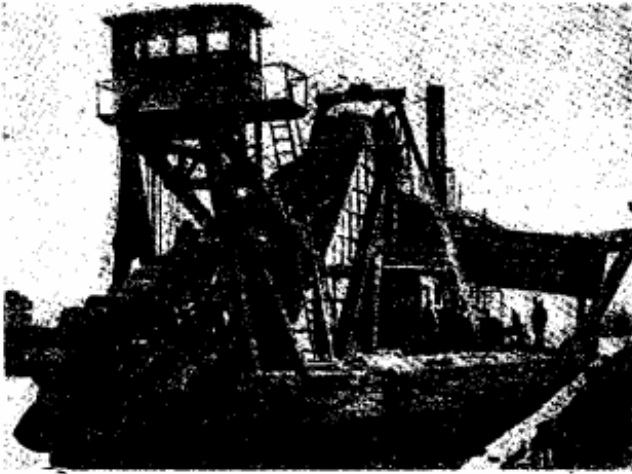


Рис. 53. Многочерпаковая землечерпательная машина.

деляющих содержащее в нем золото. Большие золотопромышленные драги могут за месяц переработать до 250.000 куб. метров, при чем стоимость промывки 1 куб. метра обходится не дороже 5 — 6 копеек, считая сюда плату рабочим, стоимость топлива и погашение. При помощи этих сверх машинных драг оказалось выгодным разрабатывать даже такие бедные пески, где на сто пудов песку приходится лишь 3 доли золота, тогда как раньше невыгодными считались пески с содержанием 150 — 200 долей. За один сезон в 4 месяца такая драга может намыть десятки и сотни пудов этого ценного металла.

При работе на суше черпаковый механизм устанавливается на специальной железнодорожной платформе и может быть использован для различных земляных работ. На рис. 54 показан такой многочерпаковый экскаватор в работе. Слева видна рама с черпаками, поддерживаемая на таях, устроенная таким образом, что ей можно придавать различный излом, в зависимости от очертаний стенок выемки; справа на канатных подержках к экскаватору присоединен механический транспортер для уда-

ления в сторону вынутаго грунта, состоящий также из тяжелой рамы с бесконечной гибкой лентой, движущейся по роликам. По желанию высыпку грунта можно производить прямо в вагонетки балластных поездов, отвозящих его на более далекие расстояния. Такие экскаваторы впервые были применены в 1863 г. при постройке Арденской железной дороги для добывания щебня и при постройке Суэцкого канала.

Старые “скреперы”— скребки, скользящие землю со впряженными в них лошадьми, заменяются механическими драгами, где сила лошадей за-

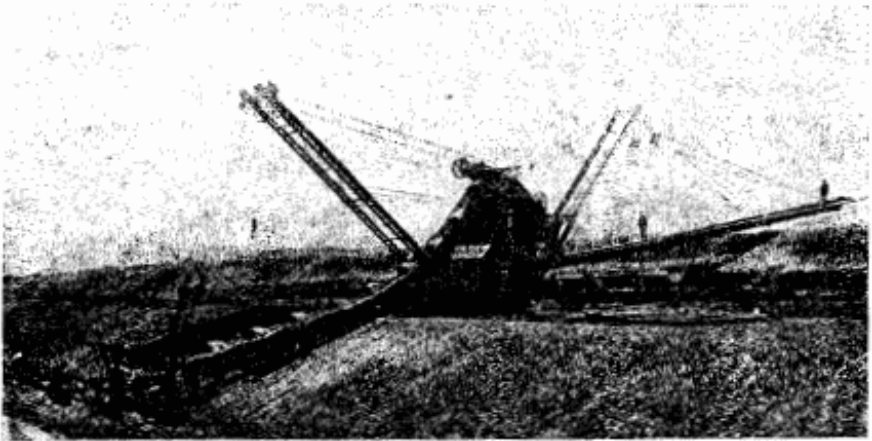


Рис. 54. Экскаватор с конвейером.

менена силой паровой машины. Рис. 55 дает представление об одном из современных орудий подобного рода. На тележке установлен поворотный круг с платформой, где помещается двигатель и лебедка и длинный металлический кран, несущие на конце блок с висящей на нем коробкой; посредством натягивания разных стальных канатов этой коробкой можно как бы соскабливать землю и высыпать ее, повернув всю платформу куда-нибудь в сторону. Тележка здесь устроена самоходного, так называемого гусеничного типа—в виде бесконечной ленты с пластинами, позволяющей всей машине проходить по любому месту. Вес ее около 40 тонн, длина крана 16 метров. Машины эти также строятся разного типа, при чем иногда ковши для захвата земли делаются в виде разжимающейся пригоршни для подъема с места крупных камней и могут служить для загрузки и выгрузки всякого рода сыпучих предметов.

Оба эти типа экскаваторов пригодны для всякого рода земляных работ — для постройки железнодорожных веток, оросительных и судоходных каналов, расчисток площадей, рытья котлованов и т. д. Иногда многочерпаковые экскаваторы строятся для специальных работ — например, для рытья канав, в которых будут проложены канализационные трубы, — тогда конструкция машины несколько меняется: рама с черпаками ставится в конце передвигающейся солидной тележки и может опускаться на глубину до 6 метров, при чем ширина черпаков равна ширине прокладываемой кана-

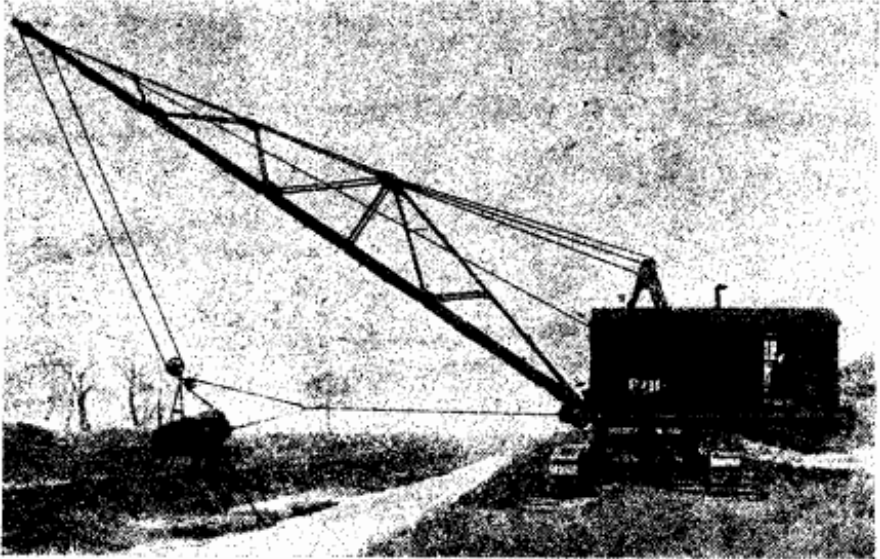


Рис. 55. Скрепер, роющий канал.

вы. Особенно много таких машин было построено в последнюю войну для копания защитных траншей, окопов, ограждений и т. п.

Но самым остроумным по замыслу и выполнению надо считать механическую паровую лопату, получившую широкое распространение в самых разнообразных работах по извлечению всякого рода грунтов, — начиная от илистого и кончая песчаником. Рис. 56 лучше всего поясняет устройство этой замечательной машины, оказавшей строительной технике за 30 лет своего существования столько бесценных услуг. На стальной железнодорожной платформе или на самоходном гусеничном ходу укреплена рама с паровым двигателем и поворотным краном, на котором может на разной

высоте закрепляться конец качающейся балки с массивным ковшом на конце. Балка эта устроена так, что может качаться около места своего закрепления, а также выдвигаться более или менее вперед. Работа паровой лопатой производится следующим образом: посредством системы цепей опускают черпак книзу и заставляют его врыться в землю, после чего подтягивают подвижную балку с ковшом сверху. Ковш забирает землю, потом его отводят в сторону поворотом либо всей машины, либо только вращением поворотной площадки с краном и особым прибором, открывая днище ковша, выгружают вынутый грунт на вагонетки или прямо на землю. Известная американская фирма «Марион» строит такие машины всевозможных раз-

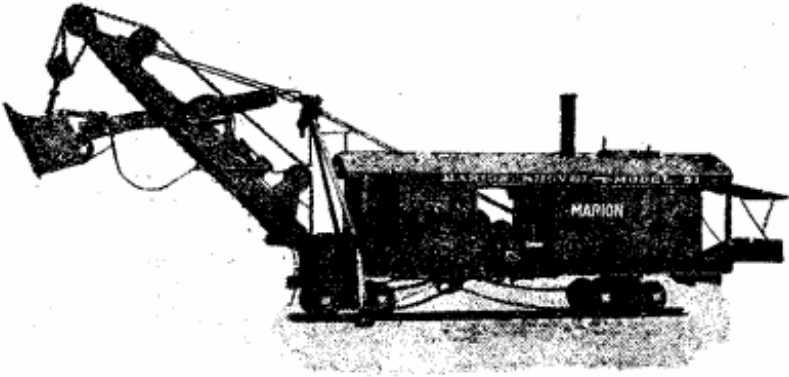


Рис. 56. Паровая лопата.

меров, как для водяных, так и для сухопутных работ, начиная от маленьких лопат для туннельных работ и кончая огромными 60-тонными снарядами, помещающимися лишь на двух больших железнодорожных платформах и могущими выбирать грунт на 10 метров перед собой. Достоинством этой машины является ее универсальность и приспособленность к самым тяжелым условиям работы—там, где всякая другая машина давно бы испортилась, паровая лопата спокойно преодолевает почти любое препятствие, извлекает подчас глыбы камня в несколько тонн весом.

Вместимость ковша доходит до 6 куб. метров, а вес его вместе с лопатой до 16 тонн. Работа на них ведется всего лишь двумя лицами: машинистом и кранщиком.

Производительность таких машин огромна, достигая сотен куб. метров в час. На Панамском канале работало более ста таких машин, и бывали дни, когда одна лопата выбирала за 8 часов почти 5.000 куб. метров, заме-

няя труд 600 человек. Паровая лопата иногда даже не кажется механизмом — настолько сознательно разумны движения ее отдельных частей...

На совершенно ином принципе устроены так называемые землесосы, или рефулеры, служащие для удаления жидкого грунта под водой. Машины эти состоят из железного судна довольно крупных размеров, с сильными паровыми машинами, служащими для передвижения и для вращения насосов, высасывающих грунт через особую опускающуюся на цепях железную трубу. На конце ее устраивается коробка с разрыхлителем, состоящим из винтов, вращаемых от машины. Впервые землесосы были



Рис. 57. Размыв холма гидравлическим способом.

применены в 1855 году при углублении порта Чарльстоуна в Америке, но завоевали себе прочное положение лишь с 1884 года при портовых работах в Нью-Йорке.

Немецкий конструктор Фрюлинг построил интересный тип землесоса, где опущенный вертикально разрыхлитель состоит из огромной фрезы, как бы соскабливающей грунт, на который для его разрыхления еще пускается струя воды под давлением нескольких атмосфер; этот землесос может работать до глубины 14 метров и извлекать до 3.600 куб. метров в час.

Для удаления и разрыхления больших масс земли в последние годы начинает входить еще один новый способ — гидравлический — посредством размыва грунта сильной струей. Этот способ, например, применен для размыва “гидроторфа” и давно уже пользуется распространением в золотопромышленности для размыва песчаных золотоносных грунтов. С большим успехом такие гидравлические драги были применены в некоторых местах при постройке Панамского канала, где грунт состоял из больших обломков скал, перемешанных с землей. После работы нескольких мощных насосов по 600 лошадиных сил, дававших струю воды под давлением в 10 атмосфер, мягкий грунт был смыт, а обломки скал были разбиты взрывом и удалены паровыми лопатами. Таким способом было вынуто до 8000.000 куб. метров земли и камня.

Еще интереснее были результаты работ таких размывных машин в одном южном американском городе, где для портовых работ потребовалось удалить прибрежный холм с построенным на нем старым монастырем. Объем холма был исчислен в 6 миллионов куб. метров; это был мыс длиной около 200 метров и не менее 60 метров высоты. Расчеты инженеров показали, что удаление этой массы земли и камня потребует работы многих мощных экскаваторов в продолжение нескольких лет. Тогда решили попросту — смыть этот холм в море, направив на него 12 мощных водяных струй, и через несколько дней вся эта огромная масса земли была наполовину размыва и рухнула в море (см. рис. 57).

ГЛАВА VII.

Замечательные технические сооружения последнего полувека.

Раньше чем говорить об этих замечательных сооружениях, необходимо задать себе вопрос, что, собственно, следует считать здесь наиболее интересным и замечательным. Все здесь интересно, все поражает нас своим размахом и бесконечным остроумием приемов работы. Области техники столь разнообразны, а темп ее развития так быстр, что даже для краткого перечисления наиболее важных инженерных сооружений понадобилась бы целая книга.

Мы ограничимся здесь оттого описанием лишь нескольких крупнейших сооружений последнего полувека, наиболее характерных по своему замыслу и масштабу.

Горные туннели. Быстрое развитие международных сношений после изобретения железных дорог предъявило технике, начиная со середины прошлого века, целый ряд трудных задач. Устройство удобных и экономичных путей сообщения встретило больше всего препятствий в труднодоступных районах, через водные пространства и в гористых местностях. Успехи точных знаний и прогресс металлургии и машиностроения позволили, однако, строительной технике блестяще разрешить стоявшие перед ней задачи.

Устройство туннелей было одной из этих задач, с которой, правда, справлялись еще и древние, но с огромной затратой времени и человеческого труда. Машины и взрывчатые вещества оказались тем оружием, при помощи которых человек мог одолеть гранитную толщу горных массивов.

Те успехи в постройке туннелей, которым мы теперь удивляемся, достигнуты были далеко не сразу. Первое описание подземного хода, служившего путем сообщения, мы встречаем в истории Вавилона, но есть основания думать, что подземные работы этого рода существовали еще ранее.

Греки на острове Самосе пробили через гору туннель длиною около 1.200 метров. В Италии приемы подземных работ были развиты римлянами, применившими их к военному делу и к устройству длинных водопроводов, сохранившихся кое-где и по настоящее время — так называемый грот Позилиса около Неаполя достигает длины около 1 километра и 7 метров высоты.

Средневековый застой отразился на этой отрасли техники и только с изобретением пороха строители туннелей получили в руки новое могучее орудие. При его помощи было построено, несколько туннелей довольно значительной длины. Выработались особые приемы бурения твердых горных пород стальными и алмазными бурами, усовершенствовались способы вентиляции и удаления вынутаго грунта. В середине прошлого века, под влиянием все усиливавшегося движения по железным дорогам, стали серьезно подумывать о прорытии Альп — гигантского барьера, заграждающего дорогу в Италию. Проект этот несколько лет подвергался детальному обсуждению со стороны выдающихся ученых и строителей и после самых тщательных изысканий в 1857 году был сделан первый удар лопатой и приступлено к сооружению Мон-Сенисского туннеля 12.200 метров длинной. Тридцать лет напряженного труда десятков тысяч рабочих рук потребовало сооружение этого первого большого туннеля, пронизавшего одну из высочайших горных гряд Европы. Впервые здесь были применены, на смену дорогостоящему ручному труду, — сверлильные и буровые машины, описанные нами в главе о горных работах. Эти буровые машины, работавшие сжатым воздухом, высверливали в скале отверстие, куда закладывался пороховой заряд. Сжатый воздух, которым приводились в движение сверлильные машины, служил в то же время и для проветривания, крайне необходимого в туннельных работах, в виду значительного количества вредных газов, выделяющихся при взрывах. Крупные обломки скал разбивались на месте, стенки туннеля выравнивались, и так, дюйм за дюймом, медленно, но неуклонно прокладывался первый железнодорожный путь через горные недра. Всего около 2 — 3 метров удавалось пройти за день, и каждый метр обходился в 2.500 рублей.

Как бы то ни было, успех постройки первого туннеля окрылил техников того времени, и в 1872 году было приступлено к сооружению еще более длинного туннеля через Альпы, под знаменитым Сан-Готардским перевалом. Длина этого туннеля равна 15 километрам, но обошелся он, благодаря новым машинам и применению недавно перед тем изобретенного сильного взрывчатого вещества — динамита, всего в 24 миллиона рублей, т.е. по 1.600 руб. за метр, при чем за день удавалось проходить

по 4 — 4,5 метров. Строителям пришлось здесь столкнуться с целым рядом совершенно непредвиденных затруднений — по мере того как стали углубляться в толщу горы, все больше и больше давало себя чувствовать повышение температуры окружающей почвы. Уже в 3 километрах от входа она поднялась до 23°, а посередине туннеля, на глубине 1.700 метров под поверхностью земли температура дошла до 39°, в сильной степени затрудняя работы.

Удушливый воздух, дым от взрывов и сильная жара делали работу в центральных частях почти невыносимой. Но у туннеля оказался еще и другой враг. Внезапно из горной расщелины хлынула целая подземная река, с которой едва удалось справиться...

Наконец, 28 февраля 1880 года рухнула последняя стенка, отделявшая южный участок от северного, и через пролом был переправлен портрет главного руководителя работ — Луи Фавра, в память об его самоотверженной работе и последовавшей незадолго до того его неожиданной смерти во время работы в туннеле...

Этот туннель связал между собой Италию и Германию, взявших на себя, совместно с Швейцарией, расходы по постройке нового железнодорожного пути.

Еще успешнее шли работы по постройке третьего большого туннеля — Арльбергского, длиной 10.250 м, законченного за четыре года с 1880 по 1884 год и стоившего около 16 миллионов рублей, т.е. по 1550 рублей за метр. Скорость проходки здесь возросла уже до 6 метров в день, при чем благодаря принятым мерам значительно улучшились и условия работы.

Начало XX столетия отмечено постройкой еще более грандиозного туннеля — Симплонского, все в той же Альпийской горной гряде. Всего шесть с половиной лет (1898 — 1905) понадобилось, чтобы пройти с двух сторон 19.800 м в крепчайшем камне, выломав более 1 миллиона куб. метров горной породы. За день проходили от 8 до 9 метров, и каждый метр обходился в 1.400 рублей — т.е. почти в два раза дешевле и работа шла в три раза быстрее, чем при постройке Мон-Сенисского туннеля. За пятьдесят лет, отделяющих время сооружения Мон-Сенисского туннеля от постройки Сан-Готардского, техника горных работ изменилась почти до неузнаваемости: вместо грохочущих старых бурильных машин работали бесшумные перфораторы Брандта, по длинным трубопроводам непрерывно нагнетался свежий холодный воздух и, вместо масляных коптящих ламп, всюду горело электричество.

С немалыми трудностями пришлось столкнуться и здесь: те же горячие горные ключи, — та же повышенная температура до 40°, но и тут строители вышли с честью из всех затруднений.

Работу по постройке туннеля стараются теперь организовать так, чтобы было возможно вести работу одновременно из возможно большего числа пунктов; для этой цели, если, позволяет рельеф местности, над намеченной линией туннеля пробивают одну или несколько вертикальных шахт и на определенной высоте, соответствующей уровню будущего туннеля начинают бурить горизонтальные штольни, которые, будучи соединены в одно целое, образуют самый туннель. Насколько точно и безошибочно выбирается под землей направление этих штолен — доказывается тем, что в больших туннелях, при рытье с двух противоположных концов, отдаленных один от другого на 10—15 километров, концы их при встречах почти не расходятся... Пусть два человека, завязав себе глаза и заткнув уши, встанут в двух противоположных концах комнаты и попробуют сойтись посередине, им это вряд ли удастся. В таком же и даже в много раз более трудном положении были бы и строители туннелей, если бы в их руках не было точных инструментов и остроумных способов, выработанных современной техникой.

Самым длинным в мире туннелем может теперь считаться законченный в Америке в 1914 году туннель для Катскильского водопровода, питающего Нью-Йорк. Полная длина этого замечательного сооружения равна около 176 километров, при чем самый длинный сплошной туннельный участок равняется 29 километров, т.е. на 9 километров более Симплонского. Диаметр этого туннеля равен 31—25 футов, что вполне достаточно для пропуска около 20 миллионов кубических метров в сутки. Туннель этот, копавшийся из 24 шахт одновременно, потребовал лишь 3 года для своего окончания, обойдясь в 50 миллионов рублей.

Подводные туннели. Значительно труднее обстоит дело при постройке туннелей под дном реки или моря. Опасность обвала земли увеличивается там во много раз опасностью прорыва воды, который может в короткое время затопить все работы.

Первым таким туннелем был путепровод длиной около 430 метров под р. Темзой в Лондоне, где сильно выросшее движение уже в первой четверти прошлого века не могло удовлетворяться существовавшими мостами и перевозами. История этого сооружения, законченного в 1845 г., замечательна как по смелости технической мысли, так и по тем способам, которые при этом были применены и впоследствии неоднократно с успехом повторены при других сооружениях подобного рода.

Инициатором этого туннеля был известный строитель того времени Брюнель-отец (сын его также прославился как один из талантливейших инженеров прошлого века). Свой проект он предложил в 1823 году; в

1825 г. с обеих сторон реки стали строить опускные кирпичные колодцы 16 метров диаметром, укрепленные снизу железными полосами. Земля внутри этих башен, удалялась и под влиянием тяжести весь этот тяжелый колодец постепенно опускался ниже, пока глубина его не достигла 21 метра. После того как в этом колодце были установлены приспособления для откачки воды и подъема земли Брюнель приступил к копанью туннеля, который должен был иметь 10 метров в ширину и около 7 метров в высоту. Для этой работы он придумал замечательно остроумный способ, заключающийся в устройстве сверлильной машины, состоявшей из 36 небольших камер, где находилось по одному землекопу-рабочему. По мере того как земля перед этой машиной выбиралась и увозилась прочь, — последняя при помощи особых винтов выдвигалась вперед, а каменщики возводили позади ее стены и свод туннеля.

Трудность и опасность работ увеличивалась тем обстоятельством, что туннель должен был пройти по глинистому слою всего лишь несколько метров под дном реки, так как глубже, как это показали изыскания, начинался слой зыбучего песка, где было бы совершенно невозможно вести работы. Несколько раз туннелю грозило несчастье быть затопленным р. Темзой, — дважды слабые грунты были прорваны давлением воды, но, благодаря распорядительности и хладнокровию Брюнеля, оба раза удавалось одержать победу над упорным врагом. Отверстия в дне закладывались тысячами мешков с глиной, вода выкачивалась, поврежденные части свода исправлялись и работа, хотя и прерывалась (один из них в виду истощения средств компании длился целых семь лет), — но все-таки был окончен в 1845 году. Хотя неудачное в коммерческом отношении — сооружение это может считаться своего рода чудом инженерного искусства даже и по современному масштабу.

Подводный туннель под английской рекой Северн, длиною свыше 7 километров, был не менее труден, чем туннель под Темзой; работы по его прорытию удалось закончить лишь за 23 года в 1896 году. Здесь приходилось бороться с многочисленными прорывами воды, и только установка нескольких мощных насосов, откачивавших в день около 100.000 куб. метров, позволила довести работы до конца.

Прошло пятьдесят лет со времени окончания первого подводного туннеля и в конце прошлого столетия потребность в новых городских путях сообщения привела к необходимости провести еще один (Блекуэльский)

туннель под Темзой не только для пешеходного, как первый туннель Брюнеля, но и для экипажного движения. Условия работы здесь были еще тяжелее, так как туннель должен был пролегать всего в 2 метрах ниже речного дна среди рыхлого песка. Как бороться здесь с неизбежным прорывом воды, если таковое случилось в первом туннеле, проложенном на глубине 4 метров под дном? На помощь строителям пришло одно средство, неизвестное Брюнелю в его время. Это была камера с сжатым воздухом, применение которой облегчало постройку многих других подводных сооружений.

Поясним в двух словах действие такой камеры. Если взять стакан, повернуть его дном кверху и опустить в воду, т.е. можно заметить, что находящийся в нем воздух не позволит воде заполнить всю внутренность стакана. На этом явлении основано действие так называемых водолазных колоколов, — долгое время служивших единственным средством для работ под водой. Если к такому сосуду присоединить трубку и начать нагнетать туда воздух, под некоторым давлением, последний будет в состоянии окончательно вытеснить воду из такого сосуда. На этом принципе устроены кессоны, употребляющиеся при постройке мостовых быков (о них мы скажем подробнее, говоря о мостах), и воздушные камеры при рытье туннелей.

В камере, построенной для рытья Лондонского Блэкуэльского, туннеля высокое давление воздуха поддерживало давление сводов туннеля, уравновешивая давление воды и песка. Рабочие входили в эту камеру через особый воздушный замок, состоявший из небольшой промежуточной камеры с двумя дверьми, сообщавшими ее с одной стороны в большую камеру, а с другой стороны в наружный коридор. В конце большой камеры был установлен щит в виде громадного железного цилиндра около 9 м в диаметре с острым концом, врезавшимся в почву. Рабочие постепенно разрывали земли внутри этого щита, сбрасывая ее на тележки, увозимые через промежуточную камеру наружу, а цилиндрический щит посредством 28 гидравлических прессов, установленных на его окружности, постепенно врезывался в почву. Готовые части туннеля покрывались обшивкой из больших железных плит в несколько дюймов толщины, при чем между этой обшивкой и стеною туннеля оставлялся небольшой промежуток, куда через особо оставленные отверстия накачивали жидкий цемент, быстро затвердевавший, образуя внешний покров туннеля. Изнутри туннель кроме того покрывался глазированными изразцами толщиной в 14 дюймов и в окончательном своем виде представлял прекрасную проезжую дорогу шириною 15 метров с двумя боковыми тротуарами в 1 метр шириной. Часть туннеля, где он выходит на поверхность земли, была построена иначе: вы-

капывался глубокой рею, на дне которого производились все необходимые работы, делался свод, и сверху снова все засыпалось землей.

Этот способ постройки, значительно, впрочем, усовершенствованный, был применен также при сооружении величайшего пока подводного туннеля под рекой Гудзон в Нью-Йорке. Искключительно быстро возросшее лихорадочное городское движение Нью-Йорка не удовлетворяется там ни десятком перевозов, ни несколькими грандиозными мостами, представляющими из себя своего рода чудо техники.

В некоторые часы дня, отличающиеся особенным оживлением, у переездов скапливаются тысячи грузовиков и автомобилей и находящимся в них деятельным американцам приходится терпеть то, что они ненавидят более всего на свете: ждать и терять время...

Автомобиль в Америке давно уже стал предметом самого широкого пользования — в одном Нью-Йорке их свыше миллиона и потому неудивительно образование там “автомобильных заторов”. Поэтому в видах разгрузки мостов городское самоуправление решило приступить в 1920 году к постройке огромного двухпутного туннеля под рекой Гудзон между центральной и заречной частями города.

Туннель общей длиной в 3.050 метров пролегает в песчаном и глинистом грунте, постепенно опускаясь на 40 метров ниже уровня улиц, причем около 1½ километров пути будет под дном реки. Туннель будет состоять из двух отдельных труб, из коих каждая будет обслуживать движение лишь в одну сторону.

При проектировании и постройке (туннель еще не закончен) этого замечательного сооружения в полном блеске проявился технический гений американцев. Ни одна мелочь, ни одна деталь здесь не была забыта и только благодаря этому работа, несмотря на ее трудность и опасность, идет почти без задержки.

На обеих сторонах реки обе трубы туннеля пересекаются 7 вертикальными шахтами, предназначенные для искусственного его вентилирования. Крайние из этих шахт вынесены на некоторое расстояние от берегов в реку и соединены с ними дамбами, на которых будут построены здания с машинами для вентиляции, и проложены рельсовые пути, так как часть дамб будет использована в качестве пристани для речных судов. Вначале были вырыты береговые шахты, откуда уже начали копать в обе стороны туннель. Большие шахты представляют из себя гигантские сооружения

из бетона и стали высотой 63 метра прямоугольной формы, шириною 16 на 12 метров, со стенками более $1\frac{1}{2}$ метров толщиной. Опускались эти шахты, как обыкновенные кессоны при постройке мостов (о них мы скажем в своем месте), т.е. сперва делался стальной ящик соответственного размера с двойными стенками, заполнявшимися бетоном, постепенно оседавший по мере выемки из-под него земли, при чем в нижней своей части он имел закрытую камеру, куда нагнетался воздух, препятствовавший грунтовой воде протекать внутрь рабочего пространства кессона.

Установить эти шахты на стороне Нью-Йорка оказалось делом не особенно сложным, так как в соответственном месте туннель проходил в твердом каменном грунте, и шахты возможно было опереть на этот грунт. Но постройка больших вентиляционных шахт Нью-Джерсейского берега, приходившихся как раз на мягком глинистом грунте, встретила немалые затруднения, так как в этом месте твердая скалистая порода, на которую можно было бы опереть все сооружение, находилась на глубине около 75 метров ниже уровня воды или на 43 метра ниже дна шахты.

Построить необходимой глубины кессоны признано было невозможным, и строители решили опереть шахты на мощные железобетонные сваи. Постройка этих свай без помощи кессонов и составила главный интерес всего сооружения. Вся работа в настоящее время уже выполнена, являя собой яркий образчик современного размаха американской инженерно-строительной техники.

С припуском в 5 метров сваи должны иметь длину в 80 метров. До сих пор технике не приходилось иметь дело с загонкой свай на такие глубины, и в данном случае пришлось применить особенный метод работы, в известной мере заимствованный из горного дела.

Расчет требовал подвести под каждую из обеих шахт по 42 железобетонных сваи, поперечников в 60 см, и это задание было выполнено следующим образом.

Для производства работ была сооружена временная рабочая платформа, возвышавшаяся над уровнем воды в реке на 2 метра. На ней собиралась и с нее опускалась опалубка и арматура свай, приготавлился и опускался бетонный раствор, монтировались буры, резаки и т. п. На ней же были установлены все подъемные, направляющие и насосные устройства и т. д.

Опалубка каждой сваи представляла 80-метровой строго вертикальный колодец, сращенный из стальных труб, шириною в 60 см и с толщиной стенки в 10 мм. Колодцы наращивались из отдельных 19-метровых 4 секций, из коих каждая в свою очередь сбалчивалась на платформе из отрезков длиною 6 метров. При большой глубине загонки колодцев, механические копры для забивки оказались недостаточными, и понадобилось прибегнуть к помощи специального бурильного приспособления, имевшего подобие проходного бура, применяемого для бурения нефтеносных скважин. Такой бур весом свыше 1 тонны вводился внутрь загоняемой опалубки, как в обсадную трубу, и, разрыхляя грунт, помогал ей опускаться, сперва в силу тяжести, а позднее — при содействии копров. Через известные промежутки бур извлекался, и в колодец на место его опускался особый ковш, которым вычерпывалась накопившаяся земля.

Таким образом были вбиты в грунт все 84 опалубки. По извлечении из них земли, промывки при помощи насосов и закупорки днищ цементными пробками, последовало опускание внутрь колодцев заготовленной железной арматуры, из связанных между собою прутьев, залитой после этого бетоном до глубины в 43 метра.

Оставалось затем удалить верхние половины колодцев выше 43 метров над уровнем каменного грунта, для освобождения места под шахты. Для этого опалубки пришлось на указанной глубине подрезать, для чего был применен специальный внутренний труборез.

После того как было закончено это свайное основание, над ним опустили кессон шахту, пока его дно не уперлось в вершины свай.

Когда вся шахта была закончена, приступили к рытью туннеля. Работы эти были организованы следующим образом. Сперва в землю врезается гигантский стальной цилиндр диаметром около 10 метров, состоящий из нескольких небольших камер, расположенных в три яруса, где производится выемка грунта. Работа эта идет уступами, при чем от обвалов земля укрепляется временными щитами на гидравлических распорах. Вырытая земля удаляется на вагонетках. Сразу же за этим щитом другая партия рабочих соединяет на винтах обшивку туннеля, состоящую из стальных выгнутых коробок около 2 метров длины, весом около $1\frac{1}{2}$ тонн каждая. Свинченные одна с другой, коробки эти образуют трубу туннеля диаметром около $9\frac{1}{2}$ метров. На рис. 58 видны эти стальные коробки, а также остроумный способ их установки на месте передвижным краном в виде коромысла. Таких коробок на один туннель пойдет около 77.000 штук.

По мере углубления в грунт, щит подвигается вперед посредством 28 гидравлических прессов, опирающихся на уже установленные стальные

звенья туннеля. Для большей водонепроницаемости и прочности в пространстве между наружной землей и трубой туннеля впрыскивают под давлением через небольшие отверстия жидкий цемент, образующий наружную бетонную оболочку. С внутренней стороны туннель также получает бетонную облицовку в 40 сантиметров толщины. На некотором расстоянии от щита устраивается временная перегородка из бетона с 4 проходами, состоящими из железных цилиндров длиной около 10 метров каждый, с двумя герметически запирающимися дверьми по концам. Цилиндры эти служат воздушными камерами для пропуска рабочих и строительных материалов внутрь рабочего пространства, где давление воздуха поддерживается на определенной высоте для противодействия прониканию воды внутрь туннеля.

Очень много, внимания в этом сооружении потребовала задача снабжения туннеля свежим воздухом. При постройке Лондонских туннелей этот вопрос почти не возбуждался, так как короткая, сравнительно, длина туннелей позволяла обходиться естественным их проветриванием. Не то в Нью-Йоркских туннелях, — здесь каждый из них рассчитан на пропуск до 4.000 автомобилей в час с бензиновыми моторами, обладающих общей мощностью в несколько десятков тысяч лошадиных сил. Было высчитано, что продуктами горения в этих моторах воздух в туннелях будет настолько отравлен, что даже короткое пребывание в нем может быть опасным для здоровья едущих. После ряда опытов остановились на следующем устройстве туннеля: в нижней части трубы, под проезжим полотном будет оставлен коридор, по которому сильным вентилятором будет нагнетаться свежий воздух, а испорченный воздух будет вытягиваться через отверстие в потолке туннеля через два верхних железобетонных коридора. Проезжая часть туннеля таким образом будет, иметь высоту $4\frac{1}{2}$ метра и ширину $6\frac{1}{2}$ метров. По сторонам проезжей дороги будет проложен узкий тротуар для служащего персонала, а также водопроводные трубы и электрические провода.

Общая стоимость всех сооружений, включая сюда переустройство нескольких улиц, прокладку туннеля, установку вентиляционных приспособлений и т. д., дойдет до 80 миллионов рублей. Работы были начаты весной 1921 г. и должны быть закончены в первой половине 1925 года, являя собою прекрасный образец высоко развитой техники современного туннельного строительства.

Но и этот туннель в непродолжительном времени будет превзойден новым колоссальным сооружением 40-километрового Ламаншского туннеля, который должен будет соединить Англию с Францией.

Весьма вероятно, что этот туннель был бы уже построен, если бы не сопротивление некоторых английских кругов, опасавшихся вторжения через него неприятельских войск. Война показала, что эта опасность теперь скорее всего может грозить от дирижаблей и аэропланов, и нет никаких оснований опасаться постройки железной дороги между Францией и Англией, которая лишь даст обеим странам ряд ценных экономических преимуществ.

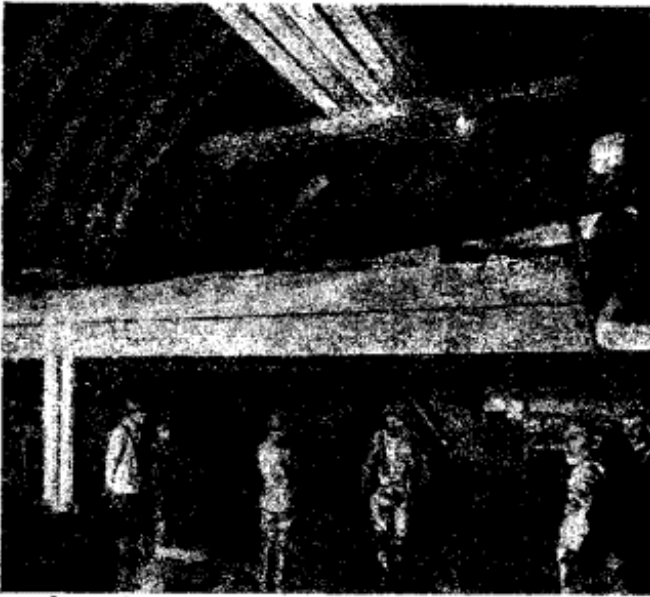


Рис. 58. Работы по прорытию туннеля под р. Гудзон.

Первоначальная идея дороги, соединяющей Францию с Англией, возникла в 1802 году и принадлежала инженеру Матье, представившему Бонапарту проект пути под проливом в виде “непрерывно освещаемой” почтовой дороги. Проект этот не имел серьезных оснований, равно как и другие проекты, предложенные лицами, имена которых едва сохранились.

Действительно инициатором туннеля должен быть признан французский инженер Томэ-де-Гамонд, который с 1834 по 1866 г. разработал шесть проектов сообщений через Па-де-Калэ, которые мы считаем небезынтересными перечислить:

1. В 1834 году проект туннеля, образуемого трубой из листового железа, проложенною по дну моря.

2. В 1836 году проект моста, стоимость которого была исчислена в 4 миллиарда франков.

3. В 1837 году проект парома, движущегося между двумя длинными молами, длиной по 8 километров каждый.

4. В 1840 году проект мола из скалистой наброски, названного Дуврским перешейком, соединяющего оба берега и прерываемого только тремя судоходными проходами, перекрытыми поворотными мостами.

5. В 1856 году проект настоящего подводного туннеля, вырытого в подпочве, но с отдушиной на искусственном острове, насыпанном на Варнской отмели, на которой глубина воды от низкого уровня до поверхности моря не превосходит 7—8 метров.

6. В 1866 году проект туннеля, незначительно отличающийся от предыдущего, но в котором образованию искусственного острова Варн с спусками в туннель придано особенно важное значение. На острове предусмотрено устройство настоящего порта, носящего название “Интернациональной станции”, и на который поезда из туннеля могут подниматься с глубины 50 метров на дневную поверхность по путям, уложенным по концентрическим спиралям, имеющим в развертке длину до 4 километров.

Последний проект Томэ-де-Гамонда имел такой успех, что в 1869 г. была образована Англо-Французская Комиссия для подготовки его осуществления, и хотя большая часть лиц, ее составлявших, разошлась, но она никогда не упразднилась, и существующий в настоящее время Комитет является ее преемником.

После войны 1870 г. Томэ-де-Гамонд отказался от проекта осуществления промежуточной станции на острове Варн, сооружение которой легко могло быть разрушено неприятелем и выработал одобренную Комиссией трассу туннеля, открытого только с обоих концов без промежуточных сооружений по середине пролива. Его трасса была проложена между Дувром и Калэ.

При помощи новых паровых машин Брунтон, многократно испытанных, предполагалось возможным произвести бурение и постройку туннеля в 4—5 лет. Расходы были исчислены приблизительно в 200 миллионов франков, а Томэ-де-Гамонд, в докладе 1869 года определил, что вероятный чистый доход от перевозки по туннелю пассажиров и грузов составит в год не менее 20 миллионов франков.

Бурение предполагается произвести помощью двигателей, приводимых в движение сжатым воздухом, при чем сила, необходимая для пользования компрессорами, может быть дешево получена при использовании колоссальной гидравлической энергии, получаемой при повышении гори-

зонта воды во время прилива, если удерживать этот горизонт помощью плотин, в маленьких заливах по побережью. Из того, что даже теперь мы еще далеки от утилизации приливов, в широком масштабе, видно, насколько проект Томэ-де-Гамонда опередил в этом отношении, как и во многих других, свое время?

Автор его умер в 1875 году, на 68 году жизни, в момент, когда можно уже было предвидеть осуществление этого проекта, так как на обоих берегах Ламанша уже возникли к тому времени финансовые компании для сооружения туннеля.

1 февраля 1875 г. образовалось французское общество, имевшее целью окончательное изучение вопроса о туннеле, с капиталом в 2 миллиона франков, разделенном на 400.000 акций.

Железная дорога эта была признана имеющей общественное значение, и концессия была дана без пособий и гарантии доходности на срок в 99 лет, со времени открытия эксплуатации подводной железной дороги. Правительство обязывается не разрешать в продолжение 30 лет, считая с того же срока, никакой другой железной дороги, начинающейся у побережья и идущей под морем по направлению к Англии.

Общество издержало более 2 миллионов франков на предварительные работы: колодцы, зондировки и прорытие пробной галереи, проведенной под морем на протяжении 1.839 метров; исполненные работы находятся в настоящее время в хорошем состоянии и могут быть продолжаемы, когда потребуются.

С английской стороны произведено почти столько же подготовительных работ, сколько и с французской.

Галереи, проложенные, начиная от колодца, вырытого на скале Шекспира, вблизи Дувра в Англии одну длиной в 1.852 метра и другую в 805 метров, содержали “открытыми” в продолжение значительного промежутка времени и этим путем убедились в совершенной незначительности количества воды, просачивающейся в слой, в котором заложены эти галереи.

Бурение галерей было прекращено в июле 1882 года вследствие сильного ропота, пробудившегося в Англии и нашедшего отражение в газетных статьях, которые скорее могли вызвать улыбку, чем быть принятыми всерьез. В них говорилось, например, что “в одну прекрасную ночь в Дувр может ворваться скромно прибывшая, якобы с увеселительным поездом, толпа туристов, которая набросится на порт и овладеет складом оружия, привезенного на двух пароходах, что Дувр может быть таким образом взят, гарнизон его перерезан, и что туннель при этом может извергать непре-

рывно потоки войск всех родов оружия, что Лондон может быть взят, и Англия завоевана в несколько часов”...

Консерваторы стали во главе этой оппозиции и предъявили правительству петицию против туннеля, подписанную представителями значительнейших фамилий Англии, в виду чего все ходатайства по сооружению туннеля под Ламаншем были отвергнуты Палатою Обидин.

Наконец, в 1913 году проект снова ожил, так как война вызвала новые усилия со стороны его инициаторов.

Продолжительный период, во время которого подводный туннель был подвергнут забвению со стороны Английского правительства, был, конечно, использован для разработки проекта, послужившего основанием для ходатайства о концессии и заслуга составления которого принадлежит, как мы видели, Томэ-де-Гамонду.

Способы и средства, выработанные в последнее время наукой, в особенности в области электричества, дают возможность применять такие методы производства работ, о которых и думать нельзя было в 1875 году. В виду этого возник новый проект, авторитетным проповедником которого, как с технической, так и с экономической стороны, является Альберт Сартье, известный инженер, стоящий во главе эксплуатации Северной железной дороги, и давнишний администратор Французского Общества подводной железной дороги.

В основу проекта туннеля положены геологические исследования Бретона, директора работ Французского Общества Туннеля, подтвержденные замечательными трудами английского ученого геолога сэра Джона Гаукшау и знаменитыми геологическими исследованиями, Потье и де-Лаппаран, которые произвели более 7.000 зондировок в проливе, из коих 3.000 дали бесспорные данные для построения с большою точностью геологической карты дна пролива.

Пролив прежде далеко не имел того вида, какой представляет теперь. В былые времена и не позже как в меловой период, т.е. в то время когда образовался слой мела, в котором согласно изысканиям должен быть прорыт туннель, море покрывало и всю северную часть Франции и часть Англии, соединявшейся с материком узким перешейком, размытым много лет тому назад действием приливных морских волн. Это предположение доказывается полным тождеством строения берегов пролива и одинаковостью почвы дна, состоящей из прочных и водонепроницаемых слоев глины и мела.

Отличительной чертой проекта Сартье является то, что туннель проложен в этом водонепроницаемом, слое, при чем, благодаря применению электрической тяги, нет препятствий к допущению кривых и уклонов, дающих возможность не выходить из этого слоя.

Туннелю придан вогнутый профиль, а для вывозки вынимаемой породы и отвода воды предположены две особые галереи, по одной с каждой стороны, которые идут с постоянными уклонами от середины туннеля до концов его на материке, где будут устроены головные колодцы для извлечения породы и откачки воды; благодаря такому устройству, при посредстве указанных рабочих галерей, можно будет производить сооружение туннеля с любого числа промежуточных пунктов.

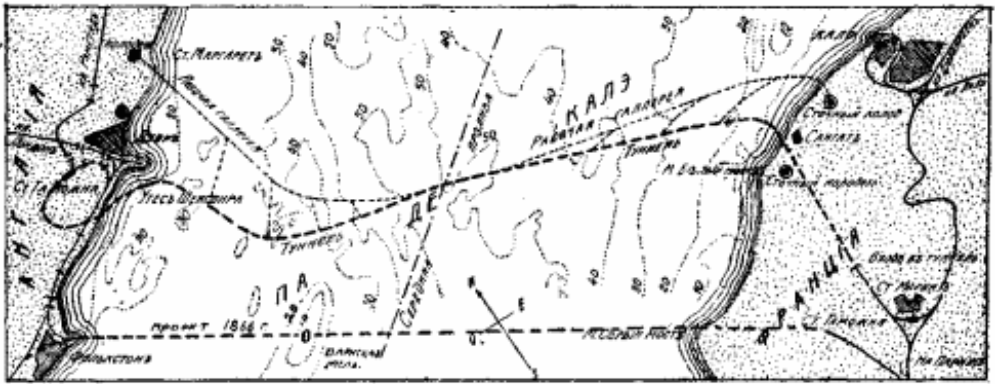


Рис. 59. План будущего туннеля под Ламаншем.

По новому плану линия начинается у ст. Маркиз, где будет устроена таможня и соединение с линией Булонь — Кале и откуда она пойдет по направлению к северу. Туннель начнется на шестом километре от начала линии и пойдет по прямому направлению до берега к южному концу деревни Сангат (17-й километр.), откуда он примет направление с востока на запад До 37-го километра, т.е. приблизительно на 2 километра дальше середины пролива (35 километров).

Линия под проливом не прямая, а состоит из кривых в одну и другую сторону, а также и из прямых частей. Таким образом линия доходит до места, находящегося несколько южнее Дувра, и, чтобы не удалиться значительно от этого города, она подходит к нему петлею, проложенною под материком между километрами 54 и 55 (смотри рис. 59).

Вход в туннель с английской стороны будет находиться на самой таможне, которая будет расположена в юго-восточной части города между 59 и 60 километрами, и откуда начнутся две ветви под открытым небом, длиною каждая немного более километра для соединения с существующими дорогами на Лондон.

Туннель по всему своему протяжению, кроме концов, не выйдет из нижней трети мелового пласта, т.е. по середине пролива он будет лежать приблизительно на 50 метров ниже дна моря, следовательно, на 100 метров ниже среднего уровня моря. .

Приток грунтовых вод, как показали наблюдения в недавно прорытых на французской стороне рабочих галереях, не превысит 100 куб. метров в минуту на весь туннель. Эти воды, вдобавок, почти исчезнут по устройстве облицовки, которая будет сделана везде, где в ней окажется надобность, и будут стекать как во время сооружения туннеля, так и во время его эксплуатации по рабочим галереям, с обеих сторон туннеля.

Вместо одной галереи с пологим сводом, отверстием в 9 10 метров, перекрывающим оба пути туннеля, решено было построить две параллельных галереи с круглым сечением от 5,50 до 6 метров в диаметре каждая. Эти две галереи, проходящие на расстоянии 15 метров друг от друга, ослабят лишь незначительно пласт, по которому они проходят. Круговое сечение их представляет достаточное сопротивление как внешним, так и внутренним давлениям.

Обе галереи будут сообщаться между собой поперечными проходами, расположенными примерно на расстоянии 100 метров один от другого, благодаря которым общее помещение обеих галерей будет достаточно просторно.

Что касается сточной галереи для просачивающейся грунтовой воды, то достаточно будет лишь несколько увеличить размер, приданный пробной галерее, имеющей 2,14 метра в диаметре; ее, вероятно, расширят до 3 метров.

Прежде чем приступить к сооружению туннеля в полном значении этого слова, будет произведено тщательное изучение пласта мела, во избежание возможностей прорыва воды, давление которой может достигать нескольких атмосфер — случай, грозящий тяжелыми последствиями для начавшихся работ.

Согласно данным, уже выяснившимся и полученным благодаря применению как в Сангате, так и у скалы Шекспира для рытья пробных гале-

рей буровых машин полковника Бомона *) , даже не принимая во внимание весьма вероятных усовершенствований их, вполне можно рассчитывать, что рабочие галереи и ветви будут сооружаться со среднюю скоростью не менее 20 метров в день, т.е. 120 метров в неделю или 6 километров в год.

Что касается числа ветвей, т.е. числа точек, начиная от которых можно будет одновременно производить прорытие туннеля, то это зависит от скорости, с какой он будет сооружаться. По расчетам их предположено четыре, но их легко сделать и больше, если по ходу работ это оказалось бы нужным.

В общем предполагается, что на прорытие рабочей галереи и туннеля потребуется не более четырех с половиною или пяти лет.

Из сказанного видно, что все перевозки, связанные с прорытием туннеля, будут производиться через рабочую галерею. Она будет обслуживаться маленькой подземною железною дорогою, по которой в самый деятельный период ее эксплуатации будет вывозиться не менее 4.000 тонн породы

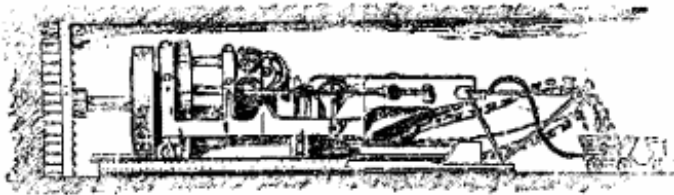


Рис. 60. Машина Бомона для сверления туннелей.

в сутки, для чего потребуется около 100 поездов в день по обоим направлениям и, кроме того, по ней будут проезжать не менее 1.200 пассажиров, состоящих из рабочих, отправляющихся на разные пункты работ и возвращающихся с них.

С французской стороны рытье нового головного колодца представит одну из самых трудных задач всего предприятия, где, вероятно, придется прибегать к замораживанию грунта, его цементированию или прессованию.

Тем не менее, как мы уже выше указывали, Французское Общество с 1875 по 1883 г. попыталось проникнуть под дном моря в подводный слой.

1) Эта буровая машина, представляет бурав диаметром 2,15 м с горизонтальной осью вращения, вращающейся со скоростью 2 — 3 оборотов в минуту, и приводимая в движение сжатым воздухом или электричеством (рис. 60).

Новейшие буровые машины инж. Темпеста, испытанные в таких же грунтах, позволят прокладывать туннель диаметром от 4 метров со скоростью 40 метров в сутки, т.е. две таких машины, работая с разных концов, могут сделать весь путь в 4 года.

Оно вырыло в Сангате, на берегу моря, колодезь большего диаметра глубиною около 60 м ниже уровня моря, со дна которого начинается пробная галерея диаметром 2,14 метра, проходящая под дном моря на протяжении 1.839 метров.

С английской стороны, вырытая машиной Бомона у подножья скалы Шекспира галерея, имеющая в длину 1.842 метра, тоже осталась неповрежденной.

В виду того, что тяга будет производиться помощью электричества, а температура будет не выше 18°C, и что по каждой галерее движение будет производиться только в одном направлении, вентиляция туннеля не представит затруднений.

Мощные вентиляторы, приводимые в движение мотором в 300 сил, предвидены в каждом из двух головных колодцев; одного из этих вентиляторов было бы достаточно для полного возобновления всего воздуха во французской половине туннеля (другой вентилятор запасный) в продолжение трех дней, предполагая, что в течение этих трех дней по туннелю не пройдет ни одного поезда.

Но, вероятно, вентиляция туннеля будет обеспечена самым проходом поездов, в виду того, что туннель состоит из двух галерей, которые сообщаются между собою через каждые 100 метров при помощи поперечных проходов, где будут устроены двери, открывающиеся давлением воздуха только в одну сторону, образуя род больших клапанов.

Стоимость сооружения была исчислена различными способами, но мы ограничимся указанием лишь на наиболее вероятную, произведенную в последнее время.

Английские инженеры определили в виду возможности всякого рода случайностей и дополнительных расходов общую сумму расходов на сооружение туннеля приблизительно 400.000.000 франков (около 160 милл. довоенных рублей).

При прорытии подводного туннеля не могут встретиться те затруднения, которые приходится преодолевать при прокладке туннелей через горные массивы; не придется, например, иметь дело с очень высокою температурой, чрезвычайно затрудняющей и даже делающей опасным положение рабочих; температура будет колебаться лишь в пределах от 4 до +15° С. Можно надеяться, что не придется иметь дело и с прорывами воды, какие случались в Симплоне и Лэтшберге, и придется, по-видимому, пробивать более однородные и менее твердые породы, с которыми легче будет справляться.

Но зато необходимо прорыть более длинный туннель, в три раза превосходящий по длине Симплонский, вследствие чего организация вывозки породы представит значительные затруднения. Придется вывести с каждой стороны от середины пролива по направлению к берегам около 1.800.000 куб. метров породы, что составит всего около 3.600.000 куб. метров.

Экономические расчеты показывают, что перевозка грузов даст в год около 20 миллионов франков и перевозка пассажиров и почты около 18 милл., т.е. всего 38 милл. франков в год, что составит, за вычетом 10 милл. расходов, — чистой прибыли около 28 миллионов или около 9% на затраченный капитал.

Осуществление этого грандиозного проекта, которое сделает не меньшую честь французскому техническому гению, чем сооружение Лессепсом Панамского канала и Эйфелем — башни, носящей его имя, — будет иметь огромные экономические и политические последствия для всей Европы. Туннель этот свяжет Англию с Францией теснее всяких дипломатических соглашений, удешевит провоз товаров из одной страны в другую, ослабит постоянно ощущающийся во Франции недостаток в каменном угле, покупаемом ею в Англии, обеспечит быструю переброску войск, будучи отлично защищен природой от всяких нападений снаружи, и, наконец, привлечет большое количество новых пассажиров, боящихся морского или воздушного путешествия.

Замечательные мосты. В деле постройки мостов техника последнего полувека сделала также огромные успехи. Мы скажем о них еще, когда будем говорить о путях и средствах сообщения, — здесь же опишем лишь несколько наиболее выдающихся сооружений этого рода. Изобретение кессона позволило вести постройку мостовых оснований, или как их называют “быков”, на таких глубинах, раньше о которых не могли и мечтать, а применение железа в виде трубчатых и решетчатых ферм во много раз увеличило допустимую длину отдельных пролетов.

Будем, впрочем, справедливы: разве не чудом строительного искусства того времени был каменный мост через Адду с пролетом в 72 метра, построенный еще в XII столетии, или деревянный мост с пролетом 119 метров, построенный в 1778 году через р. Лиммат в Германии?

Успех висячих мостов на железных цепях и стальных накатах, которыми так увлекались строители в начале прошлого века, вскоре побледнел перед успехом клепаных железных трубчатых и решетчатых листов, из коих мост “Британия” с пролетом в 121 метр, построенный Робертом Стефенсоном (сыном знаменитого изобретателя паровоза) в 1848 году через

р. Конвей, долгое время считался своего рода совершенством. Но уже в 1857 году длину этого моста побивает решетчатый мост через Вислу около Диршау, построенный Ленце с пролетами по 131 метру каждый.

Выяснилось, что такие мосты, где сплошные балки заменены составными решетчатыми с точно рассчитанными в них усилиями, гораздо выгоднее, чем прежние трубчатые, сплошные мосты.

Одним из наиболее замечательных сооружений этого рода надолго будет считаться мост через Фортский залив в Шотландии с 2 пролетами по 521 метр (т.е. полверсты), выстроенный в 1883—1890 годах.

Постройка эта была вызвана страшной катастрофой — обрушением вблизи того же места недавно перед тем построенного моста вместе с проходившим поездом, причем погибло несколько десятков пассажиров. После этого было выдвинуто несколько проектов постройки нового моста, и железнодорожная компания остановилась на проекте инженера Бекера, предложившего неслыханную длину пролетов — в 521 метр, причем он воспользовался развитием одного старого принципа консолей, или “подпоры на весу”.

Значительная глубина до 60 метров в месте, выбранном для постройки канала, не позволяла устроить там много устоев; наиболее удобным местом для постройки моста являлась та часть канала, где северный берег его образует небольшой полуостров и где посередине канала поднимается Инчгервская скала. Полуостров значительно сокращал предполагаемый мост, а скала могла служить опорой для одного устоя; тем не менее предстояло перекинуть пролеты через пространство в 521 метр шириной, в виду чего инженеры и остановились на принципе консолей. Хотя соседний мост через Тэй является самым длинным в свете, имея длину около 3 1/2 километров, однако, Фортский мост обладает гораздо более мощными пролетами, так как два главных пролета его имеют 521 метр в ширину, и кроме них имеется еще два других в 221 метр и 15 малых в 55 метров ширины.

Общая длина этого великолепного моста, справедливо считаемого самым удивительным в свете, равняется 2.720 метров, включая ширину устоев, при чем громадные консоли его расположены на протяжении целых 12 километров. Эта часть моста и представляет наиболее поразительное зрелище. Высота моста посередине не менее 50 метров над уровнем высокой воды, между тем как самая высокая точка башен находится на высоте 103 метров над тем же уровнем (рис. 61).

Каким же образом был построен этот громадный мост? Поблизости в Сусс-Квинсферри были устроены мастерские, где собирали по частям гигантские консоли, которые затем в собранном виде доставлялись к мосту.

Мастерские освещались электричеством и были снабжены механизмами для сгибания, разрезания, формовки, сверления и прокатывания железных плит. Вокруг них выросла целая сеть железных дорог.

Немало трудностей было построить устои, без которых было невозможно самое сооружение. Обыкновенно основания для устоев закладываются при помощи кессона, который представляет либо деревянные сваи, вколоченные кругом в дно реки и тесно примыкающие друг к другу, при чем промежутки замазываются цементом, либо же громадные железные цилиндры, которые нижним краем врезаются в дно реки. Воду из внут-

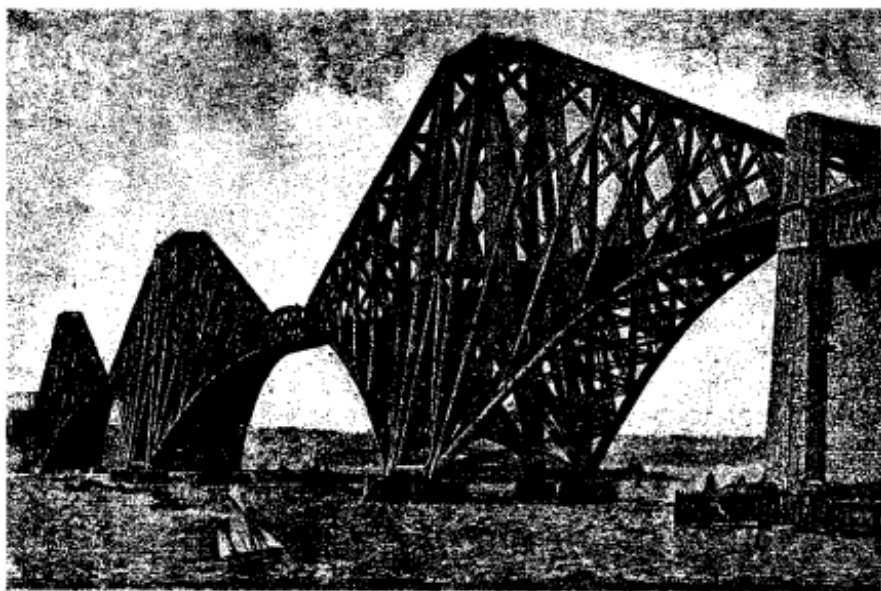


Рис. 61. Фортский мост.

ренности кессона выкачивают насосами и затем уже приступают к выемке в дне реки и к закладке основания устоев.

Но для закладки некоторых устоев Фортского моста глубина воды оказалась слишком значительной, так что невозможно было воспользоваться свайными кессонами, а обыкновенные подводные колокола были для этой цели слишком малы. Устои предполагались громадных размеров в 18 метров в поперечнике, а обширное пространство это не покрывалось обыкновенным колоколом. Поэтому были изготовлены громадные кессоны из железных плит в 23 метра шириною и высотой, смотря по глубине воды,

до 50 метров. Нижняя часть этого громадного кессона, с целью сопротивления давлению воды, была разделена на замкнутые пространства, заполненные сжатым воздухом, и сообщение с ними производилось посредством двух труб, из которых одна служила для подъема вынутой земли, а по другой спускались и поднимались рабочие. Каждый замок состоял из двух дверец, из которых одна открывалась в трубу, а другая служила для наружного сообщения. Когда запиралась последняя и пространство между дверцами наполнялось по особой трубе сжатым воздухом, то отпиралась другая дверца, и рабочие свободно спускались вниз для работы.

Работа заключалась, главным образом, в выемке речного дна в кессоне. Множество буров, гидравлических резаков, наконец, динамит служили для этой цели, пока не получились громадные ямы, залегавшие на много ниже уровня речного дна. По мере того как пространство кессона над камерой со сжатым воздухом, где работали люди, наполнялось бетоном, кессон становился все тяжелее и от собственного веса погружался в приготовленное для него пространство (рис. 62).

Камера была высотой в 7 футов и освещалась электричеством. Речной ил, смешанный с водою, удалялся отчасти сжатым воздухом, давление которого достигло до $\frac{1}{2}$ атмосфер. Кессоны погружались до твердой породы или валунной глины, и, когда погружение достигало намеченной глубины, то камера закладывалась бетоном; верхняя часть устоев складывалась из громадных камней, уложенных на цементе, так что все сооружение представляло прочную массу бетона и каменной кладки, которая в некоторых случаях залегала на 13 метров ниже уровня речного дна.

Три главных устоя представляют каждый — группу из четырех каменных колонн, имеющих при основании в поперечнике 16 метров. На них опираются громадные консоли, скрепленные решетками в 112 метров длиной. Центральный устой опирается на остров Инчгерви; два других устоя находятся по сторонам глубоких каналов. Кроме этих трех главных устоев имеется еще несколько других, построенных отчасти на суше, отчасти в мелководьи. Расположенные на них части моста построены по обыкновенной решетчатой системе и сливаются с частями, устроенными на консолях. Консоли прикреплены к устоям множеством громадных стальных балок в 8 метров длиной и в 6 сантиметров в поперечнике, вставленных концами в каменную кладку. На каждую колонну консоли приходится 48 таких балок или болтов.

Четыре громадных трубчатых ствола, по два с каждой стороны, подымаются на высоту 132 метров, опираясь на группу каменных колонн, образующих устои. Стволы эти для большей устойчивости слегка наклонены внутрь, и к ним прикреплены консоли, верхние и нижние концы которых связаны крепкими диагональными балками.

Консоли расположены таким образом, что до известной степени уравновешивают друг друга. Далее от этих трех главных опор простираются в

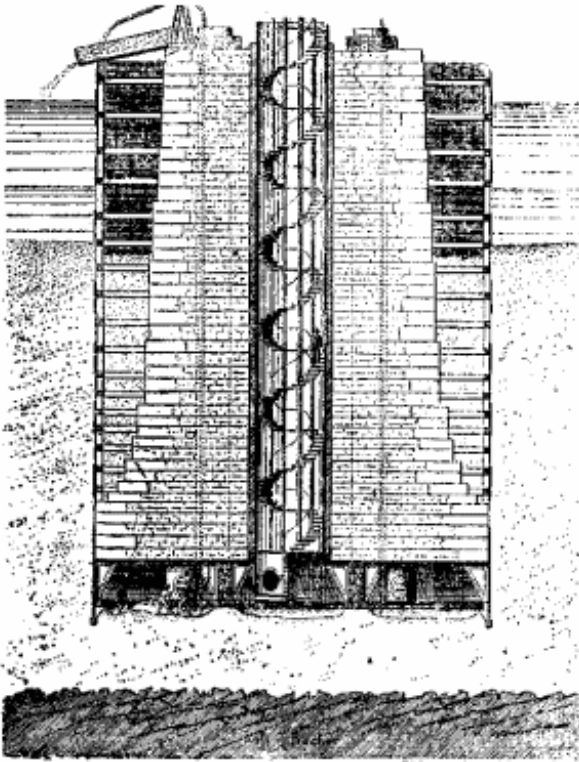


Рис. 62. Разрез кессона Фортского моста.

обе стороны парные и связанные друг с другом подпоры, образующие вместе одну сложную консоль, направленную одним концом на север, а другим на юг. Рельсы уложены на шпалах, расположенных поперек и закрепленных в стальных выемках таким образом, что если быдвигающийся по ним поезд сошел с рельсов, то колеса нашли бы себе опору в этих скреплениях. По расчету мост заключает в себе около 45.000 тонн стали. По кон-

тракту цена его равняется около 16 миллионов рублей, так что каждый метр его обошелся в 2.300 рублей.

Таково это замечательное сооружение, лишь недавно превзойденное новыми гигантскими мостами, построенными в Америке,

Американская техника машиностроения пошла по двум путям—там с одинаковым успехом применяются и совершенствуются как решетчатые, так и висячие мосты. Правда, эти успехи достаются им недаром — в стремлении к возможно большей скорости и экономии постройки американские строители иногда переходят границу выносливости материала и в результате катастрофы, в роде обрушения почти законченного консольного Квебекского моста, с 85, человеческими жертвами, случившегося около 12 лет тому назад... Но на таких неудачах учатся, и новые американские мосты подобного типа не уступают по своей длине Фортскому мосту, превосходя его в дешевизне.

Висячие мосты на мощных стальных канатах уже в 1876 г. достигли длины пролета в 486 метров (Бруклинский мост) (рис.63) и в 488 метров (Вильямсбургский мост). Оба эти моста находятся все около того же Нью-Йорка, расположенного на острове Мангатан и отделяемого от материка двумя широкими рукавами р. Гудзон. Последний мост выстроен в 1903 г. и издали кажется какой-то легчайшей паутиной проволоки, держащихся на тонкой нитке, укрепленной на стройных колоннах. Но при ближайшем рассмотрении эти колонны оказываются гигантскими башнями в сто с лишним метров высоты.

Проезжее полотно мостов лежит на высоте около 36 метров над уровнем воды, так что самые высокие суда могут свободно проходить под ним. Проезжая часть Вильямсбургского моста состоит из клепаной фермы шириною в 40 метров, где в два яруса расположены 4 линии трамвая и 2 колеи железной дороги, два проезда для экипажей, два пути для велосипедистов и два тротуара, т.е. целая улица...

Для удержания этих железных ферм служат 4 огромных кабеля 47 сантиметров в диаметре, состоящие из 7 696 стальных проволок по 4,9 миллиметров толщины. Вес этих кабелей не менее 2.000 тонн, при чем прочность их такова, что только груз, вдесятеро больший чем тяжесть висячих частей моста был бы в состоянии разорвать эти кабели...

Перекинутые через высокие башни, они лежат там на роликовых опорах, позволяющих кабелям свободно растягиваться или сжиматься при изменениях температуры. Концы их прочно связаны с гигантскими бетонными монолитами, служащими так же быками для береговых пролетов.

Недавно появившийся новый проект висячего моста через р. Гудзон говорит уже о пролете в 535 метров, перекинутый через стальные башенные опоры, при чем вес всех стальных частей моста доходит до 12.562 тонн...

Но и это не удовлетворяет смелых американских строителей. Инженер Линденталь спроектировал мост через Гудзон, состоящий из шарнирных цепей, опирающихся на 160-метровые башни и поддерживающие проезжую часть

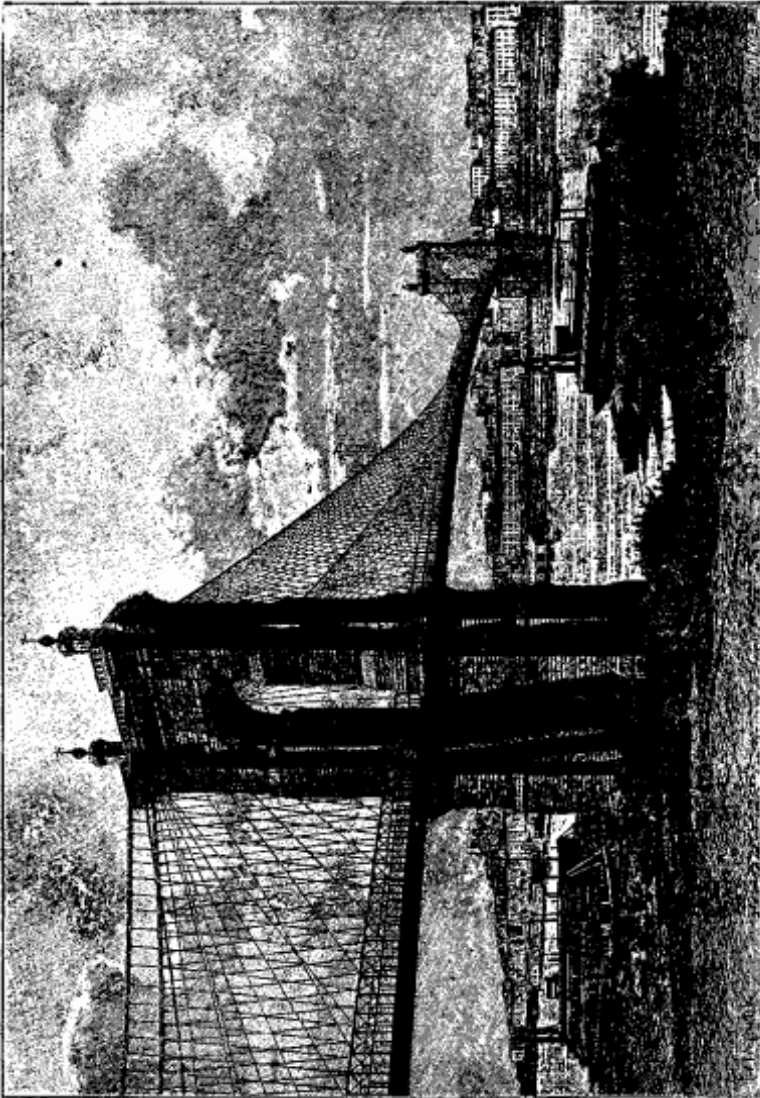


Рис. 63. Бруклинский висячий мост.

моста с двумя боковыми пролетами по 548 метров и одним средним пролетом в 945 метров. Другой недавно появившийся проект предусматривает мост с еще большим пролетом в 1.060 метров, т.е. почти в целую версту...

ГЛАВА VIII.

Чудеса инженерной техники.

Величайшие здания. Совсем недавно — каких-нибудь сто лет тому назад — у нас, да и в других странах, предельной высотой жилых строений считались дома в 4 — 5 этажей, высотой 10 — 12 метров. Только общественные здания, главным образом церкви, подымали ввысь свои островерхие крыши...

Из памятников древности пирамида Хеопса удручающе правильной каменной массой высотой 157 метров стоит около берегов Нила; тридцать лет десять тысяч рабов трудились над этой незабываемой могилой фараона...

Средние века дали нам дивной красоты готические соборы с их легкой ажурной каменной резьбой, уносящейся к небу... Руанский собор 160 метров высоты, Страсбургский собор 152 метра высоты и, наконец, — чудо строительной техники того времени — Кельнский собор высотой в 170 метров...

Эпоха возрождения и последовавшее за ним время тоже подарили нас рядом грандиозных зданий — величественный собор Петра в Риме высотой 143 метра с огромным куполом, собор Петра и Павла в Лондоне, дом инвалидов в Париже, Исаакиевский собор в Ленинграде...

Характерно, что частные здания и даже дворцы далеко уступали в своих размерах старинным церквям и соборам.

Только после того, как центр общественной жизни переместился из тесных стен дворцов и соборов в другие места, начали появляться новые крупные здания — библиотеки, картинные галереи, общественные здания, парламенты, ратуши. Развитие и усовершенствование строительной техники в огромной степени расширило поле ее деятельности.

В мостостроении уже с середины прошлого века железо стало завоевывать себе первое место, блестящим примером чего является постройка Фортского моста.

Это же время — восьмидесятые годы — отмечено появлением другого не менее замечательного сооружения — Эйфелевой башни в Париже, названной так по имени своего строителя инженера Эйфеля и остающегося до сего времени непревзойденным сооружением по своей высоте и смелости выполнения. Но раньше скажем несколько слов об ее инициаторе и творце.

Родившийся во Франции в 1832 году Эйфель уже в 1858 году, будучи молодым инженером, принимает выдающееся участие в постройке большого железнодорожного моста через р. Гарону, где впервые были употреблены для закладки устоев моста глубокие кессоны со сжатым воздухом. Впоследствии Эйфель проектирует и с большим успехом выполняет ряд замечательных по тому времени железных построек для Парижской выставки 1867 г., несколько железных мостов с большими пролетами, каркас гигантской Статуи Свободы, подаренной Францией Америке, купол обсерватории в Ницце, много общественных зданий, — при чем в их конструкции создает иногда совершенно новые приемы, оставшиеся по настоящее время.

Это был не просто талантливый инженер — это был настоящий поэт железа, чьи произведения, раскинутые по всему свету, вызывают восхищение всех, кто их видел, — особенно, у специалистов, читающих язык этих сложных сплетений, ферм, консолей и арок...

К 1887 году вес построенных Эйфелем железных конструкций достиг добрых 100.000 тонн, из коих треть приходилась на долю железных мостов. Этого было бы довольно для любого инженера, но Эйфель хотел закончить свою деятельность таким сооружением, которое оставило бы позади все, что было сделано раньше. И вот, когда подоспела Всемирная Парижская выставка в 1887 году, он предложил французскому правительству соорудить железную башню небывалых размеров в 984 фута, — т.е. около 300 метров.

Чтобы оценить смелость этой мысли, которая, впрочем, приходила в голову известному английскому инженеру Тревитику в 1833 году, — вспомним, что высочайшее здание того времени — Кельнский собор — достигает высоты в 170 метров, а Иван Великий в Москве лишь 100 метров.

Вначале проект встретил большое противодействие, но имя и настойчивость Эйфеля сделали, наконец, то, что постройка башни была решена в положительном смысле.

Заслуга Эйфеля — в том, что он не только составил точный расчет и проект своей башни, но и благополучно, без единого несчастья и задержки осуществил это, — казалось, несбыточное предприятие.

При определении формы башни необходимо было удовлетворить двум основным требованиям: устойчивости и изяществу — и то и другое требование в полной мере исполнены Эйфелем и его помощниками. Башня рассчитана на давление ветра силой до 88 фунтов на квадратный дюйм и представляет из себя суживающуюся кверху стройную колонну на четырех опорах, — охваченных горизонтальными поясами на высоте 58 м и 112 м, где устроен ряд галерей и различных помещений для публики.

Основания опор заложены при помощи кессонов до глубины 5 м ниже уровня воды р. Сены. Каждая опора состоит из 4-х бетонных массивов, устроенных на фундаментах 11 м шириной. В каменную кладку массива заложены по два больших анкерных болта 4 дюйма в диаметре, удерживающих на месте металлические опоры башни.

Большие трудности представляла сборка 4-х башенных опор, наклоненных на 54 градуса к вертикали. Опоры эти, представлявшие из себя квадратные коробчатые фермы с раскосами по 15 м ширины, приходилось собирать, таким образом, на весу до высоты 50 м, где уже начинаются горизонтальные связи башни. Для удержания опор от падения были устроены временные деревянные подмости высотой около 48 метров. Сборка велась ярусами при помощи кранов специальной конструкции, поднимавшихся по мере роста самих опор.

Таким образом, низ башни состоял из 4х огромных наклоненных внутрь решетчатых опор, постройка которых велась независимо друг от друга. Совершенно очевидно, что как бы тщательно ни велись работы, трудно рассчитывать, чтобы все опоры были совершенно одинаковой высоты, между тем при связывании их горизонтальными поясами требовалась точность до десятых частей дюйма, и никаких “подрезываний” или “наставок” не допускалось. Эйфель придумал для выравнивания опор удивительно простое приспособление: четыре ноги каждой опоры кончались массивным поршнем, входившим внутрь стального цилиндра, связанного болтами с фундаментом. Тогда, когда нужно было немного приподнять одну из опор, в этот цилиндр накачивали под большим давлением воду, — и поршни с опорой, как в гидравлическом прессе, поднимались на ту или иную высоту, после чего под края опоры наглухо загоняли стальные клинья.

По окончании установки горизонтальных связей 1-го этажа — получилась огромная четырехугольная рама, послужившая основанием для галереи 285 м длиной и 4-х зал с ресторанами вместимостью до 500 человек каждый. После постройки 1-го этажа деревянные подмости убрали и приступили к сборке второго этажа до высоты 153 м при помощи 4-х подъемных кранов; установка этих кранов сама по себе была в высшей степени

целесообразна и остроумна. При сборке верхней части башни, где все четыре угловые фермы сходятся в одну общую квадратную решетчатую конструкцию, — подача отдельных частей происходила сперва на площадку первого этажа, а оттуда двумя кранами — выше до места сборки.



Рис. 64. Эйфелева башня.

На высоте 276 метров имеется квадратная уширенная площадка 16,5 метров в поперечнике с закрытой стеклянной галереей, могущей вместить до 800 человек, откуда открывается великолепный вид на панораму Парижа с окрестностями на 140 километров в окружности. Выше, над галереей на 4-х диагональных арках устроен мощный маяк и над ним на высоте 300 метров небольшая площадка в $1\frac{1}{2}$ метра для помещения метеорологических приборов (рис. 64).

Башня оборудована лестницами в 1.792 ступени и подъемниками нескольких систем, могущими поднять в час 2.500 человек в первые этажи и 750 человек — на вершину башни.

Сооружение этой башни поистине было триумфом для ее строителя и для всей французской металлургической индустрии...

Заслуживает особого внимания исключительная обдуманность и согласованность как проекта, так и всех методов работы. Основным принципом постройки было — не делать никаких изменений и пригонок на месте сборки: настолько точно были рассчитаны и сделаны на заводе все отдельные части сооружения. Вся башня была разделена на 29 панелей, которые вычерчивались отдельно. Проект потребовал 2-летней работы 40 техников и занимал объем 3.700 листов чертежей 12.000 отдельных частей с 2 1/2 миллионами заклепок. Общий вес башни достигает 9.800 тонн, из коих 7.800 тонн приходится на металлические части. Достояна внимания быстрота, с которой велись работы: 28 января 1887 г. были начаты земляные работы, в июле было приступлено к сборке металлических частей, к концу 1887 г. был достроен первый этаж, а 30-го марта 1889 г. это замечательное сооружение было вполне закончено, обойдась правительству около 6.500.000 франков, но наплыв посетителей был так велик, что в несколько месяцев входная плата с избытком покрывала все издержки по постройке.

В настоящее время уже не поднимается вопроса о сносе башни — она сделалась такой же неотъемлемой частью Парижа, как Триумфальная Арка или Собор Парижской Богоматери и служит для производства метеорологических, физических и астрономических наблюдений.

Особенно ценны метеорологические наблюдения над скоростью ветра, влажностью и т. д., получаемые на такой высоте, открытой со всех сторон.

Сравнительно недавно Эйфелева башня была использована для устройства мощной радиотелеграфной станции, — рассылающей на многие тысячи километров сигналы точного времени.

Американские небоскребы. Быстрый рост городов в Европе и особенно в Америке, где, например, Нью-Йорк за какие-нибудь полвека вырос из городка с сорокатысячным населением в грандиозный город с 5 миллионами жителей, и вызванное этим вздорожание городских земель — повели к тому, что уже с конца XVIII века многоэтажные дома стали обычным явлением в крупных населенных центрах.

Раньше материалом для постройки разных зданий служили исключительно камень и дерево. Железо употреблялось лишь в качестве связей и позднее — в виде балок и стропил. Развитие железоделательной техники и потребность в новых высоких технических сооружениях позволило с успехом применить здесь железные конструкции, как более прочные и надежные.

Большой Чикагский пожар в семидесятых годах дал толчок к появлению негорючих домов с железным каркасом, — каковой тип там уже появился кое-где в 1874 г.

Впервые железо для постройки высоких домов применили в 1883 году, когда был выстроен в одном из американских городов 10-этажный дом, при чем для разгрузки стен в них были устроены железные столбы, связанные между собою поперечниками. Постепенно, с ростом домов вся их тяжесть стала передаваться на фундамент через эти столбы, и постройка

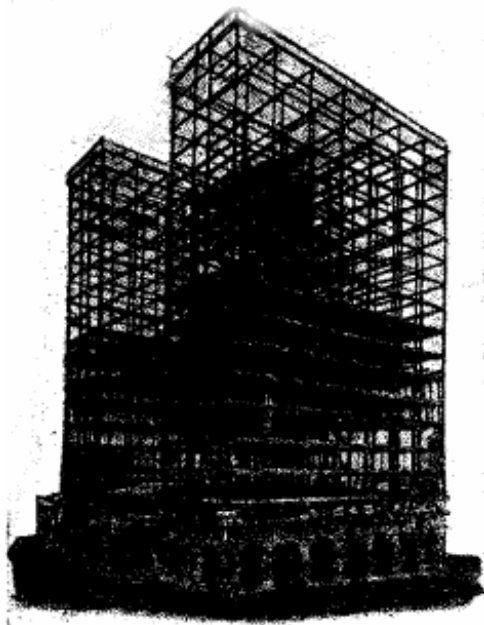


Рис. 65. Постройка каркаса небоскреба.

получила вначале вид сквозной железной или стальной клетки, как это видно на рис. 65, изображающем 18-этажный дом “средней величины”. В 1890 году уже строят 20-этажный храм Мормонов, высотой около 100 метров, а к 1900 году такие дома во многих городах Америки становятся уже заурядным явлением. Для заполнения стен и потолков раньше употреблялись плитки из обожженной глины — терракоты, но теперь они часто заменяются железобетоном и другими легкими негорючими строительными материалами. Новые дома, названные “небоскребами” за их высоту, так как

их островерхие крыши и башни, подымаясь над городом, точно “скребут” самое небо, — заставили совершенно отказаться, в виду их колоссального веса, от прежнего типа фундаментов.

Обычная 2-метровая каменная бутовая стенка была бы сдвинута и раздавлена страшным давлением верхних частей; не всегда могли бы помочь делу и обычные деревянные сваи. Изобретение железобетонных свай, которые удается делать до 40 метров длины, явилось в многих случаях прекрасным решением вопроса. Раньше мы уже говорили об одном способе устройства таких свай путем забивки стальной конической оболочки и заливки ее внутренности бетоном. Иногда пользуются уже готовыми сваями, иногда делают сваи с утолщением на нижнем конце. Для этого забивают в грунт обсадную трубу, извлекают из нее землю и заливают отверстие бетоном, загоняя его ударами бабы до тех пор, пока на нижнем конце сваи не образуется луковичеобразное утолщение, увеличивающее ее устойчивость и уплотняющее окружающие слои почвы. Иногда, при большей глубине, в трубу вводят железную арматуру. Примером устройства таких железобетонных свай из срошенных обсадных труб могут служить, например, работы при постройке туннеля под р. Гудзоном. В самое последнее время найден еще более простой способ устройства уширенной свайной подушки — посредством взрыва. На дно скважины закладывают пироксилиновый патрон с электрическим запалом, заливают ее бетоном и производят взрывание. Образующиеся газы своим давлением расширяют нижнее пространство, которое после их охлаждения само заполняется осевшими верхними слоями бетона.

Для более тяжелых и ответственных фундаментов иногда и сваи оказываются недостаточными, и тогда прибегают к устройству настоящих опускных железных колодцев-кессонов, как при постройке устоев моста. В нижней своей части такие кессоны имеют рабочую камеру, куда входят через трубу, сверху закрываемую особыми затворами, и куда нагнетается сжатый воздух, препятствующий воде и плывуну затекать в эту камеру. Вынутый грунт извлекается, и весь кессон, загружаемый сверху бетоном, постепенно опускается, пока не дойдет до материка. Тогда бетоном заливают и трубу и рабочую камеру — и кессонный башенный фундамент готов.

Нью-Йорк с его кипучей деловой жизнью и необычайной скученностью населения в центральной части города в деле постройки небоскребов идет впереди остальных американских городов. Земля там в некоторых частях города расценивается не по сажням, а по квадратным дюймам, дохода до нескольких десятков тысяч рублей на квадратную сажень. А так как

воздух там еще ничего не стоит, то и неудивительно, что дома стали расти не вширь, а ввысь.

Эти дома представляют из себя целый маленький город — в нескольких подвальных этажах помещаются машины, пожарное депо, электрическая станция, многочисленные склады, гаражи и т. д., первые этажи заняты магазинами, дальше идут конторы, “офисы”, банки, еще выше театр — за-

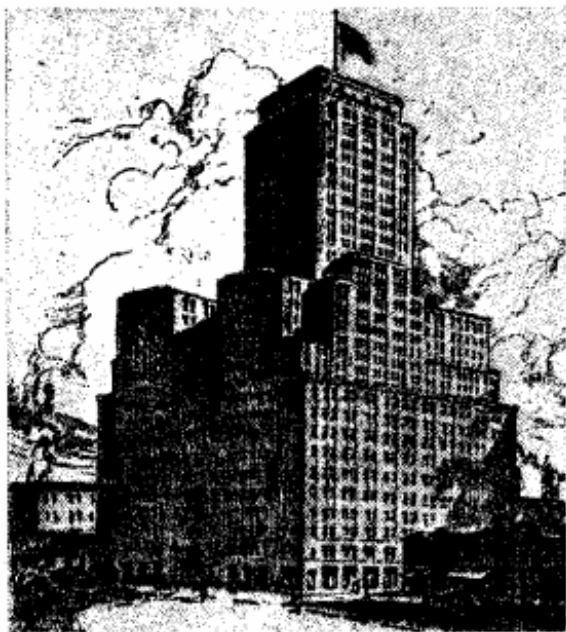


Рис. 66. Дом компании телефонов Белля.

тем начинаются квартиры — сотни квартир и чем выше, тем дороже, так как высоко расположенные квартиры получают больше воздуха и света.

Каждая крупная фирма считает “долгом чести”, в целях хотя бы рекламы, возвести такую громадину, соперничая друг с другом в красоте отделки и высоте здания. Компания телефонов Белля возвела массивный 31-этажный корпус, изображенный на рис. 66, — нефтяная компания Стандарт-Ойль на два этажа выше, компания швейных машин Зингер обогнала всех и построила башню в 46 этажей, долгое время считавшуюся самым высоким жилым зданием в мире.

Но в 1914 году компания Вульворт закончила постройку нового сверхнебоскреба — высотой в 236 метров, побив им все прежние рекорды. Хотя по высоте это сооружение уступает Эйфелевой башне, но не надо забывать, что последняя только легкая решетчатая конструкция, а дом Вульворт массивная постройка с восьмитысячным населением (см. рис. 67).

Дом компании Вульворт занимает участок земли в 52 x 67 метров, причем из этой площади обстроено 2.260 кв. метров. Под землей устроены несколько подземных этажей, служащих для хозяйственных надобностей и машинных устройств. До 30-го этажа идет общая постройка, имеющая в основании вид буквы П, до 50-го этажа возвышается четырехугольная башня в 20 этажей, над которой помещается 4-х угольная усеченная пирамида в 5 этажей с куполом. На 55м этаже устроена круговая галерея, позволяющая видеть всю округу на протяжении 65 километров.

Все здание имеет над землей высоту в 236 метров и выдержано в готическом стиле, слегка напоминая гигантскую католическую церковь.

Почва под этим домом состоит из мелкого песку, смешанного в нижних слоях с глинистыми отложениями. Под этим слоем, на глубине 25 метров, начинается скалистая порода, из которой состоит весь остров Мангатан. Прорывая насквозь песок, фундамент дома устанавливали на этой породе, которая должна была выдержать колоссальный вес дома в 125.000 тонн. Фундамент дома составляют 60 кессонных опор, на которых покоится весь массив дома.

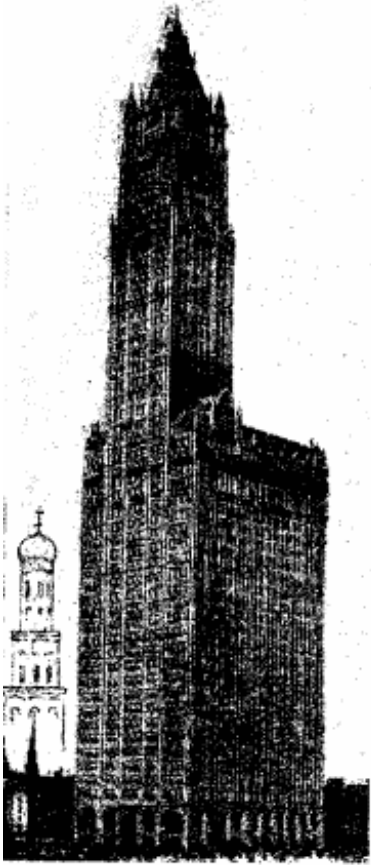


Рис. 67. Дом компании Вульворт (для сравнения — рядом колокольня Ивана Великого в Москве).

После их установки приступили к сооружению “железной клетки”, т.е. металлического скелета всего дома.

Сперва установили вертикальные внешние и внутренние столбы двухэтажной длины, скрепляющиеся с главными железными горизонтально лежащими балками. Затем на главных балках, укрепили поперечные более легкие, потолочные балки, связанные между собою железными тягами. Построенный таким образом остов дома составил собою одну целую сплошную конструкцию, где каждая железная часть неразрывно связана с другой.

Леса при таком способе постройки совершенно отсутствуют; все поднимается специальными подъемными кранами. Все скрепление балок производится заклепками. Сильнейший ураган, несущийся со скоростью 370 километров в час, не сможет опрокинуть даже верхушки этого дома.

Между балками стены до 5-го этажа были заполнены гранитом, высшие же этажи — пустотелыми огнеупорными терракотовыми кирпичами. Внутренние стены были сделаны из бетона, который идет также на перекрытие полов и потолков. Сверху полы были покрыты огнеупорными плитками. Двери и оконные рамы сделаны из прессованной стали, окна — из проволочного стекла, которое не лопається в огне. Все балки покрыты цементным слоем в 25 м, на котором помещается терракотовая облицовка.

Четыре совершенно изолированные лестницы ведут с улицы до самой верхушки башни. Шахты для подъемных машин (лифтов) сделаны из железобетона; двери кабин огнеупорны и воздухонепроницаемы, что защищает от проникновения дыма и огня. В каждом этаже имеется 10 пожарных рукавов с достаточным давлением воды, подаваемой насосами дома. Жидкие горючие вещества хранятся в особых сосудах с огнетушительным клапаном. В доме постоянное дежурство пожарных.

Дом обслуживается 27 лифтами, из которых некоторые останавливаются через 5, а другие через 10 этажей. Это первый дом, где скорость подъема в лифтах доведена почти до 4 метров в секунду; самые верхние лифты поднимаются, не останавливаясь до 40-го этажа. В случае разрыва каната лифта или противовеса, кабина, падая, попадает на высоте 40 метров в железобетонную сплошную шахту и, ударяясь с большой скоростью о столб воздуха в шахте, сильно сжимает ее до известного предела, образуя род воздушной подушки. Кабина, имея в середине отверстие, для прохода сильно сжатого воздуха, так эластично останавливается при падении, что налитая до краев стакана вода не проливается в кабине.

Дом содержит несколько сот служащих, обслуживающих силовые установки для получения света, тепла, электричества, воздуха и воды.

Механические расчеты показывают, что нет оснований сомневаться в возможности постройки еще более высоких зданий в 140 этажей, высотой в 600 метров — и может быть скоро мы услышим и о таких “сверхдомах”...

Это тем более возможно, что население Нью-Йорка растет прямо-таки в фантастической прогрессии: в течение 20 лет оно почти удесятирилось, достигнув к 1925 г. чудовищной цифры в 8 миллионов...

Ежегодно там строится до 1.000 новых зданий в 15, 20 этажей и выше, причем, благодаря изумительной налаженности работы, постройка идет с такой быстротой, о какой в Европе и мечтать не могут. В течение 3 — 6 месяцев дом в 15 — 20 этажей совершенно готов...

Так называемого “строительного сезона” там вовсе нет, ибо стройка происходит круглый год, не прерываясь. Когда приступают к самой стройке, то все заранее готово на стороне, — где-то далеко за городом, давно уже вытесаны десятки тысяч массивных облицованных камней с высеченной на них орнаментальной скульптурой, которые подвозятся каждый день. Приготовлены и все железные части для каркаса, водопровода, канализации, отопления — все, что нужно для оборудования современного культурного жилья.

“Надо видеть, — пишет русский художник Грабарь, — как протекает вся эта работа, чтобы составить себе представление о размерах и темпе американского строительства, где все рассчитано как в точном механизме. У рабочего нет времени не только закурить папироску, но и оглянуться на прохожего, ибо иначе, где-то там, на 20-м этаже, произойдет минутный затор, могущий повлечь за собой затор часовой, а это уже тысячные потери.

Как и везде, постройка начинается с фундамента, но уже совершенно непохожего на европейский. Если это песок — ставят глубокие бетонные кессоны, служащие фундаментом, если это скала — ее взрывают динамитом. Для предотвращения несчастья взрываемые небольшие участки покрывают особыми предохранительными железными сетками, после удаления которых при помощи гигантских экскаваторов извлекают раздробленные части гранита.

Эти экскаваторы усовершенствованного типа производят впечатление людей-исполинов,двигающихся,поворачивающихся то в одну, то в другую сторону, протягивающих руки с огромными саженными ковшами, которыми они забирают гранит, вытряхивая его затем на грузовики, непрерывно подъезжающие и уезжающие. Когда видишь десятки таких чудищ;

машин-людей, работающих одновременно, видишь, как тут же в стороне, гранит перемальвывается другими машинами в щебень и песок, а третьи машины уже забивают и ставят мощный железный каркас будущего небоскреба, то почти не веришь, что все это явь... За один день иногда выстраивают по 2 этажа, притом не в каркасе и даже не в кирпиче, а уже в каменной облицовке со всем декоративным убранством. В связи со всей этой новой техникой роль архитектора в Америке несколько иная, чем в Европе. Архитектор только сочиняет и разрабатывает проект, который по утверждению поступает целиком в руки инженера, ответственного за постройку. Так как архитектор ответственности за нее не несет, то он не нуждается ни в каких званиях и дипломах. Естественно, что при общем темпе американской жизни и склонности к трестированию предприятий, индивидуальный архитектор очень скоро потонул в организовавшихся строительных конторах. В таких конторах работает до 100 архитекторов и рисовальщиков, исполняющих различные задания. Их имена обречены на забвение, хотя они-то и являются творцами современной архитектуры”.

Легкие убегающие ввысь готические контуры лучше всего подходят к высоким башнеобразным постройкам. Иногда низ здания оставляют необработанным, украшая лишь последние 2 — 3 этажа, чем достигается впечатление сурового массивного монолита (см. рис. 66). Какие-то новые архитектурные замыслы чувствуются иногда в этих подавляющих наше воображение громадах, где так гармонично сочетались талант художника и изобретательность инженера.

Панамский канал. Величайшим торжеством техники первой четверти этого века, несомненно, может считаться прорытие Панамского канала через перешеек, соединяющий Северную и Южную Америку. Значение этого нового водного пути, соединившего собою два океана, было уже давно оценено дальновидными политиками и экономистами. Уже через тридцать лет после открытия Америки Колумбом стали подумывать о соединении Тихого и Атлантического океанов судоходным каналом. Мысль об этом канале была впервые высказана испанским ученым Саведра, но младенческое состояние техники того времени делало эту мысль лишь несбыточной мечтой. Триста лет понадобилось, чтобы проект этот сделался предметом серьезного обсуждения техников и получил некоторые шансы на свое осуществление.

Все расширявшееся торговое мореплавание между Тихим и Атлантическим океанами сильно страдало от необходимости возить товары длинным и опасным путем мимо бурного мыса Горн, делая несколько тысяч километров крюку. В незначительной степени это положение облегчала

создавшаяся в пятидесятых годах промышленная компания, построившая через перешеек железную дорогу длиной около 80 километров, при чем ей пришлось преодолеть массу трудностей.

Дорога эта, несмотря на ее значение, сыграла в истории канала и отрицательную роль, так как по договору компании с правительством Колумбийской республики, на земле которой проходила дорога, — без ее разрешения никто в пределах перешейка не мог строить никаких других путей сообщения. Эта концессия была действительно “хорошей сделкой”, возможной лишь в условиях капиталистического строя, лет на двадцать затормозившей начало работ по созданию канала.

Образовавшееся в 1879 году Общество Панамского междуокеанского пароходства вынуждено было выкупить все паи дороги у компании, кстати сказать, за эти годы уже несколько раз вернувшей свои деньги, — за 35 миллионов рублей. Исключительная важность и сложность вопросов, связанных с прорывтием величайшего в мире канала, побудили общество созвать специальный международный конгресс ученых и специалистов, на котором в 1879 году было рассмотрено 11 проектов канала. Большинство конгресса высказалось за проект, предложенный Фердинандом Лессепсом — знаменитым инженером, создателем первого величайшего в то время Суэцкого канала, соединяющего Средиземное море с Красным. Проект его предусматривал устройство сплошного судоходного канала без шлюзов глубиною 28 футов; стоимость его была исчислена в 1.250.000 миллионов франков (около 450 миллионов рублей по тому времени) и продолжительность постройки — в 12 лет. В 1880 году была вынута первая лопа-та земли, и работа во всеоружии техники того времени закипела на всей площади канала.

Но у канала оказалось два страшных врага, отбивших первую атаку на скалы Панамского перешейка. Это были — тропическая лихорадка и алчность биржевых спекулянтов, чего Яессепс, к сожалению, не мог учесть при составлении своего замечательного проекта. Последствия этого быстро сказались...

Работы по вырытию канала с первых же шагов столкнулись с убийственным для европейца климатом. Палящая жара и сырость от многочисленных болот вызывали небывалую высокую смертность. За два года работ умерло свыше 5.000 белых; черных же рабочих погибло еще больше. А в то время как тысячи инженеров и рабочих — ежегодно рисковали своей жизнью и здоровьем на изысканиях и земляных работах канала, в Париже банковские заправилы и кучка темных дельцов, захвативших в свои руки управление делами, положили начало неслыханным до того времени хи-

щениям и биржевому ажиотажу. Все это, совместно с непредвиденными трудностями, обнаружившимися во время производства работ, повели в 1889 году к полному истощению средств компании, истратившей около 2 миллиардов франков (почти 800 миллионов рублей). Последовавший затем целый политический скандал и грандиозный крах, разоривший тысячи мелких владельцев акций, сделал слово “Панама” нарицательным именем для всякого рода крупных общественных злоупотреблений.

Сам Лессепс, виновный лишь в том, что он не дал себе полного отчета во всех трудностях работ, — вскоре умер, не вынеся гибели дела, которому он отдал все свои силы.

Тем не менее на месте работ было сделано все, что позволили политические и технические условия — более 42 миллионов кубических метров земли и камня было вынута, и среди дикой тропической растительности, среди горных рек и непроходимых болот ясно наметился путь Великого Канала...

Неудача может сломить силы одного человека и на долгое время разочаровать многих, верящих в конечную цель работы, но нация, ясно наметившая себе путь для своего развития, не отступит с этого пути. Экономические и политические интересы повелительно толкали С.Американские Соединенные Штаты на Восток к их колониям. Империалистическая политика Америки делала неизбежным столкновение ее интересов с интересами другой молодой державы — Японии, также претендующей на господство в Тихом океане. Помимо удовлетворения торговых интересов и удешевления транспорта, — сооружение Панамского канала дало бы сокращение морского пути от Нью-Йорка до Филиппин с 31.000 до 25.000 километров, т.е. на целых 6.000 километров. Американский флот был бы в состоянии быстро перекидываться из вод Атлантического океана в Тихий, не совершая длинного пути мимо Южной Америки. Само собой очевидно, какие преимущества дало бы торговле и военному флоту С.Американских Соединенных Штатов сооружение Панамского канала, особенно если последний был бы в их руках.

Чтобы не быть в зависимости от часто менявшихся властей в той части, где должен пройти канал, американцы придумали весьма действительное средство: они просто инсценировали восстание части населения, которое затем, поддержанное американским флотом, отложилось от прежней власти, образовав “независимую” республику Панаму, явившуюся послушным орудием в руках американцев.

В 1903 г. все права прежней компании канала вместе с Панамской железной дорогой были выкуплены правительством Северо-Американских Соединенных Штатов за 80 миллионов рублей, при чем американцы получили довольно ценное механическое оборудование, оставшееся от бывшей французской компании; у правительства республики Панама, кроме того, за 20 миллионов рублей была приобретена со всеми правами зона вдоль канала шириною в 16 километров.

Наученные горьким опытом предыдущих работ, американцы главные усилия направили сначала на уничтожение очагов малярии, осушения местности и на создание сносных гигиенических условий в местах будущих работ. Несколько тысяч человек, носивших имя “бригады желтой лихорадки”, в продолжение двух лет расчищали заросли, отводили воду, поливали болота смертоносной для комаров жидкостью, мостили улицы, проводили дороги, устраивали водопроводы, прокладывали канализацию, — и смертность от малярии сразу же резко упала. Борьба с этим бичом продолжалась во все время работ и потребовала свыше 26 миллионов рублей, но зато самый страшный враг канала был побежден, и смертность в зоне канала теперь не выше 16 человек на тысячу, т.е. такая же, как в благоустроенных городах Европы.

Работе по прорытию канала предшествовали весьма подробные и трудные изыскания окружающей местности. Среди тропических зарослей, кишаших ядовитыми гадами, среди ужасных условий приходилось производить эти ответственные изыскания. Пословица: семь раз отмерь, а один раз отрежь должна была быть здесь изменена на “десять, двадцать раз отмерь и... не режь вовсе”, а снова ищи в другом месте, где “резать” канал будет выгоднее и проще. Каждый дюйм высоты снимаемого слоя земли отражался при гигантских размерах предприятия на его стоимости в сотнях тысяч рублей...

Как бы то ни было, эти подготовительные изыскания были закончены, выработан окончательный проект, и в начале 1907 года, после смены двух руководителей работы, работы на канале пошли полным ходом.

Для большей уверенности в правильности принятых технических решений правительство Соединенных Штатов, подобно первой французской компании, созвало в 1905 году такую же международную экспертную конференцию, при чем большинство высказалось за открытый канал, а меньшинство за канал шлюзованный. Действительно, открытый канал имеет массу достоинств перед шлюзованным, так как в этом случае нет необходимости прибегать к устройству дорогих и грандиозных приспособлений для пропуска судов, сохраняются от заливания водой, подпертой шлюзовыми

плотинами сотни квадратных километров земли, — быстрее проходят суда по каналу, — меньше риска повреждения шлюзов неприятелем в случае войны...

Однако, в законодательном учреждении одержало верх мнение меньшинства, так как постройка шлюзованного канала потребует гораздо меньших выемок земли ни может быть сделана вдвое скорее, обойдясь при этом а 400 миллионов рублей дешевле другого варианта.

Окончательно было принято следующее устройство.

Канал длиной около 80 километров в значительной мере совпадает с направлением старого французского канала; он следует долинами нескольких местных рек и пересекает горный водораздел между океанами глубокой и длинной выемкой — Кулеброй. Канал имеет две ступени, при чем первая ступень лежит на 16,7 метров, а вторая на 26 метрах выше уровня океана.

На обоих концах канала в городах Колон и Панама пришлось построить довольно большие порты для судов с ограждающими молами и всеми погрузочными приспособлениями.

Шлюзы решено было устроить в 10 — 12 километрах от океанов для лучшей защиты в случае бомбардировки с моря. Суда, идущие из Атлантического океана, поднимаются здесь через шлюзы, состоящие из двух параллельных линий по 3 камеры каждая, и выходят в обширное искусственное Гатунское озеро с поверхностью в 440 кв. километров, лежащее на 26 метрах выше уровня моря и образованное запружением реки Шагра, гигантской плотины, длиной около $2\frac{1}{2}$ километров. Озеро это, позволившее уменьшить глубину перевальной выемки, настолько глубоко, что часть его на протяжении километров двадцати не пришлось совершенно углублять. Далее канал пересекает водораздел Кулебры, достигающий 150 метров высоты, после которого устроены в двух местах на расстоянии 3 километров 2 однокамерных шлюза ¹⁾ около Педро-Мигуэль и 2 камерных шлюза в Мирафлорес.

Размеры Панамского канала далеко превосходят собой размеры других морских каналов. Наименьшая ширина для Панамского канала равна в

1) Напомним вкратце сущность действия шлюзов. Устраиваются они в виде одного или нескольких подряд больших камер, запираемых прочными воротами, и служат для перевода судна с одного уровня на другой. Для этого, если судно идет снизу, открывают нижние ворота, вводят судно в шлюз, затем эти ворота запирают и впускают через особые отверстия воду в шлюз до тех пор, пока уровень воды в нем не сравняется с верхним уровнем канала. Тогда раскрывают верхние ворота, и судно свободно идет дальше.

Кулебрской выемке 100 метрам, тогда как у Суэцкого канала она всего лишь 50; в других местах канала эта ширина равна 150 метрам и больше, так что самые большие суда могут идти навстречу друг другу. Глубина канала принята всюду не меньше 13 метров, т.е. глубже, чем других самых глубоких каналов (в Суэцком канале глубина около 12 метров, в С.Германском около 11 метров).

Питание шлюзов Панамского канала обеспечено рекой Шагр, а излишек ее воды, достигающий иногда при тропических ливнях до 1.800 кубических метров в секунду, удаляется через массивный бетонный водослив, устроенный в Гатунской плотине и запираемый стальными щитами. Избыток скопленной воды используется на гидроэлектрической станции в несколько тысяч лошадиных сил, энергией которой приводятся в движение многочисленные механизмы канала и освещается вся его территория.

Вот в общих чертах такой, казалось бы простой, план величайшего современного канала. Но при первых же шагах, по его осуществлению, американцам пришлось столкнуться с такими техническими затруднениями в виде речных потоков, оползней, твердых грунтов и т. п., что для их преодоления американской технике пришлось напрячь всю свою мощь и изобретательность, создав невиданные по своей мощности машины.

Пришлось вычерпать, выкопать, взорвать и отвести свыше 180 миллионов куб. метров грунта. Если бы насыпать это количество земли в виде конуса, получилась бы гора полверсты высотой и версту в основании. Этой землей можно бы засыпать площадь Ленинграда, считая в ней 100 квадратных километров на 1,5 — 2 метра. Четверть этого количества выемки было сделано французами, а все остальное пришлось извлечь американцам. Часть этой работы была произведена землечерпанием. Твердые камни на дне разбивались особыми камнеломами, состоявшими из тяжелых ломов весом до 20 тонн, укрепленных на морских шаландах и посредством подводных взрывов. Обломки скал и мягкие подводные грунты извлекались многочерпаковыми машинами и паровыми лопатами, о которых мы уже говорили раньше. Американцы построили для этих работ величайшую в мире плавучую машину — с черпаками по 6 куб. метров емкостью, которая может извлечь до 1.000 метров в час. Вынутый грунт нагружался на специальные шаланды с открывающимся днищем и отвозился в море. Кроме этих землечерпательных снарядов работали несколько мощных землесосов там, где дно состояло из ила и песка.

Вообще говоря, земляные работы Панамского канала представляют из себя выдающийся интерес для каждого мыслящего человека, так как здесь мощь современной техники в борьбе с мертвой материей достигла, как будто, своего предела. Не знаешь, чему больше удивляться, — замечательной организованности работ или разнообразию способов их выполнения...

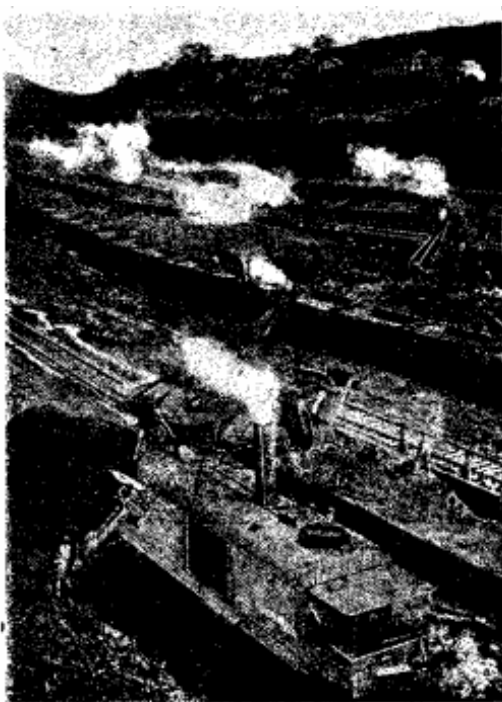


Рис. 68. Работы на Панамском канале.

Вот, например, — мощные насосы для размыва мягких грунтов: струя воды превращает землю в жидкую кашу, которая по трубам отводится в нужное место; таким способом из намытой земли было сделано ядро Гатунской плотины. В других местах на выемках канала работали десятки сильных паровых лопат и экскаваторов.

Это даже не машины, а почти сознательные, одухотворенные слуги человека. Один поворот рукоятки, и огромный ковш врывается (см. рис. 68) в землю, поднимая глыбы камня в сотни пудов; — другое движение меха-

ника — и вся лопата поворачивается вокруг себя, раскрывает свой зев и с грохотом высыпает захваченную ею землю на железнодорожные платформы, непрерывной лентой тянущиеся вдоль выемки. Бывали дни, когда за один день одна такая лопата извлекала до 4.000 куб. метров. “Побить рекорд” вчерашнего дня считалось при любви американцев к разного рода спорту — своего рода честью. Эта спортивная жилка рабочих была также использована администрацией, установившей хорошие премии за высокую производительность. Каждый час, каждая минута были на счету. Простоев машин не было. Служба ремонта была организована так, что даже сложные починки рабочих механизмов производились за ночь, и часто поврежденный паровоз стоял уже к утру под парами, готовый к работе.

Работы по выемкам велись по строго обдуманному плану — сперва закладываются шпурсы с динамитными патронами и электрическими запалами, производится взрыв, — целая туча песку и камней взлетает кверху, валятся огромные скалы... Недаром около 25 миллионов килограмм динамита ушло на эти работы... Затем со сказочной скоростью устраиваются временные железнодорожные, пути, подъезжают экскаваторы, механические камнеподъемники, тысячи платформ и хаотические груды обломков тают на глазах изумленного зрителя...

Незабываемую картину представляли работы по гигантской выемке на Кулебре. Первое впечатление — какого-то беспорядка, какой-то дрящейся катастрофы: сотни железнодорожных путей со снующими по ним поездами, гружеными камнем, какие-то непонятные чудовищные машины, выхватывающие целые скалы, тучи пыли и дыма, грохот взрывов, рев и свист пара, крики многотысячной армии рабочих...

Но это только так кажется сначала и, приглядевшись, начинаешь видеть в происходящем работу необъятного, до мелочей налаженного, могучего и точного механизма...

Поразительна быстрота, с которой производятся некоторые работы, где механизация их доведена до пределов возможного. Вот, например, как производилась прокладка временных путей; когда надо было их переложить, подвозили на платформе сильный подъемный кран, который захватывал крючьями часть полотна с рельсами и шпалами, приподнимал ее, оттягивал немного в сторону и клал на землю; затем делал то же самое на соседнем участке, пока, шаг за шагом, весь железнодорожный путь не ока-

1) Стоимость Суэцкого канала с новыми улучшениями не превышает 240 миллионов рублей.

зывался целиком передвинутым на нужное расстояние. Такой путеукладчик заменяет собой работу пятисот человек и в день может переложить несколько верст путей.

Еще остроумнее приспособление для выгрузки платформы с вынутым грунтом. Прежде всего старались как можно выгоднее использовать землю из выемок для разного рода насыпей и плотин. Все тело Гатунской дамбы состоит из такого грунта. Платформы для отвозки земли были устроены так, что кузова их могли поворачиваться посредством механического приспособления, работающего от паровоза, и сбрасывать свое содержимое на сторону, экономя труд и время рабочих. Другой способ еще действительнее: платформы соединяются между собою откидными площадками, и весь поезд образует как бы одну длинную сплошную платформу, а сбрасывание земли с них производится огромным стальным плугом, который протягивается лебедкой с паровоза вдоль всего поездного состава. Такой плуг скидывает грунт с 20 вагонов всего в 5 минут, и разгруженный поезд спешит за новым грузом...

Успеху всей операции по сооружению канала в значительной мере содействовала принятая американцами система единоличного управления работами, сосредоточенного в лице исключительно энергичного и талантливого руководителя—главного инженера полковника Готальса, бывшего всегда строго справедливым по отношению к любому из своих многочисленных подчиненных и умевшего, когда нужно, быстро найти то или иное удачное решение в самых разнообразных и трудных случаях постройки канала.

Взглянем теперь, как были устроены важнейшие части канала. Прежде всего о Гатунской плотине. Это сооружение одно из величайших в мире. Длина его достигает $2\frac{1}{2}$ километров, а высота доходит до 30 метров. При ее постройке было обращено особое внимание на прочность, так как разрушение этой дамбы свело бы на нет все остальные работы. Поэтому, а также благодаря обилию вынутого грунта она сделана настолько широкой, что ей не страшны даже землетрясения. Ширина по гребню равна 30 метрам, а в нижних частях ее достигает почти одного километра, — настолько полого поднимаются ее стенки. Со стороны высокой воды плотина покрыта каменной наброской, а для удаления лишней воды, притекающей в Гатунское озеро, устроена бетонная часть с рядом широких отверстий, запираемых 14 щитами по 13 метров шириной. Общий объем плотины не менее 16 миллионов куб. метров. Почти столь же огромен мол, защищающий Панамский залив; длина его равна около 5 километров, высота доходит до 20 мет-

ров, и на его насыпку пошло около 14 миллионов куб. метров извлеченного на канале грунта.

Еще более гигантским сооружением Панамского канала являются шлюзы, рассчитанные на пропуск величайших судов и считающиеся, после шлюзов Северо-Германского канала, величайшими шлюзами в мире... Длина каждой камеры равна 305 метрам — почти треть версты, — ширина 33,5 метрам, а глубина 12,5 метрам. Разница уровней в соседних шлюзах

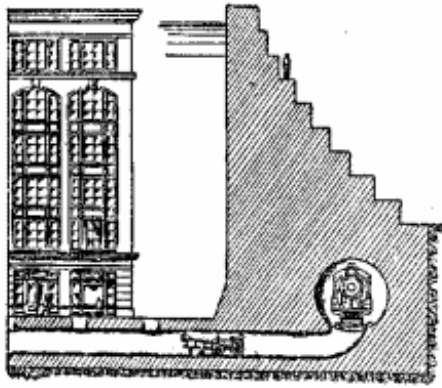


Рис. 69. Размеры шлюзовой камеры Панамского канала.

равна в среднем 8,6 метрам. Группа Гатунских сооружений, состоящих из 2-х рядов трехкамерных шлюзов в виде одного гигантского бетонного массива длинной более километра, не имеет себе равной во всем мире. Одного только бетона пошло на него около 1 600 000 куб. метров, т.е. в $1\frac{1}{2}$ раза более объема Хеопсовой пирамиды... Для перевозки этой массы потребовалось более 320 000 вагонов, которые, будучи вытянуты в линию, заняли бы 3000 километров. Шлюзы в двух других местах, около Педро-Мигуель и в Мирафлорес, потребовали столько же материала. Всего же бетона пошло на сооружение плотин и шлюзов более $3\frac{1}{2}$ миллионов кубических метров. Около $4\frac{1}{2}$ миллионов бочек, цемента, $4\frac{1}{2}$ миллиона кубов песку и щебня надо было доставить на место работ, — нелегкая задача, блестяще, однако, разрешенная американцами.

Десятки больших камнедробилок и бетоньерок работали на местах постройки, выбрасывая целые потоки пластичной бетонной массы, которая подхватывалась особыми подъемными кранами, высотой в 20 — 30 метров, по канатным подвесным дорогам развозилась куда следует и пря-

мо сбрасывалась вниз, причем сила падения заменяла обычное трамбование бетона.

Шлюзы поражают своими размерами. Целый шестиэтажный дом может поместиться на дне камеры, а водопроводные галереи таких размеров, что в них свободно может проходить поезд (см. рис. 69). Стальные шлюзные ворота под стать общему гигантскому размеру, — высота их более 25 метров, а вес — около 750 тонн.

Суда проводятся через шлюзы специальными электрическими локомотивами, движущимися по стенкам шлюзов. Гатунские шлюзы суда проходят в $1\frac{1}{2}$ часа, а весь канал — в 12 часов.

Но природа не хочет сдаваться без боя. Наука победила малярию, организованность и техника — внешние препятствия. Победили они и нового, неожиданного врага — огромные оползни грунта в Кулебурской выемке. Как известно, это было самым трудным местом в работах. Пришлось среди скал и других горных пород пробить для канала целое ущелье в 100 — 150 метров глубины. Потрясенные взрывами и другими причинами слои грунта стали скользить, заваливая собой машины, дороги и сделанную выемку; началась, продолжающаяся еще и поныне, борьба с постоянными оползнями, потребовавшая уже более 20 миллионов кубических метров дополнительной выемки.

Но, наконец, в 1914 году все препятствия были побеждены. Затихли сотни стальных гигантов, остановилось движение бесчисленных вагонов с землей, 35-тысячная армия рабочих, приехавших со всего света, разъехалась по домам, и мир получил новое замечательное инженерное сооружение. Шесть лет упорного труда, бездны изобретательности, неутомимой, чисто американской настойчивости и около 750 миллионов рублей ¹⁾ — потребовало для себя сооружение Панамского канала...

Первые же годы показали, насколько это сооружение необходимо для мореплавания. В 1915 году через канал прошло 1075 судов с общей вместимостью 3800000 тонн, в 1920 году прошло 2478 судов с 8546000 тонн, а в 1924 г. движение достигло 5230 судов с 26148000 тонн. Администрация канала взимает около одного доллара с тонны, но еще не скоро удастся судовыми сборами покрывать издержки по содержанию и проценты на затраченный капитал.

Для охраны канала с обоих его концов американцами построены солидные укрепления, вооруженные 16-дюймовыми пушками, бросающими снаряд на расстояние 40 километров.

Таково это крупнейшее и значительнейшее сооружение начала нашего века, которым, по справедливости, может гордиться американская со-

временная техника, сумевшая в короткий срок благополучно довести до конца труднейшие работы неслыханного размаха и осуществившая, наконец, то, что составляло мечту многих предприимчивых умов последних трех столетий.

Мы рассказали здесь лишь о нескольких сооружениях, где наиболее полно выявилась мощь техники нашего времени.. Было бы невозможно, хотя вкратце, описать все бесчисленное множество других интересных и значительных ее созданий, где часто с неменьшей яркостью проявляется техническое творчество в его неисчерпаемом многообразии.

Заключение.

В этой книге мы познакомились с главными путями развития человеческой техники, с тем, как улучшились способы добычи и обработки сырых материалов, на которых держится вся внешняя техническая культура человечества, — затем мы узнали, как совершенствовались приемы постройки и работы машин, облегчающих и заменяющих труд человека, как бесконечно усилилась мощь этих машин, как удалось совершить с ними ряд грандиозных работ мирового значения.

Автор далек от мысли, что ему удалось здесь исчерпать все эти глубоко интересные вопросы, имеющие для современного человечества такое огромное и жизненное отношение...

Вполне сознательно оставлен здесь пока в стороне ряд других важных моментов развития: энергетики, судоходства, путей сообщения, транспорта, авиации, печатного дела, химических производств, текстильной промышленности, постройки точных приборов, кинотехники и фотографии, техники благоустройства, техники социальной, техники военного дела, — все эти области настолько значительны сами по себе, что нуждаются в более подробном и самостоятельном изложении.

Как говорилось вначале, цель этой книги — в ряде систематических очерков осветить лишь те главные пути, по которым шло развитие современной техники, отчего на эту книгу надо смотреть лишь как на введение в изучение технических достижений последнего времени.

От примитивной кузницы — к гигантскому гидравлическому прессу, от ручной обработки — к автомату-станку, от глазомера — к точной разметке частей, от кустарной работы — к массовому производству, от ручной лопаты — к землечерпательной машине, от молотка каменщика к механической камнедробилке, от кирки — к динамиту, от сохи — к трактору, от рабского физического труда — к мощным современным машинам, от примитивного парового двигателя — к могучей экономичной турбине, от ручного привода — к электрическому мотору, — вот ход развития промышленной техники нашего века.

Невозможное вчера, — сомнительное сегодня, — становится осуществимым и мыслимым завтра.

Слово “невозможно” почти изгнано из обихода технического языка. “Невыгодно”, “ненужно” — вот чем будет скоро определяться граница технических достижений.

Воздушные корабли, поднимающие десятки пассажиров и несущиеся со скоростью нескольких сот километров за час, голоса человека и музыка, доносимая радио из-за океанов, управление машин посредством электрических волн, подводные броненосцы, пловучие города, электричество во всех областях нашей жизни, — ведь об этом мы сами читали когда-то в увлекательных повестях Жюль Верна, а сейчас это самая подлинная реальность, прочно вошедшая в быт культурных народов....

Можно даже сказать, что техника обогнала фантазию, и на долю последней здесь, на земле, для нее уже остается немного. Не даром мечта романистов, всегда опережающая свой век, обращается к небу, к далеким, загадочно влекущим планетам, с которыми техника завтрашнего дня, быть может, свяжет нас наяву.

Впереди необъятное поле работы, где физик-ученый, техник-изобретатель и вдумчивый социолог-мыслитель составят дружный и прочный союз.

Новые общественные отношения, новый социальный строй и связанные с ними новые формы быта, властно стучащиеся в двери старого мира, — определяют те пути, по которым пойдет техника завтрашнего дня.

Мы не знаем тех сроков, когда будут разрешены грядущие великие технические проблемы, но мы знаем одно, — что в деле раскрепощения труда человека, в деле освобождения и развития лучших сторон его духа — техника сыграет огромную и, быть может, главную роль...

Как радостен будет тогда свободный труд и свободное творчество человека, не знающие пределов своим дерзаниям в борьбе с непокорной природой...

— Мысль, свободная мысль — будет стимулом этого творчества.

— Техника, могучая техника — станет оружием этой великой борьбы....