

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

М. И. Михайлов

ИСТОРИЯ СТАНКОВ И ИНСТРУМЕНТОВ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2011

УДК [62:621.9](091)(075.8)
ББК 34.63-5гя73
М69

Рецензенты: каф. «Металлорежущие станки и инструменты» Белорусского национального технического университета (зав. каф. – канд. техн. наук, доц. *В. И. Туромша*);
доц. каф. «Материаловедение, обработка и упрочнение материалов»
Белорусского государственного университета транспорта канд. техн. наук,
доц. *С. В. Петров*

Михайлов, М. И.

М69 История станков и инструментов в контексте развития техники : учеб. пособие / М. И. Михайлов ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 405 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-008-9.

Изложена история развития станков и инструментов от древних времен до периода промышленной революции в контексте развития техники.

Для студентов машиностроительных специальностей вузов.

УДК [62:621.9](091)(075.8)
ББК 34.63-5гя73

ISBN 978-985-535-008-9

© Михайлов М. И., 2011
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение</i>	7
Глава 1. Эпоха каменных инструментов, орудий труда и технологий	10
1.1. Инструменты и технологии раннего палеолита	12
1.1.1. Дошелльская культура. Появление первых инструментов и технологий их получения	14
1.1.2. Шелльская культура. Совершенствование инструментов и технологий обработки	14
1.1.3. Ашэльская культура	15
1.2. Инструменты и технологии позднего палеолита	20
1.3. Инструменты и технологии мезолита	26
1.4. Инструменты и технологии неолита. Первый станок	30
1.4.1. Условия развития технологий обработки материалов	30
1.4.2. Развитие способов обработки каменных заготовок. Изобретение первого станка для обработки материалов	42
Глава 2. Античная эпоха (4 тысячелетие до н. э. – 5 в. н. э.). Первые автоматические устройства	48
2.1. Развитие науки и зарождение технических знаний	48
2.1.1. Совершенствование способов и устройств определения времени, местоположения и средств передвижения	48
2.1.2. Совершенствование способов передачи знаний	53
2.1.3. Совершенствование технологий	55
2.1.4. Зарождение и совершенствование устройств и механизмов	57
2.2. Роль Александрийской школы в систематизации и развитии накопленных знаний	63
2.3. Совершенствование способов обработки камня	83
2.4. Изделия из дерева и применяемый инструмент	89
2.5. Получение новых материалов	91

2.5.1. Возникновение горного дела, металлургии и обработки металлов	91
2.5.2. Инструменты и инвентарь из железа	105
2.6. Зарождение конструкций токарных станков для обработки материалов	108
Глава 3. Зарождение и развитие основных видов станков и инструментов в Средние века (5–16 вв.)	111
3.1. Условия и причины развития станков и инструментов	111
3.1.1. Развитие естественнонаучных знаний	114
3.1.2. Развитие способов и устройств передачи знаний	120
3.1.3. Создание первых измерительных приборов и устройств	126
3.1.4. Развитие технических знаний	129
3.1.5. Развитие ремесленного производства	144
3.1.6. Совершенствование приводных механизмов	146
3.1.7. Совершенствование механических устройств	149
3.1.8. Развитие техники для добычи и получения материалов	161
3.2. Зарождение и развитие основных видов обрабатывающих станков и инструментов	173
3.2.1. Токарные станки	174
3.2.2. Токарно-винторезные станки	181
3.2.3. Токарно-копировальные станки	185
3.2.4. Сверлильные и расточные станки	187
3.2.5. Станки для распиливания	190
3.2.6. Станок для насечки напильников	192
3.2.7. Абразивные станки	193
3.2.8. Совершенствование способа изготовления зубчатых колес	198
3.2.9. Материалообрабатывающие инструменты и оснастка ремесленного производства	198

Глава 4. Развитие станков и инструментов в мануфактурный период (1601–1760 гг.)	204
4.1. Условия и причины совершенствования станков и инструментов	204
4.1.1. Основные особенности мануфактурного производства	204
4.1.2. Сближение техники с наукой и развитие технических наук	205
4.1.3. Совершенствование привода оборудования	208
4.1.4. Совершенствование механизмов и приборов	216
4.1.5. Развитие способов получения металлов и изделий	239
4.2. Развитие материалообработки и совершенствование станков из них	242
4.2.1. Токарные станки	246
4.2.2. Токарно-винторезные станки	255
4.2.3. Токарно-копировальные станки	260
4.2.4. Сверлильные и расточные станки	274
4.2.5. Строгальные станки	277
4.2.6. Зуборезные станки	283
4.2.7. Прорезные станки	289
4.3. Материалообрабатывающие и измерительные инструменты	291
Глава 5. Станки и инструменты периода промышленной революции (1761–1870 гг.)	295
5.1. Условия развития станков и инструментов	295
5.1.1. Переход от мануфактуры к машинному производству	295
5.1.2. Развитие технической науки и образования	295
5.1.3. Совершенствование приводов машин и развитие транспорта	302
5.1.4. Совершенствование стрелкового оружия и артиллерии, проблемы обработки	325
5.1.5. Механизация основных технологических процессов ...	328
5.1.6. Совершенствование горного дела и материалообработки	338

5.2. Расширение номенклатуры металлообрабатывающего оборудования и зарождение станкостроения	360
5.2.1. Универсальные токарные станки и автоматы	362
5.2.2. Токарно-копировальные станки	367
5.2.3. Токарно-винторезные станки	370
5.2.4. зуборезные станки.....	377
5.2.5. Стругальные и долбежные станки	379
5.2.6. Фрезерные станки	389
5.2.7. Сверлильные и расточные станки	391
5.2.8. Абразивные станки	400
5.2.9. Зарождение станкостроения	401
5.3. Материалообрабатывающие инструменты.....	402
<i>Литература</i>	405

ВВЕДЕНИЕ

Инструменты относятся к первым орудиям труда. С их созданием началось шествие человека по историческим ступеням развития. Первые каменные топоры, молоты, тесла и другие инструменты (орудия труда) сыграли исключительно важную роль в становлении человека. Они провели грань между человеком и остальным животным миром. Инструменты стоят у истоков цивилизации. Им принадлежит самая деятельная роль в ее развитии.

В настоящее время наиболее широкое распространение получили инструменты механического, силового действия, которые в общем плане можно разделить на ручные и машинные. Первый человек непосредственно держит в руке и осуществляет с их помощью полезную работу. Труд становится более производительным и менее утомительным, когда на помощь приходят станки, которые выполняют требуемые для обработки движения.

Среди экспонатов каменного века в музеях бережно хранят каменные орудия. Не спешите с равнодушием и превосходством человека 21 в. проходить мимо. Остановитесь, вслушайтесь в далекую тишину веков... И камни оживут: они уже не безмолвные экспонаты музея, а единственные инструменты в руках древнейшего человека, величественные свидетели и самые непосредственные участники его борьбы за выживание.

Чего проще, скажет любой из нас, соединить камень и палку и сделать... топор или молот? Чего проще, например, перенести отверстие с тупой стороны иглки на противоположную сторону, поближе к его острию? Очень просто! Но это простое решение было предложено сравнительно недавно, в прошлом веке, и только оно позволило создать первую швейную машину, перейти от ручного шитья к машинному, вызвать бурный рост швейно-машинного производства. А ведь иглами для шитья человечество пользуется много тысяч лет...

Чего проще сделать колесо? Любой мальчик изготовит его быстро. В центр круглого диска он вставит ось и... колесо готово! Однако многие высокоразвитые древние цивилизации, которые прокладывали в джунглях и в горах широкие дороги, строили храмы высотой более 60 м из массивных каменных блоков, имели высокоточные календари и серьезные познания в математике, не знали колеса. Это простое, но важное для развития техники и общества конструкторское решение так и не было ими найдено...

Чего проще придумать действующую модель планера или вертолета по детскому конструктору? Как сделать, в нем все описано, надо только потрудиться. А ведь великий механик, строитель, ученый и художник эпохи итальянского Возрождения Леонардо да Винчи, предложивший впервые в 15 в. идею вертолета и сделавший чертежи, так никогда и не запустил его в воздух...

Лежат отдельно на прилавке головка и рукоятка. Ну что ж, вас это несколько не смущает, потому что вы знаете: нет ничего проще, чем взять эту головку и насадить ее на рукоятку. Вам в эту минуту и в голову не приходит, что за вашим знанием стоит опыт поколений, он достался вам в наследство. И началось накопление опыта с тех давних-предавних времен, когда какому-то сообразительному первочеловеку пришло в голову соединить вместе камень и палку, чтобы получилось удобное орудие для охоты.

Впрочем, гениальные идеи о первых людях высказывались еще задолго до открытия Дарвина. В 1 в. до н. э. римский философ Лукреций Кар предположил, что случайно найденные шлифованные камни были обработаны человеческой рукой. Он считал, что человек появился в результате длительного развития, он разделил также всю предшествующую историю человечества на три периода – каменный, бронзовый и железный – в зависимости от того, из какого материала изготавливались в то время орудия труда.

К сожалению, Древний Рим был завоеван и разорен варварами, в итоге великая культура пришла в упадок, были утрачены многие научные труды, в том числе и сочинения Лукреция Кара.

В Средние века люди, встречая обработанные камни «ведьмины пальцы», приходили в ужас, потому что не находили объяснений этому «чуду». В 17 в. француз Исаак де Перейра случайно откопал несколько подобных камней, которые так заинтересовали его, что он решил заняться дальнейшим их поиском. Со временем у него появилась целая коллекция. Де Перейра посвятил своим находкам книгу, где высказал предположение о том, что еще задолго до библейского Адама жили люди, которые были способны изготавливать каменные орудия и пользовались ими.

Книга вызвала большое негодование. По решению святейшей инквизиции в 1655 г. ее сожгли на костре, а сам де Перейра подвергся пыткам.

Непросвещенностью в вопросах своей истории отличались не только люди средневековья. Когда Наполеон Бонапарт отправился завоевывать Египет, он очень удивился, увидев в песках пустыни ги-

гантские пирамиды. В Европе о Древнем Египте тогда почти ничего не знали, не говоря уже о временах более отдаленных. Но именно с середины 19 в. началось углубленное изучение истории человечества. Вторжение Наполеона в Египет положило начало исследованию исторических памятников тех мест. Ученые и инженеры из Франции стали приезжать на берега Нила, изучать и описывать увиденное.

Ученые Парижской академии наук были поражены, когда на одном из ее заседаний в 1838 г. директор провинциальной таможни, некто Буше де Перт, продемонстрировал странную коллекцию, состоящую из грубых, со сколами и отверстиями, кремней, шлифованных камней самых разнообразных форм и размеров. Но потрясение ученые мужи испытали, когда Буше де Перт назвал в своем докладе эти предметы изделиями человеческих рук. «Какого человека?» – возмутились ученые. В результате предположение самоучки-археолога де Перта никто не поддержал. Но он не сдавался. И вскоре понял, что его открытие, выражаясь современным языком, нужна реклама. Через год он снова вернулся в Париж, где устроил выставку своих камней и стал выступать с публичными лекциями перед сотнями людей. Они слушали его как замороженные. Еще бы! Представьте себе, что вы ничего не знаете о своей родословной, и вдруг вам рассказывают о симпатичном звероподобном родственнике с каменным топором в руках. Правда, о внешнем облике древних людей в те годы не имели никакого представления.

Металлорежущие станки по своей конструкции являются преемниками механизмов, предназначенных для производства изделий из древесины, камня и кости. От своих предшественников металлорежущие станки унаследовали основные принципы устройства и действия.

Возможность получения гладких поверхностей с помощью вращательного движения изделия или инструмента стала известна человеку в весьма отдаленную эпоху. Уже добывание огня трением показало возможность получения тела вращения и соответствующей формы отверстия. Первые устройства для получения поверхностей вращения нельзя отнести к какой-либо группе станков (токарной, сверлильной, шлифовальной) в современном представлении. Эти устройства были элементарно просты и универсальны. Путем усовершенствования на протяжении тысячелетий они превратились в станки. Токарный станок является наиболее старым. Он играл ведущую роль среди устройств для резания материалов. Значение станков токарной группы сохраняется и в современном машиностроении, несмотря на то что многие виды работ выполняются в настоящее время другими станками.

Глава 1. ЭПОХА КАМЕННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ, ОРУДИЙ ТРУДА И ТЕХНОЛОГИЙ

К инструментам всегда относились с почтением, а в древности даже с суеверием. Особенно много суеверий было вокруг каменных орудий первобытного человека. Так, римский полководец Гальба верил, что каменные топоры обладают предсказательной силой. Случайно обнаруженные каменные орудия служили талисманами; их носили на груди для храбрости; ели в перетертом виде с пищей, чтобы самому быть здоровым; подсыпали пудру из каменных топоров и молотков в вино и пищу врагам и недругам, чтобы их одолел недуг и чтобы от них отвернулось счастье; клали топор под крышу дома, чтобы не было пожара. По утверждению Плиния Старшего, наличие каменного талисмана у полководца помогает взятию городов. Не мудрено, что в наполеоновские времена топор стал эмблемой власти.

Около 16 млн лет назад огромные зеленые леса простирались с востока Африки до ее западного побережья и с юга к северу через Сахару, занимая практически весь континент, а также большую часть Европы и Азии. На этих просторах обитали гоминиды – предки современных людей и высших обезьян. Жили они на деревьях и питались растительной пищей, имеющейся вокруг в изобилии. Но постепенно климат на Земле менялся. Одна из главных причин этого явления – перемещение континентов. Сильные похолодания, случившиеся примерно 7–12 млн лет назад, привели к исчезновению большинства видов гоминидов. Из тех, кто выжил, почти все перекочевали туда, где частично остались леса и сохранились прежние условия среды обитания.

И все же один из видов приматов приспособился к новым условиям жизни на открытых пространствах, что и побудило их, вероятно, к хождению на двух конечностях – более удобному в условиях открытого ландшафта.

В течение 10 млн лет огромное влияние на состояние жизни на Земле оказывали полярные ледники. Более низкая температура и снижение количества осадков во время ледниковых периодов привели к сокращению площади лесов и к изоляции видов в пределах каждого из них.

В начале 1997 г. в долине реки Аваш в Эфиопии ученые из Рутгерского университета (США) нашли более тысячи древнейших каменных орудий, возраст которых – 2,5–2,6 млн лет.

Изготавливались они несложным способом: гоминиды ударяли одним камнем о другой и в результате получали предметы с острыми краями. Такие орудия легко вспарывали даже кожу слона. Эти крайне примитивные предметы использовались не только для разделывания туш животных, но и для разрубания костей.

Там же была обнаружена челюсть самого древнего на сегодняшний день представителя человеческой «родословной» – *Homo habilis* («человека умелого»), возраст которого примерно 2,3 млн лет. Очевидно, самые древние из найденных инструментов (орудий) старше самых древних известных останков человека. Отсюда следует, что на самом деле возраст *Homo* составляет 2,6 млн лет. Начало изготовления инструментов (орудий) означало наступление новой эры в эволюции человека. Рубеж в 2,3–2,6 млн лет является временем, когда на равнинах Африки появились существа, которые и стали прямыми предками людей.

Древние инструменты (орудия труда) представляли собой гальки, оббитые несколькими сколами с одного конца, а также отщепы, отколотые от этих галек. Вначале при подобной обработке камня никакой системы в процессе скалывания не было – удары наносились беспорядочно. Но можно вполне реально представить себе, как у человека появилось сознательное желание обработать камень. Известно, что многие животные пользуются камнями, чтобы раздробить добычу или разделить ее на части. Обезьяны, например, камнем разбивают орехи. Вполне вероятно, что однажды человек случайно ударил по лежащему камню, от которого откололся кусок с острым краем, удобным для разрезания чего-нибудь. Наверное, это удивило первобытного человека-умельца, и он попытался повторить движение не один раз. Так будущий человек учился изготавливать первые инструменты, а потом, видимо, стал учить этому сородичей. Однако, чтобы этот процесс стал сознательным и волевым, понадобилось от 500 тыс. до 1 млн лет, в течение которых совершенствовались мозг древнего человека и, соответственно, его мышление и язык. Этот процесс называется антропогенезом, т. е. становлением человека. Завершился он 800–600 тыс. лет назад.

1.1. Инструменты и технологии раннего палеолита

Ранний палеолит (от греч. palaios – древний + lithos – камень) продолжался от возникновения первобытного человека до примерно 40 тысячелетия до н. э. Этот промежуток времени делится последовательно на четыре культуры: дошелльскую (галечную), шелльскую (г. Шелль), ашэльскую (местность Сент-Ашэль), мустьерскую (пещера Ле Мустье).



Рис. 1.1. Местоположение археологических памятников раннего палеолита (окончание см. на с. 13)



Рис. 1.1. Окончание (начало см. на с. 12)

В период дошелльской культуры землю населяли питекантропы, на смену которым в период шелльской культуры пришли синантропы, а в ашёльской и мустьерской – неандертальцы. Все они переживали эпоху дикости, которой соответствовали присваивающие отрасли хозяйства, сначала собирательство (первая ступень), потом дополнившееся охотой (вторая ступень), а впоследствии и рыболовством (третья ступень). Их первобытнообщинная формация укладывается в два этапа: первобытное человеческое стадо – в период дошелльской культуры и раннюю матриархальную родовую общину собирателей, охотников и рыболовов – в последующие культуры (шелльскую, ашёльскую и мустьерскую). Археологические памятники позволяют определить первые очаги культур раннего палеолита (рис. 1.1).

1.1.1. Дошелльская культура. Появление первых инструментов и технологий их получения

Дошелльская культура представляет древнейший период в истории (ок. 2 млн – 400 тыс. лет до н. э.), когда люди научились применять палки и камни в качестве орудий труда и освоили начальные приемы их обработки.

Если самые первые орудия, применявшиеся австралопитеками, представляли случайные, необработанные камни с острыми краями и обыкновенные палки, то затем первобытные люди (питекантропы) начали подвергать их примитивной обработке – раскалывать камни и заострять палки. Последнее можно только предполагать, т. к. изделия из дерева до наших дней не сохранились.

Характерными для данного периода были грубые орудия из целых галек, грубо отесанных только с одной стороны, а также грубые массивные отщепы, получаемые при раскалывании крупных камней. Поэтому дошелльская культура и получила название галечной.

1.1.2. Шелльская культура. Совершенствование инструментов и технологий обработки

В шелльской культуре (ок. 400–100 тыс. лет до н. э.) техника изготовления и использования первобытным человеком (синантропом) каменных орудий уже вполне сложилась (рис. 1.2). Материалом чаще всего служил кремь – достаточно распространенный и чрезвычайно твердый минерал, который мог раскалываться на тонкие пластинки (отщепы) с острыми краями, обладающими превосходными режущими свойствами.

Жили люди небольшими стадами, или ордами. Орудия труда, пища, очаг – все находилось в общем владении стада. Постоянных поселений не было, кроме естественных укрытий типа пещер.

Homo erectus (человек прямоходящий) – группа типов перволодей, в которую входят питекантроп, синантроп и гейдельбергский человек.

Основным орудием труда было «шелльское рубило» – массивный камень миндалевидной, овальной или копьевидной формы с гладкой пяткой для упора ладонью и заостренной режущей частью. Рубило было универсальным по своему назначению и позволяло с помощью мощных ударов рубить, а также резать и копать землю. Кроме того, оно было незаменимым оружием для охоты, при защите и нападении.

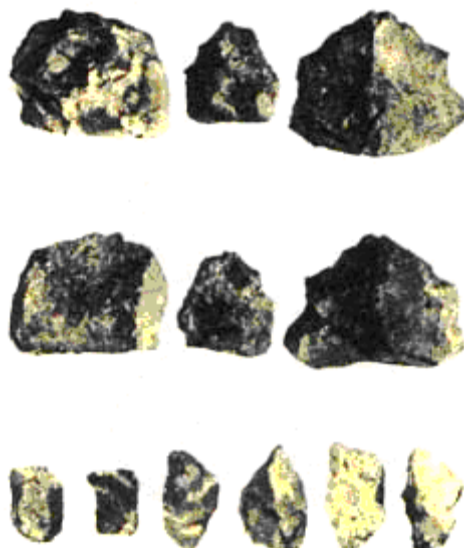


Рис. 1.2. Археологические находки. Каменные инструменты (орудия) синантропа

Первоначально оно изготавливалось техникой скалывания: куску камня придавалась нужная форма путем нанесения ударов другим камнем – отбойником. Каждый удар должен был попасть в намеченную точку, в противном случае вся работа повторялась. Имели большое значение подбор отбойника, положение камня во время обработки, точный расчет силы удара и многие другие факторы.

Для изготовления рубила древний человек использовал обычно кремь, а также базальт, кварцит, порфир или окаменелое дерево.

В раннем палеолите появляются речь и способность выражать свои впечатления и мысли, все это на ранних этапах активно дополнялось мимикой и жестами. Вместе с появлением слова стала складываться вторая сигнальная система, т. е. способность реагировать на слова, обнаруживались и зачатки абстрактного мышления.

1.1.3. Ашэльская культура (ок. 100–40 тыс. лет до н. э.)

Наиболее распространенным стал неандертальский тип, более близкий по своему физическому строению к современному человеку. Ученые-археологи относят орудия труда неандертальцев к так называемому мустьерскому периоду (по названию пещеры Ле Мустье во Франции). Изготавливались они в основном из пластин и отщепов, отколотых от исходного камня (ядрища или нуклеуса) (рис. 1.3).

Первобытный человек использовал также кости и рога животных для производства мелких заостренных инструментов (орудий).

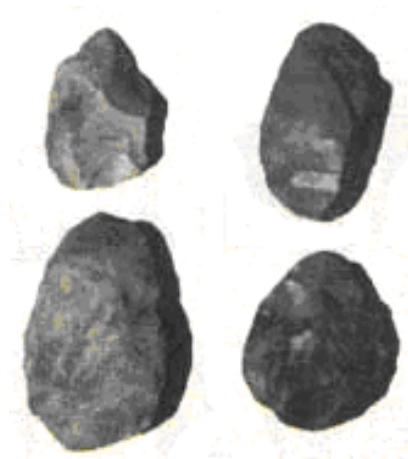


Рис. 1.3. Археологические находки. Ручные рубила

Неандертальцам пришлось жить в самые суровые времена – в ледниковый период.

Каменные инструменты продолжали совершенствоваться, улучшалась техника их изготовления. Появились новые их виды, такие, как каменные скребло для выскабливания и сверла-проколки для высверливания углублений и отверстий.

Ашэльский человек, наряду с техникой крупных сколов, овладел также техникой ретуши (от фр. *retouche* – исправление), заключающейся в «исправлении» формы исходной заготовки путем отделения от нее мелких пластинок с помощью частых несильных ударов. Такая техника в сочетании с точностью нанесения ударов умелой рукой позволяла придавать орудиям более правильные геометрические формы, а их лезвиям – прямоту и остроту.

Инструменты стали не только более изящными, но и меньшими по весу (рис. 1.4).

Для жилья ашэльский человек чаще всего приспособлял пещеры, гроты и другие естественные, природные укрытия, но постепенно начал осваивать и технику строительства искусственных жилищ. Вначале это были простейшие шалаши из жердей, опирающихся на центральный столб и накрытых ветвями, с очагом посередине (рис. 1.5).

Огромную роль начал играть огонь, который ашэльский человек использовал не только для обогрева своего жилища, но и для защиты от хищников, а также для поджаривания мяса животных, съедобных плодов и корней. Это улучшило и разнообразило питание человека, обеспечило более комфортные условия его существования и позволило выжить в условиях резкого похолодания, связанного с самым длительным в истории Земли оледенением. К тому же была проведена еще более резкая грань между человеком и остальным животным миром.

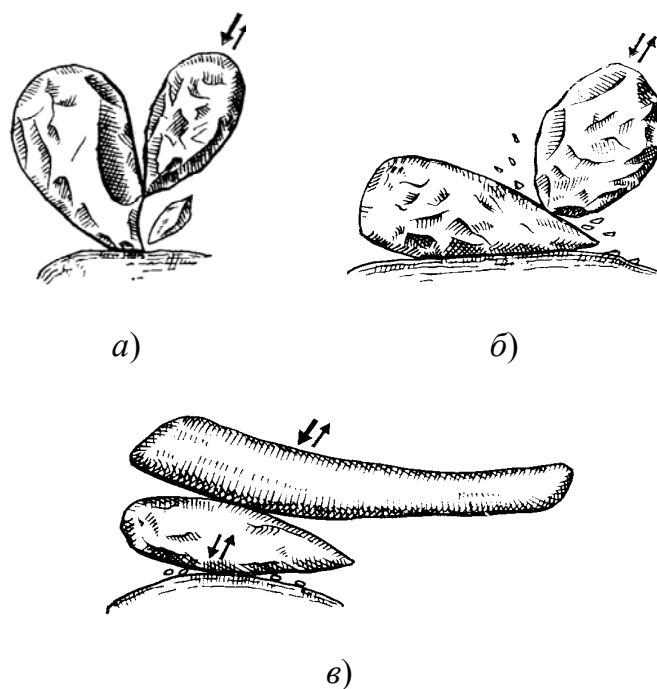


Рис. 1.4. Схемы способов обработки камня: *а* – сколом крупных кусков; *б* – ударной ретушью; *в* – контрударной ретушью

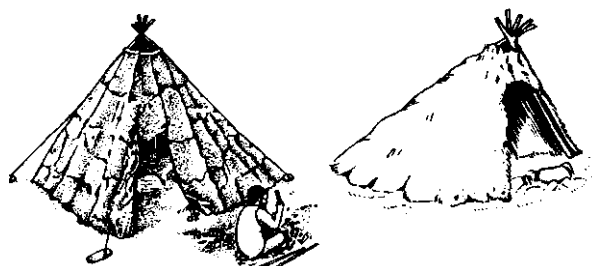


Рис. 1.5. Поселение Бердыж Чечерского р-на (реконструкция жилищ)

Резкое похолодание заставило человека изобретать одежду, в качестве которой использовались шкуры убитых животных, сначала в невыделанном виде, а затем человек начал осваивать и технологию выделки кож.

Но первые костры зажглись не там, где можно было бы ожидать – не в северных краях, а в Африке и Южной Азии. Это предположение доказала находка, сделанная в Кении: возле озера Баринчо экспедиция палеонтологов и археологов обнаружила остатки кострищ, которые горели там 1,5 млн лет назад.

Неандертальцы были существами среднего роста, мускулистыми, очень сильными и подвижными. Сила кистей рук неандертальца в 6–7 раз превышала среднюю силу кисти современного человека.

Но сами получать огонь люди палеолита еще не умели.

В Китае есть пещера Чжоукоудянь. В ней была найдена древняя стоянка прямоходящих людей.

Когда археологи впервые попали туда, в одном из углов древнего жилища они обнаружили удивительно мягкую почву. В ходе раскопок причина этого была найдена, под лопатой археолога оказалась зола. Ее слой был огромным – 6,5 м. А это означает, что огонь в пещере Чжоукоудянь горел изо дня в день, из месяца в месяц сотни лет! Все это время люди бережно поддерживали его, не давая угаснуть.

Неандертальцы открыли способ получения мягких шкур: ползая долгое время на полу пещеры, снятые с животного шкуры становились гораздо мягче.

А снимались они уже более совершенными инструментами – первыми ножами (рис. 1.6, 1.7).

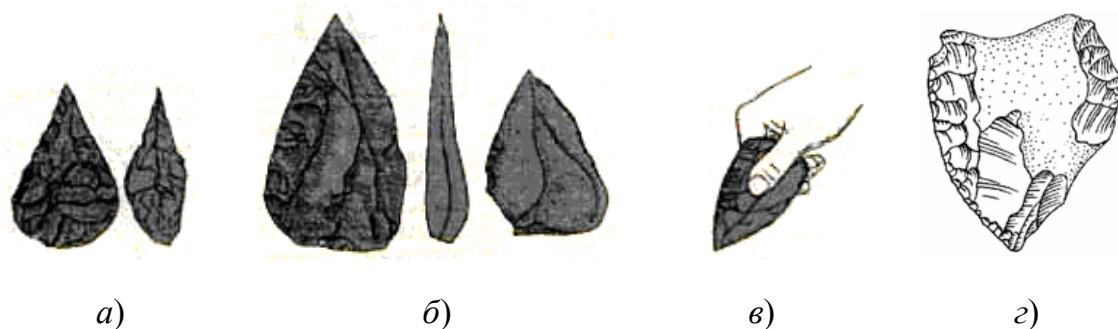


Рис. 1.6. Археологические находки. Инструменты эпохи раннего палеолита: а – ашэльского типа; б – леваллуазско-мустьерского типа; в – способ держания в руке; г – рубило, выполненное человеком неандертальского типа (д. Подлужье, Чечерский р-н, Гомельщина)

Небольшие тонкие отщепы применялись для резания и прокалывания. Такой инструмент – проколка – использовался в качестве иглы. С его помощью люди научились скреплять края шкур.

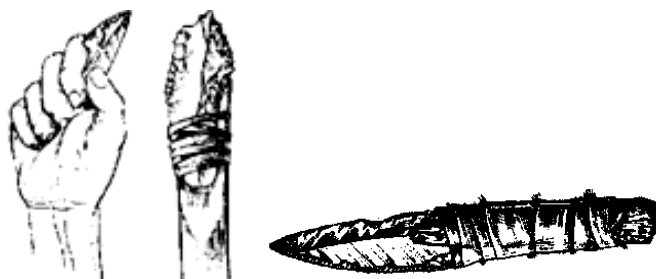


Рис. 1.7. Археологические находки. Кремневые ножи (д. Юровичи, западная Гомельщина)

В период мустьерской культуры обработка шкур осуществлялась с помощью каменных скребков, которые в последующей культуре становились более удобными и совершенными (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Обработка кожи двуручным способом

В обработке материалов появились новые приемы, например, сверление. Первоначально люди применяли одноручный способ сверления (рис. 1.9, а–в). На смену ему пришел двуручный способ, когда между ладонями стал вращаться деревянный стержень с кремневым сверлом (рис. 1.9, г, д).

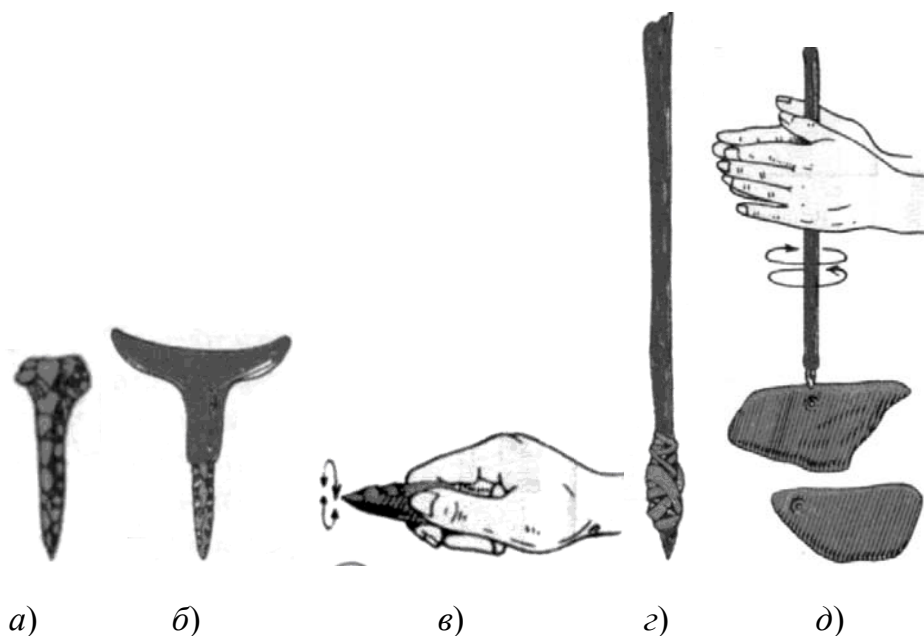


Рис. 1.9. Сверла и способы обработки ими

Из сверленного камня изготавливали в основном бусы и подвески. Рубило первобытного человека можно назвать «первородителем» почти всех древних инструментов: долота, шила, скребка, кирки, мо-

тыги, молота, плуга и многих других. Но в первое время все функции этих инструментов соединялись в одном.

Более миллиона лет рубило не изменялось, оставалось небольшим по размерам, достигая в длину 12–15 см. Чтобы разбить камень или раздробить кость для добычи костного мозга, или выполнить другие необходимые действия, человек умелый, прямоходящий, должен был зажать рубило в кулаке.

1.2. Инструменты и технологии позднего палеолита (40–13 тыс. лет до н. э.)

Найденные останки человека, датируемого около 40 тыс. лет назад, называли кроманьонцем. Он был более совершенный, чем неандерталец. В сущности, кроманьонцы были очень похожи на современных людей. Новые люди уже не напоминали зверей: их лоб стал более высоким, появился подбородочный выступ, руки не имели столь мощной мускулатуры, зато стали более гибкими, ловкими, умелыми. Этими руками кроманьонец мог не только изготовить искусное оружие, но и отшлифовать его.

Кроманьонец стал выполнять более сложные операции и одним рубилом уже не мог обойтись. Ему для выживания необходимо было вырубать большие участки леса под поля, выдалбливать из огромных стволов лодки, строить жилье из бревен. Его удар должен был быть резким и сильным. Такой удар можно было нанести с помощью дубины. Она имела рукоятку, но была тупой, а вот рубило было острое, но его приходилось держать в руке. Так, видимо, возникла идея соединить их, т. е. прикрепить к дубине острый камень. Основные области расселения кроманьонцев приведены на рис. 1.10.

Стали появляться деревянные утварь и посуда. До того времени человек обходился без посуды: мясо рвал пальцами, воду зачерпывал пригоршнями. Но потом он понял, что в скорлупу кокосового ореха или в панцирь черепахи воды помещается гораздо больше, да к тому же ее можно переносить. А чтобы не пачкать кусок мяса о землю, под него нужно подложить листья лопуха. Осознав пользу такой «посуды», человек стал искать ее в окружающей природе, а если не находил, пытался сделать своими руками. Позже пришла идея использовать в качестве емкости бурдюк – кожаный мешок для воды. Для этого с убитого животного человек снимал шкуру, надрезая ее только у шеи и завязывая узлом кожу, снятую с ног. Любопытно, что подобные бурдюки используются и в наше время.



Рис. 1.10. Основные области распространения (на карте заштрихованы) и направления движения (указаны стрелками) культур позднего палеолита

Этим периодом датируется и корзина. Возможно, сначала первобытная женщина стала заплетать в косы свои волосы, чтобы они не мешали, а затем этим способом стала плести корзины из гибких зеленых веточек. Перепробовав различные растения, она обнаружила, что для плетения корзины лучше всего подходят прутья ивы. Кроманьонцы довели искусство плетения до такого совершенства, что носили в плетенках воду и древесный сок.

Человек становился все более искусным охотником. Охотился он тогда в основном на мамонтов, лошадей и северных оленей. Мамонт имел весьма слабое зрение, так что подкрасться к нему в высокой траве и вонзить копье не составляло для человека большого труда. А вот при охоте на диких лошадей первобытные люди внезапно нападали на табун и гнали его либо к обрыву, либо к ограждению, где животные гибли, а оставшихся в живых охотники добивали. Кроме того, для ловли лошадей и оленей использовался аркан.

Копья первобытных охотников оснащались деревянными, обожженными на огне, либо костяными острыми наконечниками. Идея обжигать острие копий на огне, т. е. «закалывать», могла

родиться в тот момент, когда охотники помешивали угли горящего костра острием копья. А быть может, острые концы копий случайно оказались в горячей золе притушенного костра или на едва тлеющих углях. Как бы то ни было, но понадобилась наблюдательность и умение сопоставлять факты, чтобы понять, каким же образом концы копий становятся твердыми как камень. А когда люди поняли это, то в их руках оказалось грозное оружие.

Если костяной или каменный наконечник вставить в копье, то оно будет обладать более высокой пробивной способностью и долговечностью. Каменные же наконечники были более твердыми, острыми и наносили более тяжелые раны, чем деревянные. Кремневые наконечники имели листовидную форму и зубчатые края, благодаря чему проникали глубоко в тело животного.

Арсенал вооружения человека в эту эпоху дополнился механическим приспособлением – копьеметалкой, что позволило увеличить дальность полета дротика до 70–80 м. Копьеметалка представляет собой дощечку с упором, придававшую копью или дротику скорость вдвое большую, чем это могла сделать рука человека.

Ведь даже самый сильный охотник не бросал копье на расстояние дальше 50 м. Но со временем у человека появилось ощущение, что если бы его рука была длиннее, то копье полетело бы дальше. Тогда он нашел корявый сук, зацепил за его выступ копье, придерживая его для начала другой рукой, и постарался сделать привычное метательное движение. Постепенно охотник научился технике броска, и выпущенное из копьеметалки копье летело уже на расстояние 100 м.

Если копье вонзалось в тело животного неглубоко и выпадало из раны, то раненое животное убегало. Зная, как плохо вытаскиваются из туши перебитые кости животного, как они цепляются острыми зазубренными краями за мясо и что вытащить их нелегко, человек стал делать зазубрины по острым краям наконечника костяной стрелы. Так была пройдена половина пути к появлению оригинального изобретения – гарпуна. Несколько позже был придуман съемный наконечник, ведь порой копье ломалось и раненый зверь уносил с собой драгоценный наконечник. Чтобы избежать этого, кроманьонец привязал к наконечнику ремешок, конец которого он держал в руке. Теперь у человека был полноценный гарпун.

Основным жилищем человека в горных районах по-прежнему оставалась пещера, однако и она совершенствовалась: пол выстилался

ветками, мхом, шкурами; там устраивали очаг, ставили заградительные стенки, каменные перегородки. Позже пол начали выкладывать известковыми плитами; из них же вблизи пещер выкладывались мостовые и площадки.

Но эти усовершенствования пещерного жилища не могли избавить его от главного недостатка – оно «привязывало» людей к одной местности. Потребность в освоении равнинных земель заставила людей учиться сооружать искусственные наземные укрытия. Так возникла идея сооружения шалашей. Сначала его делали из жердей, переплетенных гибкими ветками. Потом, когда люди научились выделывать шкуры, они обтягивали ими жилища и утепляли их. Позже шалаш ставили над землянкой и там прятались от сильного ветра. А на юге, в субтропиках, шалашаи обмазывали глиной. Но независимо от используемого материала шалашаи на протяжении всего каменного века имели конусообразную форму.

В жилище имелся очаг, который освещал и обогревал помещение. К концу позднего палеолита для освещения жилища стали использовать каменные лампы, представляющие собой плоские с выдолбленным в них углублением для жира и фитиля.

Во время позднего палеолита появились первые лодки. Но сначала человек придумал плот, затем стал плести лодки из гибкого камыша (папируса), и только потом появилась лодка из бревна. В нем либо выдалбливалось, либо выжигалось углубление, иногда комбинировались оба эти способа: сначала выжигали углубление, а затем очищали его каменными топорами. Жерди и лопатки использовали как весла.

Для изготовления изделий из дерева требовался новый инструмент. Люди пробовали разные способы крепления каменного рубила к рукоятке: вбивали в дубину один из заостренных концов камня, привязывая его сыромятными ремнями, вставляли камень в рукоятку, предварительно заполнив отверстие в ней клеящим веществом (рис. 1.11). Но только с изобретением приемов сверления удалось прочно закрепить камень.

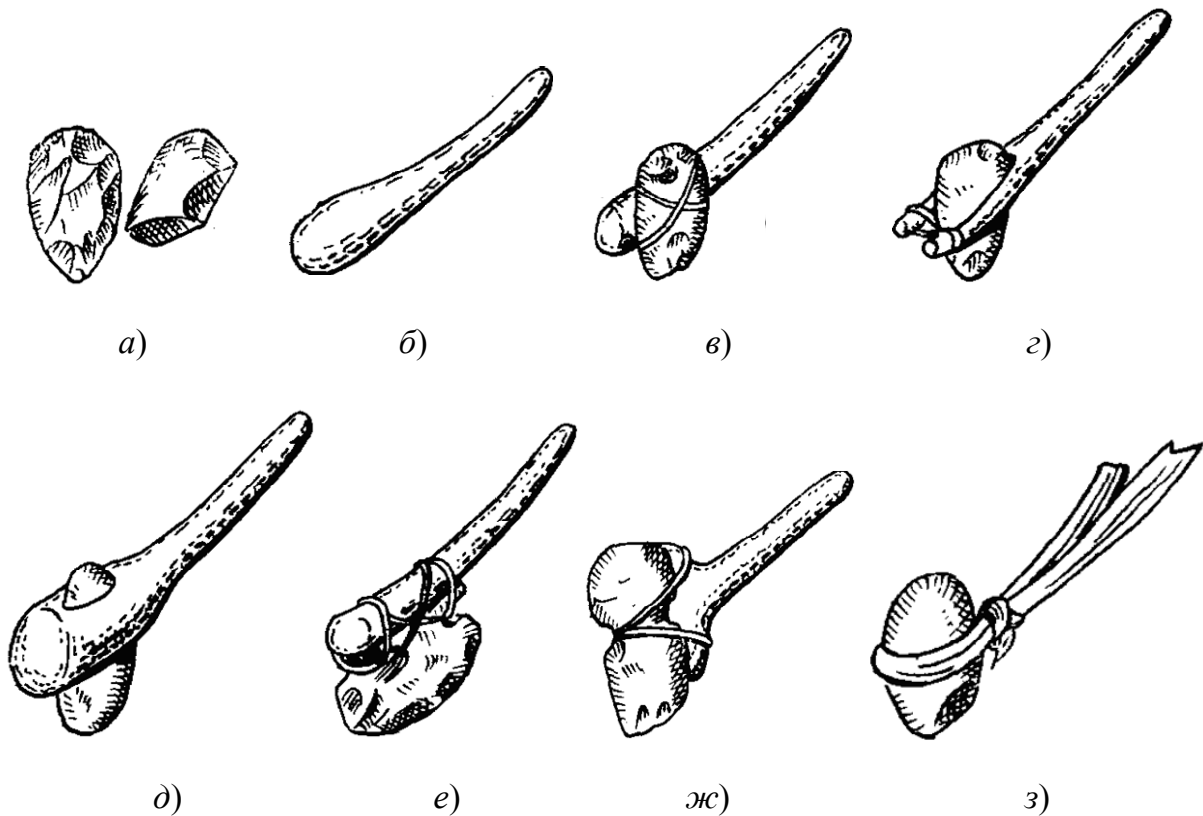


Рис. 1.11. Рубила и каменные топоры: *а* – рубила; *б* – палка-дубинка; *в* – камень привязан сбоку; *г* – зажат рогатиной; *д* – вбит в древко с утолщением; *е* – камень с двумя обработанными канавками для фиксации ремня; *ж* – камень привязан в рукоятке с ее торца; *з* – просто обвязан ремнем

Для получения ударной части таких инструментов требовался новый способ обработки – шлифование, который, как и пиление, возник лишь в этот период. В среднем палеолите свидетельства подобных умений встречаются редко – лишь в виде следов пиления и кремневых пилок. Пилками разделяли на части мягкие поделочные камни, из которых затем изготавливались украшения. Шлифовка твердых пород была более трудоемким делом по сравнению с обивкой и потому требовала большей выдержки и терпения. 6 тысячелетием до н. э. датируются первые зеркала – отшлифованные дощечки из обсидиана.

Орудия оставались в основном каменными, но расширился круг материалов, из которых они изготавливались – это были гранит, сланцы, железняк и другие породы. Они служили в качестве отбойников и плит для растирания зерен, камней для очагов и пола в жилищах, а также для других целей. Горная порода выламывалась кольями из крепких деревьев, а куски от нее отбивались отбойником.

Усовершенствовалась и техника обработки камня. Теперь она позволяла получать длинные массивные инструменты, похожие на

ножи с односторонним лезвием, а также короткие скребки, резцы и др. (рис. 1.12).

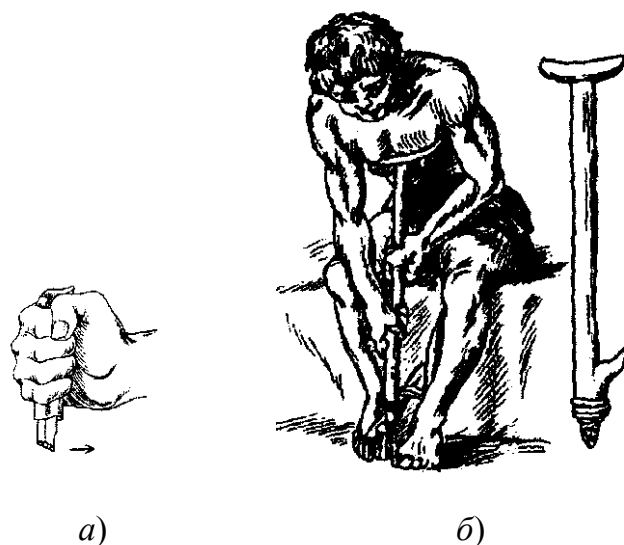


Рис. 1.12. Способы обработки: *а* – строгание; *б* – отжим обрабатываемых каменных заготовок

Наибольшее распространение получили инструменты для обработки кости и дерева – небольшие резцы, проколки, скребки, пластины с притупленным краем лезвия. Именно поэтому этот период называют веком кости. Из кости и рога изготавливали проколки, иглы с ушком, гарпуны, наконечники мотыг и копий, кирки и т. п., а также элементы украшений (рис. 1.13).

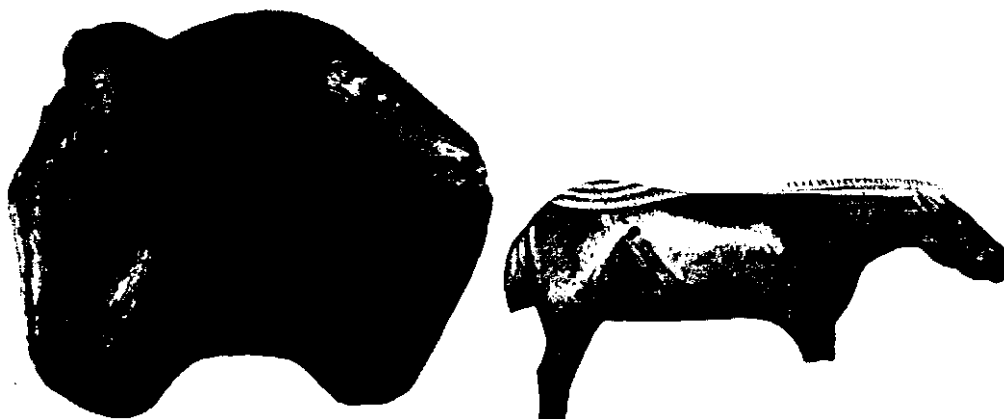


Рис. 1.13. Археологические находки. Фигурки мамонта и лошади с «попоной», изготовленные из бивня мамонта

Основными способами обработки кости и дерева были строгание и сверление.

1.3. Инструменты и технологии мезолита

Мезолит (от греч. mesos – средний + lithos) охватывает период с 13 до 6 тысячелетия до н. э. В Европе и Азии климат потеплел, ледники отступили на север. Культуры мезолита были обнаружены на всех континентах. На рис. 1.14 и 1.15 представлены систематизированные археологические находки культур.

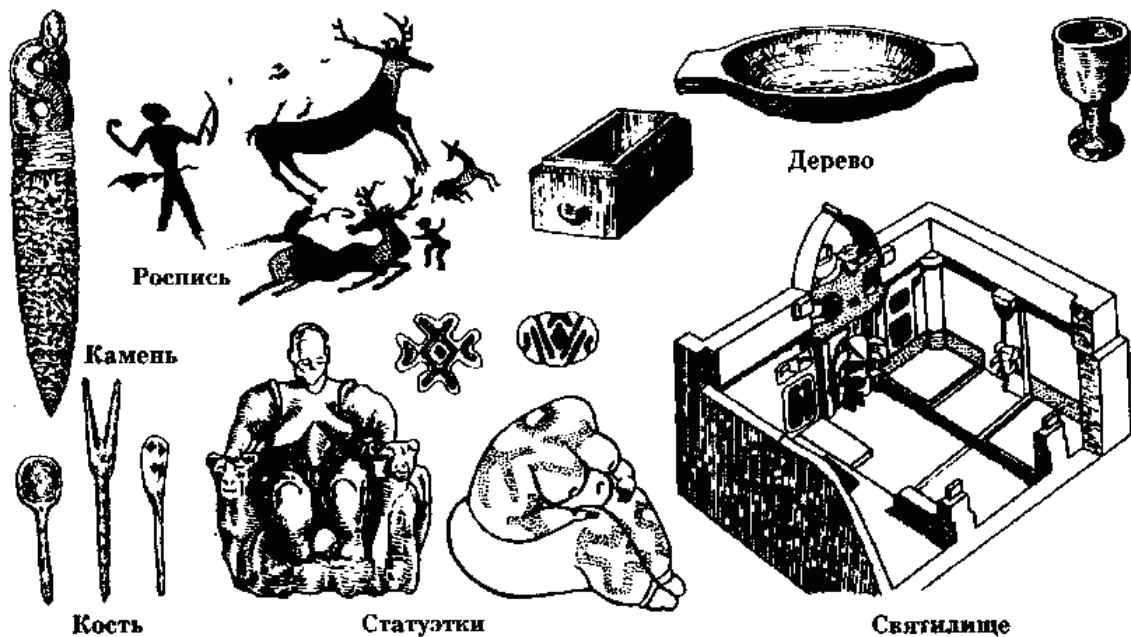


Рис. 1.14. Археологические находки. Чатал-Хююк, поселение в южной Турции (7–6 тысячелетия до н. э.)

Переход к занятиям земледелием сопровождался окультуриванием человеком дикорастущих злаков. Вначале люди просто пропалывали злаковые и вырубали кустарник, мешавший росту дикорастущих плодоносящих деревьев.

Кроме того, в этот период начали использоваться лук и стрелы.

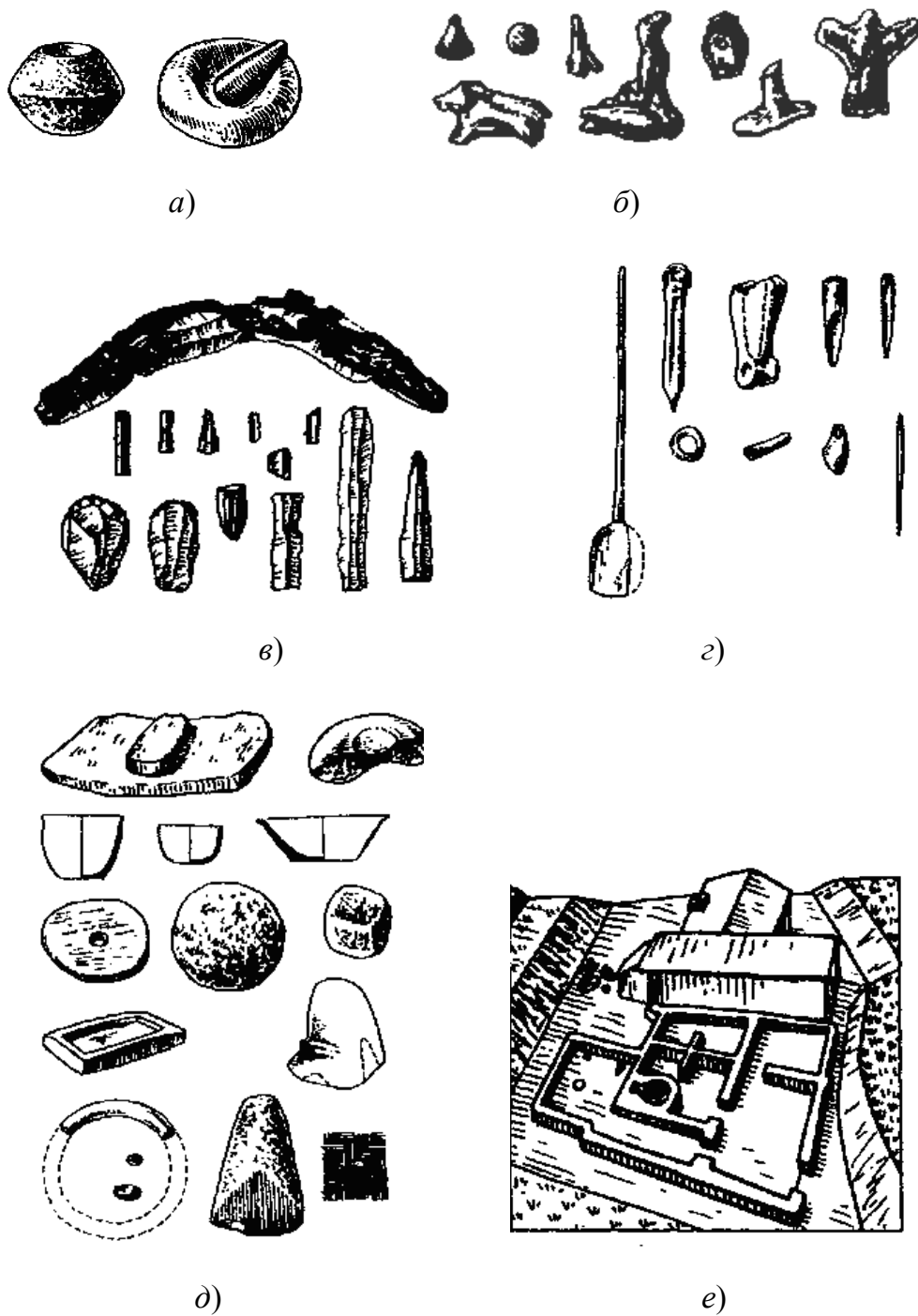


Рис. 1.15. Археологические находки. Джармо, древнейший в Месопотамии центр земледелия (Ирак, 7 тысячелетие до н. э.):
а – изделия из керамики; *б* – из терракоты; *в* – из кремня; *г* – из кости;
д – из камня; *е* – реконструкция жилища

Для возделывания и уборки культурных растений использовались специальные орудия труда и инструменты: серпы, ножи, цепи, мотыги из кости, мучные зерномолки со ступой (рис. 1.14–1.16).

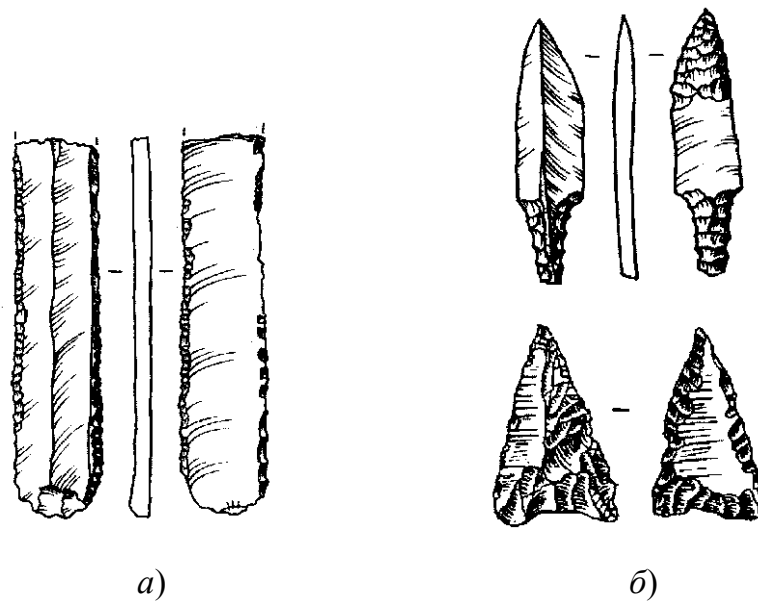


Рис. 1.16. Археологические находки: а – двухлезвийный нож (мезолит, северная Беларусь); б – мезолитический листоподобный и неолитический наконечники стрел

Именно занятие земледелием способствовало также изобретению посуды из глины для хранения и приготовления пищи. Произошло это примерно за 8 тыс. лет до н. э.

Можно предположить, что получение глиняной посуды происходило так: вначале огонь разводили в земляных углублениях, земля в них обгорала и меняла свои свойства, т. е. стенки некоторых очагов становились крепкими как камень, в других – растрескивались и рассыпались. Со временем человек понял, почему так получается: в разных очагах была разная земля.

И однажды он положил продукты в эти прокаленные огнем ямы. Крышкой служил, наверное, большой отломившийся кусок стенки или камень. Конечно, это еще была не посуда. Та земля, которая сейчас называется глиной, встречалась не часто, поэтому керамические зерновые хранилища были редкостью.

В эту же эпоху люди изобрели более совершенные средства передвижения – салазки, сани, лыжи. Они изготавливали их из дерева. Салазки – это транспортное средство на полозьях. Полозья имели почти прямоугольное сечение и загнутые передние концы. Вдоль опорной части полоза сверлились отверстия; длина полозьев была около 4 м. Такая конструкция салазок очень долго существовала на территории Северной Европы.

Сани имели более сложное устройство и состояли из вертикальных стоек, ремней и платформы. Длина саней доходила до трех и более метров.

Лыжи изготавливались из сосны, они имели заостренные передние концы. К ногам лыжи крепились при помощи ремней, которые протягивались через просверленные в определенном месте отверстия.

Продолжали совершенствоваться способы изготовления сложных каменных инструментов. Их режущая часть представляла собой ножевидные пластины правильной формы с очень ровными и острыми гранями. Пластины, напоминающие лезвие ножа, вставлялись в деревянную или костяную оправу, приклеивались асфальтом из естественных месторождений и использовались для разрезания. Такая техника получила впоследствии название микролитической (рис. 1.17). Этот принцип используется и сейчас. В современные токарные резцы из обычной стали закрепляют режущие пластинки из твердых сплавов.

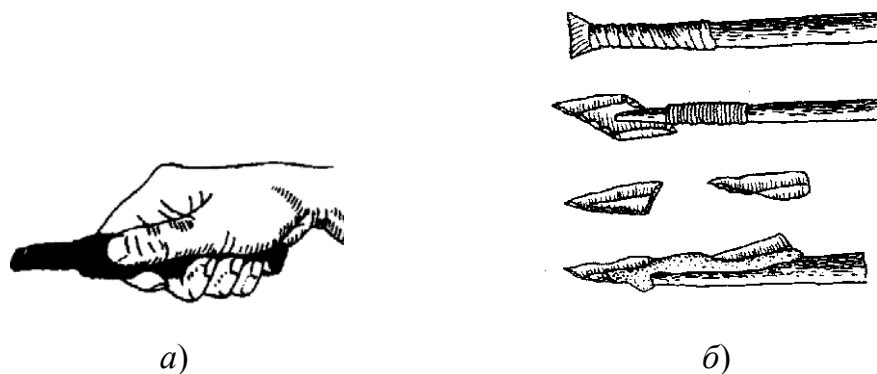


Рис. 1.17. Археологические находки. Применение микролитических пластинок в ножах и других инструментах (торфяные стоянки Гомельщины)

А развилась эта техника изготовления инструментов примерно так. Деревянные копья с наконечниками и без наконечников часто снабжались желобками для стока крови. Эти пазы в свое время также были важным и интересным изобретением.

Пазы нередко засорялись застрявшими в них мелкими камешками или кусочками раздробленных костей животных. Охотники обратили внимание на то, что такое засорившееся копьё труднее входило в тело животного и наносило ему более опасные раны, чем копьё с чистыми пазами. Кроме того, при обработке камня образовалось большое количество отщепов с острыми кромками.

Расширение производства каменных изделий привело к выделению в производственном процессе специализированных технологических операций: отделение от камня тонких пластин (отщепов); грубая обивка камня; чистовая обработка камня с помощью точечной и отжимной ретуши; сверление отверстий и др. В каждой такой операции можно было четко выделить инструмент, совершаемые им движения, а также результат воздействия его на исходный материал.

1.4. Инструменты и технологии неолита. Первый станок

1.4.1. Условия развития технологий обработки материалов

Неолит, или новый каменный век (от греч. neos – новый + lithos), условно делится на ранний (6–4 тыс. лет до н. э.) и поздний (4–3 тыс. лет до н. э.).

Но о точных хронологических рамках говорить сложно, поскольку с возросшей неравномерностью исторического развития неолитический период различные первобытные племена проходили в разное время. Неолит, в отличие от предшествующих стадий каменного века, в наименьшей степени отличался от современной эпохи по своим климатическим условиям, флоре и фауне, а неолитического человека по его антропологическим данным уже невозможно отличить от современного.

Во времена неолита происходит дальнейшее расширение области трудовой деятельности человека и его изменение, заключающееся в переходе от собирательной и присваивающей форм хозяйства – сбора плодов и охоты – к производящим – земледелию и животноводству. В 5–4 тысячелетиях до н. э. появились зачатки мотыжного и поливного земледелия, земледельцы перешли к культивации почвы.

Охота и развитие земледелия стали основой для одомашнивания диких животных. К уже прирученной собаке присоединились овцы, козы, свиньи, а затем и крупный рогатый скот. Позже человек одомашнил лошадь и верблюда. Скотоводство по сравнению с охотой давало не только в большем количестве мясо, жир, кожу и кости, но также молоко и шерсть. В свою очередь, развитие скотоводства содействовало прогрессу в земледелии, т. к. животных стали использовать в качестве вьючного и гужевого транспорта, а затем и как тягловую силу в плужном земледелии.

Разделение труда и переход от присваивающего хозяйства к производящему ознаменовали наступление неолитической экономической революции.

Новые формы хозяйства, на которые перешли некоторые племена, в корне изменили условия их существования и продвинули далеко вперед по сравнению с собирателями, охотниками и рыбаками. Это явилось толчком к множеству других прогрессивных изменений, вызвало глубокие перемены в образе жизни человека, его мировоззрении и психике, в развитии общественных отношений. Однако значительная часть неолитических племен, обитавших в менее благоприятных условиях, продолжали заниматься рыбацким и охотничьим промыслом, что сохранилось у северных народов и до настоящего времени. Произошло окончательное утверждение племенных объединений.

В результате значительного роста производительных сил в эпоху неолита старое родовое общество (матриархат) уступило место патриархально-родовому строю (патриархату), а последний привел к возникновению классового общества. Вместе с тем первобытнообщинный строй в некоторых районах земного шара еще долго продолжал сосуществовать с новым, классовым, рабовладельческим обществом, а в некоторых местах сохранился и по сей день.

К концу неолита закончилось развитие первобытной техники и начала складываться ремесленная, основанная на применении простых орудий. Длительная по времени история первобытной техники не знает точных дат открытий и изобретений – неизвестно, кто открыл огонь, изобрел топор, лук, колесо, лодку и др. Многие из них многократно изобретались и забывались, пока окончательно не утвердились на практике, есть и такие, которые до сих пор остаются невостребованными.

Резко возросшие потребности строителей, земледельцев, скотоводов и охотников в каменных орудиях и инструментах стимулировали резкое увеличение его добычи и совершенствование его обработки (рис. 1.18). Наряду с кремнем стали использовать и новые виды каменных материалов – нефрит, диорит, яшму и другие, а вместе с открытыми способами разработки – подземные с помощью шахт (нем. Schacht). Вначале это были просто глубокие ямы (до 10–15 м), потом вертикальные стволы с короткими горизонтальными выработками (штреками).

Для разработки камня использовались кирки, кайла и молотки из рога и камня, костяные заступы, лопатки и грабли, деревянные колья. Выемку породы производили в кожаных мешках и плетеных корзинах на веревках, а для подъема и спуска людей использовались лестницы. Искусственное освещение обеспечивалось с помощью

жировых ламп, смоляных и берестяных факелов, а поступающую воду вычерпывали или создавали дренажные устройства. Таким образом, можно уже говорить о зарождении горного дела.

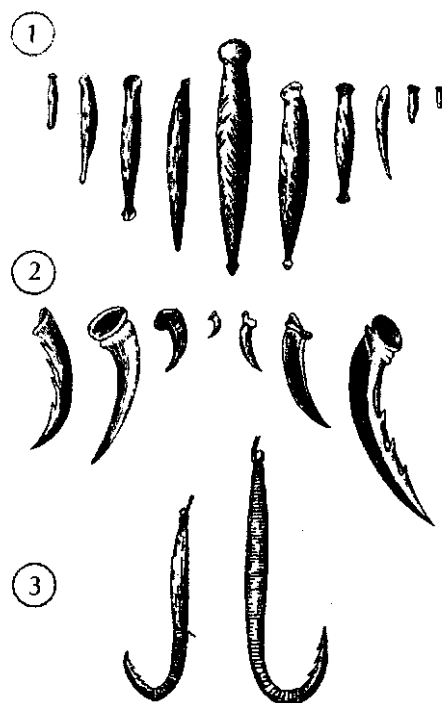


Рис. 1.18. Археологические находки. Изделия из камня и кости:
1 – каменные грузики; 2 – звериные когти;
3 – составные рыболовные крючки

Развитие способов и устройств перемещения грузов. Простым, но великим достижением стало изобретение колеса. Интересно, что первые древние колеса были найдены там, где человек уже освоил плавку металла – в Месопотамии, Средней Азии, Венгрии, донских и днепровских степях. Любопытно, что изобрели колесо вовсе не для того, чтобы быстрее передвигаться.

Пока древние люди вели кочевой образ жизни, они весь свой нехитрый скарб носили с собой. А вот когда они осели на одном месте, тогда им и понадобилось колесо. Оседлый человек стал засеивать поля, разводить скот, строить большие поселения, а потом и города; началась торговля камнем, лесом, зерном. При этом людям приходилось перемещать огромные тяжести на большие расстояния. И идея колеса не могла не родиться.

Постоянно имея дело с поваленными деревьями и бревнами, человек обнаружил, что они могут катиться (рис. 1.19).

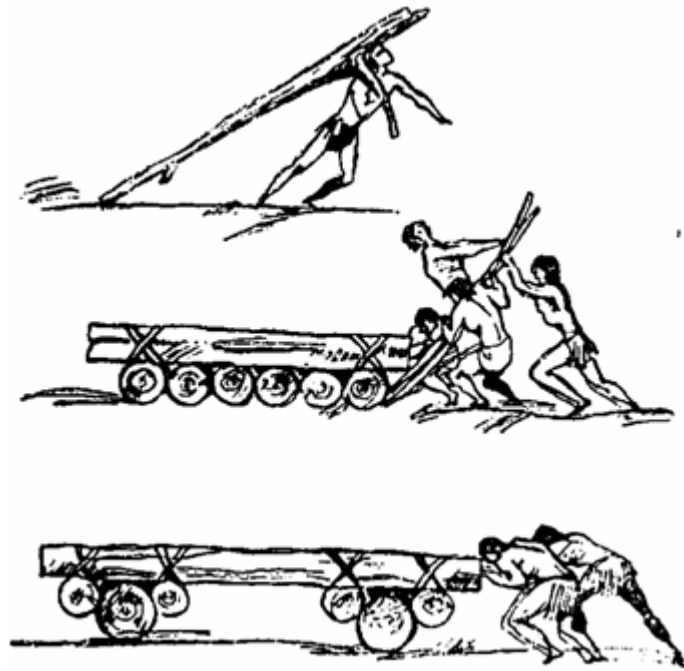


Рис. 1.19. Приемы перемещения грузов, которые привели к изобретению колеса

Но чтобы сделать это, нужно было приложить усилие. Тогда кроманьонцы изобрели рычаг: подложили толстую длинную палку под бревно, нажали – и бревно покатило; еще раз сделали то же самое – оно покатило еще дальше. Когда стали использовать не один, а несколько рычагов, то уже можно было передвигать еще более тяжелые бревна и даже несколько бревен одновременно. Со временем догадались на катящиеся бревна наискосок положить другое бревно – они покатили и его. Значит, транспортируемые бревна уже сами могли быть «транспортом», если на них поперек положить сверху еще три-четыре бревна. Подобным способом можно было перемещать одновременно девять-десять бревен. В Древнем Египте, используя этот метод, передвигали колоссальные каменные статуи.

И все же этот метод оказался очень неудобным: ближайšie к рычагам бревна все время высвобождались из-под груза, и их приходилось руками переносить вперед и класть рядом с теми, которые еще находились под верхними бревнами. Нужно было их как-то зафиксировать. Неизвестно, что натолкнуло человека на эту идею, но когда он реализовал ее, то получилась повозка – первая, грубая, неказистая. Но положенный на нее груз мог теперь двигаться по одним и тем же бревнам, по одной и той же деревянной дороге. Нужно было только нажимать на рычаги. На такой повозке возили не только бревна, но и другие грузы: камни, мешки с зерном и др. Однако она могла катиться

лишь по ровной поверхности. Любой камень, оказавшийся на пути, мог разрушить эту конструкцию, и незакрепленные бревна выпадали. Но и эту проблему тоже решили: прочно скрепили десяток бревен между собой, внизу прикрепили еще по две пары гладко отесанных бревен, а между ними поместили третье – гладкое, свободное, но большего диаметра. И получилась первая повозка, точнее, каток. Он прекрасно двигался, его не надо было толкать рычагами – достаточно было усилия рук. Это был прообраз колеса, но далеко еще не колесо. До изобретения колеса решалось еще множество промежуточных проблем.

Сначала первую повозку освободили от обоих пар зафиксированных бревен, оставив только два катка. Их закрепили к повозке медными скобами так, чтобы они могли вращаться. У этого устройства, однако, был существенный недостаток, разная толщина бревна на разных его краях приводила к тому, что повозка поворачивала в сторону. Потом обратили внимание на то, что повозка, каток под которой по какой-то причине в центре был тоньше чем по краям, передвигается более равномерно, ее меньше заносит в сторону. Тогда древний изобретатель катка сделал следующее: он оставил из целого бревна только два валика по его сторонам, а между ними – довольно тонкую жердь. Наконец, отделив валик от жерди, он получил колесо.

Вначале колеса были очень тяжелыми. В древнейшем индийском городе Махенджо-Даро была найдена повозка с такими колесами, вырезанными из целого ствола дерева.

Вскоре для повозок в качестве тягловой силы стали использовать животных. Первые упряжки были примитивными и не позволяли задействовать тягловую силу в полной мере. В большинстве случаев упряжка состояла из веревки, прикрепленной к рогам животного. Использование животных в качестве «двигателя» явилось переломным, решающим моментом в истории развития транспорта.

Шумерами 6 тыс. лет назад было изобретено колесо, – вначале самой простой конструкции, в виде сплошного деревянного диска, – что позволило существовавший до того сухопутный транспорт в полном смысле «поставить на колеса».

В начале 4 тысячелетия до н. э. появились одноосные (двухколесные), а к середине тысячелетия – и двухосные (четырёхколесные) повозки. В качестве тягловой силы стали использовать вначале ослов и крупный рогатый скот, позднее – лошадей. На базе колеса были основаны и другие выдающиеся изобретения неолита – гончарный круг, ручная мельница (луцилка), маховик.

Но совершенствовался не только транспорт. Человек приступил к строительству дорог, сменивших естественные тропы. Первые доро-

ги были обнаружены на территории современных Англии и Швейцарии, вблизи свайных поселений. Они представляли собой настилы из веток с целью облегчить людям проход к берегу. Развитие сухопутного транспорта потребовало прокладки дорог. В труднопроходимых местах укладывали ветки и устраивали деревянные настилы (гати).

Появились первые мосты. Поначалу они представляли собой две лианы, протянутые одна над другой и соединенные между собой. Нижняя лиана служила опорой для ног, верхняя использовалась как перила.

Для преодоления водных преград стали сооружаться мосты, сначала подвесные, потом установленные на сваях.

В качестве водного транспорта использовались уже известные ранее плоты, лодки-однодревки и тростниковые лодки, для приведения в движение которых стали применять шесты и весла. Позднее, когда люди с помощью топора и тесла научились от стволов деревьев отщеплять доски, их стали использовать вначале для наращивания бортов долбленых лодок, а потом и сооружать полностью дощатые суда. При этом широко использовались уже освоенные операции пиления, сверления, а также строгания с помощью двуручного струга.

Развитие животноводства, способов и устройств обработки земли. Ткачество. Развитие земледелия и животноводства позволило и более успешно решать проблему обеспечения потребностей человека в одежде и обуви.

Животноводство стало обеспечивать достаточное количество шкур и способствовало появлению кожевенного и мехового производств. Для выделки шкур использовались усовершенствованные мездрильные скребки, а в результате появления керамической посуды возросла роль химической обработки и применения растительных дубителей (коры дуба, корней, каштанов и др.). При обработке почвы вместо жердей и мотыг, использовавшихся ранее, применяли крюк (багор), состоящий из горизонтального сошника и рукоятки.

В Средней Европе для земледелия использовали участки выжженного леса, на которых выращивали пшеницу, ячмень, просо, горох, лен. Практиковался выпас крупного рогатого скота. Возникло поливное земледелие. Началось приручение лошадей, но они еще не использовались в качестве тягловой силы.

Разделение труда между земледельческими и скотоводческими племенами сделало возможным и необходимым обмен продуктами между людьми. Это способствовало развитию техники, поскольку идеи получили возможность распространяться от одного племени к другому.

Из конопли, льна, шерсти и пуха люди научились прясть пряжу. Для этого из пучка материала, закрепленного на прясле, вытягивались волокна, ссучивались пальцами и наматывались на веретено, которое другой рукой приводилось в быстрое вращательное движение. Для придания веретену устойчивого и равномерного вращения на него насаживались пряслица – каменные или глиняные кружки (маховики). Эти устройства являлись прообразами первых станков.

Из волокон, волоса, полосок кожи и прутьев люди научились плести самые разнообразные плетеные изделия: веревки, циновки, сети, корзины, сумки и др. Из плетеных полос потом шилась одежда, а производство пряжи и плетение положили начало ткачеству.

Первые примитивные ткацкие станки появились в 5 тысячелетии до н. э. и представляли собой две горизонтальные палки, из которых верхнюю обычно заменял горизонтальный сук, на которые натягивались нити основы. Между нитями основы с помощью пальцев или прутика продергивалась поперечная (уточная) нить и поджималась с помощью перемещавшегося вверх-вниз ползуна (рис. 1.20). Сотканное полотно потом окрашивали. В качестве красителей использовали растительные краски, например, морену.

Данный принцип образования полотна (тканья) остался неизменным и до наших дней, усовершенствовалась лишь техника ткачества.

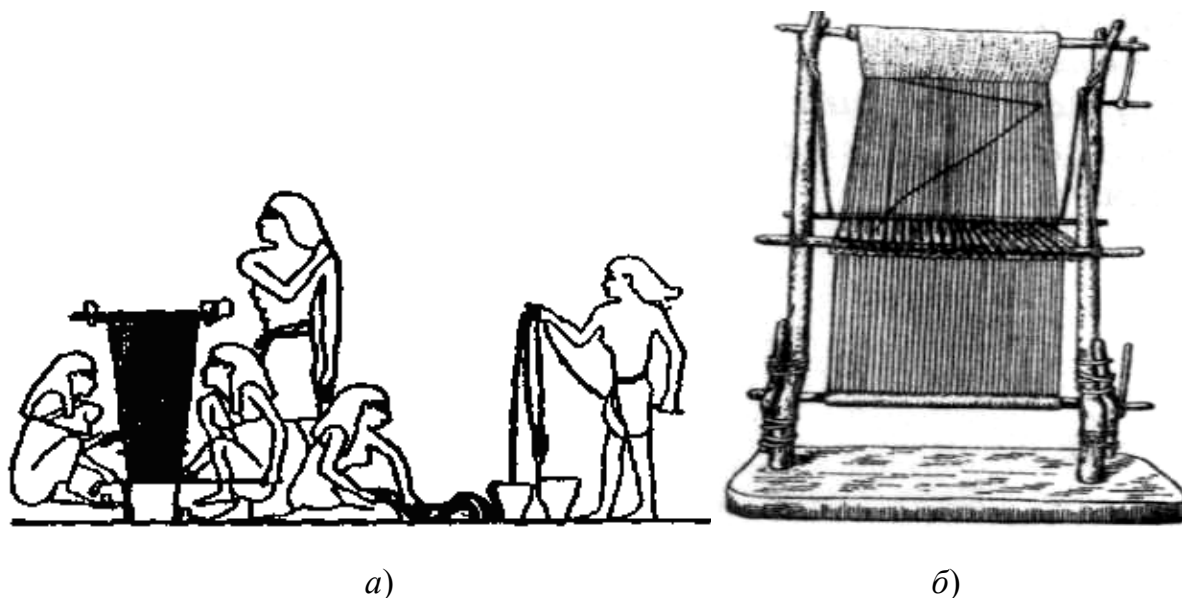


Рис. 1.20. Археологическая находка: *a* – изображение ткачества (Египет, 3 тысячелетие до н. э.); *б* – реконструкция вертикального ткацкого станка периода неолита

Совершенствование построек жилья и изделий для быта. Жилищное строительство. Переход к оседлому образу жизни стимулировал сооружение постоянных жилищ, свайных, глинобитных и даже каменных построек. В лесных районах разворачивалось деревянное строительство, в безлесных – широко использовался саман (тюрк. – солома), представляющий кирпич-сырец с добавлением в глину в качестве связки костры, мякины или мелкой соломы.

В связи с возникновением искусственного орошения началось строительство грандиозных оросительных систем, включающих дамбы, плотины, запруды, каналы и водохранилища.

Огромное значение имело изобретение керамики (греч. *keramike* – гончарное искусство, от *keramos* – глина) – общее название всех видов изделий из обожженной глины, которые являются самыми массовыми находками в поселениях эпохи неолита. Поэтому неолит называют иногда керамическим веком.

Лепкой примитивной глиняной посуды человек начал заниматься еще в конце мезолита, и, скорее всего, этим занимались женщины. Вначале это были просто выдавливания в куске глины или обмазанные глиной плетенные из прутьев сосуды. Позже глиняные изделия стали изготавливать способами налепа и ленточным (жгутовым), когда предварительно изготовленные жгуты накладывались на форму по спирали и сдавливались. Так, вручную, без помощи гончарного круга изготавливалась грубая необоженная посуда, которая, как заметил человек, будучи сильно нагрета на огне, приобретала большую прочность.

Новое заключалось в применении обжига глиняных изделий при температуре около 800–900 °С, при которой происходит процесс оплавления и спекания частиц. Именно этот процесс «вспомнили» потом уже в середине 20 в. при изобретении керамического инструмента (металло-, потом минералокерамического), а затем и при становлении порошковой металлургии. А во времена неолита стали изготавливать посуду усовершенствованной формы и покрытую орнаментом (рис. 1.21). Благодаря ее совершенствованию существенно улучшились способы приготовления пищи, расширился ассортимент продуктов питания и значительно облегчились условия жизни.

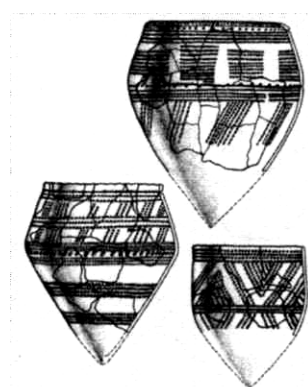
Заметный шаг в обработке дерева был сделан, когда люди научились отщеплять от древесного ствола доски. До этого времени использовали в основном «кругляш» – стволы деревьев, сучья, ветки. Их срубали, очищали от коры, строгали, долбили, заостряли и т. д.

Получение досок радикально изменяло и расширяло технические возможности человека.

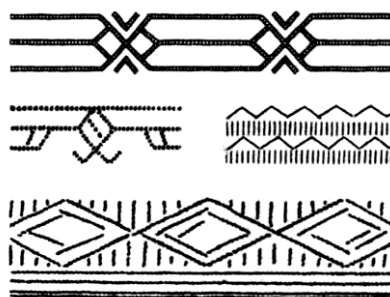
Процесс отщепления досок состоял из трех операций. Сначала в верхней или нижней части ствола каменным топором наносили надруб глубиной 5–6 см. Затем продавливался продольный надрез для вбивания клиньев. Это делали либо топором, либо клином-долотом, или же каменным долотом с деревянной, а иногда роговой рукояткой. Наконец, отщепляли доску-горбыль при помощи нескольких деревянных клиньев, последовательно располагаемых вниз или вверх от надруба.



a)



б)



в)

Рис. 1.21. Археологические находки: а – типовые формы посуды неолитического периода; б – горшки с Нижней Припяти; в – орнаменты на посуде

Жилища эпохи неолита в долине Нила возводились на столбах. В первое время это были легкие шалаши, затем сооружения овальной или подковообразной формы с плетеными стенами, обмазанными илом. А еще позднее стали возводить массивные глиняные хижинки с дворами. Глиняные дома имели широкое распространение и сооружались везде, где имелись запасы глины. Внутри дом делился на несколько помещений, одни из которых предназначались для жилья, другие – для хранения продуктов, третьи – для содержания скота. Строили дома и на бревенчатых настилах. Стены возводили из переплетенных прутьев, а двухскатные крыши покрывали берестой в несколько слоев.

Племена, жившие в горных областях Центральной Европы, перейдя к земледелию и животноводству, продолжали заниматься охотой и рыболовством. Часть этих племен поселилась на берегах горных озер, где они начали осваивать строительство свайных жилищ.

Вначале в качестве свай использовали мягкие породы деревьев, но со временем их стали делать из дуба, а настилы сооружали из ели. Длина свай достигала 3,5 м, толщина 12–18 см. В грунт заостренная свая вбивалась на глубину до одного метра, поднималась над водой тоже на уровне одного метра. Забивание свай производили либо с двух лодок, либо с помоста. Деревянными болванками, т. е. бабами, служили, видимо, короткие обрубки толстых стволов с сучьями для удержания их в руках. Свайный дом обычно имел прямоугольную форму, двери были деревянные, располагавшиеся с южной стороны. Возможно, на дверях использовались засовы.

С развитием ремесел, скотоводства и особенно с началом обработки земли кочевую жизнь становилось вести все более неудобно. Люди начали обустраивать постоянные места поселения.

Открытие металла и технологии его обработки. Всем хорошо знакомы изделия из малахита – украшения, шкатулки, чаши. Однако камнем называть такой минерал не совсем правильно, он содержит 57 % меди! У малахита есть «собрат» – медный колчедан латуно-желтого цвета.

На юге Турции около 7 тыс. лет назад люди построили город, названный позже археологами Чатал-Хююком. Это был город каменного века. Ученые установили, что кузнецы Чатал-Хююка занимались «холодной» ковкой меди. Выглядело это примерно так. На каменную плиту-наковальню кузнец клал кусок медного колчедана и, придерживая его одной рукой, бил по нему каменным молотом – оббивал минерал со

всех сторон. При этом зеленые наросты постепенно отваливались, и кусок приобретал форму проколки. И чем больше кузнец бил по куску, тем труднее медь поддавалась ударам. Особенно прочным становилось острие. Теперь совсем не трудно было проколоть им обе полы одежды, сделанной из обычной шкуры, и соединить их – как бы застегнуть.

В наиболее развитых областях Западной Азии происходило дальнейшее разделение труда: часть населения не участвовала непосредственно в производстве продуктов питания, а занималась ремесленным производством (изготовлением орудий труда, инструментов, предметов быта). Эта тенденция постепенно приобретала важное значение для развития техники и производства.

Находки археологов подтверждают это. Но чтобы изготовить проколки и булавки, мелкие шильца и перстни, бусы и подвески, нужен был немалый опыт. Правда, проще было бы расплавить медь и придать изделию необходимую форму. Однако кузнецы из Чатал-Хююка еще не умели плавить металл. Прошло около трех тысяч лет, прежде чем они этому научились. А о том, что они освоили этот процесс, можно говорить с уверенностью потому, что в Чатал-Хююке археологи нашли кусок медного шлака. Значит, люди того времени не только умели обрабатывать металл, но и выплавляли его из руды.

Интересно, каким образом человеку пришло в голову расплавить металл? Попробуем смоделировать условия, в которых было сделано это изобретение. Во-первых, камнями обкладывали костры, чтобы пламя не перекинулось на близлежащие ветки, траву или на деревянные изделия. Положив однажды кусок сырого мяса на горячий камень и затем попробовав подогретое мясо, человек понял, что оно вкуснее, и стал жарить его на камнях. Это подтверждает находка в пещере Паш-де-Лазе на юге Франции. Там археологи обнаружили остатки большого очага, плоские камни которого имели следы многочисленных нагреваний. Это был своеобразный древний противень, под которым неандертальцы разводили костер и жарили на нем мясо. И если таким противнем становился малахит или медный колчедан, то от сильного нагревания на них выступали капли – кусочки выплавленной меди. Неандертальцы еще не могли понять и оценить это явление. Зато кроманьонцы, овладев холодной ковкой и постучав однажды по каплям меди, удивились, насколько послушно красная капелька принимает плоскую форму. Так, быть может, было открыто это удивительное свойство металла.

Далее начался период сознательных опытов и экспериментов. Длилось это на протяжении сотен лет. Зато за прошедшее время древ-

ние «металлурги» сделали ряд важных открытий, которые помогли им сконструировать плавильную печь. Было замечено, что только сильный жар способен выплавить из камней драгоценные красные капли. А для этого угли должны были перекрывать руду толстым слоем. Позже древние кузнецы сделали еще одно важное открытие: избыток воздуха мешал плавке. Значит, доступ воздуха к руде надо было уменьшить. И достигли этого очень простым способом – большим глиняным котлом накрыли огонь.

Оказалось также, что температура в такой печи зависит от качества топлива. Она была намного выше, когда горел древесный уголь (а не дерево!). Но для горения нужно было обеспечить доступ воздуха к внешнему слою древесных углей. Тогда человек стал делать специальные канавки, а печь возводить там, где ветер дул с максимальной силой и без всяких помех. Наилучшим местом для этого оказалась вершина горы. И кузнецы зажгли там свои медеплавильные печи. Согласно греческим мифам, кузница бога Гефеста располагалась на вершине горы Олимп. Позже, когда кузнецы изобрели меха для раздувания огня в плавильной печи, они спустились с гор на землю (рис. 1.22).



Рис. 1.22. Археологическая находка. Изображение ремесел: кожевников, камнерезчиков, плотников, металлургов (Египет, 3 тысячелетие до н. э.)

Известно, что медь мягче кремня. Однако инструмент из нее оказывается более удобным, чем каменный. Например, березовое полено сверлилось насквозь медным сверлом в 22 раза быстрее, чем каменным. Объясняется это тем, что медным изделиям стали придавать более совершенную форму по сравнению с каменными изделиями.

К примеру, каменный нож может быть столь же острым, как и медный. Но лезвие из камня быстро раскрошится, а медное будет служить долго и его легко восстановить.

1.4.2. Развитие способов обработки каменных заготовок. Изобретение первого станка для обработки материалов

Для неолита характерна более высокая и сложная техника обработки камня. Были освоены операции сверления, пиления и шлифования, а техника отжимной ретуши была доведена до степени настоящего искусства (рис. 1.23). Освоение операции пиления, появившейся еще в палеолите и мезолите, позволило придавать изделиям необходимую форму в зависимости от их функционального назначения.



Рис. 1.23. Археологические находки. Шлифованные изделия из камня (Урук, шумерский город-государство в южном Ираке 4–1 тысячелетия до н. э.)

Для ее интенсификации в зону обработки стали подаваться песок (наждак) и вода – так впервые появились процессы резания материалов с применением охлаждающих жидкостей. Подобный способ «мокрого», абразивного пиления сохранялся еще многие сотни лет. Шлифование, как и абразивное пиление, зародившееся в предшествующую эпоху, также подверглось значительному совершенствованию. Использование воды обеспечивало не только охлаждение, но и самозатачивание абразивного инструмента и повышение интенсификации процесса резания (рис. 1.24).

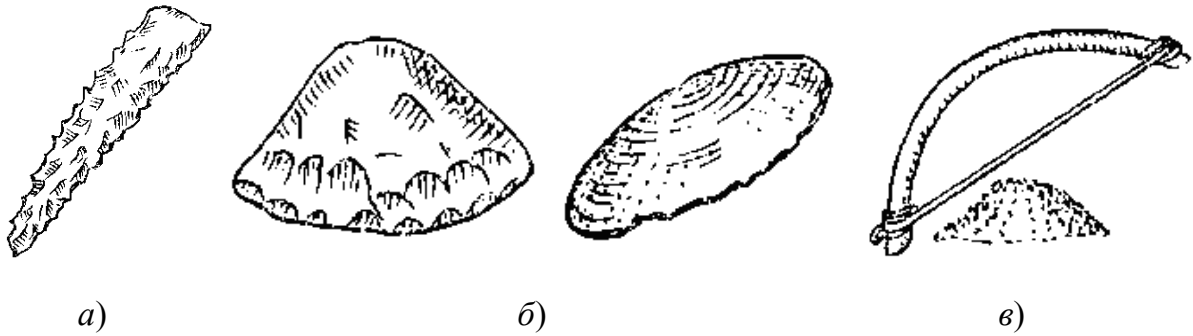


Рис. 1.24. Инструменты для пиления: *а* – дерева, в виде каменных пил; *б* – раковин; *в* – камня, в виде лука (с подсыпкой песка)

Для отделки украшений и доводки режущих лезвий деревообрабатывающего инструмента стала использоваться операция полирования. При обработке дерева и кости использовались каменные и костяные резцы (рис. 1.25).

Особенно важное значение имело освоение и совершенствование операции сверления, обеспечившей наилучший и сохранившийся до наших дней способ соединения рабочей части инструмента с деревянными рукоятями (рис. 1.26). Сверление развивалось из известных ранее способов прокалывания, а также выскребания и вытирания углублений в каменных материалах.

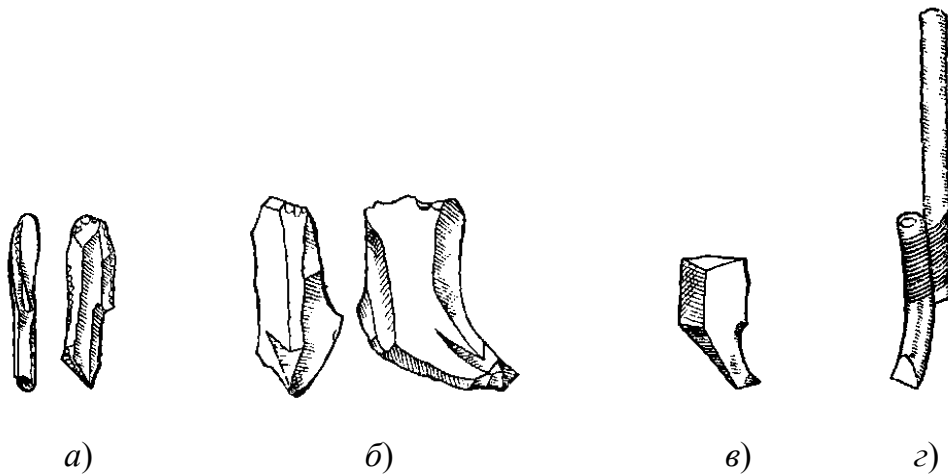


Рис. 1.25. Кремневые и костяные резцы каменного века мало чем отличаются от современных: *а* – резцы из Мезина; *б* – с острова Мальта; *в* – клювовидный из Мезина; *г* – костяной племени бороро

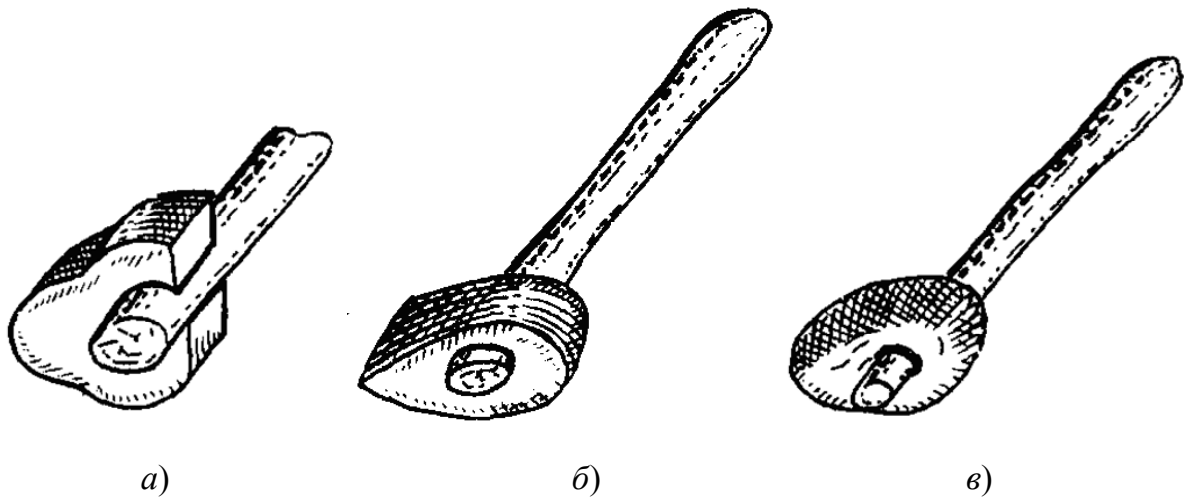


Рис. 1.26. Каменные топоры: *а* – с коническим отверстием и со срезом по плоскости; *б, в* – с отверстием в ударной головке

На смену ладонному способу вращения палочки, при сверлении трением, пришел более производительный способ вращения с помощью намотанного на него шнура, который тянули поочередно то за один, то за другой конец. А соединив концы веревки с помощью изогнутой палки в виде лука, человек получил возможность производить возвратно-вращательные движения сверла при помощи одной руки, высвободив вторую для вспомогательных действий. Так возник метод «лучкового сверления», просуществовавший вплоть до средних веков нашей эры (рис. 1.27, 1.28).

И только в конце 20 в. был изобретен способ реверсивного сверления, по кинематике весьма напоминающий лучковое и получивший широкое распространение в ручных дрелях, а при выполнении сверлильных работ в космосе ставший практически незаменимым. Это еще раз напомнило о том, что всякое новое есть хорошо забытое старое, что многие современные изобретения в свое время были сделаны нашими далекими предками.

Вслед за лучковым был изобретен метод «смычкового сверления», в котором возвратно-вращательные движения сверлу сообщались также при помощи шнура, но при этом один его конец наматывался, а другой сматывался с древка сверла с помощью возвратно-поступательных движений смычка в вертикальном направлении (рис. 1.27, *б*). В этом устройстве был воплощен принцип преобразования возвратно-поступательного движения в возвратно-вращательное. Воплощение другого важного принципа механики, накопления энергии, заключалось в установке на древко сверла тяжелого каменного или глиняного маховика.

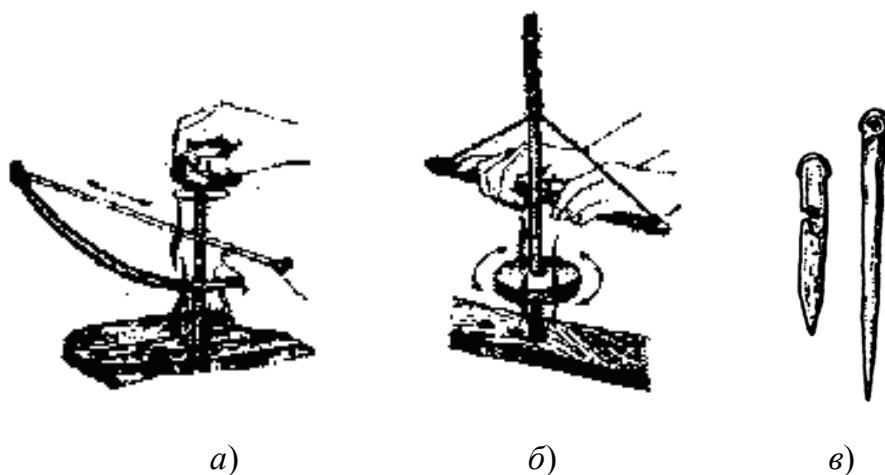


Рис. 1.27. Способы сверления отверстий: *а* – лучковый; *б* – смычковый; *в* – иглы с отверстиями (Месопотамия)

Следует отметить, что об этом изобретении древности вспомнили лишь в век паровых машин, сделав таким образом повторное открытие.



Рис. 1.28. Археологическая находка. Рисунок обработки материалов сверлением (Египет, 3 тысячелетие до н. э.)

Но вершиной технической мысли неолитического человека явилось создание устройства для получения отверстий, являющегося прообразом современного сверлильного станка. Основной его частью являлся рычаг с привязанным на конце грузом, с помощью которого создавалась постоянная нагрузка на инструмент, вращаемый «лучковым» приводом. Несмотря на внешнюю примитивность, этот древний станок имел все основные кинематические составляющие современного сверлильного станка – вращение инструмента и его осевую подачу, обеспечивающие процесс резания (рис. 1.29).

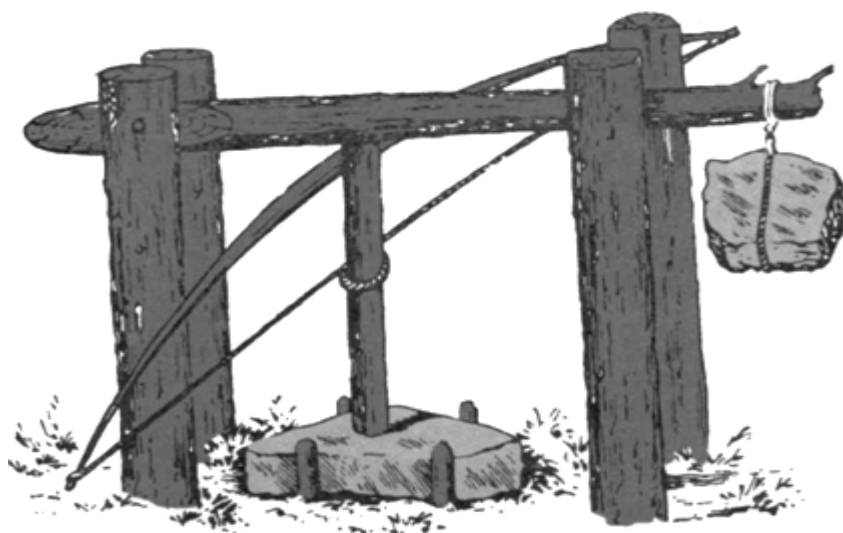


Рис. 1.29. Первый станок для обработки материалов

Получение отверстий в мягких материалах производилось сверлами с кремневыми, а иногда и алмазными наконечниками, а в твердых – по-прежнему с помощью абразивной обработки. Как и в операциях шлифования и абразивного пиления, для интенсификации процесса в зону трения периодически подсыпался свежий песок и подавалась вода. И этот метод выполнения отверстий в очень твердых материалах, например, в твердосплавных и алмазных фильерах, просуществовал вплоть до недавнего времени, когда был внедрен электроискровой способ обработки.

При получении неглубоких отверстий часто использовались трубчатые инструменты из бамбука или трубчатых костей, позволявшие производить удаление материала, оставляя среднюю часть нетронутой (рис. 1.30). Этот экономичный метод получения отверстий был затем вновь изобретен, уже в 19 в., а также получил широкое распространение в хирургии (операция трепанации черепа).

Важнейшим достижением, относящимся к области механики, было изобретение коленчатого рычага (кривошипа), которое было потом положено в основу важнейших механизмов многих современных машин: кривошипно-шатунного, кривошипно-ползунного, кулисного и др. Но в своем первоначальном виде он вначале использовался в качестве коловорота – простейшего устройства для сверления, которое и по сей день широко применяется в быту.

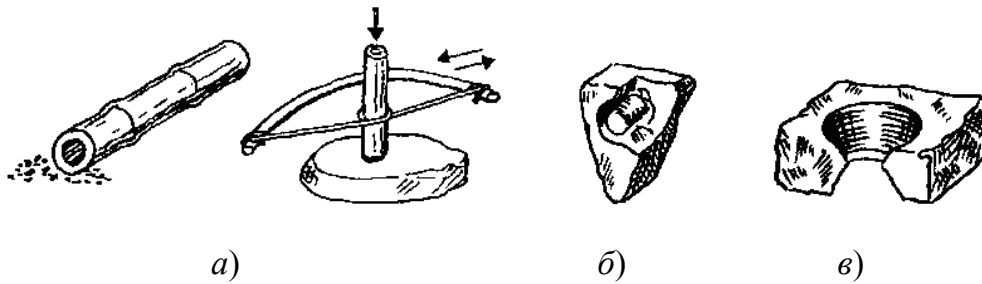


Рис. 1.30. Эскизы способов выполнения отверстий в каменных заготовках бамбуковыми или костяными инструментами: а – схемы получения отверстий; б, в – получаемые изделия

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите, где были найдены археологические находки раннего палеолита.
2. Назовите культуры раннего палеолита.
3. Раскройте особенности дошелльской культуры.
4. Каковы особенности инструментов и технологий шелльской культуры?
5. Раскройте особенности инструментов и технологий ашэльской культуры.
6. В чем состоят особенности инструментов и технологий позднего палеолита?
7. В чем состоят особенности инструментов и технологий мезолита?
8. Каковы условия развития технологий обработки материалов в неолите?
9. Опишите процесс устройств перемещения грузов.
10. Опишите развитие земледелия и животноводства.
11. Опишите процесс создания изделий для быта и построек для жилья.
12. Опишите развитие способов получения металлов и технологии его обработки.
13. Опишите развитие способов обработки материалов.
14. В чем состоят особенности конструкций инструментов?
15. Раскройте особенности конструкции первого обрабатывающего станка.

Глава 2. АНТИЧНАЯ ЭПОХА **(4 тысячелетие до н. э. – 5 в. н. э.).** **ПЕРВЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА**

В античную эпоху всемирной истории преобладал рабовладельческий общественный строй. Он господствовал в Месопотамии (Шумер, Вавилон, Ассирия и др.), в Египте, Индии, Китае уже в 4–2 тысячелетиях до н. э., в Закавказье (государство Урарту) в 1 тысячелетии до н. э., в Хорезме с 8 в. до н. э. по 5–6 вв. н. э., затем рабство развивалось в государствах Малой Азии, Египте, Македонии (4–1 вв. до н. э.). В Греции рабовладельческий способ производства достиг своего расцвета в 5–4 вв. до н. э., а в Древнем Риме со 2 в. до н. э. – по 2 в. н. э.

2.1. Развитие науки и зарождение технических знаний

Развитие производства и рост городов стимулировали активизацию научных знаний и развитие математики, минералогии, астрономии, медицины и других естественных и точных наук. Для возведения гигантских пирамид, Великой Китайской стены и других сооружений древности требовались прежде всего точные математические расчеты и хорошее знание механики.

На рубеже 4–3 тысячелетий до н. э. появилось десятичное исчисление, а к концу указанного периода – первые десятичные символы. Математика развивалась прежде всего за счет арифметики, необходимой для различного вида хозяйственных расчетов, и геометрии – для земледелия.

Первым научным трудом по математике была «Арифметика», разработанная в Китае во 2 в. до н. э. Затем появились работы по математике и механике Пифагора, Евклида, Аристотеля, Архимеда и других великих ученых древности. В обществе наметилось разделение между умственным и физическим трудом.

2.1.1. Совершенствование способов и устройств определения времени, местоположения и средств передвижения

Календарь. Календарный год древних египтян, состоящий из 365 дней, расходился с астрономическим на четверть суток, поэтому времена года могли приходиться на разные месяцы. Новый год, возвещенный Сириусом, совпадал с началом астрономического года только через 1461 г., составляющий так называемый период Сотиса (греческое название Сириуса). Начало нового периода Сотиса, когда

происходило исправление неточностей календарного года древних египтян, ученые относят к 2776 г. до н. э., – времени правления фараона Джосера, а его верховным сановником был знаменитый астроном и строитель Имхотеп.

Устройства определения времени. Первую попытку изобрести часы сделали египтяне, которые открыли звездные часовые карты: оказалось, что, наблюдая за появлением звезд, можно было ночью определить время. Позже египтяне придумали теневые часы для определения дневного времени: тень от поперечной палки в период от восхода до заката солнца постепенно пересекала ряд меток. Рекомендации по изготовлению таких часов найдены в гробнице фараона Сети I, правившего в 1337–1313 гг. до н. э. Эти часы были предшественниками солнечных часов (рис. 2.1).

Примерно в 1500 г. до н. э. египетский придворный Аменемхет, как свидетельствует надпись на его могиле, сконструировал водяные часы. По ним время можно было определить, наблюдая за падением уровня воды в сосуде. Часы такого типа оказались особенно необходимыми для жрецов, которым нужно было знать точное время, чтобы совершать обрядовые ритуалы и жертвоприношения. Самые древние из дошедших до наших дней водяных часов относятся ко времени правления Аменхотепа III (начало 14 в. до н. э.). Найдены эти часы в 1905 г. в Карнаке, на развалинах храма Амона-Ра.



*Рис. 2.1. Солнечные часы с именем фараона Мернепта
(Египет, 2 тысячелетие до н. э.)*

Компас. Согласно преданию, император Цинь Ши-Хуанди (3 в. до н. э.), объединив Китай, согнал в свою столицу – туда, где ныне стоит город Сяньян, что в провинции Шэньси, – сотни тысяч крестьян и велел выстроить на ее юго-восточной окраине роскошный и величественный императорский дворец Эфангун. Северные ворота этого дворца назывались «Воротами материнской любви». Предание гласит, что они охраняли хозяина дворца от дурного гостя: стоило че-

ловеку в кольчуге или с ножом пройти в эти ворота, как притянутый к ним таинственной силой он не мог сделать дальше и шага.

Используя это свойство, китайцы открыли поляризацию минерала и использовали ее для определения сторон света. Так, в Китае появился компас. В древних книгах компас из магнита впервые упоминается под названием «сынань» – «ведающий югом» (найденная запись относится к 3 в. до н. э.).

Компас имел вид ложки из магнита с тонким черенком и шарообразной, тщательно отполированной выпуклой частью (рис. 2.2). Этой частью ложка устанавливалась на столь же тщательно отполированную пластину так, что черенок не касался пластины, а висел над ней, и при этом ложка могла свободно вращаться вокруг оси своего выпуклого доньшка.

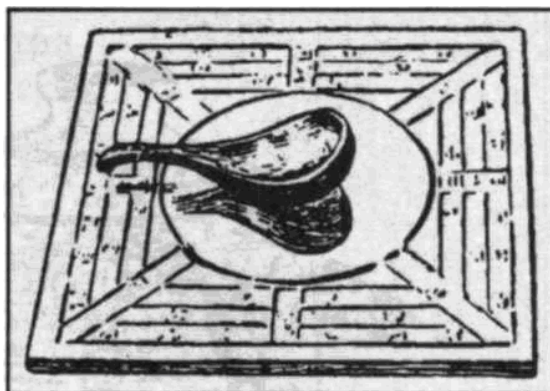


Рис. 2.2. Реконструкция компаса

Опорой ложке служила медная или деревянная пластинка: с нанесенными на ней обозначениями зодиакальных знаков, соответствующих делениям (градусам) компаса для указания сторон света. Подтолкнув черенок ложки, приводили ее во вращательное движение, и прообраз компаса, «ведающий югом», успокоившись, указывал черенком, игравшим роль магнитной стрелки, на юг.

Средства передвижения. К первоначальным средствам транспортировки в каменном веке, служившим для перемещения огромных каменных плит, относятся деревянные катки, способствовавшие уменьшению трения (рис. 2.3, а). Первое колесо представляло собой деревянный круг, насаженный на деревянную ось и ставившийся в повозку, запряженную быками (рис. 2.3, б). Первыми средствами передвижения первобытного человека по воде были стволы деревьев (бревна) (рис. 2.3, в), затем плоты (рис. 2.3, г), связанные из нескольких стволов деревьев, потом долбленые челны или лодки-

однодеревки (рис. 2.3, д). При изготовлении такой лодки дерево выжигали с последующей очисткой каменными топорами и теслами, для гребли применяли грубые лопатки – аналоги весел. Затем стали строить дощатые лодки. Египтяне не только строили суда, но и составляли письменные рекомендации по их постройке и эксплуатации. Самая древняя из таких инструкций датируется 3400 г. до н. э. Инструкция 2500 г. до н. э. объясняла, как сооружать и обслуживать судно.

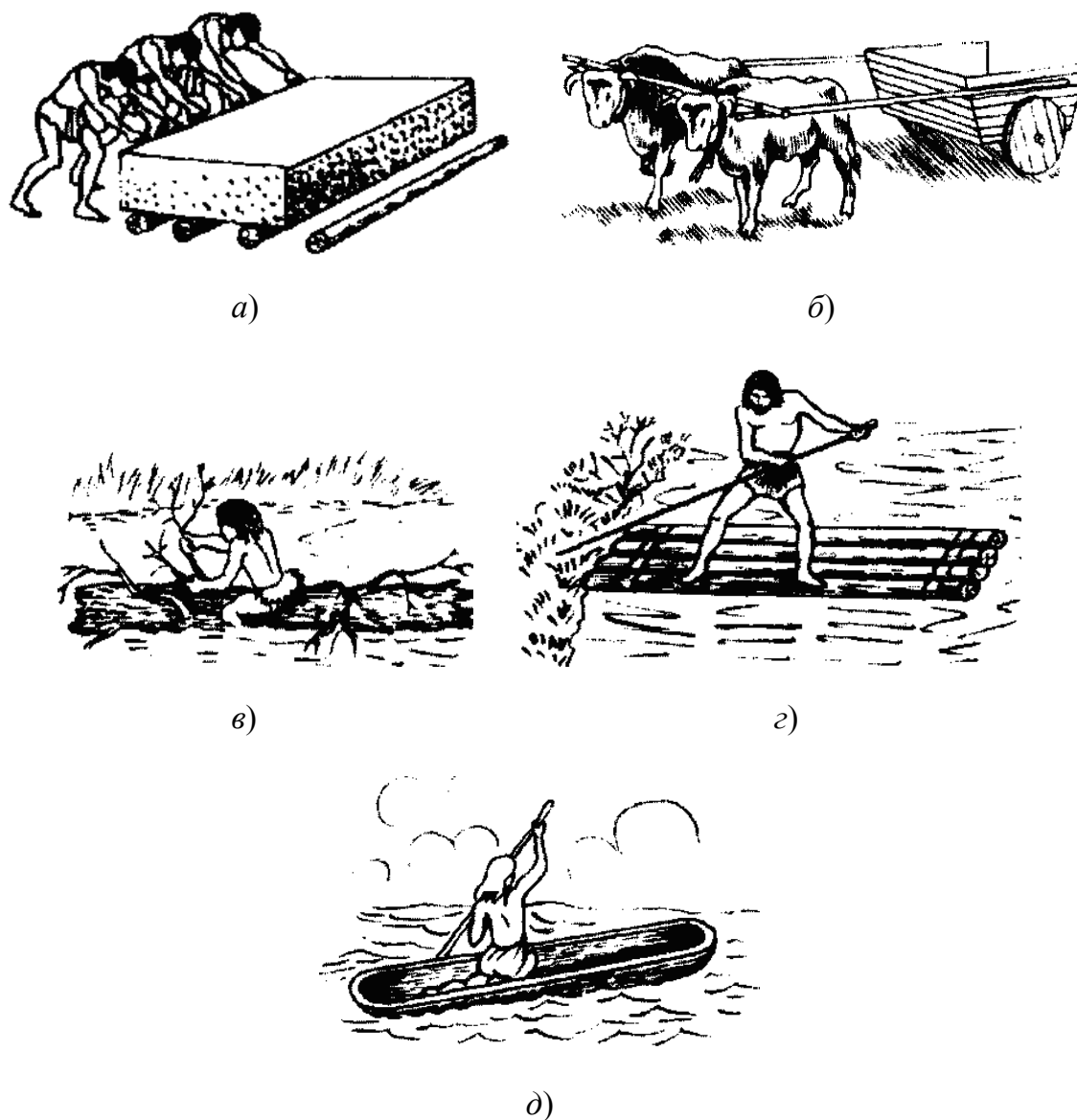


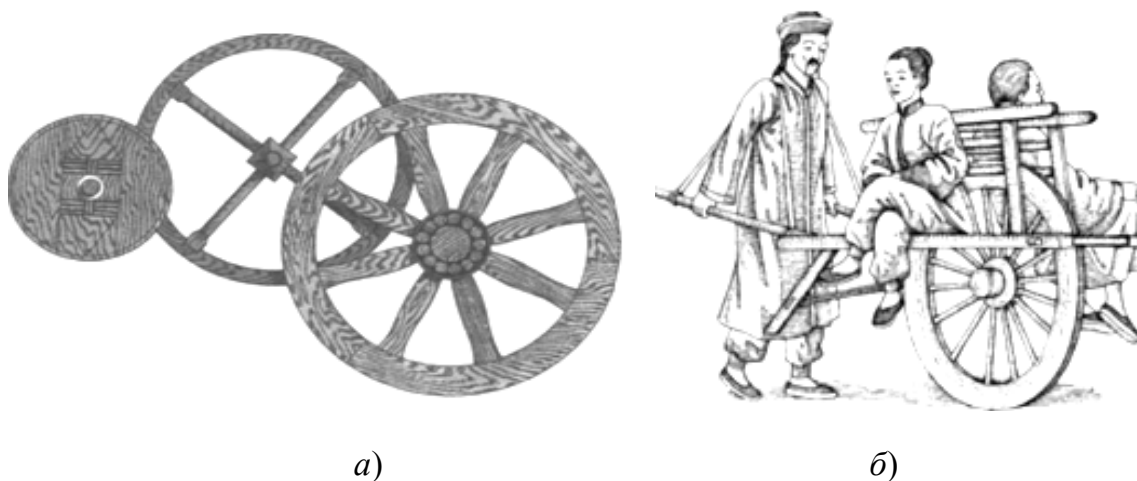
Рис. 2.3. Совершенствование средств передвижения

Колеса первых повозок доходили только до середины корпуса (рис. 2.4). Ободы были широкими, толстыми и состояли из четырех или шести частей. Колеса изготавливались из трех деревянных пластин и были сплошными, и лишь на рубеже 3 и 2 тысячелетий до н. э.,

когда появилась необходимость создания легких и быстрых повозок, – было изобретено колесо со спицами, а иногда и медным обручем – шиной (рис. 2.5). Колеса повозок имели диаметр от 0,5 м (3 тысячелетие до н. э.) до 1,15 м (середина 2 тысячелетия до н. э.). В повозку впрягали обычно двух тягловых животных, – это были ослы, быки, позднее – лошади.



Рис. 2.4. Двухосная повозка (реконструкция)



а)

б)

Рис. 2.5. Эскизы средств передвижения и их элементов:
а – колес; б – китайской тележки (2 в. до н. э.)

Для передвижения по суше, помимо мускульной силы человека и животных, уже в древности стали использовать силу ветра. Так, почти 4000 лет назад фараон Аменемхет I катался по пустыне под парусом на доске с колесами. Этого фараона-спортсмена можно по праву назвать отцом сухопутного виндсерфинга.

Примерно с 2500 г. до н. э. в качестве тягловой силы люди стали использовать лошадей, которые запрягались в такие же упряжки, как и крупный рогатый скот. Упряжь надевалась на шею лошади, что позволяло использовать лишь малую часть лошадиной силы.

2.1.2. Совершенствование способов передачи знаний

Алфавит. Ученые предполагают, что приблизительно в начале 2 тысячелетия до н. э. предки финикийцев составили алфавит из штрихов, который содержит 29 знаков, достаточных для выражения букв и звуков любого языка.

В течение 8–7 вв. до н. э. в Средиземноморье стали распространяться различные алфавиты – греческий в Эгеиде, этрусский – прародитель латинского алфавита – в Центральной Италии и иберийский – в Испании и Португалии.

Бумага. В разные времена люди писали на разных предметах – костях животных, оленьих рогах, бамбуковых планках, папирусе, пергаменте и т. п. (рис. 2.6). Все это, конечно, было далеко не идеальным материалом для письма. Положение коренным образом изменилось, когда была изобретена бумага. Самые ранние образцы бумаги были изготовлены в Китае в 1 в. н. э. Ее изобретение связано с шелком.

Женщины, занимавшиеся шелководством, варили коконы шелкопряда, а затем, разложив их на циновку, опускали в речную воду и перетирали до образования однородной массы. После них массу вынимали, отцеживали воду, в результате чего получалась шелковая вата. Когда ее снимали, то на циновке оставался тонкий волокнистый слой, превращавшийся после сушки в слой очень тонкой бумаги. Отглаженный лист тонкой бумаги мог служить для письма. Это и была самая первая в мире бумага. Однако налаживание производства бумаги из отходов коконов шелкопряда ограничивала дороговизна самого исходного материала. Очевидно, было бы дешевле изготавливать бумажную массу из волокнистого материала растительного происхождения. Это натолкнуло талантливого китайца *Цай Луня* на мысль об использовании в качестве сырья стеблей бамбука, коры, конопли,

тряпья, старых рыболовных сетей, и в 105 г. н. э. он изготовил новый сорт бумаги из старых рыболовных сетей.



Рис. 2.6. Свитки из папируса

После Цай Луня еще одним известным мастером по производству бумаги был *Цзо Бо*. Он усовершенствовал основные операции приготовления бумажной массы и стал делать бумагу еще более высокого качества. Исходным сырьем служили кора деревьев, рис, тростник, бамбук. Именно бамбук получил особенно широкое применение. Бумагу из него делали следующим образом: бамбук расщепляли на лучинки, замачивали с известью и полученную массу вываривали в течение нескольких суток. Отцеженная гуща после этого выдерживалась в ямах, тщательно размалывалась специальными ступами и разбавлялась водой до получения клейкой кашицеобразной массы, которую зачерпывали с помощью специальной формы – бамбукового сита, укрепленного на подрамнике. Тонкий слой массы вместе с формой клали под пресс, после чего форма вытаскивалась, а под прессом оставался мокрый бумажный лист. Спрессованные листы снимали с сита, складывали один на другой в кипу и отжимали, а потом сушили, разглаживали и резали (рис. 2.7).

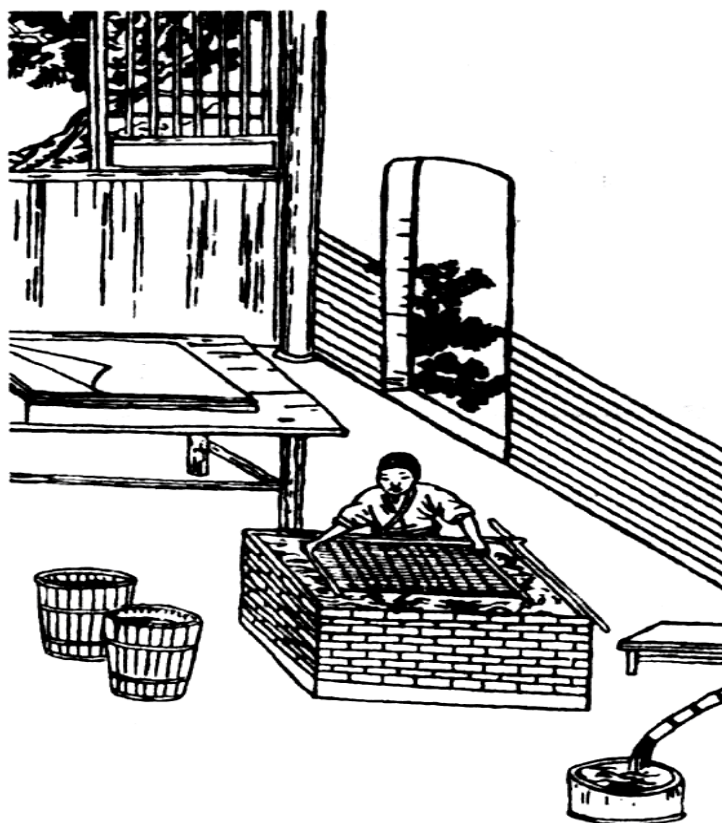


Рис. 2.7. Мастерская для получения бумаги

До 1 в н. э. письма выполняли в виде свитков. В Римской империи в 1–2 вв. н. э. стали использовать новую форму книги и ее переплет. Пергамент, как известно, представлял собой выделанный кусок тонкой овечьей кожи, на котором писали с обеих сторон, – таким образом, из каждого пергамента, сложенного пополам, получались четыре страницы, или одна тетрадь. Тетради сшивали между собой крепкой нитью через корешки. Книгу, составленную из нескольких тетрадей, древние римляне называли кодексом. Их было легче хранить, читать и искать в них нужную информацию. Даже самые ранние кодексы помещали в твердые обложки, которые представляли собой две деревянные доски, обтянутые кожей или тканью. Обложку украшали различными сюжетами. К 5 в. кодексы в переплетах совершенно вытеснили свитки.

2.1.3. Совершенствование технологий

Ткачество. В 3250–2750 гг. до н. э. в Индии началось производство хлопчатобумажных тканей. Постепенно хлопок распространился в Китае, Двуречье, Египте и Греции.

Китай издавна называли «страной шелка». В древнем мире известны были и египетские ткани. Они были очень высокого качества.

Краски и клей. Краски, которые тогда употреблялись, были минерального и животного происхождения. Например, в Египте широко использовали красную и желтую охру, которую получали из окиси железа. Синие красители получали из синего карбоната меди, а также из кремнезема, малахита, углекислого кальция и соды путем прокаливания. Для косметических целей египтяне применяли три краски: черную, белую и зеленую. Ими они подкрашивали свое лицо и тело: черной – брови и ресницы, белой – ногти, а зеленой они проводили под глазами широкую полосу.

В 3 тысячелетии до н. э. люди изобрели клей. Его делали из костей, кожи, сухожилий и хрящей, которые кипятили в воде и из которых получали в результате желатин. Приготовленный отвар выпаривали и затем разливали в формы. Охлаждаясь, он превращался в твердое вещество.

Стекло. Как свидетельствуют археологические находки, самые древние стеклянные изделия были найдены в Египте и Двуречье – они относятся к 3 тысячелетию до н. э. Исходными материалами для изготовления стекла служили кварцевый песок, карбонат кальция, природная сода или растительная зола. С помощью небольших добавок окислов железа, меди, свинца, олова, кобальта, марганца и некоторых других веществ стекло окрашивали в различные цвета. На территории Беларуси также были найдены изделия из стекла (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Археологические находки. Изделия из металла и стекла (д. Рудня, Ветковский р-н, Беларусь, 2 тысячелетие до н. э.)

2.1.4. Зарождение и совершенствование устройств и механизмов

Блок. В Древнем Египте принцип рычага был взят за основу при создании *колодезного журавля – шадуфа*.

Затем был изобретен *блок* в форме колеса с желобом (ручьём) по окружности, через который перекидывали канат или другую гибкую тягу. Применение блока позволило изменять направление тяги и получать быстрый выигрыш в силе и скорости.

Для подъема руды использовали ворот в подъемных механизмах. К равновесию ворота применимо условие равенства моментов сил $FR = Pr$, как и для рычага (рис. 2.9).

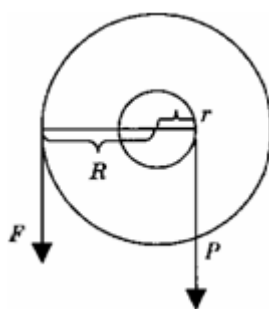


Рис. 2.9. Схема нагрузок в блоке

Он был изобретен еще в начальный период железного века, т. е. ему более трех тысяч лет. Казалось бы, что это очень полезное приспособление легко могли изобрести люди, хорошо знакомые с колесом. Но, по достоверным данным, египтяне бронзового века не поднимали паруса с помощью блока и не использовали его в строительных работах. Первые свидетельства об использовании блока обнаружены на барельефе, найденном в Ассирии и относящемся к 8 в. до н. э. Появление блока вызвало полный переворот в строительном деле. Он позволил поднимать и укладывать на место камни с бóльшим успехом, чем это делалось с помощью практиковавшегося в бронзовом веке способа их подъема по земляной наклонной плоскости и с последующим сбрасыванием на нужное место. К 450 г. до н. э. греки превратили блок в элементарный подъемник.

Гончарное ремесло, создание ножного привода. Всевозможные технические устройства стали появляться с развитием ремесел. Очень много усовершенствований было сделано, например, в гончарном ремесле. Во 2–1 тысячелетиях до н. э. был изобретен гончарный круг с ножным приводом (рис. 2.10). С 3 тысячелетия до н. э. в Египте

керамические изделия стали покрывать глазурью. Тогда же появились первые изделия из фаянса, который изготавливался на основе толченого кварца, горного хрусталя и белой кварцевой гальки. Эти изделия формовали в специальных формах или на гончарном круге. Форма представляла собой каркас из деревянных стержней либо из медной проволоки, на который лепился материал основы. После обжига проволоку извлекали из изделия. Цвет фаянса регулировался добавкой оксидов разных металлов (железа, свинца и др.).



Рис. 2.10. Гончарный круг с ножным приводом

В этот период были известны различные механизмы. Так, например, в Китае – *механизм коляски с фигуркой, указывающей на юг* (рис. 2.11).

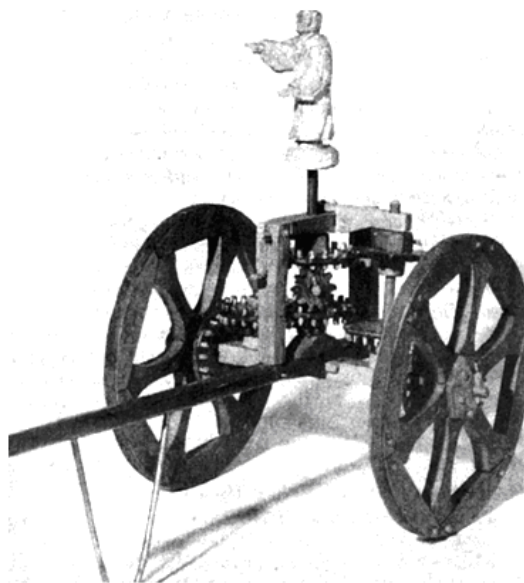


Рис. 2.11. Реконструкция коляски с фигуркой, указывающей на юг (Музей науки, г. Лондон)

Тщательно изучая литературные памятники, обнаружили, что самое древнее упоминание о такой коляске, указывающей на юг, восходит к 3 в. Человеческая фигурка наверху всегда «знала», где находится юг, т. к. была связана с колесами сложной цепью приводов, похожих на привод современного автомобиля. Такие зубчатые передачи, известные сегодня как дифференциальные, позволяют колесам автомобиля двигаться с разной скоростью (одному из них приходится проделывать путь больше, чем другому), хотя и работают они от одного двигателя. В таинственной древнекитайской коляске использовался тот же принцип с приводами, которые преобразовывали разницу в скорости колес, если коляска изменяла направление движения. Однако, как указывал Нидхэм, подобный механизм мог работать, только если каждая деталь была изготовлена с высочайшей точностью. Разница лишь в один процент между окружностями колес привела бы к тому, что фигура, указывающая на юг, сильно ошиблась бы всего через несколько миль. Не только колеса, но и другие приводы должны были быть сделаны с высочайшей точностью, что позволило Нидхэму назвать коляску «первым в мире кибернетическим механизмом».

«Багдадская батарейка». В коллекции Иракского музея в Багдаде есть небольшой незамысловатый глиняный кувшин, который, несмотря на свой невзрачный вид, археологической наукой был назван самой удивительной находкой времени Парфянского царства (примерно 250 г. до н. э. – 250 г. н. э.). Он состоял из медной трубы с одним закрытым концом, железного прута и несколько осыпавшихся кусочков битума (асфальта) (рис. 2.12). Заинтригованный отчётами о находке, физик Уолтер Уинтон из Британского музея в Лондоне приехал в Багдад и осмотрел кувшин. Он был поражен: «Добавьте немного любой кислоты или даже уксуса в медный сосуд, и вы получите простой элемент, генерирующий электрический ток. Несколько таких элементов, если их соединить в ряд, могут стать аккумулятором, который даст достаточно тока, чтобы зазвонил колокольчик, зажглась лампа или заработал небольшой электрический двигатель».

Немецкий археолог Вильгельм Кёниг, заведовавший лабораторией Иракского музея, в 1938 г. изучил «багдадскую батарейку» и решил, что ток, производимый этими элементами, соединенными последовательно в ряд, мог использоваться для гальванизации металлов.

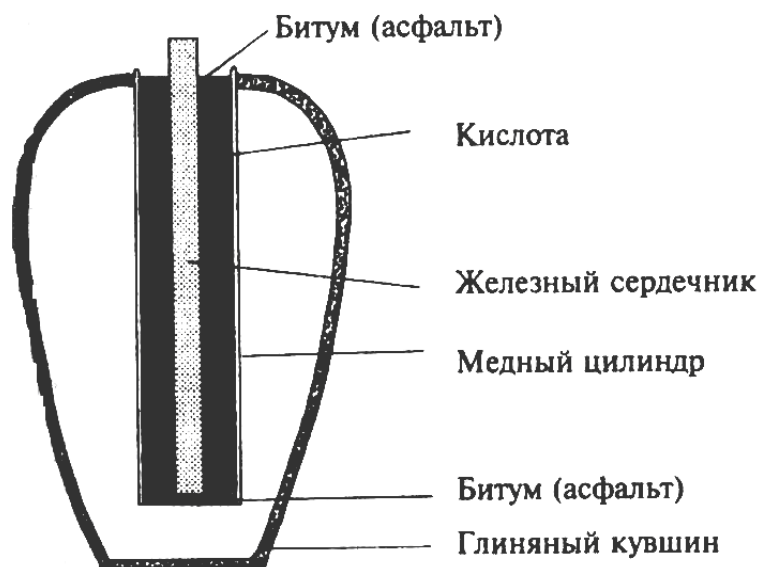


Рис. 2.12. Модель древней «багдадской батарейки»

Напряжения экспериментальных моделей было достаточно для такой работы. Примитивный метод гальванизации все еще используется местными умельцами в Ираке для покрытия медных ювелирных изделий тонким слоем серебра. Возможно, этот метод на протяжении веков передавался из рук в руки во времена Парфянского царства или до него.

Чешуйчатые панцири и кольчуги. Проблему сделать доспехи более легкими и эластичными взялись решать, по-видимому, одновременно в Древнем Китае и Египте. Чешуйчатые панцири из бронзовых пластин были найдены в китайских могилах (около 1400 г. до н. э.). Примерно в это же время бронзовые чешуйчатые панцири уже изготавливались в Египте, некоторые из них найдены во дворце фараона Аменхотепа III в Фивах. Были ли оба изобретения действительно сделаны независимо друг от друга, сказать трудно. После замены бронзы на железо около 1000 г. до н. э. появились первые железные чешуйчатые панцири, похожие на те, что использовались в течение последующих 2500 лет в Старом Свете. Железные чешуйчатые панцири середины 9 в. до н. э., наверное, самые древние. Они были найдены археологами в столице Ассирии Нимруде, Ирак. На рельефах того времени изображались ассирийские воины, одетые с головы до ног в тончайшие чешуйчатые панцири, они очень похожи на средневековых рыцарей-сарацин.

Как и чешуйчатый панцирь, кольчуга из небольших металлических колец, каждое из которых связано с двумя в верхнем ряду и дву-

мя в нижнем, появилась, по-видимому, почти одновременно в разных регионах (рис. 2.13).



Рис. 2.13. Изображение воинов в кольчугах

Как хорошо известно из современной истории, военная технология распространяется очень быстро. Древний мир не является исключением. Кольчуга обеспечивала воину большую подвижность, чем чешуйчатые доспехи. Свидетельством самой древней кольчуги на Западе является триумфальная скульптура 2 в. до н. э. в Пергаме, Турция. На терракотовых фигурах воинов, охранявших могилу первого императора Китая Цинь Ши-Хуанди (221–210 гг. до н. э.), видны семь различных типов плащей-кольчуг. Самым удивительным новшеством в истории вооружений было использование древними китайцами бумаги для производства доспехов. В 6 в. до н. э. они изобрели технологию изготовления одежды из бумаги шелковицы (тутовое дерево), которую со временем стали использовать для военного обмундирования. К 9 в. до н. э. губернатор Су Шан из Хотуна, провинция Шэньси, содержал регулярную армию из 1000 солдат, одетых в доспехи из толстой плисированной бумаги, которую не могли пробить стрелы – настолько хитроумно были сконструированы слои бумаги.

Интересна конструкция катапульты-лука наподобие катапульты, изобретенной для Дионисия Старшего из Сиракуз в 399 г. до н. э. Стрелу шести футов длиной загружали в паз спускового желоба, тетива запиралась на месте захватом (рис. 2.14). Затем спусковой желоб оттягивался назад воротом, натягивал лук и фиксировался на месте приспособлением из зубчатых реек и крепежа. При поднятии захвата спусковое устройство посылало стрелу в цель. Универсальное соединение между подставкой и катапультной позволяло целиться в любом направлении.

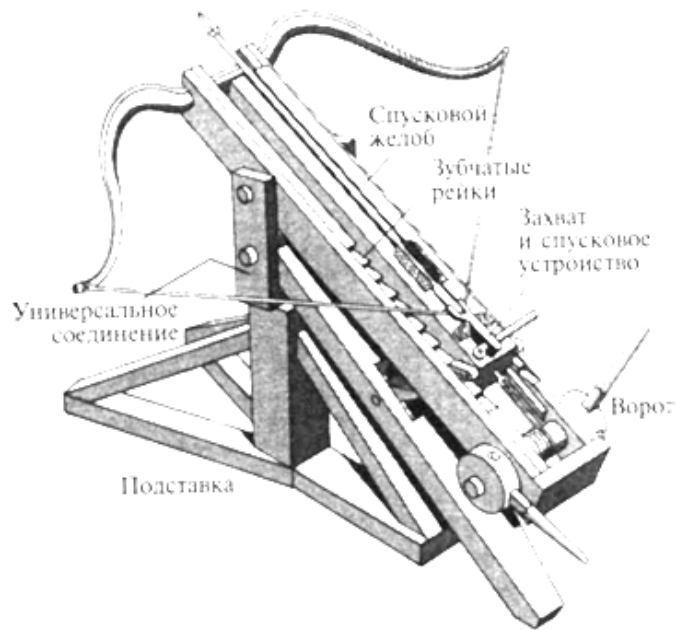


Рис. 2.14. Модель катапульты (реконструкция)

Одним из интересных механизмов является канделябр (6 в. до н. э.), позволяющий изменять расположение фигурки (рис. 2.15, а). В этом механизме впервые использована система поворотных рычагов, обеспечивающая точное осевое перемещение. Такие механизмы используются в современных устройствах роботов и манипуляторов.

В этот период известна римская мельница, приводимая в движение системой колес и падающим потоком воды (рис. 2.15, б).

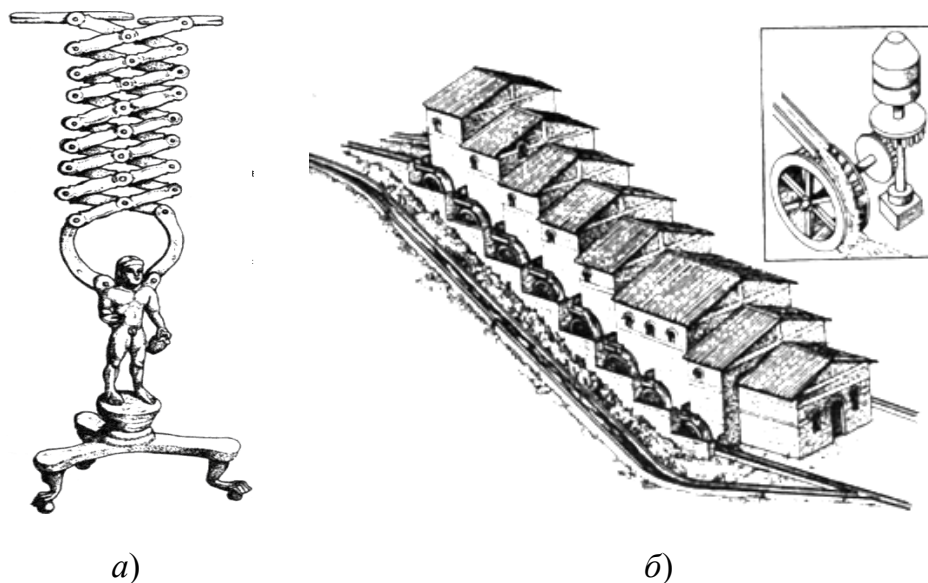


Рис. 2.15. Римские механизмы: а – канделябр (6 в. до н. э.) с подвижным верхом, сделанный этрусскими мастерами из Центральной Италии; б – римская мельница в Барбегале

Ее 16 черпаковых колес обеспечивали мощность свыше 30 лошадиных сил, необходимую для проворачивания жерновов. Вода, подводимая вверх на мельницу по акведуку, направлялась по лоткам через систему колес. Поток мог регулироваться посредством использования внешнего желоба в качестве водослива. На рис. 2.15 в рамке показано, как энергия воды передавалась жернову через цевочную передачу.

2.2. Роль Александрийской школы в систематизации и развитии накопленных знаний

Особенных высот к концу рассматриваемого периода достигла наука Древней Греции, где сложились замечательные натурфилософские школы, пытавшиеся объяснить многие природные явления. Центром прикладной науки стала Александрийская школа, выходцами из которой были такие выдающиеся механики, как Ктесибий, Архимед, Герон Александрийский и др.

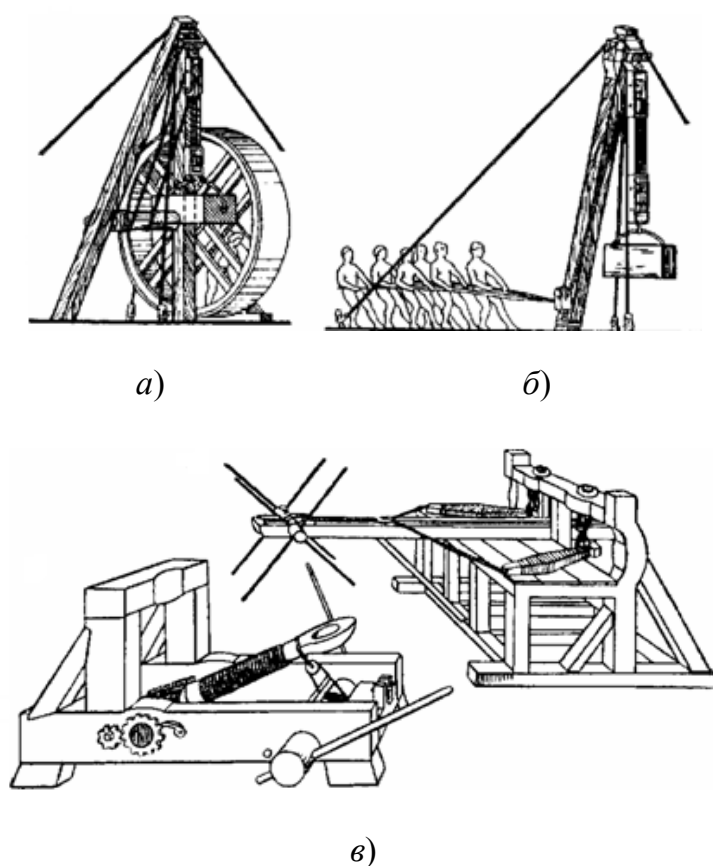


Рис. 2.16. Эскизы первых механизмов: подъемных кранов со ступальным колесом (а) и с блоками (б), метательных машин (в) (реконструкция)

Около 400 г. до н. э. *Артих Таренский* (428–347 гг. до н. э.) изобрел винт. С того времени винт является основным крепежным элементом во всех конструкциях и механизмах. Приблизительно в 330 г. до н. э. грек *Диадес* впервые использовал роликовые подшипники. Применение этого изобретения в широком масштабе начинается только в 18 в.

Нападения ливийских кочевников, народные бедствия, вызванные многолетними неурожаями, отделение Сирии и Финикии явились причинами распада Древнего Египта на два царства – Северное и Южное. Пески пустыни завершили гибель Южного царства.

Блестящие победы Александра Македонского в 4 в. до н. э. привели к полному поражению Северного Египта. Огромная армия победителя разместилась в военном лагере возле города Ракотиса в дельте Нила. Осмотрев окрестности разрушенного города, полководец принял решение возвести здесь новую столицу, достойную его великих завоеваний.

После смерти Александра Македонского в 323 г. до н. э. его войскам и администрации не удалось удержать завоеванные земли Малой Азии, Египта, Персии, Средней Азии и большей части Индии. Огромное эллинистическое государство распалось. Египет стал отдельной страной, которой начали править цари из династии Птолемеев.

Основатель династии, один из военачальников Александра Македонского, Птолемей I («Спаситель») распорядился продолжить строительство города. Во время осмотра построек он обратил внимание архитектора на медленность возведения крупных храмов. Дегинократ прекрасно понимал, что сократить сроки строительства можно только благодаря применению более мощных грузоподъемных машин.

Птолемей I поручил египетским и греческим ученым срочно приступить к разработке грузоподъемных машин и механизмов. Однако для осуществления этой цели нужны были принципиально новые открытия в механике.

Узнав о встретившихся трудностях, было решено создать в Александрии большой научный и культурный центр, где бы разрабатывались новые типы машин и механизмов, велись исследования в области математики, астрономии, механики, химии, медицины, развивались ваяние и живопись.

Так, впервые в истории человечества было возведено святилище муз – Александрийский мусейон. Еще до окончания строительства в него съехались из разных городов Средиземноморья известные

ученые, философы, писатели, художники, скульпторы. Трудясь в Мусейоне во имя процветания науки и культуры, они находились на полном обеспечении правителей эллинистического Египта, а позже – властителей Римской империи.

Начался небывалый расцвет науки, техники, медицины и искусств. В разное время в Мусейоне жили и работали величайшие математики – Архимед, Евклид, Эратосфен; механики – Архит, Филон, Ктесибий; астроном Аристарх Самосский; историки, философы и писатели – Диодор, Каллимах, Феокрит. Все они оставили величайшее интеллектуальное наследие, которое сыграло огромную роль в развитии науки и культуры.

Архимед – древнегреческий ученый, математик и механик (ок. 287–212 гг. до н. э.) родился на острове Сицилия, в Сиракузах, но учиться поехал в Александрию.

Многогранны теоретические разработки великого ученого. Он занимался в основном практическими приложениями математики (геометрии), физики, гидростатики и механики. В математике за 2000 лет до открытия интегрального исчисления он обосновал метод расчета *параболического сегмента*. Архимед впервые вычислил число π как отношение длины окружности к диаметру и доказал, что оно одинаково для любого круга.

Первый закон гидростатики, открытый Архимедом, носит его имя: «на тело, погруженное в жидкость, действует сила, равная массе вытесненной им жидкости». Сиракузский ученый открыл *закон удельного веса (плотности) металла*.

Архимед, страстно увлеченный механикой, создал теорию пяти «простых» механизмов: рычага, клина, блока, бесконечного винта и лебедки. *Водоподъемный винт* Архимеда, или «улитку», (рис. 2.17, б) египтяне использовали для полива садов, орошения полей в период полноводья Нила, а позже – для откачки воды из рудников. Изготовление «улитки» требовало меньших затрат дерева, чем водочерпального колеса (рис. 2.17, в), что было важно при дефиците древесины в восточных странах. Сегодня архимедов винт используется в обыкновенной мясорубке. На основе бесконечного винта были изобретены в то время такие важные, а ныне обычные детали, как болт, сконструированный наподобие винта, и гайка.

В 18 лет Архимед сконструировал подъемник в виде дощечки, висевшей на четырех шнурах, которая поднималась за счет специального колеса, приводимого в движение мышью. Когда мышь бегала

по колесу, дощечка поднималась. Аналогичный по устройству подъемник Архимеда установили в башне городской стены, и с его помощью можно было поднять сразу десять человек, а в движение он приводился ступальным колесом (рис. 2.16, а).

Архимед спроектировал подъемный механизм из рычагов, винта и лебедки и с его помощью спустил на воду тяжелую галеру, севшую на мель, со всем ее экипажем и грузом. При обороне Сиракуз во время Второй Пунической войны Архимед сконструировал несколько боевых машин.

Для обороны от кораблей противника Архимед изобрел «железные лапы» (рис. 2.17, з), которые действовали следующим образом:

с помощью специального соединения балка крана вращалась как горизонтально, так и вертикально, и «клешни» могли захватить вражеский корабль при приближении к стенам города;

волы тянут канат; это усилие передается через систему шкивов подъемного устройства, а естественная плавучесть корабля облегчает подъемную работу;

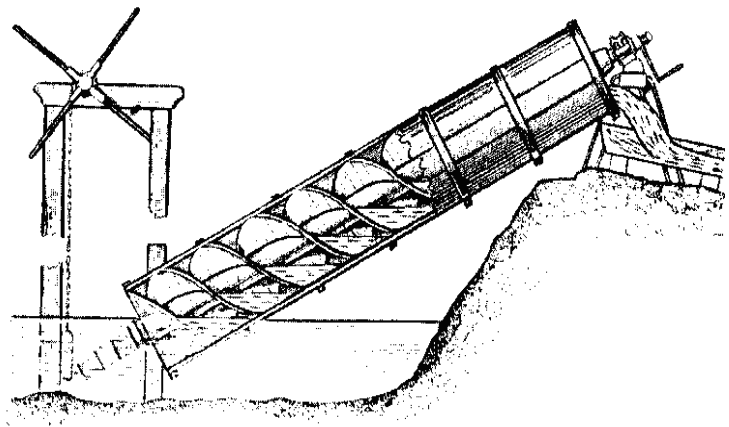
когда корабль поднимали до предела, неожиданно ослабляли нагрузку на систему шкивов, и корабль падал в воду.

Созданные Архимедом *краны с петлями* из железных цепей огромными клещами, державшими камни, наносили жестокие удары по римским судам.

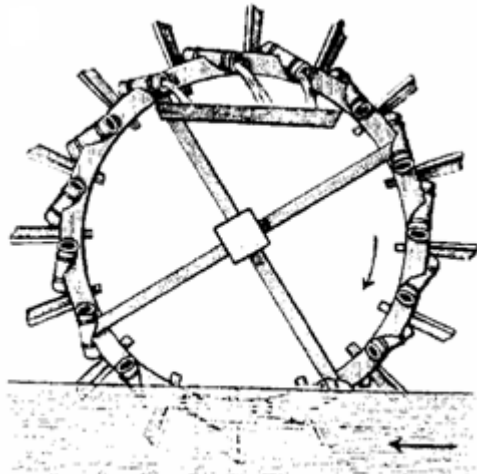
Архимед изобрел *перископ* – устройство для наблюдения за поверхностью воды из подводного положения, который представлял собой оптический прибор с системой зеркал или призм, позволяющий вести наблюдение из укрытия.



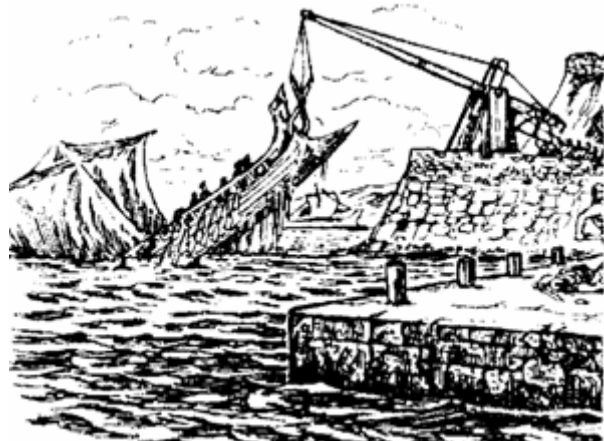
а)



б)



в)



г)

Рис. 2.17. Гравюра портрета Архимеда (а) и эскизы его механизмов: винтовой подъемник воды (б), водочерпальное колесо (в), клещевой опрокидыватель кораблей (г) (реконструкция)

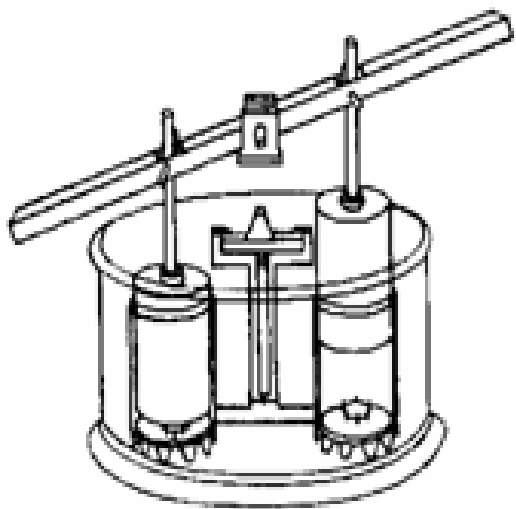
Ктесибий (3 в. до н. э.) сделал немало крупных изобретений. Изобретение пневматики связывается с его именем. Он изобрел двухцилиндровый *пожарный насос* (рис. 2.18, а), который ни в чем существенно не отличается от современного. Насос был снабжен всасывающим и нагнетающим клапанами, воздушным уравнивающим колпаком и рычагом – балансиrom для ручного привода. Ктесибием были изобретены *водяные часы*, *водяной орган*, а также *аэротрон* – военная машина, в которой роль упругого тела играл сжатый воздух.

Как пожарный насос, так и аэротрон представляли собой цилиндр с движущимися внутри него поршнями. Это первое в истории техники упоминание о кинематической паре цилиндр–поршень.

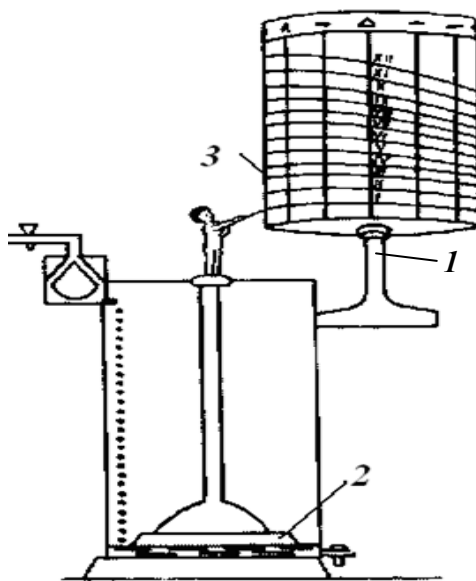
Водяные часы (греч. *klepsydra* – клепсидра) были известны еще в 11 в. до н. э., а в Греции – с 5 в. до н. э. В часах Ктесибия вода через трубку медленно наполняла резервуар с поплавком. Фигурка на поплавке указывала время по делениям, нанесенным на вертикальной шкале (рис. 2.18, б, в).

Водяные часы Ктесибия имели универсальный циферблат со шкалой, нанесенной на колонне 1. Поплавок 2 с указателем мог двигаться вдоль вертикальной шкалы 3, которая была приспособлена учитывать и показывать различия по продолжительности или неравные зимние и летние часы (рис. 2.18, б). Колонна с циферблатом была установлена на пустотелом пьедестале 4, скрывавшем механизм. Кривые часовые линии, начертанные на колонне для всех 24 часов, были рассчитаны так, чтобы равномерное поднятие поплавка согласовывалось с неравномерными дневными и ночными часами в различные времена года. Для того чтобы учесть эти вариации в часах, Ктесибий проводил часовые линии по спирали вокруг колонны – цилиндрического циферблата. Последний слегка поворачивался каждый день, причем так, чтобы в зимние месяцы указатель временно двигался над той частью циферблата, где линии дневных часов были близки друг к другу, линии ночных часов – дальше друг от друга, а в летнее время наоборот. У подножия колонны находились два херувимчика 5 и 6. Правый изображал плачущего, слезы текли из его глаз и капали в водоем, постоянно заполняя цилиндр, скрытый в пьедестале (рис. 2.18, в). Поршень в цилиндре поддерживал другого херувимчика.

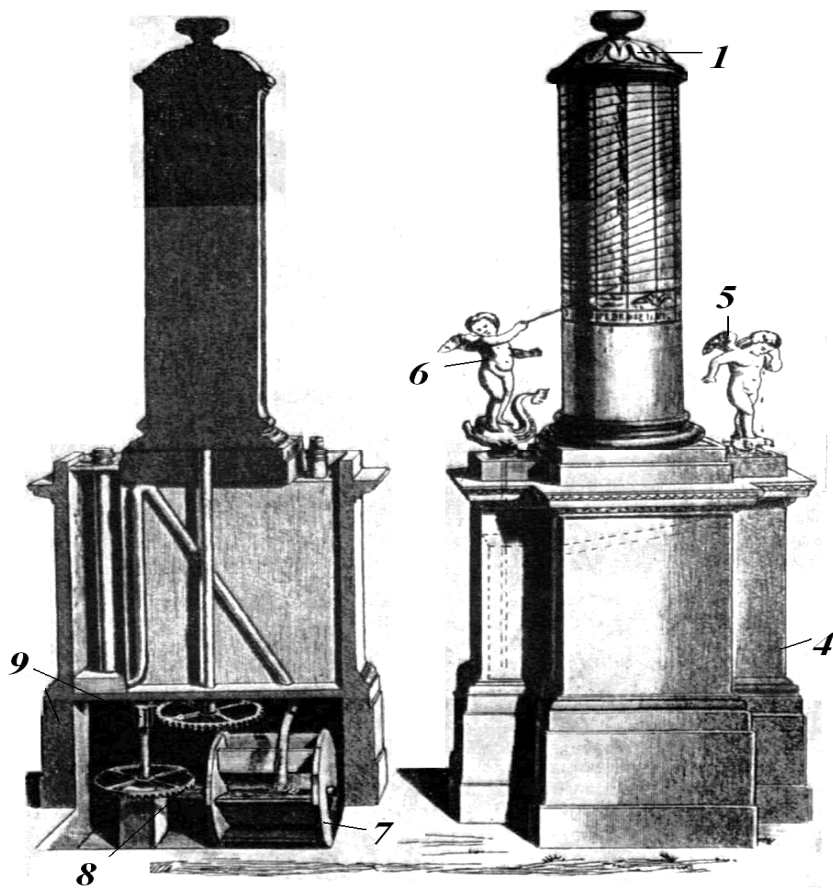
По мере того как вода постепенно заполняла цилиндр, этот херувимчик медленно приподнимался и жезл, который он держал в руке, указывал время на циферблате. Когда наступал 13-й час, сифон приходил в действие, что быстро опорожняло цилиндр, позволяя указателю времени опуститься. Вода из сифона лилась на большое водяное колесо 7, которое при помощи системы шестерен 8, 9 слегка поворачивало колонну, чтобы привести линии часов в должное положение для измерения временных интервалов следующего дня. В этом механизме Ктесибий впервые применил цевочно-зубчатые цилиндрические и конические передачи.



a)



б)



в)

Рис. 2.18. Гидромеханические устройства Ктесибия: а – модель насоса; б – схема часов с подвижной стрелкой; в – их общий вид

Ктесибий построил орган, действующий от воздушного насоса. Орган был снабжен устройством, помещавшимся под водой и позволявшим регулировать подачу воздуха в трубы.

Филон Византийский (2 в. до н. э.) продолжил усовершенствования катапульта и пытался в катапультах заменить скрученные тетивы сжатым воздухом или бронзовыми пружинами. Однако эти идеи опережали технические возможности своего времени и не могли быть реализованы на практике.

Книга Филона «Механика» дошла до настоящего времени в хорошем состоянии. Помимо описания боевых машин, Филон обсуждает в ней теорию рычага и рассказывает об автоматах и автоматическом театре. В этой книге описано множество занимательных игрушек, предназначенных для развлечения гостей во время празднеств: кривые зеркала, сосуды, извергающие различные жидкости, фонтаны с пьющими животными и моющимися птицами, подвес, называемый сейчас кардановым, автоматическое приспособление для подачи святой воды в храм и т. п.

Одним из его изобретений была восьмигранная чернильница с отверстиями на каждой стороне. Можно было перевернуть восьмигранник любой стороной кверху – и чернила не проливались. Секрет заключался в том, что чернильница находилась в центре хитроумно установленных концентрических металлических колец, известных в 18 в. под названием «карданов подвес», и сохраняла устойчивость независимо от положения.

Во многих из этих механизмов искусно используется атмосферное давление и давление водяного пара. Кроме того, Филон прекрасно знал принцип действия сифона.

В своей «Механике» Филон описывает первый в истории термоскоп, который состоит из двух связанных трубкой сфер (рис. 2.19, *a*). Такие опыты и сейчас проводят в средней школе. Они демонстрируют тот факт, что Филон, а возможно, и его учитель Ктесибий, опытным путем пришли к пониманию принципа теплового расширения.

Свинцовый шар *A* – пустой, шар *B* содержит воду. Если шар *A* поместить на солнце или нагреть другим способом, то содержащийся в нем воздух расширится и, проходя по трубке, даст пузыри в сосуде *B*. Если сосуд *A* охладить, то объем воздуха уменьшится и вода из сосуда *B* поднимется по трубке и перельется в сосуд *A*.

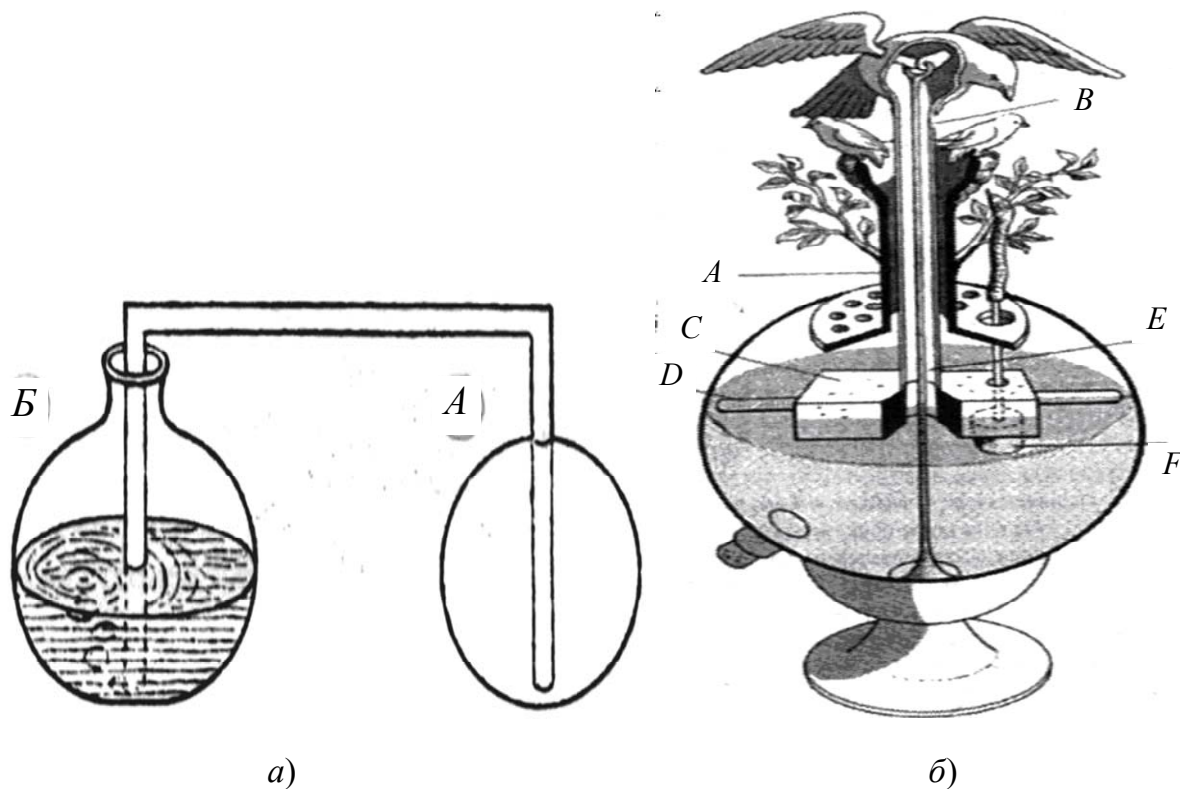


Рис. 2.19. Эскизы Филона Византийского: *а* – термоскопа; *б* – «птичьего гнезда» (реконструкция)

Устройство птичьего гнезда изобретено Филоном (рис. 2.19, б). Гнездо с моделями птенцов прикреплено к трубообразному «дереву» *А*, припаянному к крышке сосуда с отверстием. Птица-мать сидит в гнезде на внутренней трубе *В*, которая проходит сквозь дерево до плавающей платформы *С* с опорами *Д* и крепится к ее основанию. В трубе *В* находится длинный штырь *Е*, проходящий через платформу, один из его концов прикреплен к дну кувшина, другой – к крыльям птицы. Хрупкая модель змеи прикреплена к поплавку *F*. Если через отверстие налить воды, то маленький поплавок *F* поднимается со змеей, которая угрожает птенцам в гнезде. Когда же жидкость поднимается достаточно высоко, платформа *С* с трубой *В* тоже поднимаются и выталкивают птицу. Она распускает крылья и принимает воинственную позу над змеей. Если слить жидкость (вынуть пробку в дне), то змея опускается вниз на своем поплавке *F*. Платформа *С* тоже опускается, пока не застопорится опорами *Д*. Птица-мать складывает крылья и обретает спокойствие.

Римский архитектор и инженер *Витрувий* (I в. до н. э.) усовершенствовал часы, которые устроены следующим образом (рис. 2.20, а).

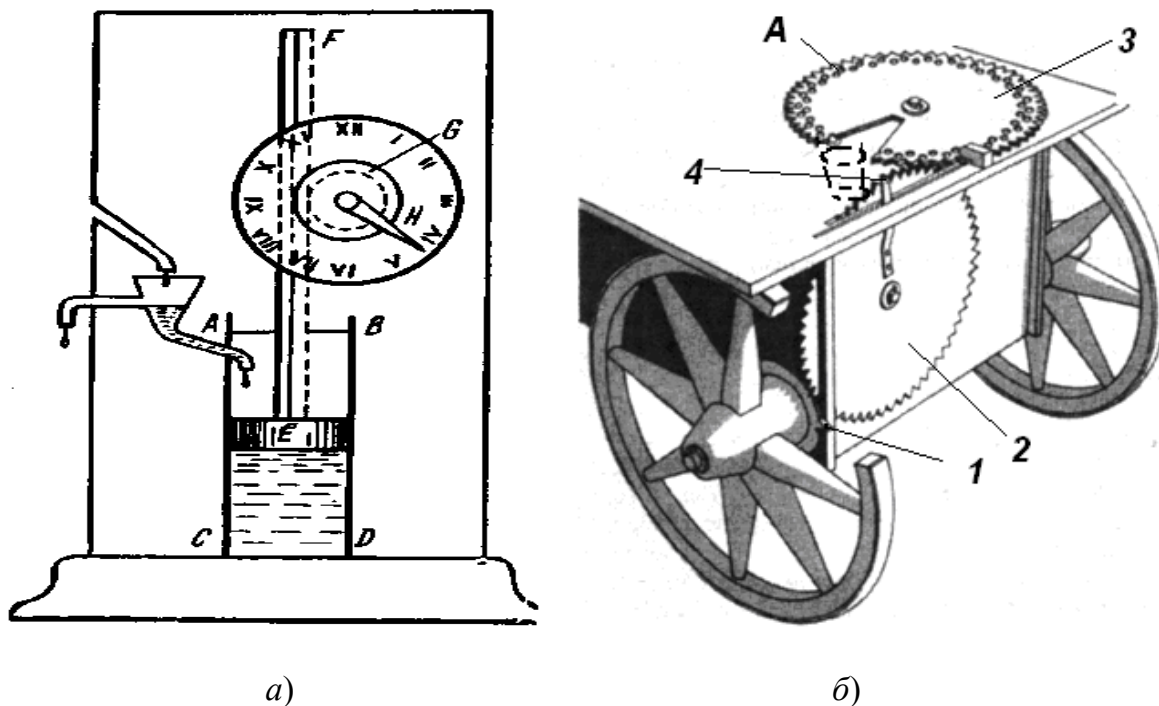


Рис. 2.20. Эскизы конструкций механизмов Витрувия:
а – гидромеханических часов; *б* – одометра

В сосуд *ABCD* из резервуара поступает вода. В сосуде находится поршень с отверстием *E*, шток которого на верхней части имел зубья, входившие в зацепление с зубчатым колесом *G*. На одной оси с зубчатым колесом была закреплена стрелка *H*. Поршень за каждый час поднимался вверх и поворачивал колесо со стрелкой на одно деление. В этом механизме впервые приведена реечная передача.

Одометр Витрувия (рис. 2.20, *б*), реконструирован Андре Сливиком. Единственный зубец *1* на ступице коляски поворачивает вертикальное зубчатое колесо *2* на один ход при каждом обороте колеса. Подобная передача с одним зубом *4* приводит в движение горизонтальное зубчатое колесо *3*, поворачивая его на один ход после каждых 400 оборотов колеса коляски, равных расстоянию в 5000 футов, или одну римскую милю. Для ясности (рис. 2.20, *б*) на колесной зубчатой передаче изображено менее 400 зубьев. Отверстия *A* в диске верхней части предназначены для круглых камешков; после каждой мили один камешек падает в отверстие ящика (под горизонтальным зубчатым колесом), фиксируя пройденное расстояние.

В конце 1 в. до н. э. Марк Витрувий написал «Десять книг об архитектуре», которыми пользовались по крайней мере 1500 лет. В десятой книге, где рассматривались инженерно-технические проблемы, дано, вероятно, первое определение машины: «Машина есть

сочетание соединенных вместе деревянных частей, обладающее огромными силами для передвижения тяжестей».

Славу Ктесибия и Филона затмил *Герон* из Александрии, может быть, отчасти потому, что оставленное им обширное литературное наследие дошло до настоящего времени почти целиком. Он жил около 1 в. н. э. (точная дата неизвестна).

Всеобщее признание, особенно среди ученых эпохи Возрождения, получил двухтомный труд Герона о пневматике (учении о сжатом воздухе), в котором предлагается использовать свойство сжимаемости воздуха в различных приспособлениях, например, в знаменитом эолипиле, первой действующей паровой машине, отдаленно напоминающей современные реактивные турбины (рис. 2.21, *а*).

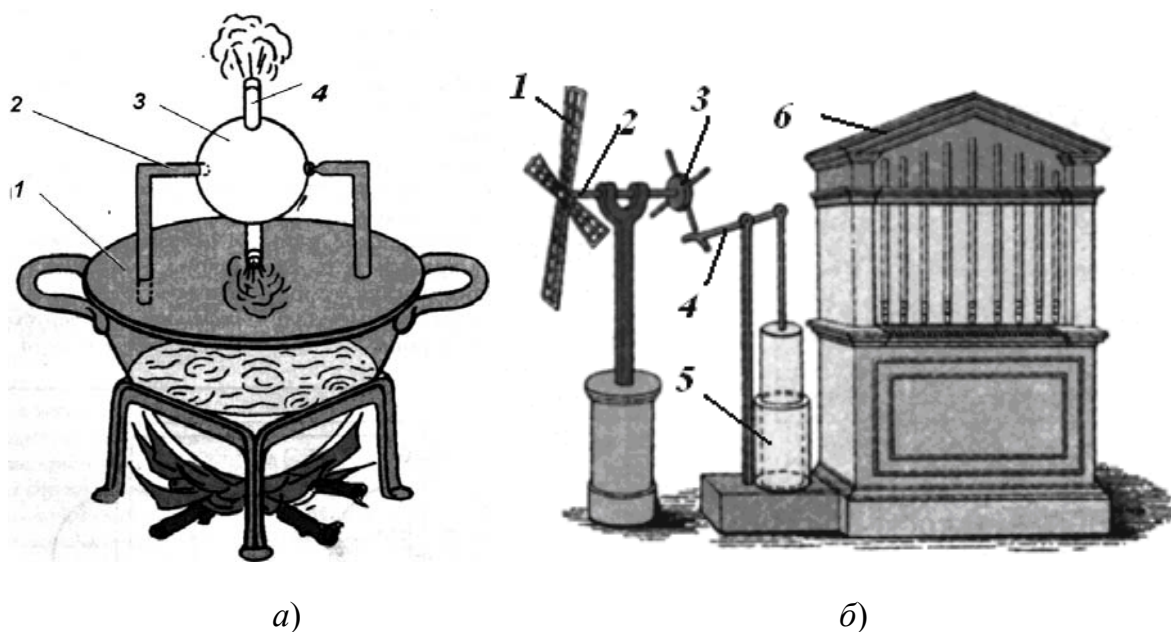


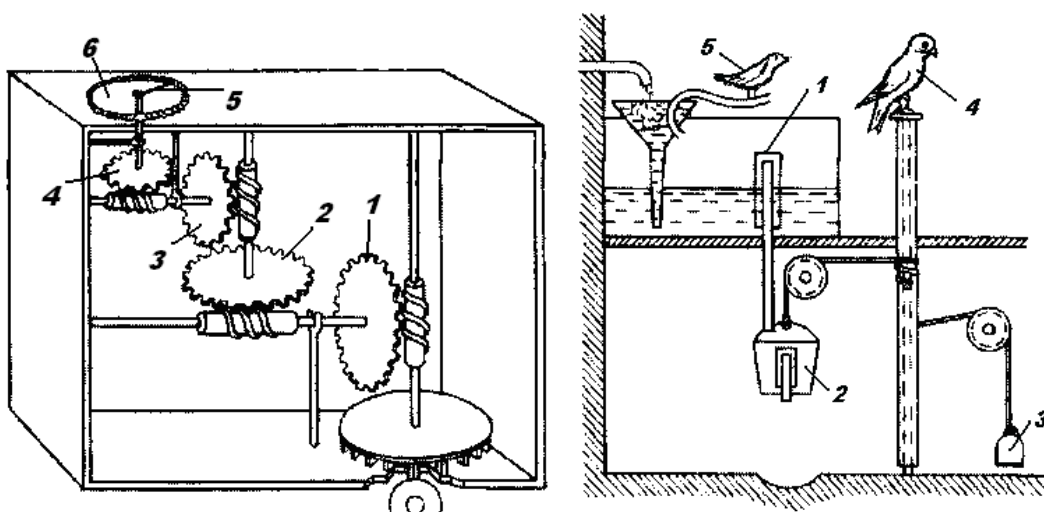
Рис. 2.21. Механизмы Герона: *а* – эолипил: 1 – котел; 2 – полая трубка, подводящая пар к шару 3, закрепленному на оси; 4 – изогнутые трубки; *б* – ветряной привод: 1 – ветровое колесо; 2 – вал; 3 – штыревой кулачок; 4 – рычаг; 5 – поршневой насос; 6 – орган

Пар из емкости 1 по трубкам 2 поступает в емкость 3 и выходит через две трубки 4, загнутые под прямым углом в противоположных направлениях, и шар 3 приходит во вращение вокруг оси.

Другим устройством, изобретенным Героном, является ветряная мельница (рис. 2.21, *б*). В обоих случаях эти устройства можно было превратить в эффективно действующие двигатели (т. е. они преобразовывали ветровую и тепловую энергии в механическую).

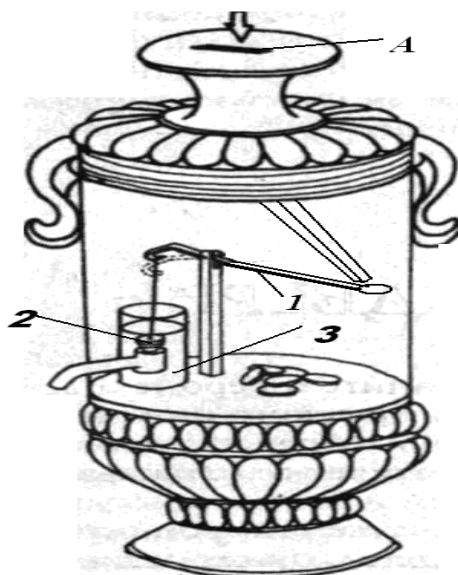
Ветряная мельница приводила в действие поршневой насос, подающий воздух в музыкальный орган, особое приспособление. При существовавшем тогда уровне знаний и технологий нельзя было превратить турбину в двигатель, а вот ветряную мельницу, вероятно, можно было бы построить.

Еще одно интересное изобретение Герона – одомер (греч. hodos – путь, metreo – измеряю), прибор для измерения пройденного пути (рис. 2.22, а).



а)

б)



в)

Рис. 2.22. Механизмы Герона: а – одомер; б – гидравлический механизм; в – автомат для выдачи воды

Одометр Герона состоял из системы зубчатых передач 1–4, приводившихся в движение при езде повозки. Пройденный путь фиксировался стрелкой 5 на циферблате 6 с делениями. Кстати, зубчатая передача впервые появилась, вероятно, не ранее 500 г. до н. э. В этом механизме впервые приведены червячные передачи. В числе изобретений Герона – гидравлический механизм (рис. 2.22, б), в который поступала из емкости вода до определенного трубкой 1 уровня. При превышении этого уровня вода переливалась в нижнюю емкость 2 и, превысив вес груза 3, приводила к его быстрому опусканию и повороту стойки с правой птицей 4, при этом левая 5 издавала звуки.

Автомат для выдачи воды (рис. 2.22, в) работал следующим образом. Следовало опустить 5-драхмовую бронзовую монету в щель А. Монета падала на рычаг 1 и поворачивала его вокруг оси. Другой конец рычага 1 поднимал клапан 2, и порция воды из емкости 3 вытекала. Монета падала на дно, а клапан 2 под собственным весом перекрывал отверстие. Вода использовалась для ритуального омовения лица и рук перед входом в храм. В конце дня жрицы могли забрать из автомата пожертвования.

Рассмотрим, как действовала система открывания и закрывания дверей храма (рис. 2.23).

В вазе 1 помещался медный поддон с легковоспламеняющимся порошком. Солнце нагревало днище поддона, и порошок в полдень воспламенялся. При облачной погоде раб, находящийся в подвале, подносил горящий факел снизу к поддону и поджигал порошок. После его воспламенения воздух в вертикально расположенной трубе 2 расширялся и вытеснял воду из сферического бака 3. Вода по изогнутой трубке 4 перетекала в бадью 5, подвешенную через шкив на канате.

После заполнения бадьи водой она начинала перемещаться вниз. Канат, прикрепленный к ней, перемещался вправо и приводил во вращение в различном направлении два ворота 6 и 7, открывающие створки двери.

Герон разработал конструкции самодвижущихся стенда и нимфы (рис. 2.24). В центре самодвижущегося стенда Герона находится отсек 1, заполненный зерном (рис. 2.24, а). Когда пробку в дне открывали, зерно высыпалось в нижний отсек 2. По мере опорожнения верхнего отсека большой груз 3, лежащий на зерне, опускался вниз, натягивая веревку на шкивах 4 и поворачивая колеса 5.

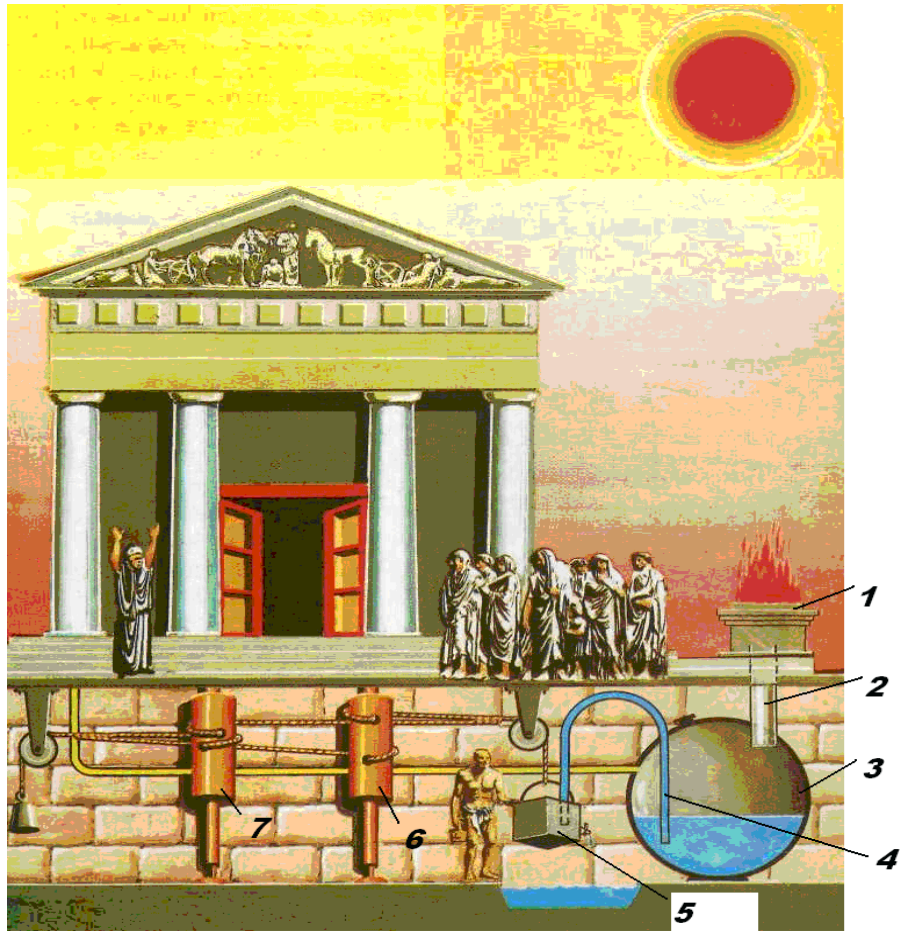


Рис. 2.23. Реконструкция устройства закрытия ворот храма

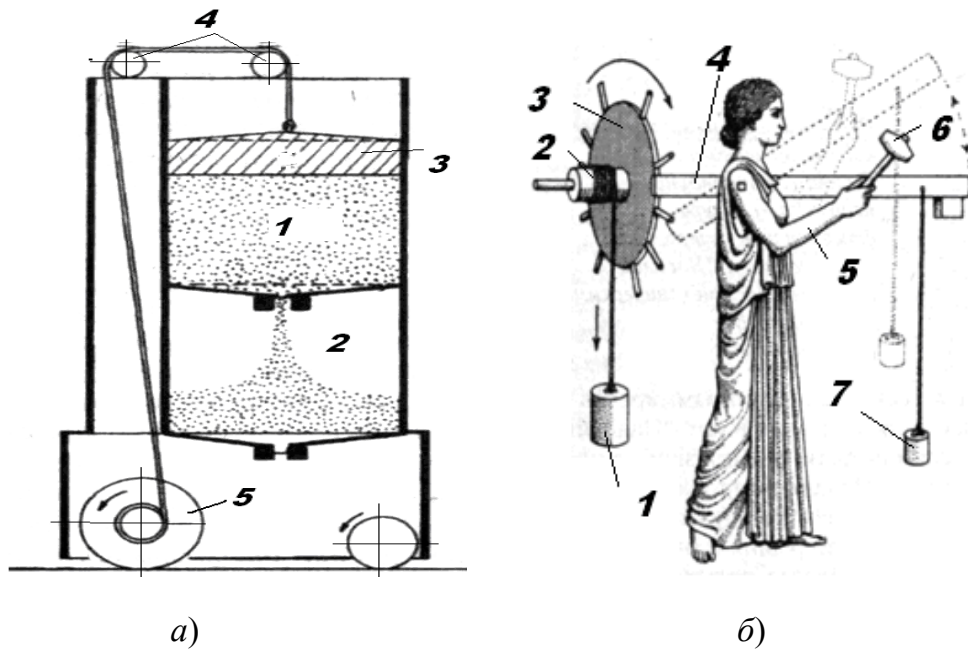


Рис. 2.24. Модели Герона: а – самодвижущегося станда; б – кующей нимфы

Таким образом, когда груз опускался, стэнд приходил в движение. В механизме, который использовал Герон в своей миниатюрной пьесе «Навилий», требовалось, чтобы фигурка нимфы работала молотком (рис. 2.24, б). Это обеспечивалось тем, что груз 1, подвешенный к барабану 2, вращал его таким образом, что колышки диска 3 нажимали и опускали один конец рычага 4. Рычаг поворачивался вместе с осью, на которой (с другой стороны нимфы) была закреплена рука 5 с молотком 6. Молоток поднимался. Затем колышек колеса 3 соскальзывал с рычага 4, и он под действием веса молотка и груза 7 поворачивался в исходное положение.

Самым высоким сооружением древности являлся Александрийский маяк, который возвышался над уровнем моря более чем на 152 м. Ученые и писатели оставили много воспоминаний о маяке острова Фарос. Древнегреческий географ и историк Страбон так описывает его в своей книге «География»: «Самый дальний выступ острова образует скала, окруженная морем. На той скале стоит достойная удивления многоступенчатая башня из белого камня. Она называется так же, как и остров. Построил ее Сострат из Книда, друг царей, для безопасности мореплавателей. Берег с обеих сторон не имеет пристани, кроме того, он низкий и окаймленный скалами и мелями, потому здесь необходим высокий и хорошо видный с моря знак для мореплавателей, чтобы они легко могли найти вход в гавань».

На крыше подиума размещались баллисты, способные метать камни массой до 100 кг, и катапульты, посылающие залпами зажженные стрелы по неприятельским кораблям. Маяк был немым свидетелем многих морских сражений. Стены маяка еще в 13 в. н. э. сохраняли многочисленные следы от попадания камней, ядер, стрел. Плиты подиума и башня остались покрытыми толстыми слоями застывших потоков смолы. Со стороны моря маяк стоял как неприступная крепость более 1380 лет. Разрушить ее никому не удавалось. Таким образом, башня маяка простояла до середины 11 в. и только после сильных землетрясений стала постепенно разрушаться. В 1182 г., по свидетельству арабов, нижняя часть башни возвышалась над подиумом не более чем на 30 м, а в 1303 г. она полностью исчезла. Волны моря уничтожили подиум, и великое сооружение древности погибло навсегда.

На маяке через каждые полчаса, для привлечения внимания мореходов, «оживали» с помощью автоматических устройств статуи (нерейды). Одна из них отбивала склянки, другая рукой показывала на стрелку, указывающую направление ветра, третья обращала внимание

мореплавателей на скорость ветра. Четвертая nereida ночью и днем при туманах трубила в рог, предупреждая о близости берега и мелей. Благодаря сигналам nereid корабли могли успешно подходить к городу и безопасно входить в узкое горло гавани.

Наибольшие изменения в конструкции nereid внес Герон Александрийский, применивший в качестве задающего устройства гидромеханические часы (рис. 2.25). Такое использование часов позволило ему создать регулируемые системы поворота статуй. Одна из них была в бронзовый колокол. Это происходило каждые полчаса при повороте статуи. Звуки далеко разносились над морем. Герон в автоматах, управляющих статуями, применил механические и пневматические устройства. Об их сложности можно судить, прочитав его замечательные книги «Механика», «Грузоподъемные машины» и «Пневматика». Книгу «Пневматика» Герон Александрийский начинает словами: «Занятие воздушными и гидравлическими искусствами высоко ценилось древними философами и механиками – последними из-за силы и могущества воды, а первыми из-за чувственной видимой сущности этих искусств». Герон в своих книгах систематически, в доходчивой и ясной форме, излагал принципы проектирования механизмов, совершающих поступательные и вращательные движения под воздействием различных видов энергии. В устройствах управления и автоматах он применял зубчатые и червячные передачи.

В дальнейшем описание конструкций автоматов и устройств управления будет вестись по сочинениям Герона, изданным Б. Бальде, с соответствующими дополнениями, сделанными в 1890 г. Т. Беком. По этим материалам были составлены описания автоматов для управления движением статуй Александрийского маяка.

Гидромеханические часы Александрийского маяка были украшены барельефом химеры. Из пасти льва через золотую капиллярную трубку в ванну падали капли воды (рис. 2.25). По мере заполнения ванны падающими каплями поднимался водяной колокол 1. Следует отметить, что получение постоянного количества капель, падающих в ванну за один час, требует создания в верхнем баке спокойной поверхности жидкости. Это обеспечивается в том случае, если верхний бак имеет широкое днище и каждый раз через трубу большого диаметра происходит наполнение водой до одинакового уровня.

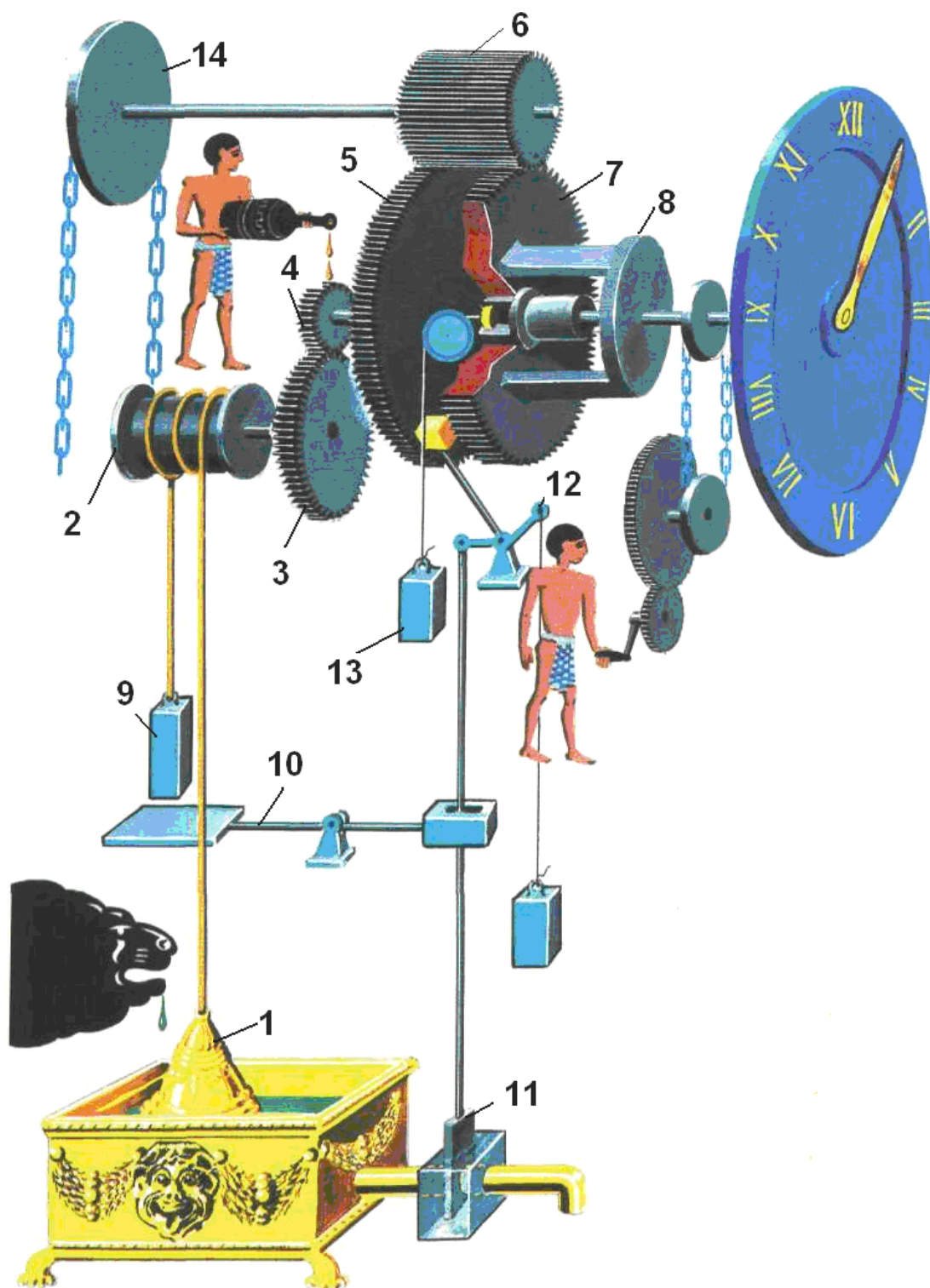


Рис. 2.25. Схема часов Александрийского маяка

Связанный с колоколом канат медленно двигался вверх и приводил во вращение барабан 2, на одной оси с которым закреплено зубчатое колесо 3. Движение от него передается посредством зубча-

тых передач 5, 6 и 6, 7 на втулку 8, поворачивающую стрелку часов. Довод часовой стрелки осуществлялся один раз в сутки в полдень по солнечным часам с помощью лебедки, приводимой во вращение человеком. От падения первой капли в ванну начинался отсчет времени.

В древние времена не существовало постоянной меры времени. Естественный день от восхода до захода солнца делился на 12 часов, т. е. шкала часов летом была более длинной, чем зимой. Из-за этого отверстие для выливания воды в верхнем сосуде летом делалось меньшим.

После окончания полусуток вода в ванне достигала наивысшего уровня. Тяжелый груз 9, уравнивающий колокол в своем крайнем положении, давил на левое плечо рычага 10. В результате его поворота из ванны вытягивалась заслонка 11. Одновременно изогнутый рычаг 12, поворачиваясь, перемещал вдоль оси шестерню 7 часового механизма вправо, выводя ее из зацепления с шестерней 6. Стрелка часов останавливалась. Вода из широкого отверстия ванны быстро вытекала и доходила до заданного уровня. Вместе с ней опускался колокол. Тяжелый груз 9 сразу же поднимался.

Правое плечо рычага 10 опускалось вниз, и заслонка 11 закрывала широкое отверстие в боковой стенке ванны. При этом изогнутый рычаг 12, поворачиваясь, занимал первоначальное положение. Под действием падающего груза 13 подвижная шестерня входила в зацепление. Затем стрелка часов вновь приводилась во вращение с помощью механизма клепсидры. Начинался отсчет времени следующих полусуток.

Наибольший интерес с точки зрения инженерного искусства представляло устройство управления отбиванием склянок. Привод его осуществлялся от звездочки 14 (рис. 2.25) на звездочку 1 (рис. 2.26). На одной оси со звездочкой 1 установлен дисковый кулачок 2, поднимающий и опускающий рычаг 3, управляющий пневматическим распределителем 4 с силовым цилиндром 5, и кулисный механизм, расположенным под нереидой.

Число зубьев в звездочках подбиралось таким, чтобы за один полный оборот стрелки часов нижняя звездочка 1 совершала три оборота. Иначе говоря, ее полный оборот происходил за четыре часа. При вращении кулачка 2 зубья набегали на рычаг. Он начинал совершать колебательные движения (вверх-вниз), поворачивая лопасть пневматического распределителя теплого воздуха 4 сначала по часовой стрелке, а затем против.

Для отбивания склянок через каждые полчаса (от одного до восьми) зубья размещались на диске кулачка следующим образом. Один зуб находился под углом 45° , два – под углом 90° , восемь зубьев соответствовали углу, равному 360° . При пересчете в интервалы времени поворот диска на 45° совершался за 30 мин. Тогда кулачок поднимался и опускался по одному разу, а статуя производила один удар в колокол. Если угол поворота диска составлял 360° , то кулачок поднимался и опускался по восемь раз. При этом интервал времени составлял четыре часа, а статуя била восемь раз в колокол.

Голубой циферблат часового механизма (рис. 2.25) диаметром в шесть метров прикреплялся к стене башни на высоте немного более 130 м. Цифры на циферблате и часовая стрелка покрывались позолотой и были видны на больших расстояниях в широком диапазоне углов зрения с кораблей, подплывающих к маяку с различных сторон, в створе действия световых лучей маяка. Для подачи теплого воздуха ко всем оживающим статуям маяка использовался паровой котел (рис. 2.26).

Так Герон Александрийский впервые осуществил централизованную установку энергопитания автомата. В современных промышленных роботах подобные централизованные системы питания часто применяют при использовании гидравлических и пневматических приводов.

Значительная масса статуи привела к необходимости установки нескольких опорных роликов с осями, параллельными плоскости пола. Кроме того, в устройство поворота была введена ось большого диаметра с подпятником, уменьшающим нагрузку на вращающийся ролик и исключаяющим его заклинивание.

Другая nereida, поворачиваясь, трубила в рог, предупреждая мореходов об опасности. Для получения прерывистости звучания применялись два воздушно-водяных свистка Ктесибия, управляемые от механизма поворота статуи. При ее вращении в одну сторону звук издавал первый свисток, а в другую – второй. Свисток находился в левом положении перед началом звучания, а в правом – в процессе звучания. При повороте статуи рычаг поднимался, веревка срывалась, и повернутый горловиной вниз сосуд падал в воду. От подъема воды в сосуде воздух сжимался и, проходя через свисток, издавал продолжительный низкий звук. Затем рычаг опускался и специальный механизм снова накидывал на него веревку. Когда рычаг поднимался, свисток был готов к повторному применению.

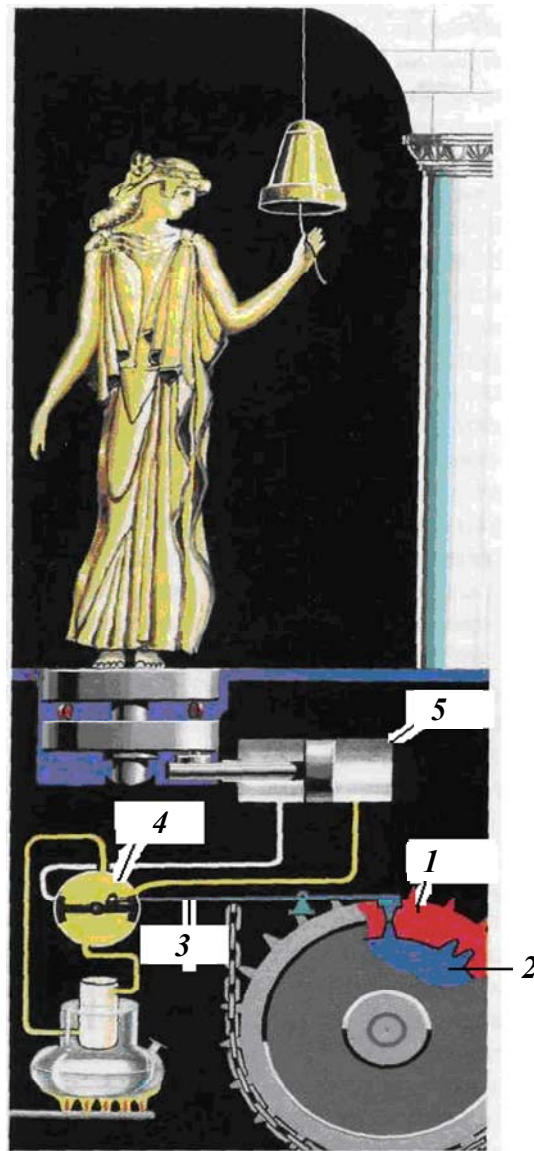


Рис. 2.26. Устройство управления нереидами Александрийского маяка

Театры всех типов Герон описал в своей книге «Театр автоматов». Она дошла до настоящего времени в оригинале, переведенном на греческий и арабский языки. Но, к величайшему сожалению, все чертежи были потеряны. Их смогли восстановить лишь в 19–20 вв. ученые Т. Бек и А. И. Сидоров. Результаты их деятельности позволили современным инженерам оценить гениальность специалистов далекого прошлого.

Автоматические театры создавались в двух вариантах – с подвижной и неподвижной сценами. В театрах с подвижной сценой фигуры «оживали», двигались в определенных направлениях, затем останавливались и вновь перемещались. Действие на сцене разворачи-

валось по заранее составленному плану, который реализовывался с помощью специального механизма, приводимого в движение от сил падающих грузов. Пьесы в театре с подвижной сценой исполнялись в одном акте.

В последующие годы Герон изготовил несколько театров с неподвижной сценой. В них перед началом показа двери были закрыты. После автоматического открытия дверей исполнялся первый акт. Фигуры на сцене выполняли различные действия. Они пилили, строгали, колотили молотками или топорами, сверлили отверстия, натягивали паруса, спускали корабли на воду. Затем двери закрывались и на сцене появлялись новые персонажи. Часть старых фигур автоматически исчезала в вырезах на полу сцены. Двери открывались, исполнялся второй акт.

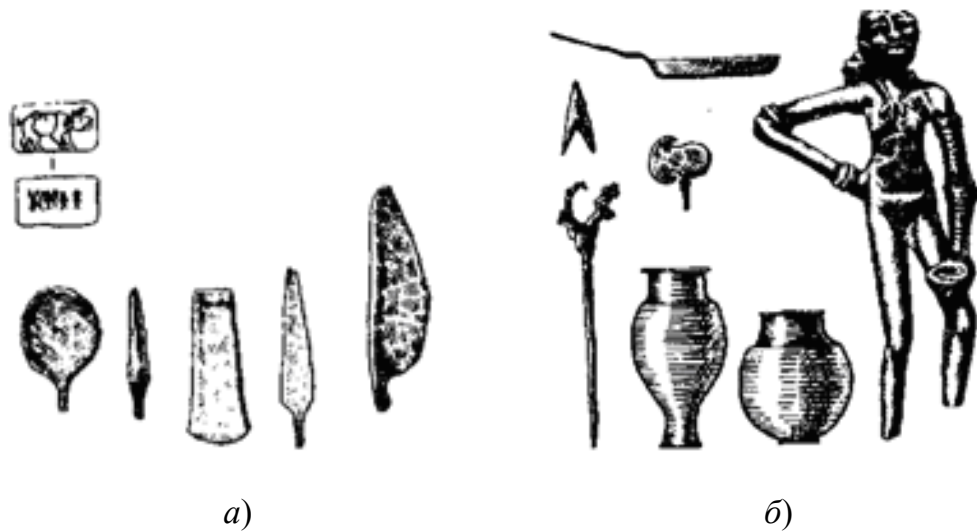
2.3. Совершенствование способов обработки камня

Изготовление монументальных изделий из камня. До настоящего времени существуют остатки первого канала-водопровода Аль-Гаррифа, отведенного от реки Тигр. Он был выкопан еще до 2500 г. до н. э. правителем шумерского города Лагаш. В 690 г. до н. э. ассирийский царь Синаххериб построил кирпичную дамбу на реке Атруш. Вода текла по каналу длиной около 58 км прямо в столицу – Ниневию. Там, где канал пересекал реку Ерван, ассирийские инженеры построили акведук, поддерживаемый пятью арками. Длина акведука составляла 2,7 км, ширина – 13,5 м. Канал имел асфальтовое дно, забетонированное и выложенное сверху известняком.

Еще в 3 тысячелетии до н. э. на территории Индии сложилась высокоразвитая цивилизация. Ее центрами были города Хараппа и Мохенджо-Даро. Они отличались целенаправленным планированием городских построек по сравнению с беспорядочными постройками поселений Месопотамии. Строения состояли, как правило, из трех этажей. Кроме того, индийское население пользовалось для строительства обожженным специальным способом, а не высушенным на солнце, как в Вавилоне, кирпичом. Жители городов сооружали сложнейшие канализации, строили, кроме жилых, общественные здания, зернохранилища. Орудия труда и оружие изготавливали из меди и бронзы (рис. 2.27).

В 2778 г. до н. э. в Египте наступила эпоха Древнего царства. Его первым властителем был Джосер – основатель третьей династии египетских царей. Он оставил о себе память на вечные времена,

первым приказав построить ступенчатую пирамиду из камня. Архитектором пирамиды стал Имхотеп. Какие-либо каменные постройки, относящиеся к более раннему времени, ни в Египте, ни на Востоке, ни на Западе не известны.



а)

б)



в)

Рис. 2.27. Археологические находки. Изделия Хараппской культуры (долина Инда, 3–2 тысячелетия до н. э.): а – из камня и металла; б – из глины и дерева; в – из керамики

Имхотеп искал и пробовал разные конструкции, а когда у него получалось, то принимался увеличивать размеры, возводить все новые

слои камня на такую высоту, которой никто до него не достигал. Вначале он не мог освободиться от влияния традиций строительства из дерева и копировал эти технологии. Археологи нашли в яме вблизи пирамиды кусок известняковой таблички, на которой красной краской была обозначена кривая с координатами и записями длины – это был древнейший образец плана строительства.

Пирамида Джосера, как и все другие пирамиды, строилась за счет силы человеческих мускулов и с применением самых простейших средств. Машины в то время египтянам были не известны, тягловая сила животных использовалась ими далеко не всегда.



а)



б)

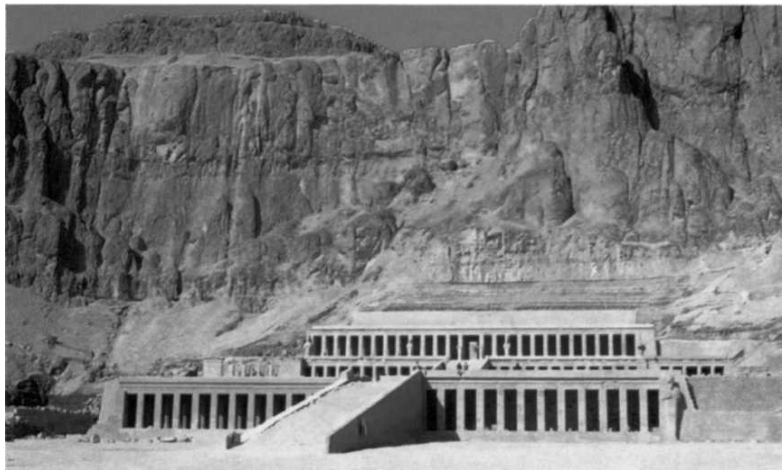
*Рис. 2.28. Колоннады храмов Амона:
а – в Карнаке 15–13 вв. до н. э.; б – в Луксоре (Новое царство)*

Ни блок, ни колесо они не применяли, но были знакомы с рычагом, катком и наклонной плоскостью. Набор их инструментов был весьма ограничен: долота, молоты, кирки, шары на ручках, жерди, клинья и пилы. Однако созданные человеком монументальные сооружения поражают своим изяществом и совершенством (рис. 2.28–2.32). Блоки, из которых сложена пирамида Джосера, довольно малы, и их транспортировка была не особенно трудной. Одну плиту могли нести два носильщика, а наверх эти плиты поднимали или втягивали по наклонной плоскости, политой жидким илом.

Трудности появились при строительстве более поздних пирамид, когда стали использовать гигантские блоки, например, при возведении самых больших и самых знаменитых – пирамиды Хуфу (Хеопса) и пирамиды Хафра (Хефрена).



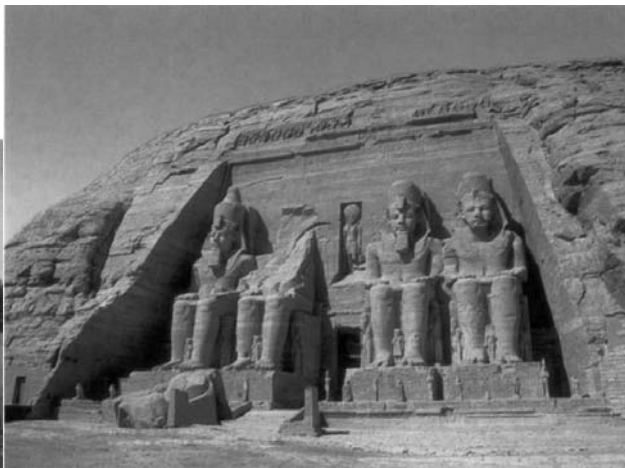
а)



б)



в)



г)

Рис. 2.29. Монументальные сооружения древних: а – большой Сфинкс; б – заупокойный храм царицы Хатшепсут (Дейр-эль-Бахри, начало 15 в. до н. э.); в – колоннада храма Рамзеса II в Фивах (13 в. до н. э.); г – вход в храм Рамзеса II в Абу-Симбеле (первая половина 13 в. до н. э.)

Они являлись наивысшим достижением пирамидного искусства, т. к. ни по масштабам, ни по технике ни одна из других пирамид в долине Нила не могла соперничать с этими строениями, считающимися одним из семи чудес света.

Наиболее грандиозная из гробниц – пирамида Хеопса – является самым большим каменным строением древнего мира. Ее высота составляет 146,6 м, длина стороны основания – 233 м, объем – 2,52 млн м³, масса равняется 6,5–7 млн т. Пирамида сложена из хорошо отесанных и плотно подогнанных известняковых блоков весом

около 2,5 т каждый; на ее сооружение пошло более 2,3 млн таких блоков. Отдельные блоки весят 30 т.



а)



б)



в)



г)



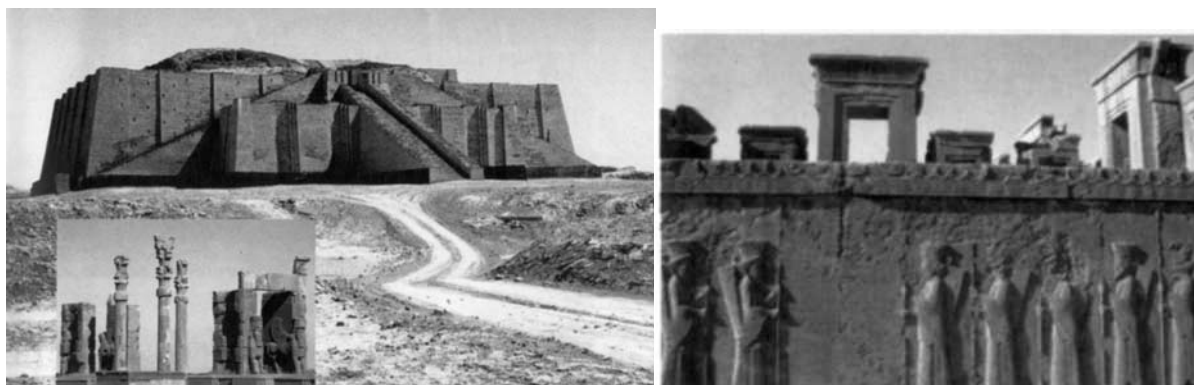
д)

Рис. 2.30. Произведения древнего искусства: а – аллея сфинксов в Карнаке; б – гигантские статуи Аменхотепа III (Фивы, 15 в. до н. э.); в – голова царицы Нефертити из Амарны (14 в. до н. э.); г – сокровища из гробниц – зеркало; д – статуэтка писца

Этого стройматериала было бы достаточно, чтобы построить город со сотысячным населением. Ее не смогла бы уничтожить даже бомба, сброшенная на Хиросиму.

Пирамида Хафра была построена примерно в середине 26 в. до н. э., тогда она достигала 143,5 м в высоту и, следовательно, была лишь на 3,1 м ниже, чем пирамида Хуфу. Сейчас ее высота

от подножия до вершины равняется 136,5 м, а высота «соперницы» – 137,3 м. Однако пирамида Хафра кажется выше пирамиды Хуфу.



а)

б)

Рис. 2.31. Дворцово-крепостные сооружения: а – Зиккурат в Уре (2124–2016 гг. до н. э.); б – Персеполис (дворец Дария I и Ксеркса, 5 в. до н. э.)



а)

б)

в)

Рис. 2.32. Общественные строения древних: а – святилище Аполлона в Дельфах; б – улица в Пальмире; в – храм Посейдона

Погребальная камера расположена приблизительно на оси пирамиды. В ней до сих пор стоит пустой саркофаг из прекрасно отшлифованного гранита.

Не было в мире статуи, превышающей своими размерами Большого Сфинкса (рис. 2.29, а). Он вытесан из единой глыбы, которая изначально напоминала фигуру лежащего льва. Лицо Сфинкса очень точно передает внешность фараона, например, широкие скулы и большие торчащие уши. Надписи у ног статуи утверждают, что она была создана еще при жизни Хафра. Значит, Большой Сфинкс является не только самой большой, но и самой древней монументальной статуей на свете.

Расстояние от ее передней лапы до хвоста – 57,3 м, высота статуи – 20 м, ширина лица – 4,1 м, высота лица – 5 м, длина носа – 1,71 м.

До наших дней Большой Сфинкс дошел в сильно поврежденном виде. Сначала, в 14 в., его изуродовал один шейх, пытаясь выполнить завет Мухаммеда, запрещающий изображать человеческое лицо. Позже арабские воины мамлюки использовали голову Большого Сфинкса в качестве мишени. Но ни действие времени, ни жестокость людей не стерли с лица Земли Большого Сфинкса и пирамиды, которые он сторожит.

В Латинской Америке найдены головы из базальта высотой до трех метров, которые были тщательно обработаны (рис. 2.33).

К концу неолита искусство обработки камня достигло своего совершенства и люди постепенно начинали осваивать обработку металлов.



Рис. 2.33. Одна из восьми голов, высеченных из базальта. Высота некоторых – 3 м (Мексика, культура ольмеков, 1200 г. до н. э.)

2.4. Изделия из дерева и применяемый инструмент

Плотники в Египте делали челны, колесницы, мебель, арфы и лиры; примерно к 2800 г. до н. э. они уже использовали шестислойную фанеру. Во многих гробницах сохранились изображения мастеров, в том числе столярных. Египтяне умело обрабатывали дерево. Длинные обработанные доски шли на изготовление больших ларей, кроватей. Особенно поражает искусство сооружения саркофагов. Их покрывали тонким слоем гипсового раствора. Когда поверхность высыхала, художник разрисовывал ее, а писец писал крупными иероглифами имя покойного, молитвы и заклинания.

При изготовлении мебели в Древнем Египте изредка использовали деревянные гвозди. Их не забивали, а вставляли в просверленные в двух досках отверстия. Впрочем, часто столяры обходились и без деревянных гвоздей – через отверстия в соединяемых частях изделия продевали тонкие кожаные ремешки и крепко их связывали. Наиболее было распространено также соединение под названием «ласточкин хвост», когда по краю досок вырезали зубчики в форме ласточкиного хвоста, при этом зубчики одной доски приходились на прорези второй. Клей египетские мастера не употребляли. Деревянную посуду изготавливали специальными резцами (рис. 2.34).

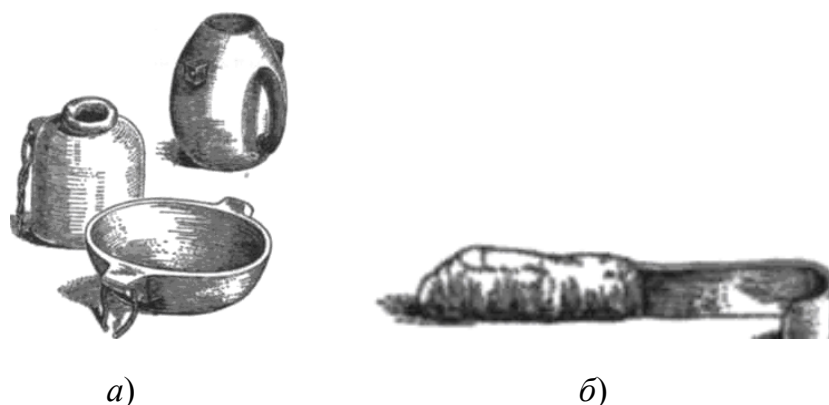


Рис. 2.34. Деревянная посуда (а) и резец (б) (Африка, культура готтентопов и бушменов)

В Европе для обработки дерева и кости использовались каменные инструменты, которые тщательно шлифовались. На территории Беларуси также были найдены каменные топоры, тщательно отшлифованные (рис. 2.35).



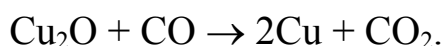
Рис. 2.35. Археологические находки. Каменные шлифованные топоры (Беларусь, 2 тысячелетие до н. э.)

2.5. Получение новых материалов

2.5.1. Возникновение горного дела, металлургии и обработки металлов

Медь. В 7–5 тысячелетиях до н. э. на Ближнем Востоке начали получать медь путем ее восстановления из окисных (куприт Cu_2O), карбонатных (малахит $\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$) и сульфатных (медный колчедан CuFeS_2) руд.

Процесс восстановления начинался при температуре 700–800 °С, которую можно получить в простом костре:



Поднятую на поверхность земли руду дробили и перебирали вручную. Далее ее обжигали на костре и плавили в ямах или на земле в смеси с древесным углем. Ямы же достигали глубины 75 см. Чтобы поддерживать там нужную температуру, необходимо было все время раздувать в горне пламя. Сначала это делали два человека, стоявшие возле очага. Каждый из них держал в руках трубку – нижний конец в огне, верхний – во рту. Чтобы трубки не нагревались слишком сильно, на нижнюю часть надевали внизу небольшой глиняный мундштук.

Раздувание огня было нелегким делом, многие не выдерживали долго такой работы. В конце концов египтяне придумали приспособление, которое заменило человека, – это были меха. К отверстиям двух кожаных мешков – бурдюков – крепились трубки и веревки. Человек стоял на мехах и нажимал ногой на один из бурдюков – из него выходил воздух, который и раздувал огонь (рис. 2.36, вверху слева). Одновременно с этим человек поднимал другую ногу со второго меха и тянул его за веревку. Отверстие в мешке открывалось, и воздух заполнял бурдюк. Так, переминаясь с ноги на ногу, человек раздувал огонь. Нагнетаемый мехами воздух разогревал печь до температуры 700–800 °С, достаточной для плавки меди из руды. После остывания металл дробили на куски. Для придания нужной формы использоваласьковка сырцово́й меди. При ковке молотом медь уплотнялась и освобождалась от грубых примесей.

Металлические изделия раньше использовались главным образом для украшений. В 4 тысячелетии до н. э. появились первые металлические инструменты, изготовленные из меди. И хотя в этот же период человек начал разрабатывать месторождения медных руд

(например, на Балканах), медные инструменты были еще редки, а металл — мягок, поэтому медные инструменты не могли вытеснить своих старших и более твердых «собратьев» из камня и применялись наравне с ними.



Рис. 2.36. Археологическая находка. Рисунок на пирамидах, изображающий обработку металла. Слева (сверху) ножные меха (Египет, 3 тысячелетие до н. э.)

Уже древние египтяне владели искусством покрытия меди серебром и золотом. Еще за 3 тыс. лет до н. э. для покрытия деревянных изделий использовалась тонкая листовая медь, причем прикреплялась она тонкими медными гвоздиками. Поэтому не удивительно, что египтяне соорудили покрытый листовым золотом саркофаг длиной 185 см, в котором лежала мумия Тутанхамона.

Для получения изделий из меди литьем вначале изготавливали литейную форму, для этого ранее сделанный предмет (модель) вдавливался в мокрую глину. Полученная форма обжигалась в печи. После отливки изделие подвергали обработке. Для снижения хрупкости меди проводили отжиг или отпуск изделий, т. е. нагрев до 500–700 °С. Тогда же было впервые освоено литье в разъемных двусторонних формах.

Около 3000 г. до н. э. было сделано несколько важных изобретений. В Месопотамии изобрели довольно остроумный способ литья: из воска изготавливалась модель нужной формы, затем ее обмазывали слоем глины и ставили в печь для обжига, где воск, плавясь, вытекал, а глина затвердевала и превращалась в литейную форму. В нее заливали расплавленный металл, а после его остывания глиняную форму разламывали.

При замене каменного топора на медный скорость рубки увеличилась примерно в три раза (рис. 2.37). Стали использовать медь для изготовления новых видов изделий: труб, гвоздей, проволоки и пр., а также более совершенных инструментов: ножей, топоров, деревооб-

рабатывающих инструментов и других предметов быта и оружия, наконечников копий, рыболовных крючков, игл и т. д.



Рис. 2.37. Шумерский медный топор

Бронза. Медь, как известно, является мягким металлом, а потому инструменты, изготовленные из нее, недолговечны. Естественно, люди искали ей замену. Сначала это был сплав меди с мышьяком – мышьяковистая бронза. Из нее делали инструменты более прочные, чем из меди. Но этот состав оказался очень вредным, и причиной тому была новая добавка к меди. Постепенно кузнецы поняли, что в процессе плавки с медью можно соединять и другие металлы, например, олово. Как датируют ученые, самые ранние бронзовые изделия, найденные в Иране, Турции, Месопотамии, были изготовлены в 3 тысячелетии до н. э. Бронза была важнейшим материалом до начала I тысячелетия до н. э., т. е. более двух тысяч лет. Далее на роль главного металла стало претендовать железо. Опыты показали, что примесь олова делает медь более твердым, легкоплавким и красивым металлом. Обладая более низкой температурой плавления (800–1000 °С вместо 1083 °С у чистой меди), бронза менее подвергалась окислению, превосходно отливалась, ковалась и шлифовалась. Благодаря этим качествам сплав получил широкое распространение (рис. 2.38–2.40).

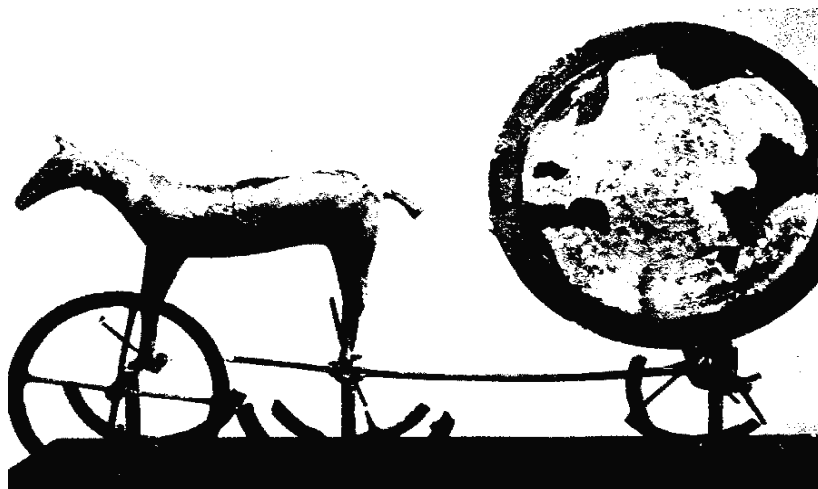


Рис. 2.38. Археологические находки. Бронзовая фигурка лошади, везущей позолоченный диск Солнца (14 в. до н. э.)

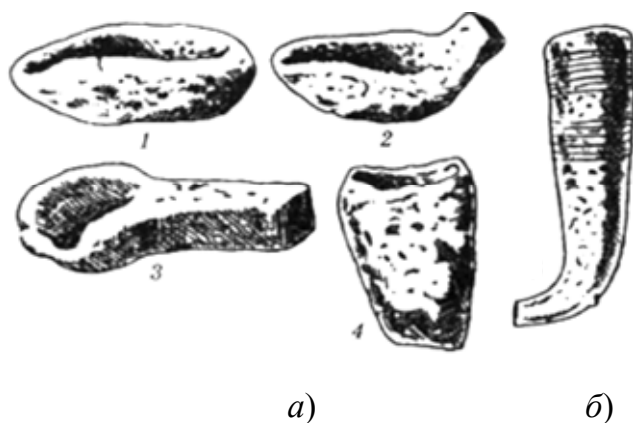


Рис. 2.39. Археологические находки. Metallургическая оснастка из обожженной глины, используемая в бронзовом веке: а – плавильные тигли: 1, 2 – Троя, Греция; 3 – Монзес, Австрия; 4 – Венгрия; б – наконечник воздуходувных мехов, Баядал, Австрия

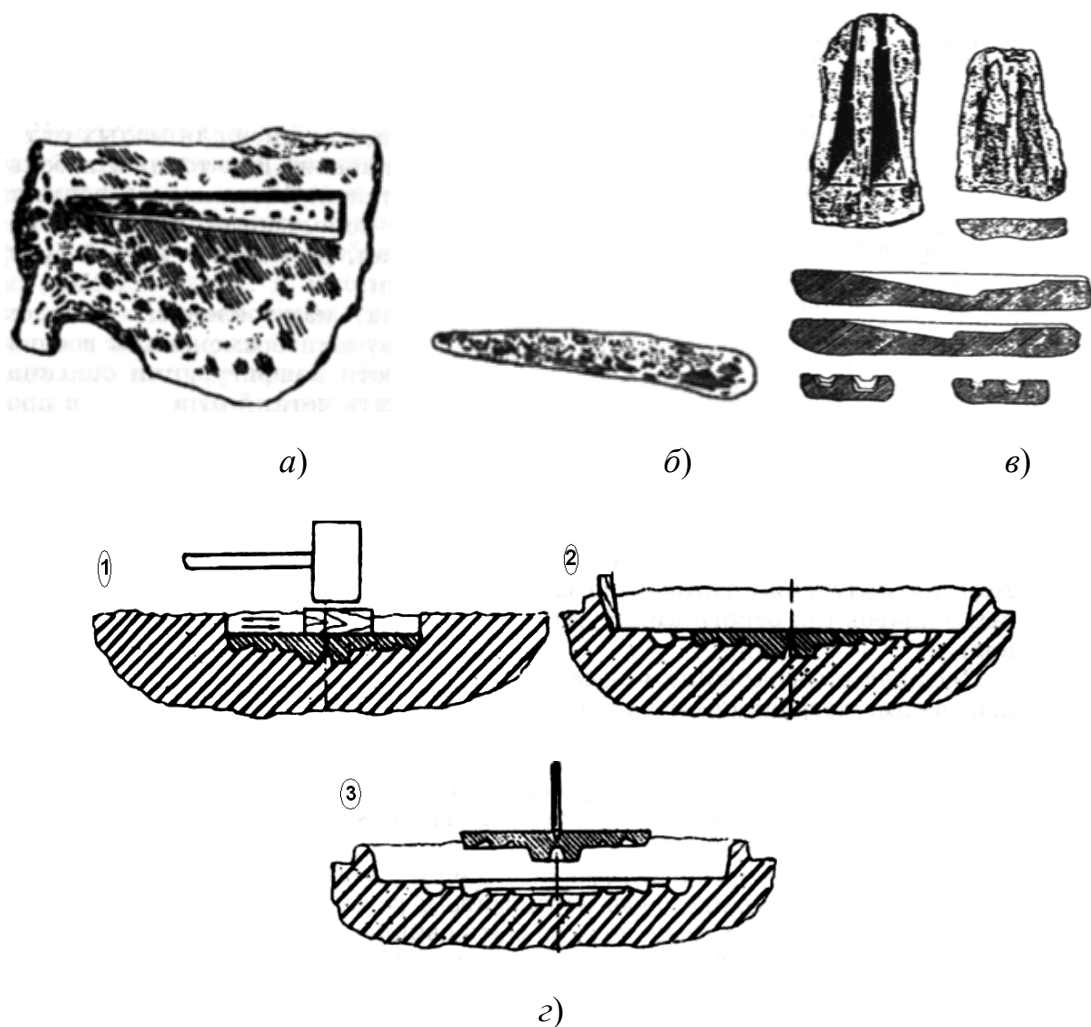


Рис. 2.40. Литейные формы: а – открытая каменная форма для ножа; б – бронзовый литой нож; в – закрытая форма для топора; г – схема изготовления открытой формы в почве: 1 – осаживание модели; 2 – отделка верхней части формы; 3 – извлечение модели

Предположительно, первая оловянистая бронза была получена в северо-восточной части Ирана, где находились месторождения медной и оловянной руд.

С 3–2 тысячелетий до н. э. бронза становится основным материалом для производства инструмента, оружия, посуды, украшений (рис. 2.41, 2.42). Но люди еще долго продолжали использовать медные и даже каменные инструменты.

Около 2200 г. до н. э. в Египте использовался классический сплав бронзы – 90 % Cu и 10 % Sn, что свидетельствует о развитом плавильном деле и умении контролировать процесс плавки.

Уже в раннем бронзовом периоде (ок. 3 тыс. лет до н. э.) ремесленники Древнего Египта и Месопотамии производили весьма разнообразные предметы очень высокого качества. Кузнецы изготавливали различные инструменты: топоры, тесла, стамески, долота, сверла, ножи, пилы, а также гвозди, скобы, иглы, бритвы, пинцеты и др.

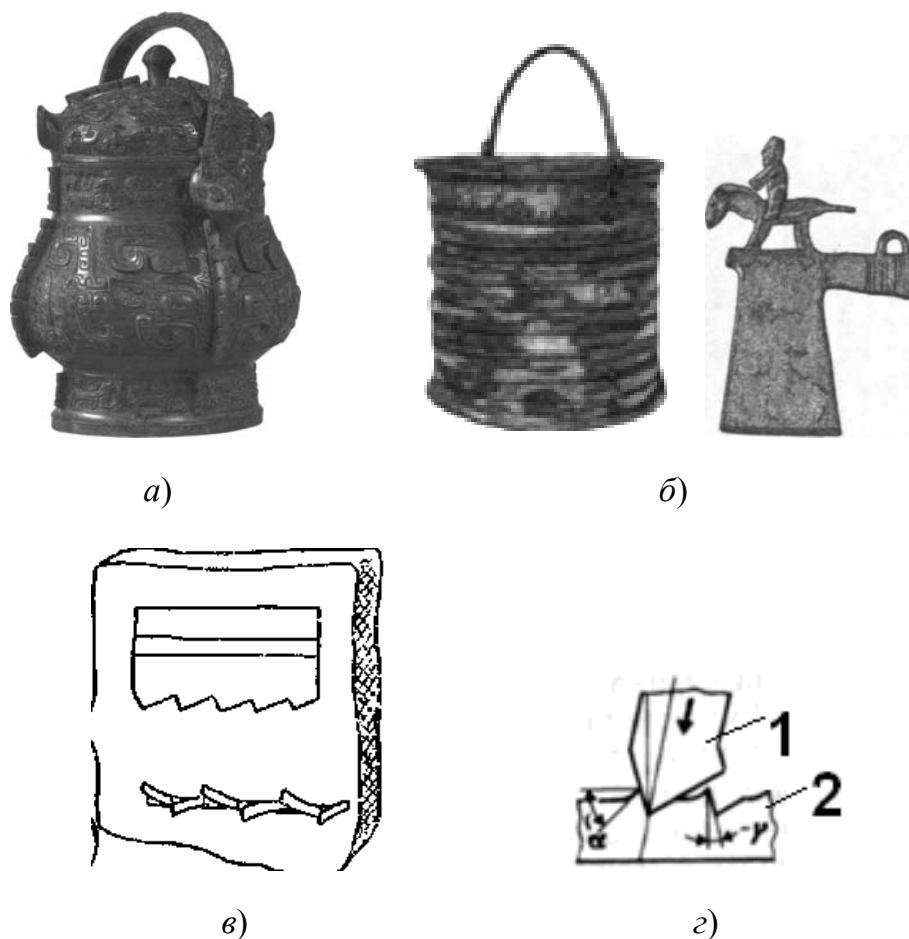


Рис. 2.41. Изделия из бронзы: а – китайский бронзовый сосуд (2 тысячелетие до н. э.); б – бронзовое ведро и топор (Европа, 600 г. до н. э.); в – лучковая пила (фрагмент этрусской вазы); г – схема насекания зубьев напильника: 1 – зубило; 2 – заготовка напильника



Рис. 2.42. Археологические находки. Бронзовые и медные топоры (Браславль, 1 тысячелетие до н. э., Беларусь)

В причерноморских степях были найдены шлемы скифских племен (праславян называли скифами) не менее 2,5-тысячелетней давности. Несмотря на тяжеловесность, шлемы впечатляют своим строгим изяществом. Они были изготовлены бронзовым литьем и ковкой.

Предки славян, расселившись по Восточной Европе, занимались земледелием, скотоводством и имели бронзовые и каменные орудия труда.

Появились пилы с прямыми и косыми зубьями и, что очень важно, с рационально выбранными углами. Делали даже развод зубьев поочередно в разные стороны для облегчения процесса резания и уменьшения трения полотна пилы о стенки узкой щели – пропила (рис. 2.41, в). Изложенное подтверждается археологическими находками пил и произведениями искусства, выполненными с их помощью. Помимо развода зубьев в древности применяли и пилы с обратным уклоном полотна. Со стороны зубьев оно делалось шире, чем с тыльной, нерабочей стороны. Еще одним инструментом, появившимся в бронзовом периоде, были напильники. Зубья напильников получали наsekанием зубилами, этот процесс был очень трудоемким (рис. 2.41, г).

Из бронзы изготавливали острозаточенные бритвы (рис. 2.43). Так, в книге «Сатира на ремесла», написанной примерно в 1700 г. до н. э., говорится о странствующем городском брадобрее, который «посвятил» себя «подбородкам» и бродил по улицам в поисках людей, желающих побриться.

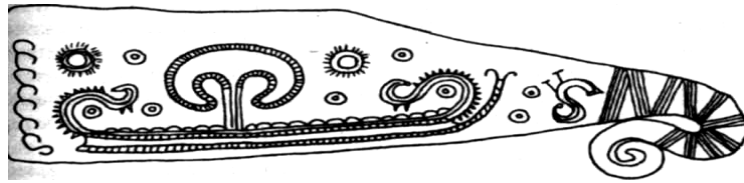


Рис. 2.43. Скандинавская бритва бронзового века с изображением, возможно, лодки с ветвью дерева вместо паруса (конец 2 в. до н. э.)

Из бронзы также изготавливались различные медицинские инструменты (рис. 2.44).

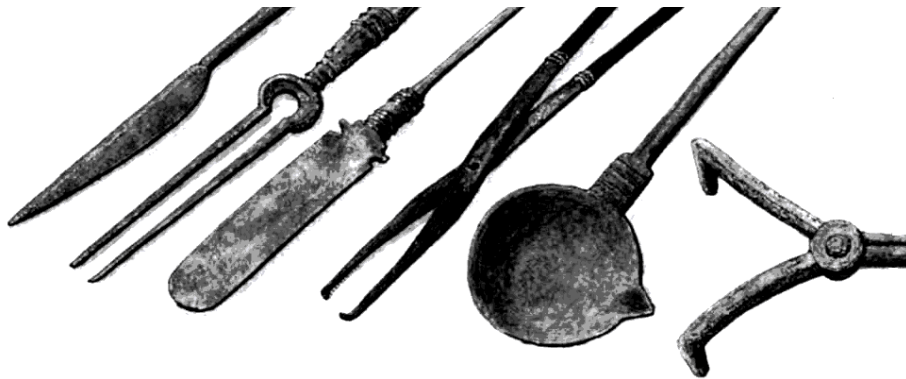


Рис. 2.44. Бронзовые инструменты (Греция, 2 в. до н. э.)

Другие металлы античного периода

Золото – металл желтого цвета. Температура плавления $1064\text{ }^{\circ}\text{C}$, плотность 19320 кг/м^3 . В природе встречается чаще всего самородное золото, его получают путем промывки песка. А из руд получали путем выплавки и последующей очистки от примесей, главным образом от меди и свинца. Золото с древнейших времен шло на изготовление предметов домашнего обихода и даже оружия.

В Египте статуи богов покрывались золотом. Из серебра изготавливали жертвенные чаши. Декреты о привилегиях бога Амона высекались на золотых, серебряных и медных пластинах. В храме другого бога, Атума, стояли золотые весы, равных которым, по мнению египтян, не было нигде «со времен богов». На пьедестале сидел большой павиан, отлитый из чистого золота. А перечисление драгоценных изделий из металла и других материалов, найденных в наиболее полно сохранившейся гробнице – гробнице фараона Тутанхамона, – заняло бы не одну страницу.

Температура плавления **серебра** – $960\text{ }^{\circ}\text{C}$, плотность 10500 кг/м^3 . Серебро известно с глубокой древности (4 тысячелетие до н. э.) в Египте, Персии, Китае. Известно самородное серебро и серебряные

руды. Получали его в древности обычно вместе со свинцом, применяя обжиг руды, горновую плавку, затем разделительную плавку. Из серебра изготавливались украшения и домашняя утварь (рис. 2.45).

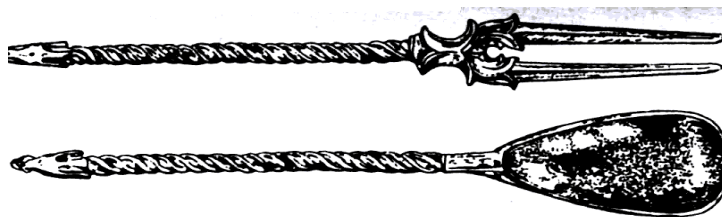


Рис. 2.45. Одна из самых ранних известных вилок для еды – часть изысканно украшенного серебряного набора, выявленного вместе с ложкой (использовались в Византии в 4 в. н. э.)

Олово известно во 2 тысячелетии до н. э. Температура плавления $232\text{ }^{\circ}\text{C}$, плотность 7290 кг/м^3 . Олово – белый, блестящий мягкий и пластичный металл. Получали его путем восстановления в шахтных печах, затем производилась очистка с помощью очистительных процессов (примеси: мышьяк, сера, сурьма, висмут).

Свинец – тяжелый, очень пластичный и мягкий металл голубовато-серого цвета. Температура плавления $327\text{ }^{\circ}\text{C}$, плотность 11340 кг/м^3 . Свинец был известен за несколько тысячелетий до н. э. народам Месопотамии, Египта и других стран Древнего мира. Из него изготавливали статуи, предметы домашнего обихода, таблички для письма. Римляне пользовались свинцовыми трубами для водопровода. Некоторые соединения свинца использовались как краски (сурик, свинцовые белила) или как составные части лекарств. Металлический свинец получают окислительным обжигом сульфида свинца с последующим восстановлением окиси свинца. Ядовитость свинца отметили еще в 1 в.

Ртуть – серебристо-белый металл, жидкий при комнатной температуре. Ее плотность 13520 кг/м^3 . Самородная ртуть была известна за два тысячелетия до н. э. народам древней Индии и Древнего Китая. Ими же, а также греками и римлянами, применялась как краска киноварь: соединение ртути с серой. Со времен античности была известна амальгама: растворы металлов в ртути. Получают ртуть из ртутных руд посредством окислительного обжига.

Алюминий – серебристо-белый металл с плотностью 2699 кг/м^3 и температурой плавления $660\text{ }^{\circ}\text{C}$. Алюминиевые квасцы применялись в качестве протравы при крашении тканей и для дубления кожи в 5 в. до н. э.

Платина – тяжелый белый тусклый металл плотностью 21450 кг/м^3 с температурой плавления $1769 \text{ }^\circ\text{C}$. Самородные твердые растворы ряда металлов в платине были известны в древности в Египте, Эфиопии, Греции и в Южной Америке.

Первые изделия из **железа**, как свидетельствуют археологические находки, появились в 4 тысячелетии до н. э. Это были в основном украшения, например, бусы. Исследования железа показали, что оно имеет метеоритное происхождение (это так называемый «небесный металл»).

Скорее всего, впервые железо было получено случайно – в результате использования железной руды вместо медной. Разработки представляли собой вертикальные шахты, выходящие на поверхность и соединенные горизонтальными ответвлениями – штольнями.

Первые письменные упоминания об оружии и орудиях труда из железа найдены в Библии и в древних индийских и китайских рукописях, датируемых началом 3 тысячелетия до н. э.

Основные железные руды: бурый железняк – смесь гидроокисей железа $\text{Fe}(\text{OH})_n$, магнетит Fe_3O_4 и железный блеск, или гематит FeS . Красные, или шпатовые, железняки встречаются на болотах, лугах и озерах.

Восстановление железа начинается при $t = 500 \text{ }^\circ\text{C}$. Первые металлурги получали железо в горнах и печах при температуре $1100 \text{ }^\circ\text{C}$, а для перехода железа в жидкое состояние необходимо $1500 \text{ }^\circ\text{C}$. Железо скапливалось в виде тестообразной массы, которая сваривалась в пропитанную шлаком и остатками горного материала губку. Такое железо получило название сварного железа.

В Египте железо было известно уже с 2800 г. до н. э. и считалось драгоценным металлом. Когда вскрыли гробницу Тутанхамона, то обнаружили, что среди многочисленных золотых вещей на самой мумии лежало царское оружие – кинжалы, был там и железный кинжал. Железо ценилось тогда дороже золота. Из него изготавливали оружие и украшения для фараонов.

Центром зарождения металлургии железа считается Хеттское царство – государство, существовавшее в Малой Азии во 2 тысячелетии до н. э. Плавка железа и изготовление орудий труда из железа в больших масштабах, требующие более высокого уровня развития техники металлургии по сравнению с бронзой, стали возможны на Ближнем Востоке, в Индии и Южной Европе лишь на рубеже 2 и 1 тысячелетий до н. э., а на Дальнем Востоке – в 7–5 вв. до н. э., в Северной Европе – в 7 в. до н. э. (рис. 2.46).



Рис. 2.46. Инструменты и процесс обработки железа
(рисунок на греческой вазе, 6 в. до н. э.)

Археологи экспериментально доказали, что при небольшом дутье была получена температура $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и железо накапливалось около устья горна. Выход его был около 20 %. При проведении опытов из 1,8 кг руды было получено 0,34 кг железа при температуре $1250\text{--}1350\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В Африке, на западном берегу озера Виктория, проживает племя хайя. Самые старые члены племени еще помнят древние способы выплавки железа. В результате раскопок на берегу озера было обнаружено 13 печей, в которых выплавляли металл 15–20 столетий назад.

Процесс получения железа состоял, по-видимому, из следующих операций. Загружали в печь (в глинобитную или простейшую яму) или в небольшие сыродутные горны одну часть руды и четыре части древесного угля. Древесный уголь получали при неполном сгорании дров. Для этого на земле складывали дрова, наверх посыпали землю и обкладывали дерном. Дрова поджигали, а для выхода дыма и газа оставляли несколько отверстий. В результате получали пористый, дающий довольно высокую температуру уголь. Уголь загружали в яму вместе с рудой, и затем поджигали нижний слой угля, при горении угля образовывались окись углерода и углекислый газ. Поднимаясь вверх и проходя через слой руды, газы вступали во взаимодействие с окислами железа и восстанавливали окись железа до металла. В сыродутных горнах дутье осуществлялось кожаными мехами, приводимыми в движение вручную или ногами. В таких горнах железо восста-

навливалось из руды (процесс восстановления требует температуры 900 °С) и превращалось в мягкую, тестообразную массу. В сыродутных горнах древности температура достигала 1100–1350 °С. Полученная в сыродутных печах или горнах железная крица – это пористый ком железа, загрязненный шлаками. Дальнейшая обработка происходила в кузнице, где крицу разогревали и обрабатывали ударами молота, чтобы удалить шлак.

Содержание углерода было небольшим, поэтому металл поддавался ковке и в холодном состоянии. Первые железные изделия были мягче бронзовых.

В то же время наряду со сравнительно мягкими кусками железа попадались и более твердые куски – те, что вплотную соприкасались с древесным углем. Это была сталь, и спрос на нее все время возрастал.

Уже в 1 тысячелетии до н. э. были освоены процессы науглероживания, закалки стали, ее отпуска. Полученное таким способом железо было мягким и не пригодным для изготовления инструментов. Чтобы придать железу твердость и снабдить его режущей стальной кромкой, приходилось повторно нагревать его с древесным углем и затем несколько раз перековывать. После таких процедур получался уже пригодный для обработки металл, механические свойства которого можно было в значительной степени улучшить, закалив его. Именно так и поступали племена, жившие в горной части Армении.

Получение железа в больших масштабах началось после 1000 г. до н. э. В этот период появилась кузнечная сварка железа. Куски кричного железа неоднократно проковывали, выжимая шлак из криц, и добивались сварки отдельных слоев железа.

Кельты создали новые технологические процессы обработки железа. Так, они научились оснащать железные инструменты (топоры, лемехи, мечи и ножи) стальными лезвиями, применяли закалку и отпуск, изготавливали медицинские инструменты, владели насечкой, а также другими способами обработки поверхности. У кельтов получению железа и его обработке научились римляне и германцы. В течение многих столетий созданные кельтами способы оставались неизменными. Широко известны знаменитые кельтские длинные мечи, у которых на мягкий стержень наплавлены стальные лезвия. Сталь для осталивания инструментов и оружия кельты получали науглероживанием железа в огне древесного угля. Был еще один весьма своеобразный способ получения стали. О нем сообщает древнегреческий историк Диодор Сицилийский: они закапывали кованые железные

пластинки в землю и держали их там до тех пор, пока ржавчина не съела все слабые части. Из оставшихся более прочных частей затем ковали мечи и другое оружие.

В 8–7 вв. до н. э. в Восточной Европе появились биметаллические кинжалы (рис. 2.47, а).

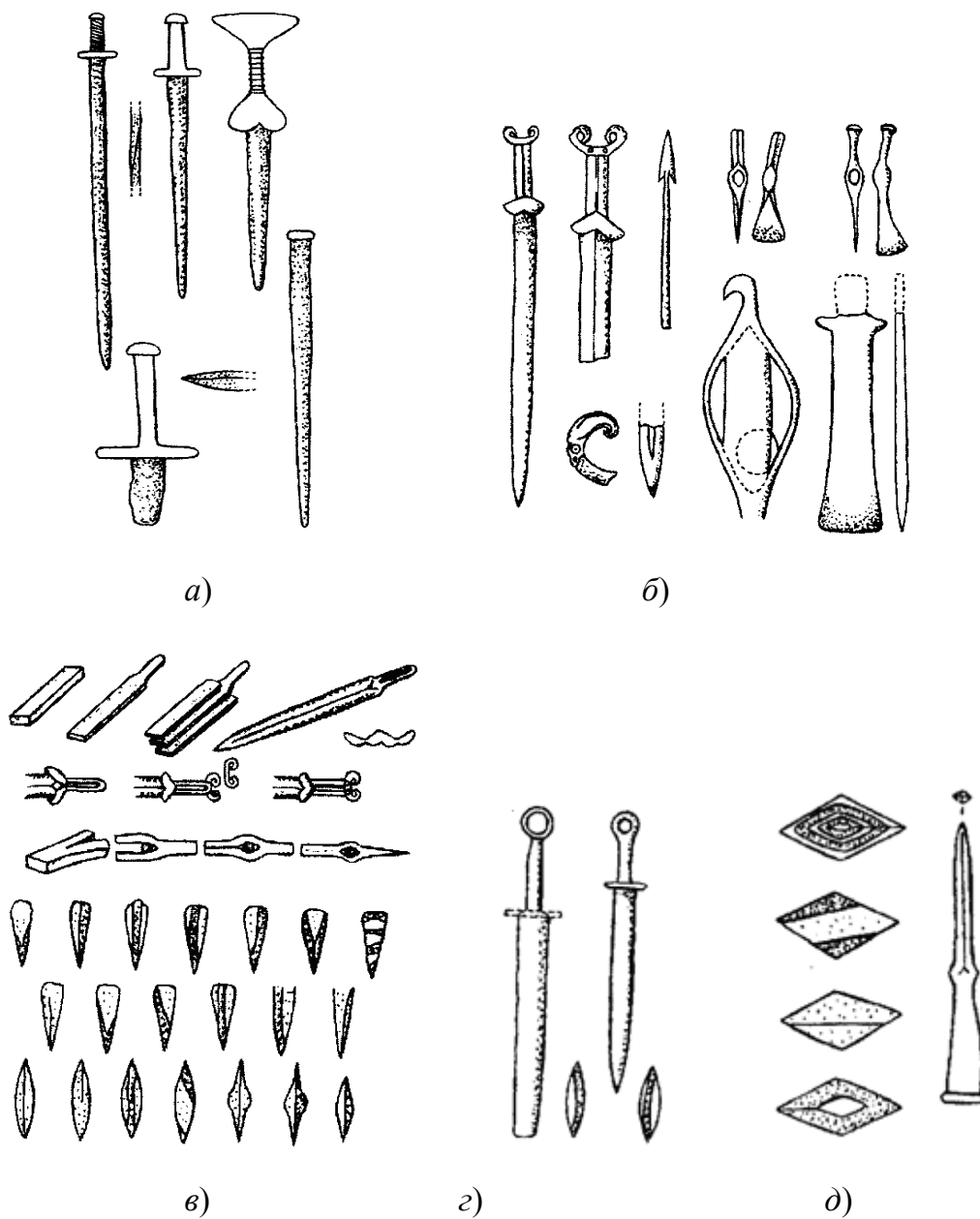


Рис. 2.47. Изделия, полученные кузнечной сваркой:
 а – киммерийские биметаллические и цельножелезные мечи (8–7 вв. до н. э.); б, в – скифские сварные железные изделия и технология их получения (7–3 вв. до н. э.); г – сарматские мечи (6 в. до н. э. – 1 в. н. э.); д – технологические схемы изготовления сварных наконечников копий

Тогда еще не освоили литья железа, поэтому ручку, навершие и перекрестье отливали из бронзы, а лезвие было из железа. Для получения длинных мечей из коротких криц концы двух заготовок соединяли внахлестку.

Высокого уровня обработки металлов достигли племена, жившие в Причерноморье и Поднепровье.

В причерноморских степях скифы появились неизвестно откуда. Скифы были кочевниками, но со временем часть из них перешла к оседлому образу жизни. При освоении чужих земель кочевники, как правило, впитывали культуру разоренных ими племен и народов, развивая на их основе свою. На новых землях скифы застали оседлые племена с довольно высокой культурой – около 3 тысячелетия до н. э. там уже появилась обработка меди. В начале 2 тысячелетия до н. э. на территории Поднепровья получила распространение бронза. Начало 1 тысячелетия до н. э. ознаменовалось резким увеличением ее производства. Технические приемы литья достигают при этом высокого уровня и разнообразия.

К этому времени многие народы уже владели секретом литья по восковым моделям, несколькими способами формообразования отливок, в том числе и художественных. На этой основе с 8 по 3 в. до н. э. складывается особая культура скифских племен. В скифскую эпоху была освоена цементация железа (науглероживание поверхностного слоя) в целях получения большей твердости режущей кромки оружия. С помощью кузнечной сварки увеличивали размеры заготовок, придавали изделиям нужную форму, соединяли разнородные металлы для улучшения качества лезвий (рис. 2.47, б, в). При изготовлении ювелирных изделий из золота, серебра, бронзы применяли пайку. Например, в золотой серьге из скифского кургана у Феодосии пайкой получена миниатюрная четверка мчащихся лошадей с крылатой богиней Никой, а также другие фигуры и украшения.

Археологами найдены мечи сарматских племен (рис. 2.47, г), датируемые 6 в. до н. э. – 1 в. н. э., при изготовлении которых применялась сварка двух или трех полос железа. При изготовлении дротиков, мечей, топоров и других изделий (рис. 2.47, д) прибегали к закалке с последующим отпуском.

В 4–3 вв. до н. э. Скифское государство достигло большого расцвета и стало могущественной силой Юго-Восточной Европы. В это время особенно усилились контакты скифов с эллинским миром. Древние греческие и римские авторы, не очень восторгаясь варварами-скифами, тем не менее высоко оценивали достижения скифских метал-

лургов-кузнецов и литейщиков, в частности, оружейников. Особенно скифы прославились высокохудожественными отливками из золота.

Они начали применять стрелы с граненым втульчатый наконечником из бронзы. Большая потребность в стрелах вызвала необходимость создания особого способа их изготовления. Прежние способы изготовления отливок в каменных, глиняных и песчаных формах не позволяли решить задачу массового изготовления наконечников стрел. Для решения этой проблемы скифы стали применять металлические формы. Литье в металлические формы (кокили) связано с определенными сложностями и требует достаточно высокой культуры производства. Но металлурги Скифии около 2500 лет тому назад успешно освоили этот способ и даже использовали металлические стержни для получения отверстий в отливках.

Скифские литейные формы для наконечников обычно состояли из двух или трех металлических частей (рис. 2.48, *а*), формировавших наружную поверхность отливки и стержня (рис. 2.48, *б*), предназначенного для выполнения внутреннего отверстия наконечника (рис. 2.48, *в*). Собранный форма скреплялась специальными обручами и устанавливалась вертикально. Ряд таких форм заливали расплавленной бронзой через верхнее отверстие. Впоследствии верхнюю часть отливки (прибыль) отламывали, а место излома в наконечнике соответствующим образом затачивали (рис. 2.48, *г*).

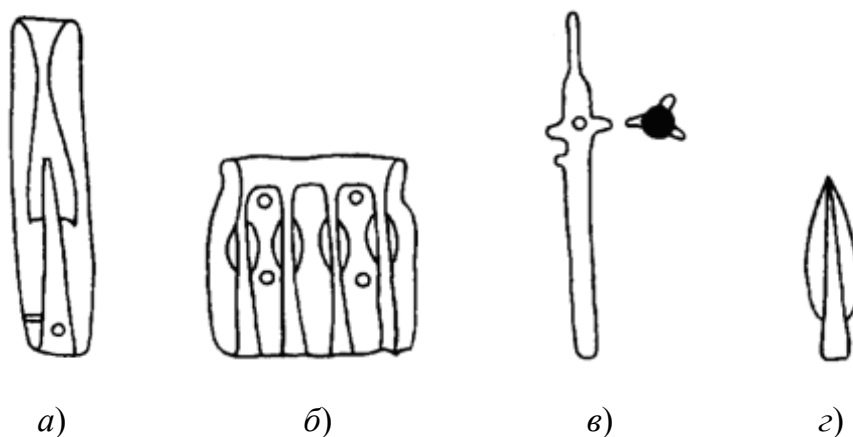


Рис. 2.48. Скифские литейные формы (*а, б*) и наконечники стрел (*в, г*)

Позже опыт скифского литья в кокиль был утрачен.

Скифы широко применяли различные способы формообразования отливок: литье в каменные, известняковые, сланцевые, песчаниковые и другие формы, в кокиль (наконечников стрел), формовку по

шаблонам (для изготовления котлов), а также литье по выплавляемым восковым моделям. При этом они использовали простые, но весьма оригинальные приемы.

Технология плавки и обработки железа постепенно совершенствовалась. В «Одиссее» Гомер (8 в. до н. э.), описывая индийскую металлургию, впервые упоминает о чугунах, который получили в то время сплавлением железа с древесным углем в тиглях. Таким образом, чугун в Индии и Китае был известен задолго до появления доменных печей.

Непревзойденным памятником кричной металлургии является знаменитая железная колонна, изготовленная древними индийскими мастерами в 415 г. до н. э. и в 1050 г. установленная в Дели. Ее масса составляет 6,5 т, высота 7,2 м, диаметр у основания – 42 см, на вершине – 30 см.

2.5.2. Инструменты и инвентарь из железа

Получение железа послужило толчком для изготовления из него различных режущих и измерительных инструментов (рис. 2.49–2.52).

Тонкие и неширокие пилы длиной от 25 до 42 см с наклонно расположенными зубьями, снабженные деревянными рукоятками, были известны в Египте с 3 тысячелетия до н. э. Благодаря этому египтяне уже в древнейшие времена умели изготавливать доски и тонкую фанеру. Деревья они рубили даже в более позднюю эпоху медными топорами.

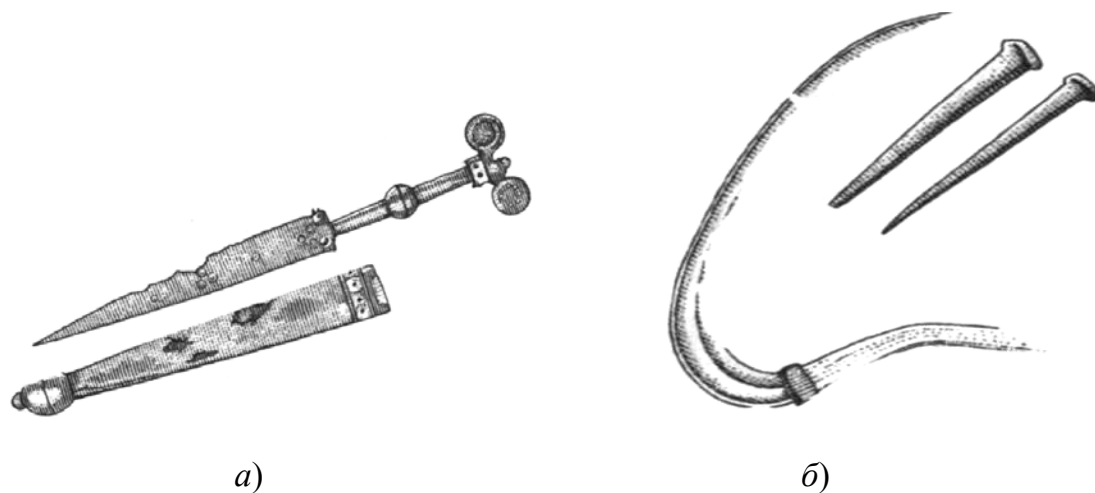


Рис. 2.49. Инструменты из железа: а – кинжал; б – римский серп и гвозди (Западная Европа, 2 тысячелетие до н. э.)

Еще до 1000 г. до н. э. в Палестине использовались железные мотыги, лемехи, серпы и ножи.

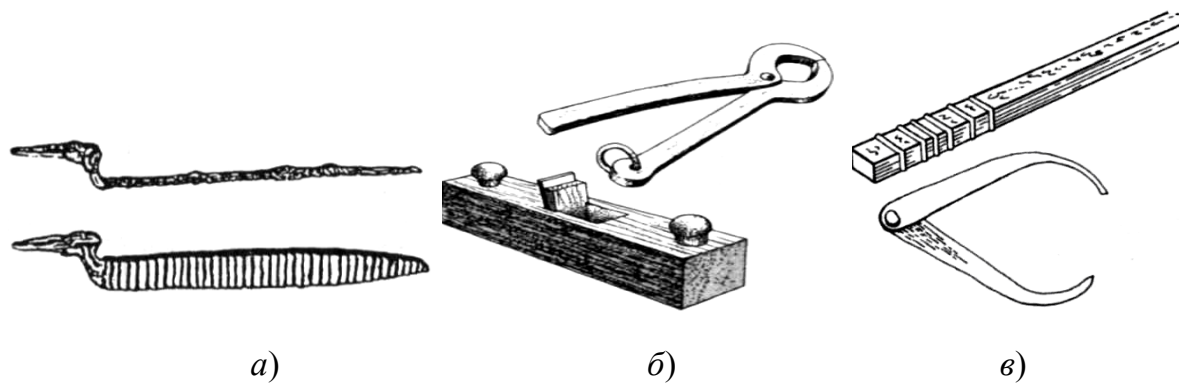


Рис. 2.50. Эскизы инструментов: а – напильник (Рим, 3 в. н. э.); б – клещи и рубанок; в – линейка и кронциркуль для снятия размеров (Западная Европа, 5 в. до н. э.)

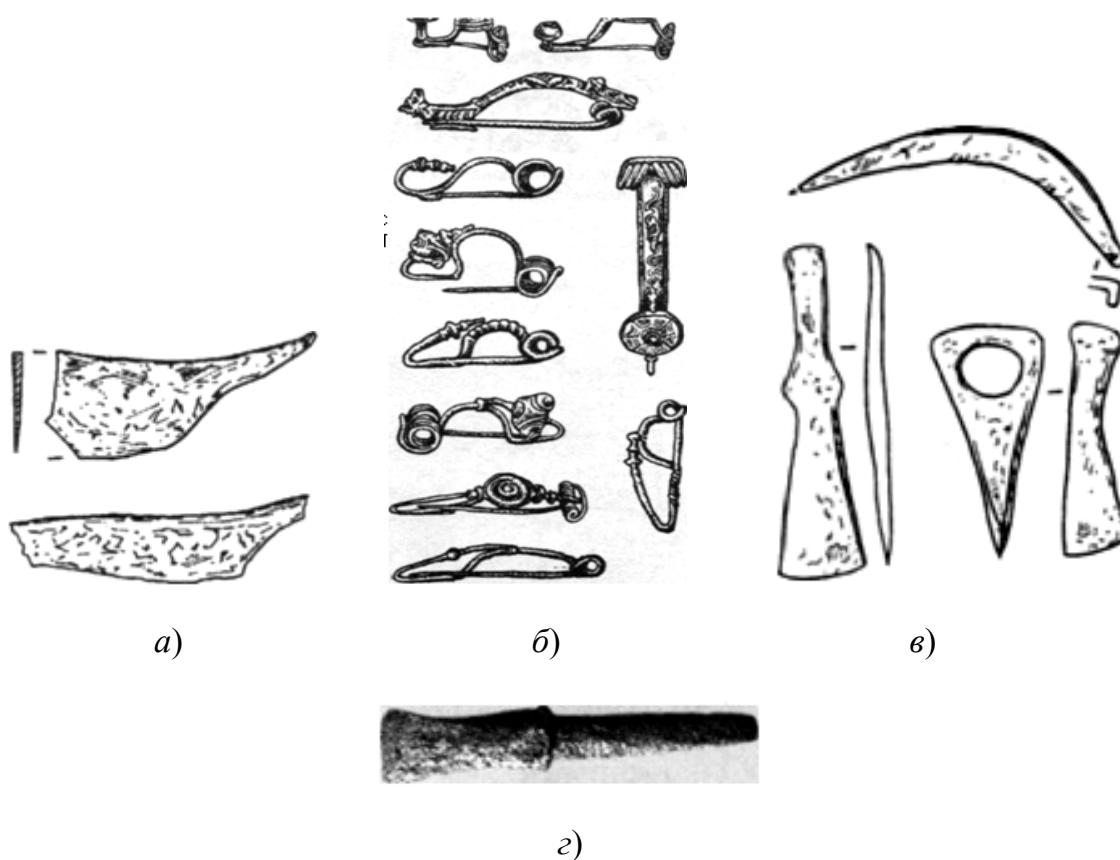


Рис. 2.51. Археологические находки. Изделия из железа: а – бритвы; б – заковки; в – топоры с серпом (юго-восточная Беларусь, 1 тысячелетие до н. э.); г – долото (Минская обл.)

Применение железного топора позволило человеку производить расчистку под посевы больших лесных массивов и расширить в Европе участки, пригодные для земледелия.



Рис. 2.52. Скульптурное изображение изготовления замка и применяемых инструментов (гробница римского кузнеца, 5 в. до н. э.)

Греческие и римские земледельцы стали широко использовать самый разнообразный железный инвентарь: лопаты, заступы, вилы, кирки, мотыги, косы и секачи.

В 500 г. до н. э. были изобретены ножницы для стрижки овец (раньше шерсть у овец выщипывали). Этими же ножницами стали пользоваться и для стрижки волос и разрезания тканей.

Один из самых полных наборов хирургических инструментов Древнего мира представлен на рельефе египетского храма Ком Омбо, выгравированном приблизительно в 100 г. до н. э. (рис. 2.53).



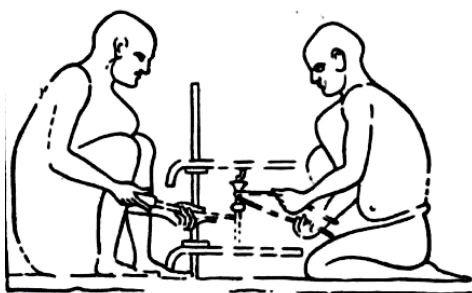
Рис. 2.53. Инструменты, изображенные на рельефе египетского храма Ком Омбо (ок. 100 г. до н. э.)

В то время египетская цивилизация уже была эллинизирована на протяжении двух веков греками. На этом рельефе изображены зонд,

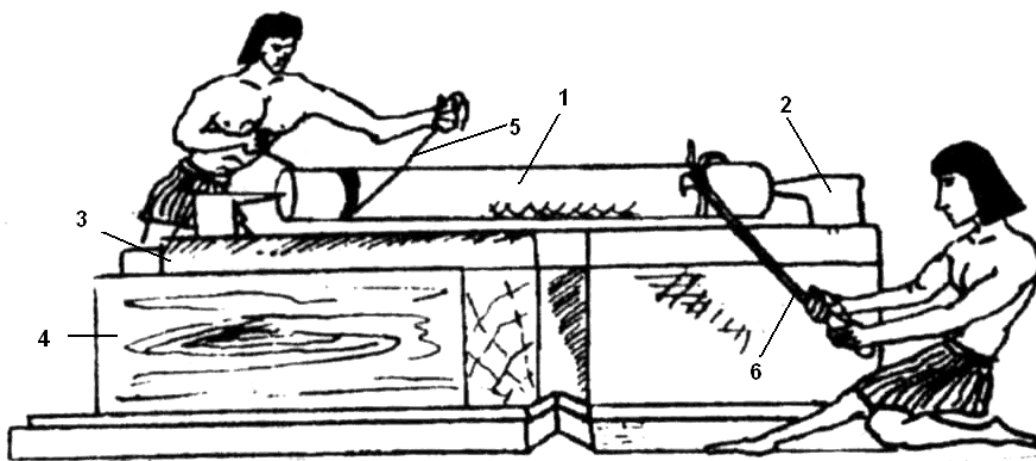
хирургические щипцы, пилы, венорасширитель, каутер (металлический прижигатель), перевязочные средства, колба, целебные растения, пара ножниц, губка, разнообразные скальпели, коробка для инструментов и банки.

2.6. Зарождение конструкций токарных станков для обработки материалов

Изготовление орудий труда вручную было трудоемким процессом. Поэтому наряду с ручными операциями предусматривалась механическая обработка с помощью станка, который позволял снимать с тел вращения стружку при точении. Древнеегипетские станки (4 в. до н. э. – 5 в.) имели вертикальное и горизонтальное расположение заготовки (рис. 2.54).



а)



б)

Рис. 2.54. Древнеегипетские токарные станки:
а – с вертикальным расположением заготовки;
б – с горизонтальным расположением заготовки

Заготовку 1 закрепляли между центрами 2, которые укрепляли на верхней доске 3, уложенной на нескольких плоских опорах – основаниях 4 (рис. 2.54, б). Веревку 5 обвивали вокруг заготовки, при движении ее концов заготовка совершала возвратно-вращательное движение. С помощью резца б снимали стружку, придавая нужную форму изделию.

В Древней Греции для обеспечения главного движения заготовки использовался лучковый привод (рис. 2.55, а). В дальнейшем, около 5 в., был изобретен станок с ножным приводом (рис. 2.55, б), который подобен переносному станочку для заточки ножей. Данное открытие связано с легендой. Ночью на острове Самос в Эгейском море, вблизи Греции, где жил греческий мастер Феодор, высадились воры. Они вскрыли двенадцать замков в храме и выкрали драгоценности властителя Поликрата. Береговая охрана обнаружила воров, и все добро вернулось в храм. Феодор изготовил новые замки. Детали этих замков Феодор обтачивал на станке с кривошипно-шатунным приводом, сконструированном им самим для этой цели.

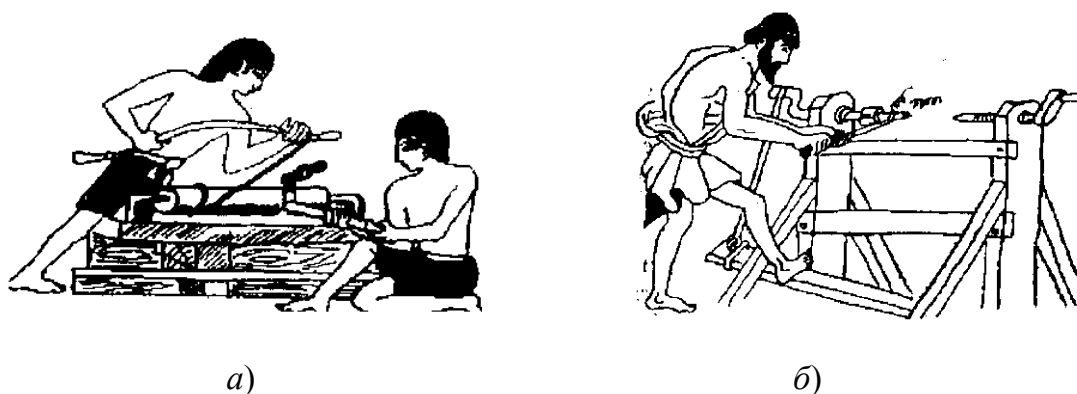


Рис. 2.55. Токарные станки Древней Греции: а – с лучковым приводом; б – с педально-кривошипным приводом

Из бронзового века до нас дошли предметы, свидетельствующие о том, что они были сделаны на токарных станках.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова роль Ктесибия в развитии техники? Опишите его изобретения.
2. Какова роль Филона Византийского в развитии техники? Опишите его изобретения.
3. Какова роль Марка Витрувия в развитии техники? Опишите его изобретения.

4. Какова роль Герона из Александрии в развитии техники?
5. Опишите устройство эолипила и ветряного привода Герона.
6. Опишите устройство одометра, гидравлического механизма и автомата для выдачи воды Герона.
7. Опишите устройство закрытия ворот храма.
8. Опишите устройство самодвижущегося стенда и кующей нимфы.
9. Опишите устройство часов Александрийского маяка.
10. Опишите устройство работы нерейд Александрийского маяка.
11. Назовите основные монументальные изделия из камня.
12. Назовите основные изделия из дерева и применяемый инструмент.
13. Перечислите основные свойства и опишите процесс получения меди.
14. Перечислите основные свойства и опишите процесс получения бронзы.
15. Перечислите основные свойства и опишите процесс получения золота.
16. Перечислите основные свойства и опишите процесс получения серебра.
17. Перечислите основные свойства и опишите процесс получения олова.
18. Перечислите основные свойства и опишите процесс получения свинца.
19. Перечислите основные свойства и опишите процесс получения ртути.
20. Перечислите основные свойства и опишите процесс получения алюминия.
21. Перечислите основные свойства и опишите процесс получения платины.
22. Перечислите основные свойства и опишите процесс получения железа.
23. Каковы особенности инструмента и инвентаря из железа?
24. В чем состоят особенности конструкций токарных станков для обработки материалов?

Глава 3. ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ СТАНКОВ И ИНСТРУМЕНТОВ В СРЕДНИЕ ВЕКА (5–16 вв.)

3.1. Условия и причины развития станков и инструментов

Достигнув в 1–2 вв. н. э. наивысшего расцвета, Римская империя уже в конце 2 в. вступила в полосу кризиса, который к середине 3 в. стал всеобщим: ослабилась политическая власть, стали сокращаться торговля и денежный оборот, упало сельскохозяйственное производство, начали забрасывать земли. Часть хозяйств, использовавших труд рабов, разорялась: приток новых рабов стал уменьшаться, а цена на них росла. Произошли существенные изменения в латифундиях – крупных поместьях богатых землевладельцев. Рабам было позволено заводить семьи и пользоваться орудиями труда, скотом, участком земли. А разорившиеся земледельцы начали попадать в кабалу к латифундистам.

Огромные латифундии, основной рабочей силой в которых теперь были зависимые земледельцы, стали превращаться в самостоятельные хозяйства по производству продуктов и изделий ремесленного производства. Торговали они мало, в основном товарами первой необходимости, и были практически независимы от города. В городах шел процесс прикрепления свободных ремесленников к профессиональным организациям – коллегиям.

23 августа 476 г. германский военачальник Одоакр низложил последнего римского императора Ромула Августула. Одоакр был провозглашен королем германцев в Италии. Эта дата считается датой падения Западной Римской империи и концом античного мира. Начался новый период истории – Средние века. Вторжение варваров опустошило империю. Рабовладение пришло в упадок. Оно постепенно исчезало в результате смешения местных и независимых хозяйств (латифундий) с почти бесклассовыми варварскими племенами, появился местный уклад средневековья, резко ослабивший классовое деление, которое существовало в Римском государстве: от «богоподобного» императора до «скотоподобных» рабов. Появились крепостные крестьяне, прикрепленные к обрабатываемой ими земле и в то же время наделенные правами на получение той или иной доли продуктов своего труда. Появились и помещики – феодалы, тесно связанные со своими крепостными. В таких условиях физический труд стал дос-

тойным занятием и пользовался уважением. Позднее, когда города в Европе отстаивали свою независимость от помещиков и когда цехи (гильдии) превратились в сильные организации, защищающие интересы ремесленников, искусный мастерской стал достойным членом общества. Талантливый мастер получал возможность изобретать новые орудия труда и совершенствовать технологии, будучи уверен, что плоды его усилий принесут выгоду не только его хозяевам, но и ему самому. Естественно, такие перемены способствовали развитию творческой мысли и изобретательству. К периоду распада Римской империи и в эпоху средневековья Западная Европа была далеко не самой передовой частью мира. Византия гораздо в большей мере сохраняла утонченность древней цивилизации, которую Запад перенял у нее лишь в конце Средних веков. Испанский мир в 5–7 вв. на несколько столетий обгонял другие европейские народы в развитии. Но самой передовой страной мира в техническом отношении в те времена был Китай.

В результате полного распада Римской империи в 476 г. на огромных территориях Европы, Ближнего и Среднего Востока появляются новые государства. Опустошительные войны между ними приводят к разрушению городов и гибели древнейших цивилизаций. Большую часть Византии и Египет в 6 в. н. э. завоевывают арабы. Арабские ученые овладевают достижениями поработенных народов. На арабский язык переводятся сочинения Аристотеля, Герона Александрийского, Филона Византийского, Иоанна Филопона. Арабские ученые Мухаммед бен Муса аль-Хорезми, Абу Рейхан аль-Бируни, Ибн Сина, Сабит ибн Корра и другие занимаются изучением и дальнейшим развитием выдвинутых в них идей. Их просветительская деятельность обогащает культуру и науку.

Первой женщиной-ученой считается *Гепатия Александрийская* (370–415) (рис. 3.1). Большинство ее трудов утрачены, но сохранились ссылки на них в работах других ученых. Наиболее значительные работы Гепатии по алгебре и геометрии. Она также интересовалась механикой и техникой. Гепатия создала несколько научных приборов, в том числе плоскую астролябию, которую применяли для определения положения Солнца, звезд и планет.



Рис. 3.1. Гепатия Александрийская

Книги по математике и механике, написанные на арабском языке, в 970–985 гг. переводит на латынь бенедиктинский монах Герберт из Орийака. (В 999 г. он был избран Папой Римским и получил имя Сильвестра II.) С его переводами знакомятся ученые Западной Европы. Используя эти книги, они разрабатывают гидравлические и пневматические машины для механизации ремесленных производств. Появляются водяные и ветряные мельницы. Изготавливаются с гидромеханическим приводом молоты, лесопильные рамы, работающие под действием напора воды, железоделательные мельницы.



Рис. 3.2. Сильвестр II (гравюра на дереве)

В Германии, Англии, Франции, Испании вводятся в постоянную эксплуатацию десятки тысяч машин, обслуживаемых людьми.

Однако незначительные ресурсы крестьянского хозяйства, его изолированность отнюдь не стимулировали прогресса в домашнем ремесле. Многие орудия труда крестьянина и ремесленника уже тогда

получили ту наиболее рациональную форму, которая затем просуществовала без изменения в течение столетий. В этом сказалась многовековая предыдущая практика, вынуждавшая придавать рациональную форму весьма ограниченному набору инструментов.

Экономический и социальный подъем 11 в. выразился в росте населения. Разумеется, никаких переписей населения тогда не проводилось. Поэтому любые подсчеты носят лишь приблизительный, оценочный характер. Но даже эти оценки весьма показательны. По данным Чиполлы, приведенным в его книге «Экономическая история Европы», за период с 650 по 1340 г. население Европы выросло с 18 млн до 73,5 млн человек. Все больше людей жили в городах. Если в 737 г. только в Александрии, Константинополе, Антиохии, Басре и Дамаске число жителей превышало 25 тыс., то к 1212 г. таких городов было уже 11.

Рост городов имел существенные последствия для дальнейшего развития средневековых технологий – там складывались благоприятные условия для формирования цехов и гильдий. К тому же городской образ жизни рождал интерес к учености. Горожанин уже не хотел одеваться, как крестьянин. Он желал иметь другую посуду, ювелирные украшения, мебель и т. д. Чем больше требовалось изделий, тем больше нужно было искусных мастеров. Поэтому мастерские быстро росли и количество работающих в них ремесленников увеличивалось.

В Европе начали создавать университеты, в которых изучались произведения античных авторов, сохранившиеся на Арабском Востоке.

К 10–15 вв. относится строительство подъемных мостов, плотин, мельниц, создание всевозможных машин, метательных орудий, крупных кораблей. Новый строй вызывал к жизни более сложную и совершенную технику.

3.1.1. Развитие естественнонаучных знаний

Практические нужды общества в развитии мореплавания, военного дела, особенно артиллерии, гидроэнергетики и прочих отраслей выдвинули на первый план задачу разработки основ механики, астрономии и других наук.

Элементы становления естественных наук наблюдались еще в античности, но активизация становления экспериментальной науки началась лишь в эпоху Возрождения и распространилась на значительный исторический период. Этот период, охватывающий пример-

но 15–18 вв., считается первым, начальным периодом развития современной науки.

Одновременно с разработкой алфавита в Средние века появились и цифры (от лат. *cifra*) – знаки для обозначения чисел. Первые цифры появились у египтян и вавилонян. У ряда народов, в том числе и на Руси, до 16 в. цифрами служили буквы алфавита. В Западной Европе в Средние века вначале использовали систему римских цифр. В 1202 г. вышел труд итальянского математика *Л. Пизанского* «Книга абака», в котором он наряду с систематическим изложением достижений арабской математики привел и цифры, попавшие к арабам из Индии. В Европе индийские цифры получили широкое распространение со второй половины 15 в. и были положены в основу современного исчисления. Его работа «Книга абака» рассказывает о действиях над дробями, о тройном правиле и многом другом. «Книга абака», иначе – «Книга счета», стала тем сочинением, по которому училось не одно поколение купцов и ремесленников в Средние века.

В течение эпохи Возрождения осуществлялся синтез научно-теоретического мышления и практики, подготавливающий возникновение экспериментального метода.

В 3–4 вв. в Александрии возникла алхимия (лат. *alchimia*) – донаучное направление в химии, получившее особенно широкое распространение в Западной Европе в 9–16 вв. Все усилия алхимиков были направлены на превращение простых металлов в драгоценные и получение «эликсира долголетия» с помощью несуществующего в природе «философского камня». Пытаясь связать и объяснить реальные факты и наблюдения на основе мистических представлений, алхимия совершила множество ошибок, которые надолго закрепились, но было бы несправедливым считать ее сплошным шарлатанством и надувательством.

Положительная роль алхимии заключается в том, что в процессе поиска чудодейственного средства были открыты и усовершенствованы способы получения многих практически ценных продуктов (стекло, красок, эмалей, солей, кислот, щелочей, лекарственных препаратов и др.), а также разработаны многие приемы лабораторной техники (перегонка, возгонка и др.). Алхимия ознаменовала собой раннюю, донаучную стадию развития химической науки и оказала сильное влияние на развитие естествознания. На этом пути было сделано много ценных изобретений и открытий – от пороха до фарфора.

В Европе появлялись трактаты по медицине, географии, переведенные с греческого. Проводились наблюдения за звездами, планетами; не прекращались занятия математикой, механикой. Однако переводные трактаты, которые имели хождение, например, в странах Западной Европы, были настолько отвлечены, что ничего не могли дать практике. Подчинение науки церкви приобретало разнообразные формы. Труды такого выдающегося мыслителя древности, как Аристотель, допускались в качестве учебных пособий во всех западноевропейских странах. Этому в значительной мере способствовало то, что Аристотель говорил в своих произведениях о первотолчке, т. е., попросту говоря, о божественной силе. Именно в силу того, что церковь так «благожелательно» отнеслась к философским взглядам Аристотеля, выдержки из его трудов можно встретить в многочисленных сборниках средневековья, в трудах богословов. Теории Аристотеля стали своего рода иллюстративным материалом к Библии.

Науками в Средние века в Европе занимались преимущественно монахи, служители культа. В 1150 г. настоятельницей монастыря была написана «Физика» из четырех книг, содержащая первые ростки ботаники и зоологии. Во время крестовых походов Италия непосредственно столкнулась с культурой ислама. В результате из Византии и непосредственно с Востока в Европу стали проникать научные идеи и воззрения. Труды арабских ученых переводили на латинский язык. Латынью пользовались при написании документов, составлении отчетов, писем и научной литературы, в этот период она была как бы общеевропейским «научным» языком. Однако применение латыни способствовало тому, что на долгие годы эта литература сделалась достоянием лишь привилегированной верхушки феодального общества. Именно представители высшего общества, его самая образованная часть, взяли на себя труд изучения науки Востока.

Герард Кремонский впервые переводит труд Птолемея по астрономии – «Альмагест». Отныне астрономию Птолемея в течение нескольких веков церковь будет допускать к изучению. Около 1120 г. английский монах *Ательгарт*, которого в Древней Руси знали под именем «премудрого Клидаса», перевел с арабского «Элементы Евклида». *Иоанн Севильский* проделал значительную работу, переведя на латынь математический труд Ибн Мусы и некоторые работы арабских ученых, опирающиеся на произведения Аристотеля.

Одновременно Европа обогатилась естественнонаучными знаниями (в области алхимии и оптики), проводниками которых были Альберт Великий и Роджер Бэкон, Вителло (из Польши).

Альберт Великий (настоящее имя Альберт фон Больштедт, 13 в.), являясь ярким поборником натурфилософии Аристотеля, оставил литературное наследство, насчитывающее 21 том, три из них посвящены науке. Он пересказал «Физику», «Астрономию» и трактат о минералах Аристотеля. Многие из того, что описал Альберт Великий, было совершенно новым в Европе. Он утверждал, что Млечный Путь является скоплением звезд, что кометы не влияют на судьбы людей, что существование людей на противоположной (обратной) стороне Земли – реальность. В сочинении о растениях Альберт Великий полностью следовал схеме Аристотеля и сделал очень много правильных замечаний об их питании, роли коры, корней. Он подробно описал животный мир, занимался химией.

Крупнейший ученый 13 столетия *Роджер Бэкон* в своих сочинениях уделил место не только описательному естествознанию, но и химии, физике и многим другим областям науки. Англичанин Бэкон в своей естественной истории пользовался произведениями Аристотеля, Евклида, Птолемея, Плиния, Ибн Сины, аль-Фараби и многих других. Уже один этот перечень говорит о многом: труд Бэкона был энциклопедичен, однако это не простая компиляция. Он писал об астрономии, математике, анатомии и физиологии глаза. Он знал сферическую аберрацию, занимался выпуклыми зеркалами. Описывал приборы для измерения диаметра Луны и Солнца; дал свою трактовку распространения света. Особое внимание уделял Бэкон математике, считая ее основой понимания всех прочих наук. Он особенно отмечал роль эксперимента в познании. Одновременно Бэкон занимался астрономией и химией, описывая взрывчатые смеси, близкие по составу к пороху. Его идеи по поводу географии известного тогда мира сыграли свою роль в организации великих путешествий нового времени. Ученый задумал и энциклопедию наук, подготовительными частями к которой были «Большой труд», «Меньший труд», «Третий труд». Бэкону принадлежат идеи создания кораблей и экипажей, которые без употребления мускульной силы человека могли бы двигаться с громадной скоростью.

Леонардо да Винчи (рис. 3.3) занимался не только живописью и архитектурой, но и математикой и техникой, т. е. получил в полном смысле слова инженерное образование, позже позволявшее ему строить крепости, каналы, проектировать осадные орудия и разнообразные машины.

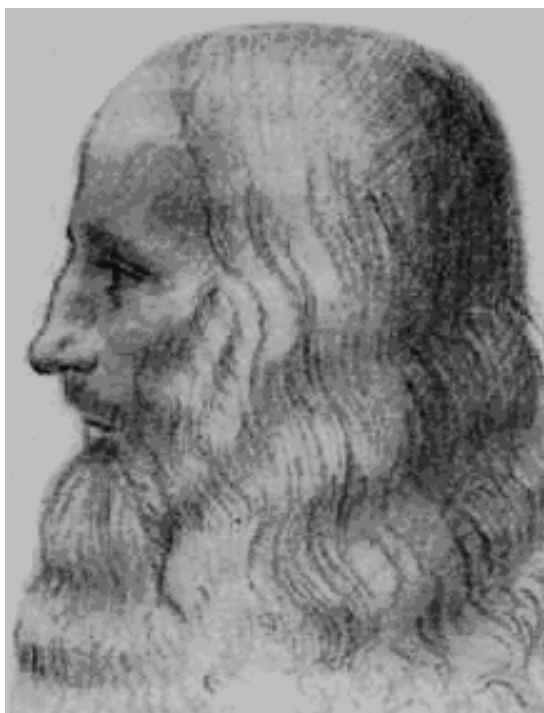


Рис. 3.3. Портрет Леонардо да Винчи

Глубоко изучая природу, он делает большое число анатомических рисунков, пристально исследует механизм сочленения. В его работах есть множество технических сюжетов: пушки, бомбарды, отдельные механизмы, в особенности различные зубчатые передачи. На листах рядом с ними рисунки приспособлений для литья, подъемных механизмов, кранов, отдельных инструментов. Диапазон его интересов огромен. Задумываясь о связях микро- и макрокосмоса, он сравнивает ток крови с течением вод, движение сердца с движением Земли. Тщательно изучая анатомию лошади, он нашел целый ряд аналогий с анатомией человека. Эта проблема его заинтересовала – он стал родоначальником сравнительной анатомии. Та же страсть к аналогиям заставляет его искать подобие между принципами действия механизмов и живых организмов.

Чувствуя недостаточность и бессистемность современных ему знаний, Леонардо да Винчи решает создать энциклопедию техники. Он углубленно изучает научную литературу, при этом каждый новый для себя факт или закон нередко проверяет экспериментальным путем, ищет и находит его теоретическое объяснение. Ему удалось выяснить ряд гипотез, впоследствии подтвердившихся и вошедших в фонд теоретической и практической механики. Он близко подошел к открытию закона о действии и противодействии, правильно определил натяжение нити, производил опыты с весами, полиспастами и

рычагами и вплотную подошел к установлению закона сложения сил. Основная проблема, которую он пытался в предлагаемых механизмах разрешить, – проблема автоматизма. Одновременно он изучает возможности водяного колеса, передаточных механизмов, системы рычагов, блоков и т. д.

Научная техническая деятельность, зародившаяся еще в 15 в., с тех пор непрерывно наращивалась и к концу рассматриваемого периода стала опережать развитие техники. В дальнейшем эта тенденция продолжала усиливаться. Люди, заинтересованные в развитии науки и техники, начали учреждать научные общества и академии, которые пытались решать теоретические и прикладные вопросы естествознания, а в ряде случаев и выполняли роль учебных заведений.

Предшественницей современных высших технических учебных заведений можно считать образованную во второй половине 16 в. во Флоренции Академию «Дель Дисенья», которая впервые воплотила в жизнь требования, необходимые при подготовке квалифицированных инженеров. Преподавание математических наук там находилось на более высоком уровне, чем в итальянских университетах, кроме того, преподавались курсы проектирования машин, строительства мостов и крепостей, устройства улиц и прокладки каналов.

Не только Западная Европа, но и Восточная, а именно славянские страны и Русь, весьма рано познакомились с античным наследием. В знаменитом «Изборнике Святослава» перечислены медицинские советы, дано описание созвездий, разнообразных драгоценных камней, животных. Переведенные на русский язык «Физиолог», «Шестоднев» Иоанна Экзарха Болгарского, составленная на Руси компиляция «Толковая Палея» познакомили читателя с трудами Аристотеля, Платона, Демокрита, в которых были отражены естественнонаучные, и в частности анатомо-физиологические воззрения греков, описание растительного и животного мира, Земли, созвездий и многие другие вопросы.

В 1570 г. в г. Вильно основан иезуитский коллегиум; в 1578 г. реорганизован в академию, в 1579 г. – в Виленский университет; первое высшее учебное заведение на территории Великого княжества Литовского.

Как видим, научные знания в европейских странах в эпоху феодализма развивались в сложных и в общем неблагоприятных социально-экономических условиях. В то же время на Востоке ученые

Средней Азии и арабы сделали много важных естественнонаучных открытий и наблюдений. Некоторые из них, ставшие известными в феодальной Европе, были перечислены выше.

Крупнейшим ученым был *Ибн Сина* – философ и врач, представитель восточного аристотелизма. Главные философские труды ученого – «Книга исцеления», «Книга указаний и наставлений» и «Книга знания». Им написаны комментарии к сочинениям Аристотеля. Сочинение Ибн Сины «Канон медицины» – медицинская энциклопедия в пяти частях – переиздавалось на латинском языке 30 раз и много веков служило руководством для медиков в европейских и восточных странах.

Большой вклад в науку – математику, астрономию, ботанику и другое внес *Абу Рейхан аль-Бируни*. Он является автором трактатов «Ключ к астрономии», «Книга о нахождении хорд в круге», «Канон Масуда» и др.

В Эдессе возникает значительная по тем временам библиотека, с 5 в. на суннитский язык переводятся произведения Аристотеля, сочинения греков по астрономии, медицине, математике. Несторианская школа в Месопотамии распространяла основы античной науки, которая, как предполагают, отсюда проникла в Испанию, а затем и в страны Европы. Арабская астрономия и математическая география были основаны на трудах Птолемея. Один из его основных трудов – «Великое построение», переведенный на арабский язык в 8 и 9 вв., впоследствии попал в Европу и получил здесь широкое распространение. Начиная с 9 в. в ряде городов Востока создаются обсерватории. В 827 г. в Сирийской пустыне были проведены измерения дуги меридиана.

В геометрии и тригонометрии был сделан ряд важных открытий (аль-Баттани, 9–10 вв.; Абу-л-Вафа, 10 в. и др.); из представителей медицины наиболее известен *Абу Бакр Мухаммед ар-Рази* (9–10 вв.) из Багдада, знаменитый хирург своего времени.

3.1.2. Развитие способов и устройств передачи знаний

Одним из крупнейших изобретений человечества была бумага, изготовлявшаяся из специально подготовленной и высушенной массы растительных волокон, куда добавляли клеевые вещества и красители. Родиной бумаги считают Китай (2 в.). Путь ее в Европу был сложным и долгим. Предполагают, что из Китая не позднее 7 в. она попала в Индию. В 8 в. бумага была известна в Самарканде. Из Самарканда бумагу завезли в арабские страны, откуда она попала в Испанию и через нее в другие европейские государства. Другой путь в Европу, как предполагают, лежал через территории Египта или Пакистана в Италию.

В 793 г. в Багдаде построили первую бумагоделательную фабрику, и постепенно новый материал распространился по всему арабскому миру. Бумага стала использоваться не только для письма, но и как упаковочный материал, появились бумажные салфетки и скатерти. Примерно в то же время бумагу начали делать в Европе. Но вместо мускульной энергии людей и животных здесь применили водяной привод.

Развитию книгопечатания способствовало не только совершенствование техники печати, но и разработка алфавита. На 9 в. приходятся годы жизни известных славянских просветителей и проповедников христианства *Кирилла* (827–869) и *Мефодия* (815–885), создавших на основе греческого уставного письма славянскую азбуку – кириллицу, положенную в основу русского алфавита. Они же перевели с греческого языка на славянский несколько богослужебных книг.

С появлением бумаги теснейшим образом связано книгопечатание, создавшее принципиально новые возможности для обмена информацией между народами и странами, сделавшего возможным массовое изготовление документов и книг, географических карт, ставшего способом передачи мысли, средством общения. Однако вполне вероятно, что книги, напечатанные с деревянных досок, появились еще в первой половине 8 в. В это же время в столице Китая городе Сиане стал выходить правительственный вестник – первая в мире печатная газета.

Первые рукописные книги имели религиозный характер и представляли собой бумажный свиток длиной в несколько метров (рис. 3.4). Пользоваться ими было не слишком удобно. Поэтому шел поиск других форм книг. В 10 в. появилась книга в виде полосы бумаги, сложенная «гармошкой». Текст в ней печатался только на одной стороне каждого листа. Древнейшая из книг-гармошек датирована 949 г.

Вслед за книгой-гармошкой вышла книга-«бабочка». В ней листки складывались пополам и приклеивались местом сгиба к корешку книги. Страницы с текстом чередовались в них с чистыми страницами. Позднее листы с текстом, отпечатанным по-прежнему на одной стороне листа, стали сгибать пополам и сшивать у корешка на стороне, противоположной линии сгиба. В таком виде книги в Китае выходили до 10 в. В 9 в. в Китае начали печатать с досок книги для школ – это были первые в мире печатные учебники. А примерно в 900 г.

в этой же области вышла в свет первая печатная энциклопедия, несколько листов которой сохранилось до наших дней.



Рис. 3.4. Работа переписчика книг

Техника печатания книг с деревянных досок называется ксилографией, т. е. гравюрой на дереве («ксило» от др.-греч. – дерево). Ее изобретение было, несомненно, большим шагом вперед по пути совершенствования книгопечатного дела. Но со временем стало выясняться, что такой способ обходится слишком дорого. Типографская доска после напечатания могла пригодиться еще раз только при перепечатывании книги. Печатание каждой новой книги начиналось с трудоемкой и дорогостоящей работы по изготовлению новых досок, которые после снятия оттисков сразу выбрасывались.

Эта проблема привела к появлению разборного шрифта, который изобрел китаец *Би Шэн* в 1041–1048 гг. Типографский шрифт Би Шэн изготавливался из глины. Каждая глиняная литера изображала определенный иероглиф. Эти литеры он обжигал на огне. При печатании литеры-иероглифы закреплялись рядами на железной форме в ячейках, куда предварительно заливались смола, канифоль или воск. Укрепленные литеры выравнивались, Би Шэн накладывал на форму плашмя ровно оструганную доску, и после того, как эта металлическая форма остывала, литеры, приклеенные уже затвердевшей смолой, были в ней достаточно прочно закреплены. На форму наносилась тушь, все это покрывалось листом бумаги, и оттиск страницы был готов.

Получив нужное количество оттисков, Би Шэн разбирает набор, для этого он снова нагревал форму, и когда смола плавилась, шрифт рассыпался, освобождая литеры для следующего текста.

Уже после Би Шэна китайцы научились изготавливать шрифт не только из глины, но и из олова, а затем и из дерева.

В 1314 г. образованный чиновник по имени *Ван Чжень* применил для печатания собственной книги о сельском хозяйстве изобретенные им подвижные деревянные литеры. Текст наносился на печатную доску так же, как это делалось при ксилографическом печатании. Затем доска распиливалась на готовые брусочки – литеры, которые классифицировались по ячейкам наборной кассы, сконструированной в форме вращающегося круглого стола (рис. 3.5). Каждый иероглиф был пронумерован, один наборщик громко называл номер, а второй, вращая кассу, выбирал нужный знак. Наборный текст вправлялся в деревянную рамку, а между строк вставлялись бамбуковые планки, сжимавшие иероглифы и строки, а также скреплявшие полосу набранного текста. После этого полоса еще раз сличалась с рукописью, и уже тогда делался оттиск, т. е. печатался текст.



Рис. 3.5. Китайские наборщики, работающие по методу Ван Чжэня

В 15 в. корейцы продвинули намного вперед искусство книгопечатания. Они придумали металлический (бронзовый) шрифт, который изготавливали методом литья. Создание литого металлического шрифта было прямым продолжением дела Би Шэна, об изобретении которого в Корее было хорошо известно. В самом Китае медные литеры были применены несколько позже, в 1488 г. В то же время китайцы начали экспериментировать и со свинцовыми подвижными литерами.

В 1107 г. в провинции Сычуань были отпечатаны первые в мире бумажные деньги. Они имели три цвета: зеленый, красный и индиго, – и печатались с деревянных досок, а затем на них ставились большие красные печати. Итальянский путешественник Марко Поло рассказывал: «Никто из подданных не смеет под страхом смерти их не принимать. Все подданные охотно берут в уплату эти бумажки, потому что, куда они ни пойдут, за все они платят бумажками: за товары, за жемчуг, за драгоценные камни, за золото и серебро. На бумажки все можно купить и за все ими уплатить».

Европейцы, однако, не переняли тогда у китайцев бумажных денег и еще долго продолжали пользоваться металлическими, которые купцам приходилось возить с собой целыми мешками.

Средневековая книга в Европе была рукописной. В раннее средневековье основным материалом был папирус, а с 8 в. его повсеместно вытеснил пергамент, который был господствующим материалом вплоть до 13 в. Пергамент изготавливали из козьей, бараньей, свиной и телячьей кожи. Производство пергамента состояло из следующих стадий: промывание шкуры, золение, втирание мела (он впитывал жир), шелушение с помощью острого ножа и выглаживание пемзой. На протяжении предшествующего периода в основном использовались графитные карандаши (от тюрк. кара – черный и даш – камень), которым предшествовали «итальянские» (с 14 в.), до создания которых (с 12 в.) писали и рисовали с помощью свинцовых и серебряных штифтов в металлической оправе.

Печатание с досок распространилось в Европе в конце 14 в. В Германии, Италии, Фландрии этим способом печатали бумажные деньги, игральные карты и картинки религиозного толка. Сначала на них не было текста, он вписывался от руки, потом появились и картинки с печатным текстом. Напечатанные ксилографическим способом (т. е. с доски) книги появились примерно в 1450 г. Техника печатания с досок напоминала во всех отношениях китайскую технику.

Но этот способ производства книг не был приспособлен к европейским алфавитам. И у *Гутенберга* появилась идея: набирать текст из отдельных букв. Реализовать ее, однако, оказалось делом непростым, на это ушло десять лет упорного труда. Главная проблема состояла в том, что трудно было изготавливать буквы в больших количествах, не вырезая каждую по отдельности. Иными словами, нужно было придумать способ массового производства букв. Найденный в конце концов Гутенбергом способ предполагал отказ от деревянных букв и отливку их из металла.

Делал он это следующим образом. Сначала готовил выпуклые изображения букв, вырезая их на железных брусочках. Потом это изображение приставлял к медному брусочку и бил по букве молотком. В результате на меди отпечатывалось вогнутое изображение буквы. Такое изображение в полиграфии называется матрицей. В нее Гутенберг лил расплавленный свинец, а когда металл застывал, он вынимал из матрицы брусочек с выпуклым изображением буквы. Оно было зеркальным. Свинцовые бруски с оттиснутой на них буквой называются литерами. Одну матрицу можно использовать для изготовления тысяч одинаковых литер – так же, как вырезанная на железе буква позволяла изготовить множество одинаковых матриц. Массовое изготовление металлических литер, из которых составлялся набор – в этом заключается смысл изобретения Гутенберга. Дальше надо было придумать способ ставить буквы в ряд так, чтобы получилась ровная строка, и при этом составить из строчек страницу. Для этого Гутенберг изобрел простое приспособление – он использовал металлическую пластинку с тремя бортами, причем два из них были неподвижны, а третий мог перемещаться. Такое устройство назвали верстаткой. Наборщик, в соответствии с текстом набираемой книги, укладывал в нужном порядке одну литеру за другой; борта же не давали им рассыпаться. Когда страница была набрана, борт закрепляли. Получалась страница в рамке; она называлась печатной формой (рис. 3.6). До конца 15 столетия типографии появились в Италии, Швеции, во Франции, в Дании и других странах. Количество книг резко возросло; не случайно, что начиная с 16 в. ведет свою историю большинство крупнейших европейских библиотек.

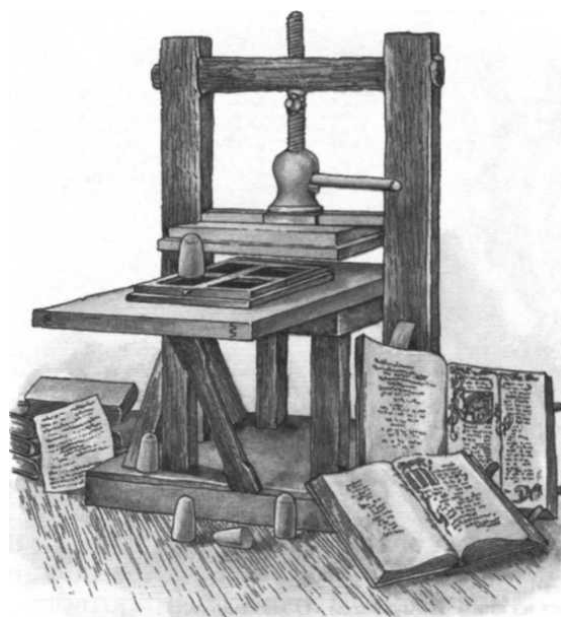


Рис. 3.6. Эскиз станка для книгопечатания

3.1.3. Создание первых измерительных приборов и устройств

Арабы, завоевавшие в 7–9 вв. богатейшую часть мира от Инда до Пиренеев, восприняли многое от древней культуры покоренных народов, переводя на арабский язык лучшие труды мыслителей древности.

Впервые в истории физики и минералогии был создан прибор для определения удельных весов, сконструированный в 11 в. *Бируни* и описанный им в трактате «Удельные веса».

С помощью другого прибора, сконструированного для измерения удельных весов жидкостей, *Бируни* установил различие удельного веса воды – холодной и горячей, пресной и соленой – и отметил связь плотности воды с ее удельным весом. Сконструировал *Бируни* и рычажные весы с передвижной гирей.

Так же как и в древности, одной из наиболее развитых естественных наук в странах средневекового Востока была астрономия. Составление календаря, фиксирующего наступление религиозных праздников и постов, необходимость знать время суток для проведения ежедневных многочисленных молитв, определять направление стран света и географические координаты пунктов земной поверхности требовали проведения астрономических наблюдений. Астрономические наблюдения проводили и при постройке мечетей, для определения направления на Мекку, и для астрологических предсказаний. Поэтому самыми точными и разнообразными инструментами были инструменты для наблюдений неба.

Изучение инструментов, описанных *Бируни* в его трудах, дает возможность классифицировать основные астрономические инструменты по конструктивным особенностям, разбив их на шесть групп: 1) солнечные; 2) визирные; 3) визирно-моделирующие; 4) моделирующие; 5) механические; 6) для отсчета времени, основанные на измерении изменяющихся объемов наполняющего вещества. Добавление к этим шести группам седьмой – неизвестных еще *Бируни* магнитных инструментов – дает классификацию, в рамки которой укладываются все астрономические инструменты, используемые астрономами Ближнего и Среднего Востока, Северной Африки и Европы в Средние века до середины 17 в., когда довольно широко стал применяться телескоп.

Солнечные инструменты – теневые, или гномонные, основаны на измерении в определенный момент величины и направления, изменяющейся в течение дня тени, отбрасываемой на шкалу освещаемым Солнцем выступом или прямолинейным стержнем-гномоном.

Визирные инструменты подразделялись, так же как и солнечные инструменты, на два типа: круговые и линейные. У круговых инструментов указатель алидады с диоптрами перемещались по круговой шкале (деления нанесены на дуге окружности, ее половине или четвертой части).

У линейных инструментов линейка с диоптрами или ее указатель перемещались по линейной шкале (деления нанесены на прямой).

Визирно-моделирующие инструменты не только имеют алидады с диоптрами для визирования небесных тел, но и моделируют расположение кругов небесной сферы. В эту группу также входят инструменты двух типов:

а) те, при помощи которых можно получать результаты астрономических наблюдений в горизонтальной, экваториальной или эклиптической системах сферических координат. К этим инструментам относятся используемые еще с древности армиллярные сферы, в которых несколько концентрически установленных колец, изображающих различные круги небесной сферы, расположены в плоскостях соответствующих кругов и имеют возможность вращаться (кроме внешнего кольца, закрепленного на подставке неподвижно) вокруг общего центра из-за разных диаметров колец;

б) инструменты с графическими методами вычисления – преобразованием сферических координат точек небесной сферы с помощью номограмм, нанесенных на инструменте. Наибольшее распространение получила плоская астролябия (ее иногда называют «классической»), описанная в трактатах *Теона Александрийского* (4 в.), которого считают ее изобретателем, *Иоанна Филонова* (6 в.), *Севера Себохта* (7 в.). В трактате «Исчерпание всех возможных способов построения астролябии» (ок. 995) Бируни привел описание многочисленных астролябий и методику работы с ними, причем не только для чисто астрономических наблюдений – определения склонения, прямого восхождения, высот и азимутов светил, но и для вычисления времени и решения ряда геометрических задач на установление расстояний до недоступных объектов.

Моделирующие приборы также бывают двух типов. Первый тип – демонстрационные приборы (небесные глобусы), просто вращающиеся вокруг своей оси и известные с глубокой древности (глобусы Гиппарха, Птолемея). До наших дней сохранился и находится в музее в Дрездене небесный глобус, созданный в 13 в. в прекрасной обсерватории в Мараге.

Второй тип моделирующих приборов – демонстрационные приборы с зубчатыми передачами (планетарии, теллурии). Сюда же относится сконструированный Бируни и описанный им в трактате «Исчерпание всех возможных способов построения астролябии» механический календарь. Он состоял из кольца, в котором размещался весь механизм, восьми зубчатых колес с осями и закрывающей кольцо крышки с отверстиями для осей и шкалами, по которым двигались указатели. Диаметр кольца был равен диаметру спинки астролябии, на которую календарь насаживали как приставку, причем алидаду снимали с астролябии и потом надевали вновь на ее ось уже крышку календаря. Календарь показывал положения Солнца на эклиптике во время его видимого годичного оборота и Луны – во время ее месячного оборота, а также фазы Луны. Сравнение изображений движения Солнца и Луны по эклиптике позволяет найти места соединений и противостояний этих светил, т. е. наступление солнечных и лунных затмений.

Механический календарь Бируни представляет особенно большой интерес, т. к. эту конструкцию можно рассматривать как непосредственную предшественницу механических часов.

Моделирующие приборы, в частности, механический календарь и планетарии, дали начало еще одной группе – механическим приборам. К этой группе относятся и часы.

Приборы для отсчета времени (шестая группа) основаны на измерении изменяющихся объемов наполняющего вещества. О водяных часах – клепсидрах, применявшихся в древности, уже говорилось. Использовали их и на средневековом Востоке. Кроме того, в арабоязычных странах примерно с 8 в. начали применять часы песочные, которым некоторые ученые (например, Бируни) отдавали предпочтение. Использовались там также (например, в обсерватории в Мараге) масляные часы, позволявшие определять промежутки времени по выгоранию определенных объемов масла. Приборы этой группы с появлением механических часов были постепенно вытеснены из употребления, кроме песочных часов, которые еще долгое время использовались моряками («склянки») и даже используются в наши дни в медицинской практике.

Начиная с 10–11 вв. сведения о точных приборах (главным образом астрономических), использовавшихся на Среднем Востоке, через Испанию стали проникать в Европу, где многие из них в 14–15 столетиях получили свое дальнейшее развитие.

В эпоху династии Сун (960–1279) на рубеже 11 в. было сделано еще одно важное открытие: оказалось, что железо, потертое о магнит, само приобретает силу притяжения. Это позволило в дальнейшем усовершенствовать компас.

В том же 11 в. в Китае впервые появилась стрелка компаса, изготовленная из намагниченного железа. Она была изготовлена в форме рыбки и плавала в блюде с водой. Голова рыбки указывала точно на юг.

Талантливый китайский ученый *Шэнь Гуа* (1030–1094), экспериментируя с магнитом, заметил, что стрелка компаса указывает на юг не абсолютно точно, а с некоторыми отклонениями. Шэнь Гуа сделал вывод, что причиной такого отклонения является несовпадение магнитного и географического (истинного) меридианов, которые расположены не на одной линии, а под углом. Этот угол теперь называется углом магнитного отклонения.

Леонардо да Винчи, занимаясь изучением геометрических фигур, изготовил прибор, позволяющий определять параметры полусферы, конуса и его сечений (рис. 3.7).

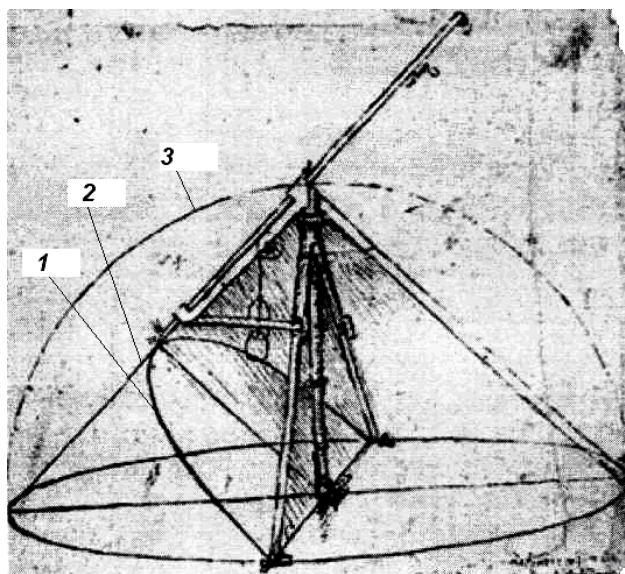


Рис. 3.7. Рисунок Леонардо да Винчи прибора для изучения параболы:
1 – парабола; 2 – конус; 3 – полусфера

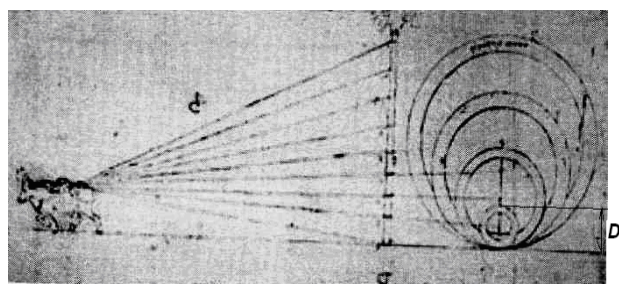
3.1.4. Развитие технических знаний

Выдвижение на первый план механики требовали насущные потребности в развитии механической техники, а также необходимость в изучении природы движения материи, начиная с ее простейшей формы – механического перемещения. В исследованиях различных свойств вещества и энергии нуждались металлургия и металлообработка, кера-

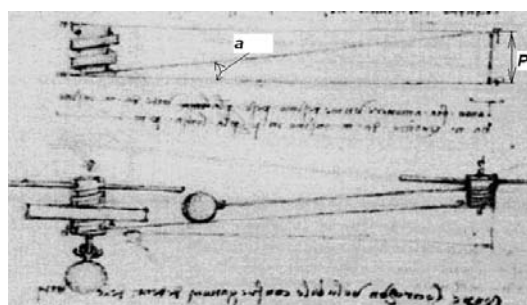
мическое и стеклотрувное производство, текстильное и зарождающееся химическое производство. Все это создало материальную основу для становления и развития подлинной экспериментальной науки.

В 13–15 вв. количество изобретений и открытий в западноевропейских странах увеличивалось в нарастающем темпе, формировались квалифицированные технические кадры не только мастеров, но и инженеров – горных, военных, строительных, корабельных и др.

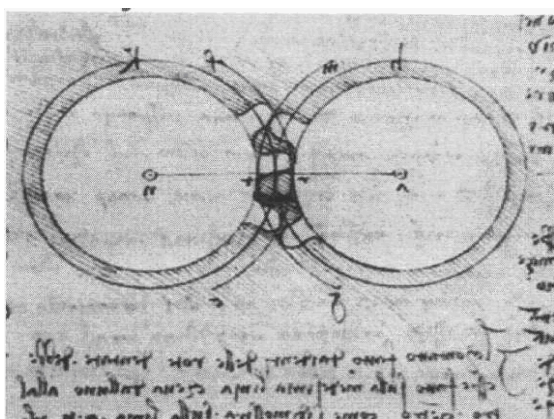
Леонардо да Винчи изучал винтовые механизмы и установил оптимальные углы подъема резьбы, обеспечивающие эффект самоторможения передачи. Он также определил влияние диаметра тела качения на тяговую силу (рис. 3.8, а, б). Исследуя износ и плавность хода механических часов, установил, что профиль зуба должен быть выполнен по циклоиде, до этого зубья были треугольной формы (рис. 3.8, в). Кроме того, он исследовал влияние угла обхвата и структуры ременных передач на их передаваемый крутящий момент (рис. 3.8, г).



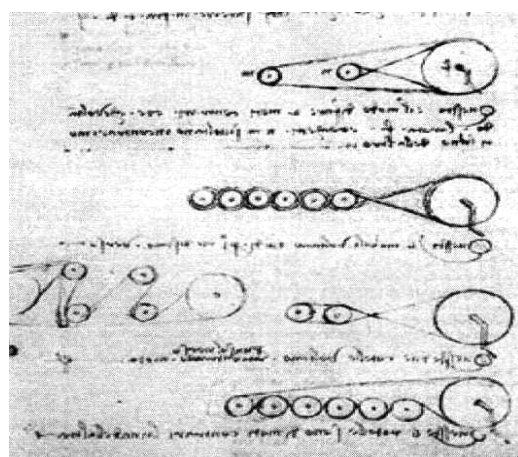
а)



б)



в)



г)

Рис. 3.8. Археологические находки. Схемы Леонардо да Винчи по исследованию: а – тяговой силы; б – передачи винт-гайка; в – формы зуба колеса; г – угла обхвата ременных передач

Леонардо оставил рисунок барки, которая может плыть против ветра; за 40 лет до Коперника написал трактат о вращении Земли; за три века до Лавуазье описывает свойства «жизненного воздуха», который мы называем кислородом; за сто лет до Кардано описывает камеру-обскуру и за 300 лет до Соссюра – гигрометр. В математике Леонардо ввел знаки «+» и «-», объяснил распространение звуковых волн. Проектируя, например, летательную машину, он наблюдает полет птиц и летучих мышей, сравнивает перьевую и кожистую поверхность крыльев тех и других, рисует, строит модель и снова наблюдает и проверяет, подмечая тончайшие особенности согласования и движения частей. Не подозревая о существовании аэродинамических сил, он ищет аналогии в полете птицы; у нее заимствует внешнюю форму и форму движения.

В позднем средневековье *Агостино Рамелли*, один из преемников Леонардо да Винчи, издал книгу «Различные искусные машины», которая неоднократно переиздавалась. В ней были описаны изобретенные им машины, зачастую весьма сложные по конструкции и насыщенные различными механизмами: мельницы, грузо- и водоподъемники, насосы. К представленным в них механизмам относятся: зубчатые и червячные передачи, кривошипно-шатунные и кулисные механизмы и др. Есть даже установка для одновременного чтения нескольких книг.

А его современник *Д. Кардано*, один из основоположников кинематики механизмов, разработавший теорию и практику зубчатого зацепления, изобрел карданный механизм, получивший наибольшее распространение в автомобилях.

В этот период были изобретены либо существенным образом усовершенствованы и прочно вошли в обиход привычные нам мышеловка, очки, бумага, порох, сталь, конская подкова, сбруя и стремяна, шелк, мыло, ветряная и водяная мельницы, тяжелый плуг, винный пресс, колесное веретено и др.

Очки. *Роджер Бэкон* в своем «Большом труде», посвященном физическим явлениям, писал: «Если человек будет рассматривать буквы или другие мелкие предметы с помощью кристалла, стекла или другого прозрачного тела, расположенного над буквами, и если это тело будет шаровым сегментом, выпуклость которого обращена к глазу, находящемуся в воздухе, то буквы видны лучше и кажутся больше. И потому это приспособление полезно людям старым и со слабым

зрением, потому что они могут видеть даже маленькую букву достаточно большой». Бэкон использовал эти линзы во многих опытах и даже преподнес их римскому папе Клименту IV с просьбой попробовать применить их. Во времена Бэкона линзы уже были хорошо известны. Но кто же был изобретателем увеличительных стекол? Точный ответ на этот вопрос не найден до сих пор. Увеличительные стекла стали предметом изучения еще в эпоху раннего средневековья. Арабский ученый *Ибн Аль-Хайтан*, известный на Западе под именем Альхазена, исследовал увеличение, создаваемое стеклянной сферой.

Очки были изобретены, скорее всего, случайно, и, вполне вероятно, их автором является какой-то человек, изготавливающий стекла, например, стекольщик, который делал стеклянные диски для украшения витражей домов богатых людей. То, что это изобретение было сделано ремесленником, проявляется и в некотором происхождении слова «lente» (линза) от слова «lenticchia» (чечевица), которое ученые 16 в. облагородили, латинизировав его.

К середине 14 в. очки уже получили довольно широкое распространение. Например, на фреске 1352 г. изображен пожилой монах, сосредоточенно изучающий с помощью очков какие-то рукописи.

Колесный плуг. Самые ранние упоминания о колесном плуге, который использовался в Малой Азии, относятся к 1 в. Оставил их римский писатель и ученый *Плиний Старший* (23/24–79). В Европе плуг появился в долине Рейна не позднее 8 в. Есть, впрочем, указания на то, что это устройство славяне применяли уже в 5 в. От них оно могло попасть через Северную Италию и на Рейн.

С колесным плугом в сельское хозяйство Северной Европы пришли серьезные перемены (рис. 3.9, а). Вместо двупольной системы землепользования утвердилась трехпольная: одна треть участка засеивалась яровыми, другая – озимыми зерновыми культурами, а последняя оставалась под паром, благодаря чему восстанавливалась структура почвы. Каждый год участки менялись. Так поддерживалось высокое плодородие почвы при глубокой вспашке. Затем в плуг стали впрягать лошадь, а не вола – когда изобрели упряжь с жестким хомутом и боковыми ремнями (рис. 3.9, б). Все это привело к образованию излишков продовольствия, что, в свою очередь, способствовало появлению новых и росту старых городов, постепенно сливавшихся с пригородами. В результате оживилась торговля продукцией сельского хозяйства и быстро развивавшегося ремесленного производства.

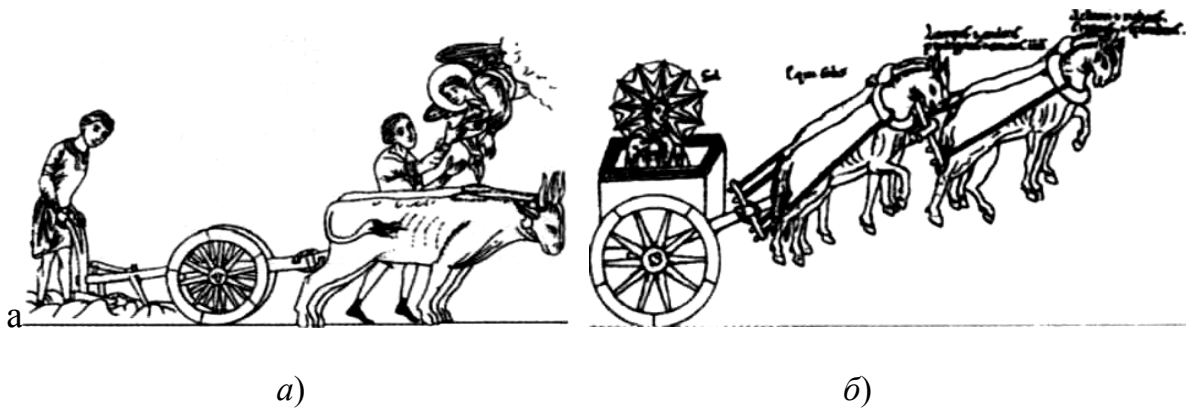


Рис. 3.9. Тяжелый плуг (а) и упряжь с хомутом (б)

Нараставший экономический подъем вызвал в конечном счете тот расцвет культуры, который Европа пережила в начале 11 в.

Транспорт. Начало морскому судостроению положили викинги – скандинавы, участники морских завоевательных походов, достигшие берегов Америки, которых в Западной Европе называли норманнами, а на Руси – варягами. Свои корабли викинги строили из прочных дубовых досок, обшивка крепилась к шпангоутам металлическими заклепками, стыки конопатили и шпаклевали. Круто поднятые нос и корма соединялись по днищу килем, обеспечивающим хорошую устойчивость и рассекание воды, что позволяло достигать скорости 5–6 узлов (до 10 км/ч).

На смену гребным галерам пришли более совершенные парусные суда – нефы (от лат. *navis* – корабль). В целом же переход от гребного флота к парусному был весьма длительным и продолжался вплоть до 17–18 вв., поскольку постоянно сказывался основной недостаток парусного движителя – зависимость от ветра.

Вначале применялся один квадратный парус, на смену которому пришел треугольный (латинский), затем появились дополнительные косые паруса, позволившие передвигаться и против ветра. Этот парус в Европу пришел из Византии.

С 12 в. появились трехмачтовые суда с полным набором изобретенного к этому времени такелажа и снабженные рулем, навешиваемым на корме с помощью шарниров.

В 8 в. в Китае и в 12 в. в Европе (а возможно, и несколько раньше) появилось рулевое управление современной конструкции. Руль начали прочно навешивать на ахтерштевень – продолжение киля. Его устанавливали на достаточной глубине под водой, чтобы укрыть от дей-

ствия волн. Руль теперь можно было делать довольно большим и строить крупные корабли с хорошими ходовыми качествами, позволявшими плавать и против ветра. Усовершенствование рулевого управления позволило улучшить оснастку судов. Полностью этот процесс завершился к 15 в.

В 13–14 вв. в Европе особенно быстро развивалась торговля. Этому способствовало оживление морского судоходства: перевозить грузы морем, минуя многочисленные государственные границы, было гораздо дешевле, да и безопаснее, несмотря на штормы и кораблекрушения. Торговля с заморскими странами вызвала невиданный спрос на продукцию горно-металлургической промышленности, а также ремесленных мастерских и мануфактур в Европе.

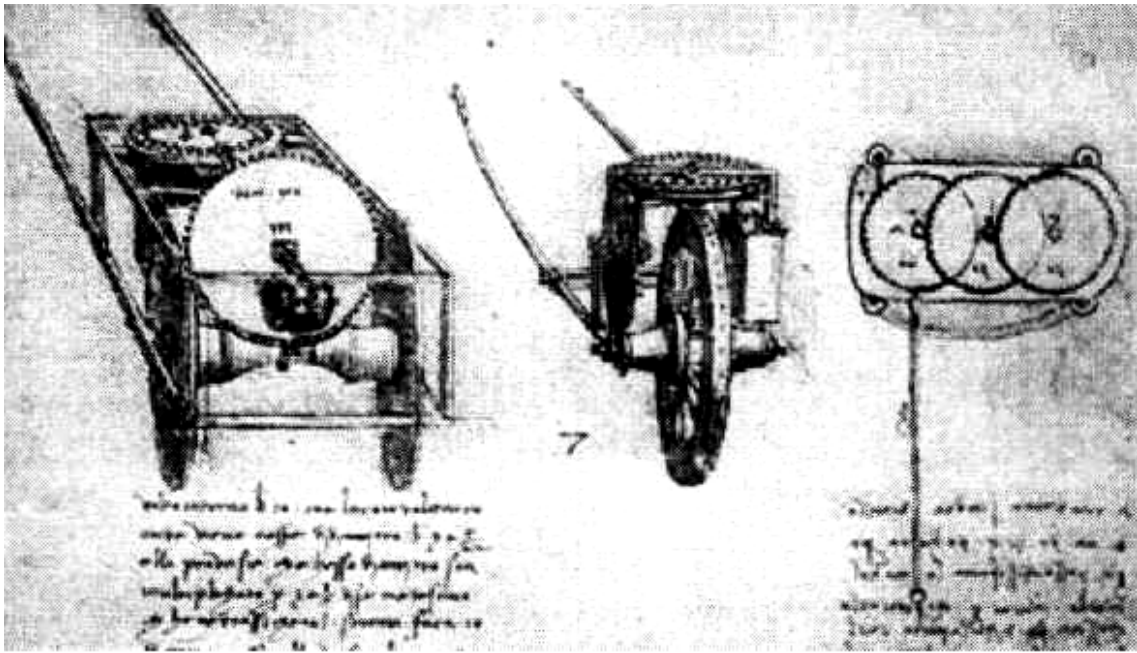
В 13–17 вв. наибольшее распространение получили быстроходные 3-, 4-мачтовые морские суда со сложной системой парусного оснащения и специальной обшивкой «карвель», названные каравеллами. Именно на таких судах в 1492 г. Колумб пересек Атлантический океан, а в 1497–1498 гг. Васко да Гама достиг Индии.

Большим шагом в развитии судоходства по внутренним водным путям стало появление шлюзов с воротами. В Китае шлюзы с одними воротами существовали еще до новой эры, а шлюзы с двумя воротами появились в 9 в. Кроме Великой Китайской стены в этой стране существует ее водный «аналог» – Великий канал длиной 1782 км.

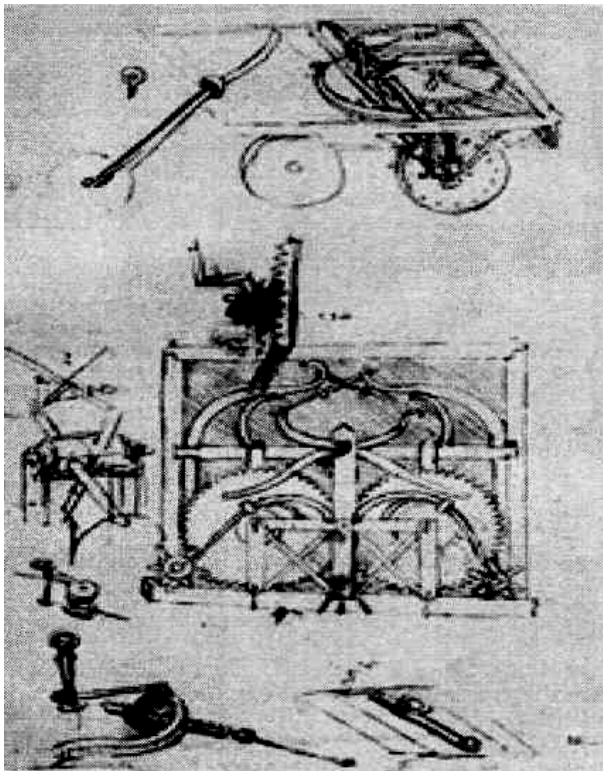
В этот период получили развитие и сухопутные перевозки. Основная часть гужевых перевозок в России осуществлялась «ямской гоньбой» – ямщиками, набранными из государственных крестьян. Во второй половине 16 в. был создан специальный Ямской приказ, ведавший ямскими дворами (станциями), откуда отправлялись обозы и верховные гонцы.

В 16 в. в Англии впервые появился дилижанс (от фр. diligence) – многоместный крытый экипаж, запряженный лошадьми, для перевозки почты, пассажиров и их багажа, который просуществовал до появления железнодорожного и автомобильного транспорта.

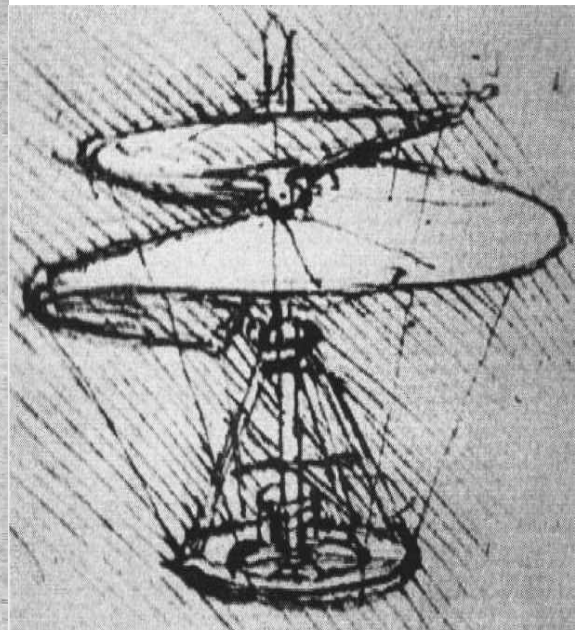
Развитию транспорта уделял внимание и Леонардо да Винчи, который предлагал конструкции одометра, самодвижущейся тележки и «вертолета» (рис. 3.10).



a)



б)



в)

Рис. 3.10. Археологические находки. Рисунки конструкций транспортных устройств Леонардо да Винчи: а – тележка с устройством определения расстояния (одометр); б – самодвижущаяся тележка с арбалетным механизмом; в – «вертолет» с механическим приводом (1475)

С 15–16 вв. в горном деле при добыче руды, каменного угля и других полезных ископаемых для их откатки начали применяться деревянные лежневые пути как зачатки будущего рельсового транспорта. Вначале они использовались для подземной откатки, а затем стали сооружаться и на поверхности для соединения шахт и рудников с заводами.

Военная техника. Средневековые рыцари (от нем. Ritter – всадник), полное вооружение которых составляли длинное копье, щит, шлем и панцирь или кольчуга, к 9 в. стали серьезной военной силой в сражениях. Наряду с луками на вооружение поступил арбалет (фр. arbalete), который на Руси назывался самострелом – стальной лук, укрепленный на деревянном ложе, тетива которого натягивалась воротом. Это мощное оружие для метания стрел существовало в Средние века и возродилось в наши дни не только как спортивное, но и как боевое, используемое, в частности, спецслужбами.

«Греческий огонь». В 674 г. при осаде Византии исламскими армиями были впервые применены средства огневой борьбы. Флот противника был сожжен «греческим огнем» – первой в мире пороховой смесью. Точный состав ее неизвестен. По некоторым более поздним источникам можно предположить, что в нее входили сера, селитра, нефть, смолы, канифоль, камедь. Эта смесь не тонула и не гасилась водой. Изобретателем «греческого огня» стал в 671 г. сирийский архитектор Калменик.

Чаще всего «греческий огонь» использовался при помощи огнеметных сифонов, которые изготавливались из бронзы и были двух типов: большие – корабельные, а также малые – ручные (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Применение «греческого огня» в морском сражении 826 г. (из манускрипта 9 в.)

Ручной огнеметный сифон имел форму короткой, суживающейся в передней части трубы, снабженной рукояткой и имеющей запальные

отверстия. Длина сифона равнялась примерно 40–45 см, диаметр задней стенки – 20 см, а переднего среза – 15 см.

Нефть греки вывозили из Керчи, Тамани, причем долгое время Византия, пытаясь не допустить европейцев к запасам нефти, накладывала запрет на посещение Тьмутараканского княжества.

Порох. Поистине революционным было изобретение пороха. В его состав входят три основных компонента: калийная селитра, сера и древесный уголь. Сера и селитра применялись в Китае еще во 2 в. до н. э. для приготовления лекарственных средств. Калийная селитра была открыта на рубеже 5 и 6 вв. медиком Тао Хун-Цзинем.

Экспериментируя с природными минералами, алхимики открывали все новые и новые свойства веществ. Так и не выплавив искусственного золота и не отыскав эликсира бессмертия, они сыпали в свои тигли много новых веществ, среди которых (скорее всего, случайно) оказалась смесь селитры, серы и древесного угля.

Впервые состав пороха (селитра – 60 %, сера – 20 %, опилки – 20 %) был описан китайским алхимиком *Сун Сымяо* в 682 г. и приведен в 846 г. в рукописи Мари Грена. Потом его стали «изобретать» вновь и совершенствовать европейские алхимики.

В 13 в. порох стал известен в Европе, а с 14 в. его уже производили в Германии.

Огнестрельное оружие. Изобретение ствольного оружия было большим шагом в его совершенствовании, так как ствол придавал полету заряда определенное направление. Оно было изобретено и впервые применено *Чэнь Гуем*, полководцем и специалистом в области военной техники. Это произошло в 1132 г. во время обороны города Дэань (провинция Хубэй в современном Китае). Новое оружие «хочян» представляло собой пищаль, заряжаемую со ствола и обслуживаемую двумя воинами. Ствол первой пищали изготавливали из бамбука, а противник поражался пламенем, вылетавшим из ствола.

Дальнейшим совершенствованием этой пищали стала изобретенная в 1259 г. «тухоцян» – дословно «ружье, выбрасывающее пламя». Но заряжалось оно уже мелкой картечью. Вместе с пламенем из бамбукового ствола этого ружья вылетали «цзыкэ» – напоминающие современные пули. Однако нет никаких сведений о том, из какого материала они изготавливались. К 1232 г. относится первое упоминание о применении дымного пороха в Китае для заряда ракет, получивших название «китайских стрел».

К началу 14 в. стволы огнестрельного оружия стали отливать из меди или из железа. Назывались они «хотун». В сражении под городом Шаосином в 1359 г. применялись «хотун», стрелявшие каменными и чугунными ядрами.

В 50-е г. 20 в. найдена пушка «хотун», изготовленная в 1351 г. Она представляет собой медную трубку, которая по форме напоминает бамбук и несколько расширяется в дульной части. Ее длина 43,4 см, длина канала ствола 27,8 см, диаметр канала в широкой части 3,1 см, вес 4,78 кг. Запальное отверстие находилось у дульного среза.

В 12 в. порох узнали арабы. Они изобрели легкое огнестрельное оружие – заряжавшиеся порохом железные трубки. Огнестрельное оружие использовалось в 1247 г. при осаде Севильи, а в 1259 г. при защите Мибеллу в Италии. В Европе огнестрельное оружие появилось в 14 в. Это были толстые, гладкие внутри, железные трубы, закрепленные на деревянных станках – лафетах – и стрелявшие ядрами. Вплоть до 13–14 вв. огнестрельное оружие еще не делилось на стрелковое и артиллерийское и называлось на Западе бомбардами (фр. *bombarde*), или петронеллами (рис. 3.12).

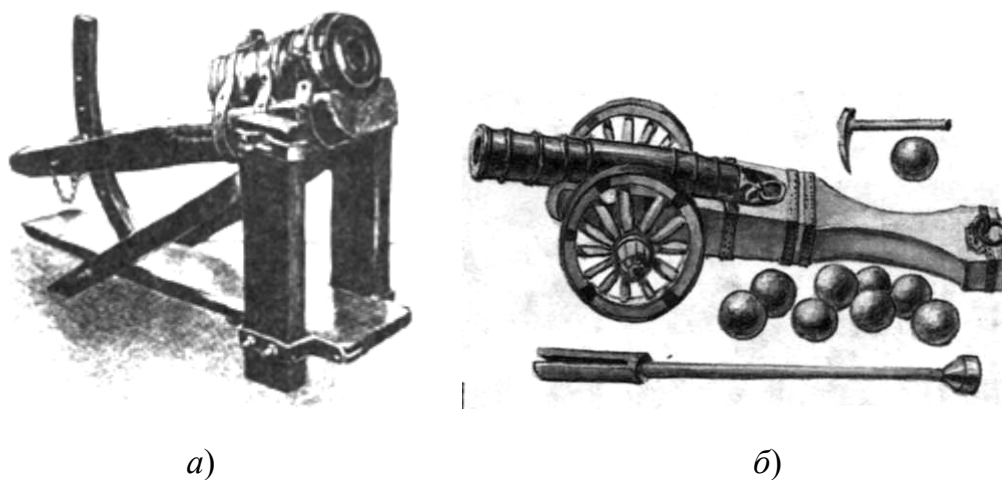


Рис. 3.12. Археологические находки. Бомбарды:
а – с регулируемым углом наклона; б – с ядрами и совком
для закладки пороха (Гродно, территория Беларуси, 15 в.)

Первые орудия в Европе, из которых с помощью пороха металы каменные булыжники, напоминали бочки, т. к. их стволы не умели лить целиком, а составляли из отдельных листов (клепок), которые соединяли сваркой и для прочности скрепляли обручами. Вначале они были очень ненадежными и потери артиллеристов от разрывов стволов часто превышали ущерб, нанесенный неприятелю.

Первые литые бронзовые стволы имели форму горшков или ступок и назывались мортирами (от гол., фр. *mortier* – ступка). Впоследствии так стали называться орудия с укороченным стволом для ведения навесного огня, прототипы современных минометов. В ствол, который для наводки ложился на откосе, засыпали порох, закладывали цельнометаллическое ядро или просто подходящий булыжник и, поджигая раскаленным прутом порох через затравочное отверстие, производили выстрел. Вначале даже имелись подразделения солдат, собирателей снарядов-булыжников для стрельбы.

Так, на коронационной грамоте, дарованной лондонским епископом английскому королю Эдуарду III в 1326 г., изображена мортира кувшинообразной формы.

В 1382 г. Москва защищалась от татар «огненным боем» – с помощью орудий, завезенных из Германии и называемых на Руси тюфяками.

Ручное огнестрельное оружие к 14 в. развилось из мелких пушечек, представлявших цельнокованую или сваренную из полос трубу, заглушенную с одного конца. На Руси они назывались пищалями (ручницами, самопалами, недомерками), а на Западе – аркебузами (фр. *arquebuse*), что дословно означает «ружье с крючком», т. к. при стрельбе его необходимо было подвешивать, поскольку удерживать стрелку в руках было сложно (рис. 3.13).

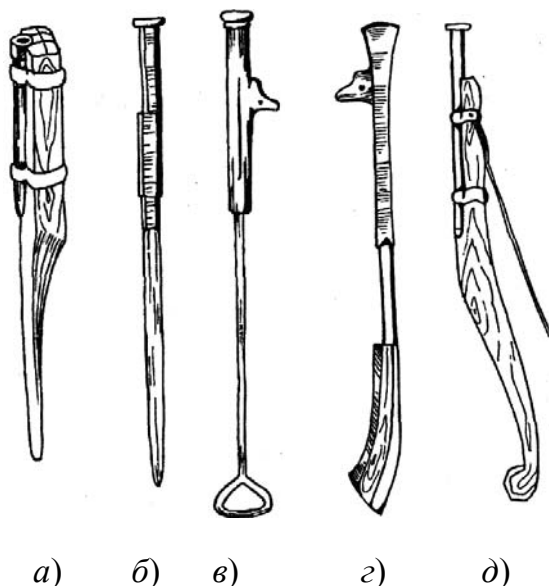
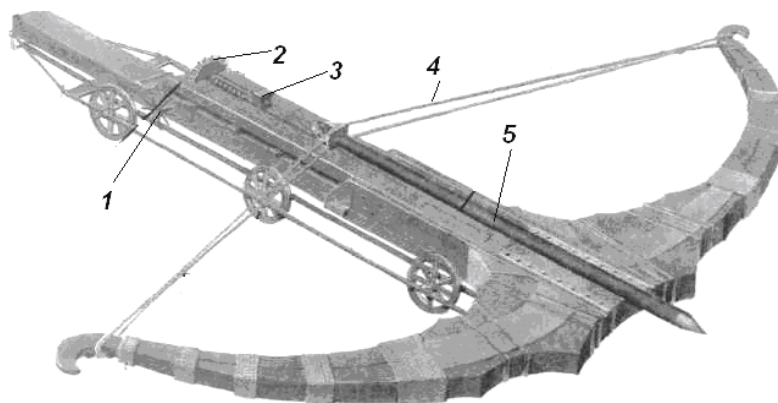
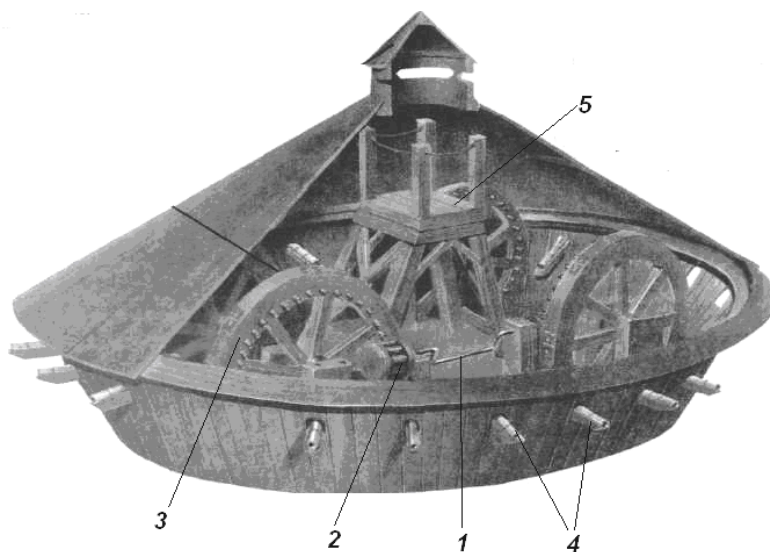


Рис. 3.13. Ручное огнестрельное оружие 14 в.: а, б – бомбарды (железная, бронзовая); в – петронелла; г – аркебуза; д – кулеврин

Совершенствование ружей сразу пошло по линии уменьшения калибра (диаметра канала ствола), которое достигалось совершенствованием технологии изготовления. Приклад стал приобретать более удобную изогнутую форму, а также появились прицельные устройства и полочки возле затравочного отверстия для пороха, который поджигался с помощью фитиля. Такой вид приобрели ружья к началу 15 в.



а)



б)

Рис. 3.14. Реконструкции устройств Леонардо да Винчи (1484):
а – арбалета: 1 – ворот механизма натяжения; 2 – цевочная передача;
 3 – передача винт-гайка; 4 – тетива; 5 – стрела; *б* – танка:
 1 – кривошип; 2 – цевочная шестерня; 3 – приводное колесо
 с цевочными зубьями; 4 – огнестрельные орудия;
 5 – наблюдательный пункт

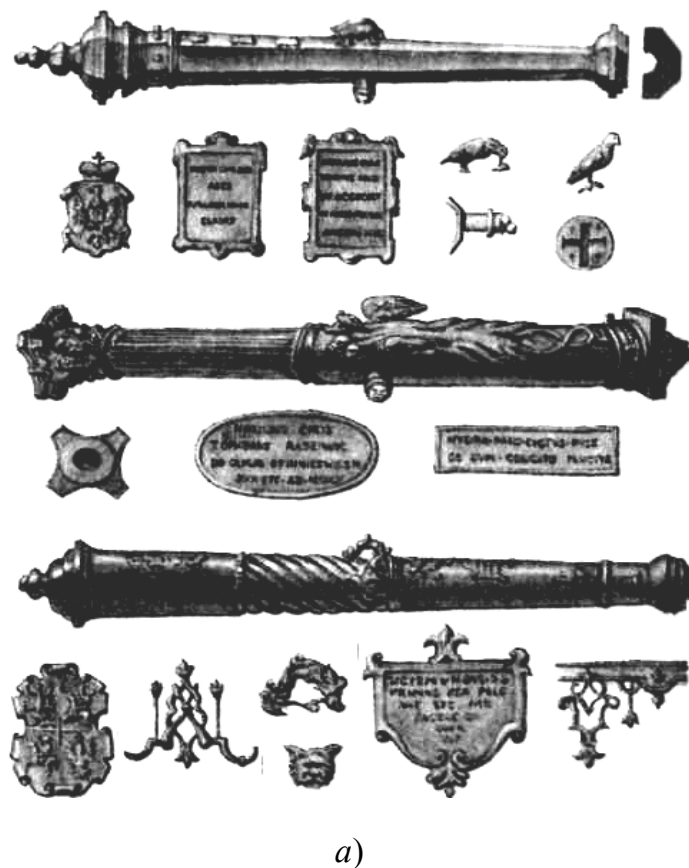
Следующее усовершенствование было связано с креплением фитиля на рычаге, изогнутом в виде буквы «S» и представляющем прообраз современного спускового крючка. Такие ружья стали называться на Западе кулевринами, или серпентинами (от фр. couleurin, serpentinus – змееподобный, виться). Впоследствии (в 15–17 вв.) названия кулеврины и серпентины перешли и на предназначенные для стрельбы на дальние расстояния длинноствольные орудия, которые украшались своеобразным, змееподобным орнаментом.

В конце 15 в. появился пружинный курок, который вскоре стал приводиться в действие системой рычагов при нажатии пальцем на спусковой крючок. Таким образом, была усовершенствована система зажигания (запала), но крайне несовершенной оставалась система заряжания с дула, отнимавшая у стрелка несколько минут, – нужно было насыпать порох, загнать пыж, пулю и еще один пыж, чтобы пуля не выкатилась из ствола.

За это время арбалетчик успевал сделать несколько выстрелов, а лучник – несколько десятков. Учитывая, что убойная сила арбалетных стрел превышала поражающую способность ружей, становится понятным чрезвычайно медленное внедрение ручного огнестрельного оружия.

Было установлено, что чертежи первого колесцового замка были выполнены еще в 1482 г. Леонардо да Винчи, кроме того, он предложил конструкцию тяжелого арбалета и танка (рис. 3.14). В 1504 г. свою конструкцию колесцового замка предложил Даннер, но некоторые исследователи приписывают это изобретение Эттору. Этот принцип и по сей день используется в зажигалке. С конца 15 в. орудийные стволы стали отливаться с цапфами, позволяющими менять угол его установки в процессе ведения огня. И почти одновременно стали появляться орудийные лафеты, что значительно повысило точность стрельбы и сократило время прицеливания. Затем лафеты были поставлены на колеса, а для их перемещения стала использоваться конная тяга, которая применялась еще и во Вторую мировую войну.

В 1554 г. в г. Быхове, на территории современной Беларуси, была основана пушечная литейная мастерская (людвисарня). В этой мастерской отливали пушки, мортиры, многоствольные «органы», ядра, картечные заряды, артиллерийские и ручные гранаты (действовала до 18 в.) (рис. 3.15). В 1597 г. в д. Барань (сейчас город в Оршанском районе) основана мастерская по производству ядер и пуль для огнестрельного оружия.



a)



б)

Рис. 3.15. Пушки Великого княжества Литовского (16 в.):
 а – стационарные; б – многоствольный орган

С конца 16 в. появился пистолет (от фр. pistolet), приоритет создания которого приписывается итальянскому мастеру Камилло Ветелли из г. Пистойя, откуда, очевидно, и пошло название. Но одна из первых миниатюрных пушек, напоминающая пистолет и хранящаяся в Стокгольме, в Национальном историческом музее, была изготовлена еще в 14 в. Пистолеты, которые назывались вначале «маленькими

ружьями», позволяли вести огонь с одной руки. Это больше всего пришлось по душе кавалеристам, и поэтому этот вид оружия получил вначале наибольшее распространение в кавалерии. Первые пистолеты, имевшие фитильное зажигание, были сложны в обращении и малоэффективны. Поэтому их широкому распространению способствовало изобретение кремневого замка.

Все виды огнестрельного оружия изготавливались в то время гладкоствольными, хотя первое нарезное ружье, названное винтовкой, появилось в Германии еще в 16 в. Вначале нарезы для простоты делались прямыми, а затем винтовыми, чтобы придать пуле (снаряду) вращательное движение, обеспечивающее большую устойчивость, точность и дальность полета. Однако из-за сложности изготовления и несовершенства технологии нарезное оружие в рассматриваемый период не получило широкого распространения.

Ручные гранаты стали применяться с 14 в. Для их метания отбирались наиболее рослые и сильные солдаты-гранатометчики, называемые гренадерами (франц. *grenadiers*, от *grenade* – граната).

Предшественники ракет. В эпоху династии Минь (1368–1644) появились «громобои» – катапульты, которые бросали уже не каменные ядра, а снаряды, летевшие по принципу современной ракеты. Снабженное крыльями ядро такого снаряда заряжалось двумя спаренными пороховыми зарядами. Силой выхлопных газов, образующихся при сгорании нижнего по отношению к выхлопному отверстию порохового заряда, ядро двигалось к цели, где и разрывалось при взрыве второго заряда, работавшего к этому моменту.

Постепенно разного рода ракеты стали распространенным явлением. Появились пусковые установки ракет, смонтированные на тачках.

В 14 в. в осажденные города забрасывались ракеты – так называемые «огненные вороны». Пороховой заряд вставлялся в плотное бумажное чучело птицы, к которому крепились запалы. Фитиль запалов поджигали, и «ворон» летел из катапульты на расстояние более 300 м, сжигая позиции и корабли противника.

К 15 в. китайские ракеты представляли собой крупные двухступенчатые летательные аппараты с силовым двигателем, которые зажигались один за другим. Дальность их полета превышала 1,5 км; перед падением они выпускали множество ракет-стрел типа «хоцзянь». По существу, китайские ракеты были предшественниками современных ракет.

В 1537 г. вышла в свет работа итальянского математика и механика *Н. Тартильи* «Новая наука», в которой были изложены достижения того времени в баллистике и фортификации, а также в применении ракет.

3.1.5. Развитие ремесленного производства

Переход от ремесла к мануфактуре протекал в условиях первоначального накопления капитала, осуществлявшегося самыми варварскими методами, и прежде всего с помощью завоевательных войн и беспощадной эксплуатацией колоний. Будущие владельцы мануфактур сосредотачивали в своих руках богатства путем торговых и банковских операций, откупов, присвоения общинных и государственных земель, а также благодаря щедрым правительственным субсидиям за счет налогоплательщиков.

К 11 в. в некоторых странах Западной Европы наблюдались значительные социальные сдвиги, которые свидетельствовали о том, что феодальный строй переходил в фазу своего полного развития. Шел процесс ликвидации феодальной раздробленности, создавались города, возникали общегосударственные рынки, налаживались экономические связи между отдельными районами. Ремесленники стали больше работать на заказ и на рынок, феодалы стремились получать деньги вместо натурального продукта. В период крестовых походов (1096–1201) в Европу проникло много технических достижений: технология изготовления красок, бумаги и др. Это позволило организовать новые производства. Потребности практики способствовали развитию технической мысли.

Первые цехи возникли еще в 10 в., но их развитие не поддерживали феодалы, поэтому они быстро распадались. В 11 в. в городах развивается связанное с торговлей и наукой городское ремесло, а вместе с ним развиваются цехи, гильдии, союзы ремесленников, т. е. промышленные и в то же время политические корпорации. Однако короли и крупные феодалы старались ограничить их деятельность. Так, например, германские императоры Фридрих I и Фридрих II стремились «...упразднить становившиеся непокорными объединения ремесленников». Прежде чем стать самостоятельным, ремесленник должен был пройти обучение у опытного мастера. Срок обучения варьировался от трех до восьми и даже более лет в зависимости от сложности профессии. А потом требовалось еще три-четыре года поработать подмастерьем, и только после этого можно было приступать к самостоятельной работе. Так создавался слой высококлассных мастеров-специалистов.

Только с конца 12 и особенно в 13–14 вв. в результате острой классовой борьбы населения городов с феодалами ремесленные цехи стали основной формой производства.

Цехи как раз и стали организациями, которые объединяли людей одной профессии. Главной задачей цехов было ограждение их членов от конкуренции нецеховых ремесленников.

Другой важной задачей цехов был надзор за тем, чтобы у всех мастеров были мастерские примерно одинакового размера, чтобы они выпускали приблизительно одинаковое количество изделий, одного качества и чтобы условия продажи не слишком различались. Ремесленникам разрешалось иметь только одну мастерскую (или лавку), не больше двух-трех подмастерьев и одного-двух учеников. Запрещалось работать ночью и при свечах, чтобы не могли разбогатеть отдельные мастера, производящие товаров больше, чем другие. В результате подобные ограничения, существовавшие в цеховой организации, стали препятствовать усовершенствованию орудий производства и сковывать инициативу членов цехов. Со временем эти недостатки стали проявляться более явно.

В 14 в. в Западной Европе завершился переход от простого домашнего ремесла к цеховому, представлявший собой производственную революцию в феодальной общественно-экономической формации.

В странах Восточной Европы, в частности, в Киевской Руси, существовал ряд значительных городов, являвшихся административными, ремесленными, торговыми и военными центрами. Техника ремесла здесь находилась на высоком уровне. Отдельно от сельского хозяйства существовало кузнечное и гончарное ремесло. Железо получали в многочисленных сыродутных печах (на местном сырье – болотные и озерные руды). Мастера Киева, Новгорода, Полоцка, Рязани и других городов освоили технику литья, сварки, пайки, упрочнения металла наклепом, цементацией. Ремесленники владели широким арсеналом технических приемов и навыков, необходимых для производства самых разнообразных изделий с помощью многочисленных операций. Так, для изготовления обычного ножа требовалось совершить до 10 различных операций. Целые кварталы средневековых городов были населены ремесленниками: кузнецами, ювелирами, гончарами, плотниками, кожевниками, стеклоделами, косторезами, чеканщиками монет, оружейниками, иконописцами, строителями и токарями.

Совершенствовались широко распространенные в то время ткацкие станки, что способствовало улучшению тканей и повышению рыночного спроса на них. Еще в 14 в. в шелковом производстве в Ита-

лии стали применяться «крутильные машины» первоначально с ручным приводом для скручивания нитей. В 15 в. их заменили ручные «самопрялки» с рогульками, позволявшие одновременно выполнять уже две операции – скрутку и намотку нитей. Позднее широкое распространение получила «самопрялка» с ножным приводом, изобретенная немецким мастером *Юргеном* в 1530 г., которая просуществовала в некоторых местах до настоящего времени.

В Средние века хлопчатобумажные ткани в Европе не производились, а ввозились с Востока и считались индийским товаром. Об этом говорят и названия наиболее распространенных сортов хлопчатобумажных тканей, например, название «ситец» происходит от бенгальского «читс», коленкор – от названия г. Калькутты и т. п. С начала 16 в. в Италии, Швейцарии и других западноевропейских странах стали выделять ткани из хлопчатобумажной, льняной пряжи и их смеси. В 1589 г. английский изобретатель *У. Ли* изобрел трикотажную (от фр. *tricoter* – вязать) машину с ножным приводом, обеспечивающую высвобождение обеих рук работника для производства ручных операций.

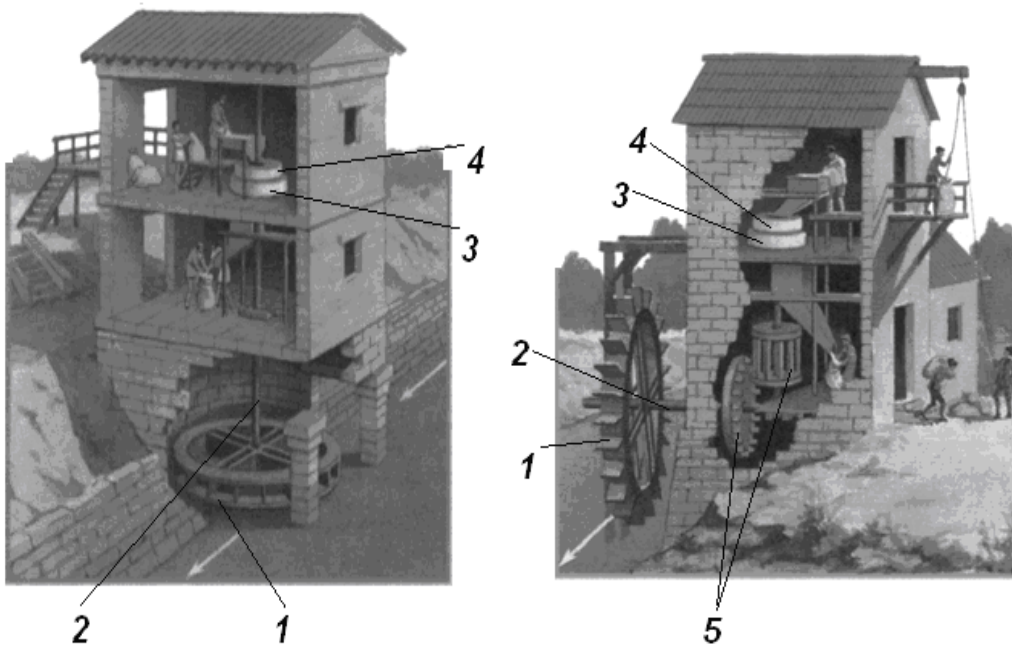
Ремесленники изготавливали многочисленные предметы домашнего обихода и утварь, механизмы и приспособления, среди которых видное место занимали механические замки, капканы, ловушки и другие устройства. Замки или их детали часто встречаются при археологических раскопках в Западной Европе, а также на городищах и селищах Руси. К концу 12–13 вв. русские мастера-замочники изготавливали 12 типов замков всевозможного назначения. В 1600 г. на территории современной Беларуси возникло более 200 местечек, начала развиваться вотчинная промышленность, активно строились гуты (стекольные заводы, действовало около 70 гутов).

3.1.6. Совершенствование приводных механизмов

Водяные и ветряные мельницы представляли механизмы, использовавшие силы природы и являвшиеся источником энергии, сообщаемой рабочему органу или устройству (жернова, ковочные молоты и т. д.) (рис. 3.16).

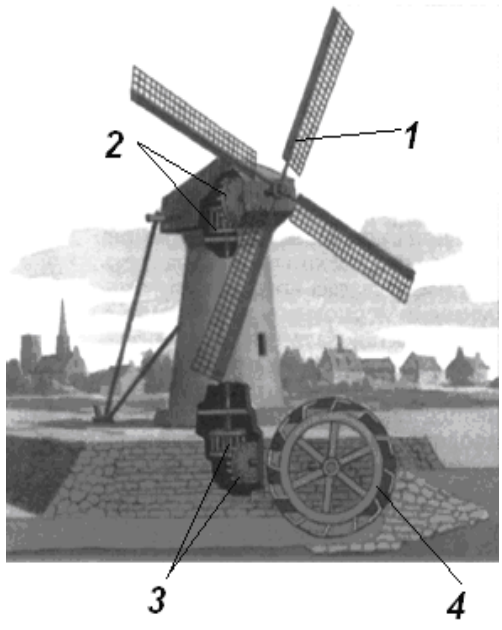
Первые *водяные мельницы*, правда, в незначительном числе, появляются в Западной Европе в 6–10 вв. Основой их устройства были верхнебойные колеса большого диаметра.

Широкое использование мельниц было возможно лишь в условиях общего подъема техники, определенного уровня развития производительных сил феодального общества.

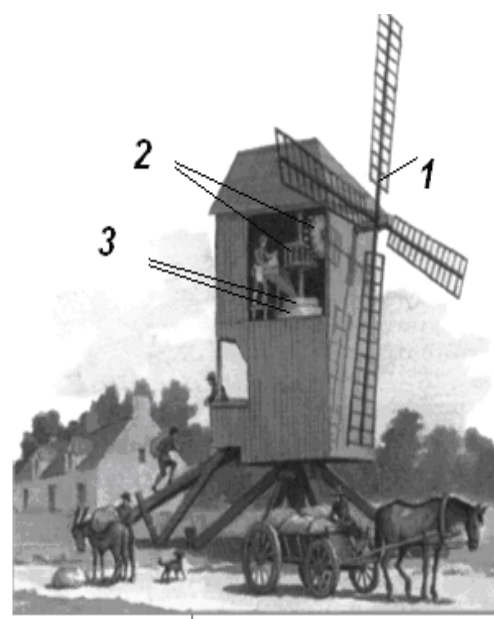


а)

б)



в)



z)

Рис. 3.16. Приводные механизмы: а – от гидрокосеса с вертикальной осью вращения; б – от гидрокосеса с горизонтальной осью вращения: 1 – гидрокосесо; 2 – вал; 3 – неподвижный камень; 4 – вращающийся камень жерновов; 5 – цевочная передача; в – от ветровых лопастей для осушения: 1 – ветровое колесо; 2, 3 – цевочные конические передачи; 4 – роторное водочерпальное колесо; z – от ветровых лопастей для размла зерен: 1 – ветровое колесо; 2 – цевочная коническая передача; 3 – жернова

Введение этой передовой техники в странах Западной Европы началось с 10 в. В английской «Книге Страшного суда» – описи 11 в. – сообщается, что в Англии работало около шести тысяч водяных мельниц.

Позже водяные мельницы стали использовать и для того, чтобы они приводили в движение молоты и пилы. На Руси мельницы появились в конце 15 – середине 17 в. Объясняется этот временной сдвиг тем, что с середины 13 в. народы Восточной Европы подверглись нашествию татаро-монголов.

Техническая революция способствует широкому распространению водяных и ветряных мельниц, а также механических часов. В 10–13 вв. в конструкциях мельниц были применены устройства, позволяющие изменять направление вращения водяных колес в зависимости от уровня воды. Улучшились конструкции жерновов мукомольных мельниц. Поскольку первые мельницы в основном были мукомольными, то усовершенствования коснулись и этой части: для более мелкого помола стали употреблять вращающиеся совместно с пестом специальные ящики, для сбора размолотого зерна – мукосейки, снабженные ситами.

Ветряные мельницы появились в конце 10 – начале 11 в. во Франции и Англии, а затем в Голландии, в которой с тех времен они становятся неотъемлемой частью ландшафта. Многие усовершенствования к ветряным мельницам были сделаны именно в Голландии. Так, здесь появляются своеобразные тормозные устройства, при помощи которых можно было очень быстро остановить вращающиеся жернова. По тем временам это приспособление было технически сложным и представляло собой механический привод, включавший в себя несколько пар зубчатых колес и тормозное устройство.

То, что ветряные мельницы появились в Голландии, где извечным врагом голландцев была вода и где приходилось откачивать воду, чтобы отвоевать клочок земли, объясняет их применение для приведения в действие водоотливных установок. Но следует отметить, что ветряные мельницы впервые появились в исламских странах в 7 в. Однако они были устроены совсем иначе: к ободу горизонтального колеса с жерновом, вращавшегося на вертикальном валу, крепились лопасти-крылья.

Европейская конструкция напоминала современную ветряную мельницу. Ее крылья отходили от горизонтального вала, вращение которого передавалось жернову парой зубчатых колес. По существу, это была водяная мельница Витрувия, поставленная с ног на голову и с лопастями вместо водяного колеса.

Кроме того, водяное колесо с конца 11 в. использовали для приведения в действие водоподъемных устройств и бурильных установок, а также в текстильном производстве. Тяжелые молоты, приводимые в действие водяным колесом, давили на загруженное в яму сукно (сукновальные и валяльные мельницы). В конце 12 в. в Нюрнберге были широко распространены шерстобойни, в которых для трепания шерсти все металлические инструменты приводились в движение водяным колесом.

С середины 14 в. водяные мельницы начинают распространяться в металлообрабатывающем производстве.

Водяные мельницы употреблялись также при изготовлении бумаги, для размола сырья, в производстве пороха – для толчения и во многих других производствах. Гидравлическое колесо оказало на развитие техники мощное революционизирующее воздействие.

3.1.7. Совершенствование механических устройств

Раннему периоду развития техники свойственно использование в механизмах колеса, шарнира, ползуна, клина, употреблявшихся в ручной технике. Широкое распространение получают коромысловые механизмы, повозки, подъемные механизмы, в которых использовались блоки и ворота. Каменное строительство требовало сооружения при крепостных зданиях подъемных мостов, перебрасывавшихся через оборонительные рвы и быстро убиравшихся. Здесь применяли системы блоков и ворот.

Появление гидравлического и ветряного двигателей привело к повышению производительности труда, было достигнуто более точное сочленение деталей в самих мельницах и в различных механизмах.

Таким образом, применение водяного колеса позволило создать механизмы, передающие движение от двигателя к рабочему инструменту: механический рычажный молот, толчейное устройство, где вращательное движение преобразовывалось в прерывно-поступательное; пороховые мельницы с кулачковым валом (преобразование непрерывного вращательного движения в возвратно-поступательное); сверлильные и расточные станки и другие устройства. В этот же период появляются зубчатые передачи между вращающимися осями, в том числе пересекающимися между собой, что позволяло передавать движение рабочему механизму.

В развитие механических устройств значительный вклад внесли ученые Европы.

Альберт фон Больштедт родился в 1197 г. в Швабии. Еще в юные годы он поражал своих учителей глубокими знаниями в области естественных наук. Свободно владея древнегреческим, арабским и латинским языками, Альберт изучал сочинения Герона, Филона, Филопона, в которых излагались принципы построения машин с механическими и пневматическими устройствами управления. С 1218 по 1288 г. он создал различные подъемные механизмы и оригинальные машины, использующие энергию падающей воды.

В 1230 г. Больштедт принял смелое по тому времени решение – изготовить двигающегося и говорящего механического человека. Вначале он не смог добиться желаемых результатов. Его андроид при движении падал, а воспроизводимая им механическим способом человеческая речь была неразборчивой.

Много лет ушло на изучение походки людей с нормальной и нарушенной координацией движений. Удалось установить, что механический человек должен обладать высокой степенью подвижности своих конечностей, строго выдерживать задаваемую последовательность формирования движений не только ног, но и корпуса. Для решения такой сложной проблемы было сделано программное устройство в виде барабана с набором кулачков. Барабан приводился во вращение механическим приводом. Кулачки через систему рычагов управляли перемещением конечностей и корпуса. Отметим, что устройства подобного рода успешно применялись во всех последующих конструкциях андроидов, создаваемых в 14–19 вв.

Механизм воспроизведения речи состоял из двух полостей сложной формы (внутренней и внешней), соединенных между собой каналом, и клапанов, открывающих и закрывающих внешнюю полость рта. Рычаги клапанов приводились в действие от того же программного устройства. С помощью выбора размеров полостей, длины канала и интервалов времени срабатывания клапанов удалось добиться четкого произношения нескольких слов на немецком языке.

О работах Альберта фон Больштедта узнал архиепископ монастыря города Регенсбурга и пригласил к себе создателя механического человека.

Во время первой демонстрации архиепископ был удивлен точностью движений, выполняемых андроидом, и произносимыми словами. Он упросил изобретателя передать механического человека монастырю для исполнения обязанностей привратника во внутренних покоях. На него надели металлические латы и стали называть «железным привратником». Под этим именем он получил известность в истории техники (рис. 3.17).



Рис. 3.17. Реконструкция андроида Большштедта

Хотя большие заслуги Большштедта в создании машин и механизмов признавались современниками, называвшими его Альбертом Великим, он был обвинен в ереси, а железный привратник разобран на части и полностью уничтожен. В монастыре сохранились лишь скамья при входе в покои и два углубления для стоп. Из поколения в поколение передавались легенды о железном привратнике.

Выдающиеся результаты в создании часовых механизмов, автоматов, механических игрушек и водоподающей машины, достигнутые *Турриано* в 1559 г., позволили в городе Толедо приступить к изготовлению механического слуги.

Корпус и конечности андроида были сделаны из дерева и поворачивались только в продольном направлении с помощью рычагов, приводимых в движение от кулачков барабана. Вращение барабана осуществлялось от часового механизма, имеющего мощный пружинный завод.

Для отработки движений были изготовлены механизмы прокачки, позволяющие подбирать пары шарниров с одинаковыми моментами трения в сочленениях (рис. 3.18).

Следует отметить, что подобные механизмы применяются в наше время для проверки качества изготовления обуви.

Огромный вклад в развитие механизмов внес Леонардо да Винчи. Им были разработаны механизмы планетарной зубчатой передачи, винтового реверса, подшипники (радиальный и радиально-упорные) и др. (рис. 3.19).

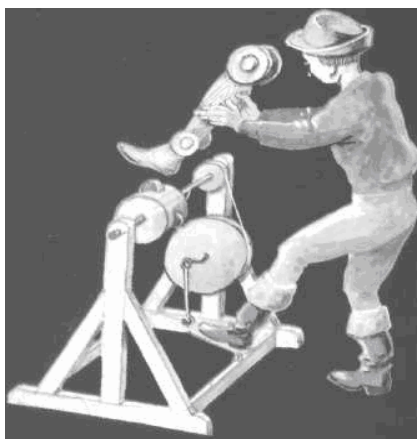
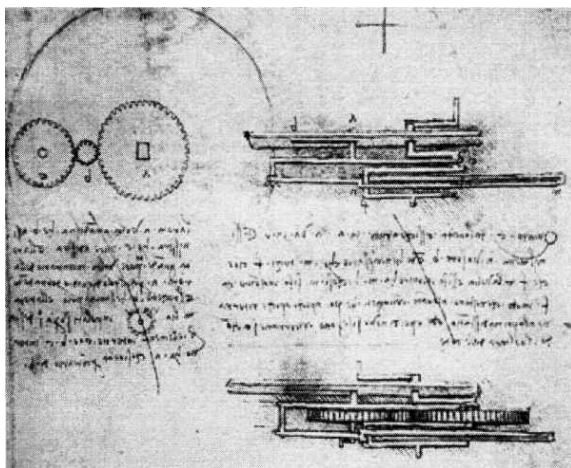
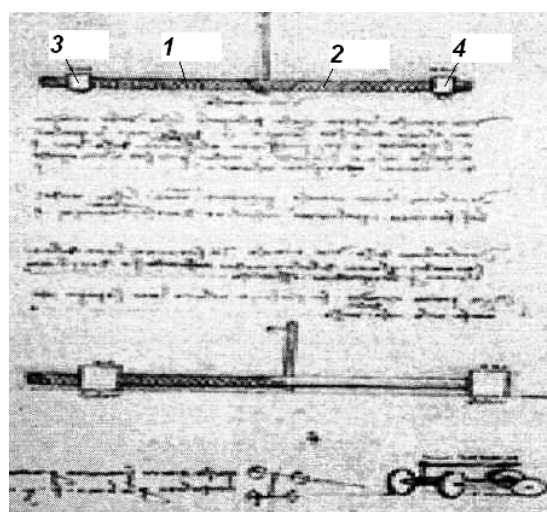


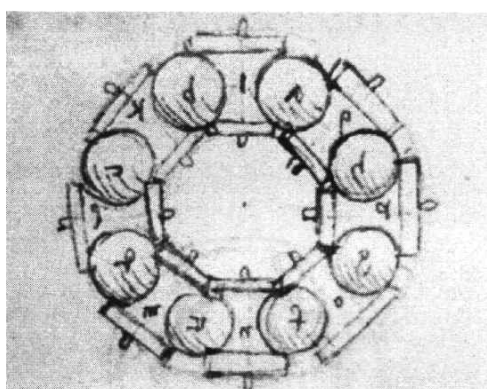
Рис. 3.18. Прокачка шарниров ног деревянного слуги



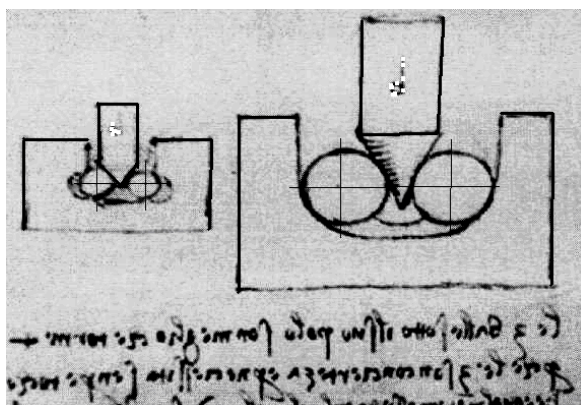
а)



б)



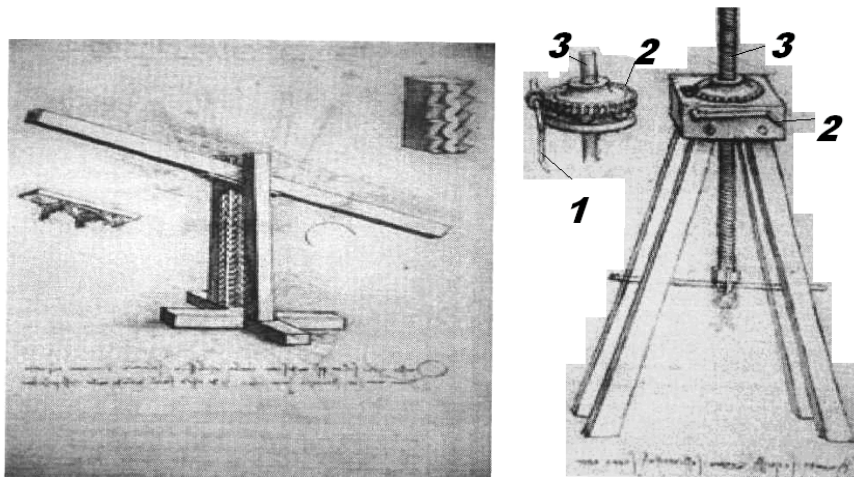
в)



г)

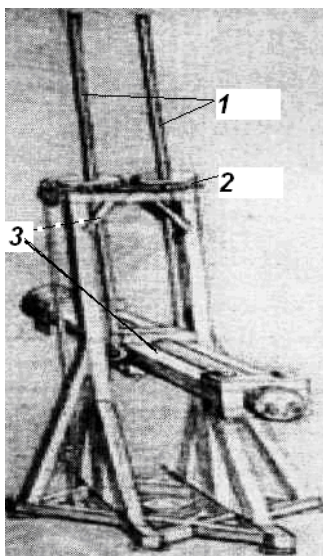
Рис. 3.19. Рисунки Леонардо да Винчи механизмов:
 а – планетарного зубчатого; б – винтового реверса: 1, 2 – винт с разнонаправленной резьбой; 3, 4 – гайки; в, г – подшипников (радиального и радиально-упорных)

В своих сочинениях Леонардо да Винчи подробно описал практически все виды зубчатых передач, передач с гибкими звеньями, кулачковых и винтовых механизмов. Он изобрел несколько типов экскаваторов, несколько гидравлических машин, в том числе тангенциальную турбину, разработал конструкции прядильного, волоочильного, прокатного станков и стана для навивки канатов, а также грузоподъемные краны и домкраты (рис. 3.20).

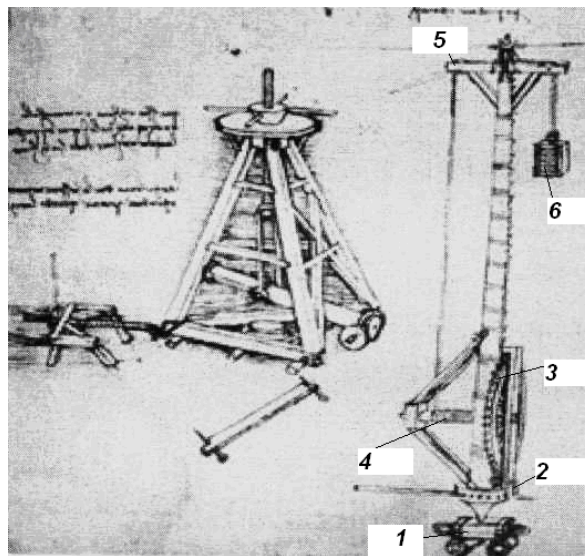


а)

б)

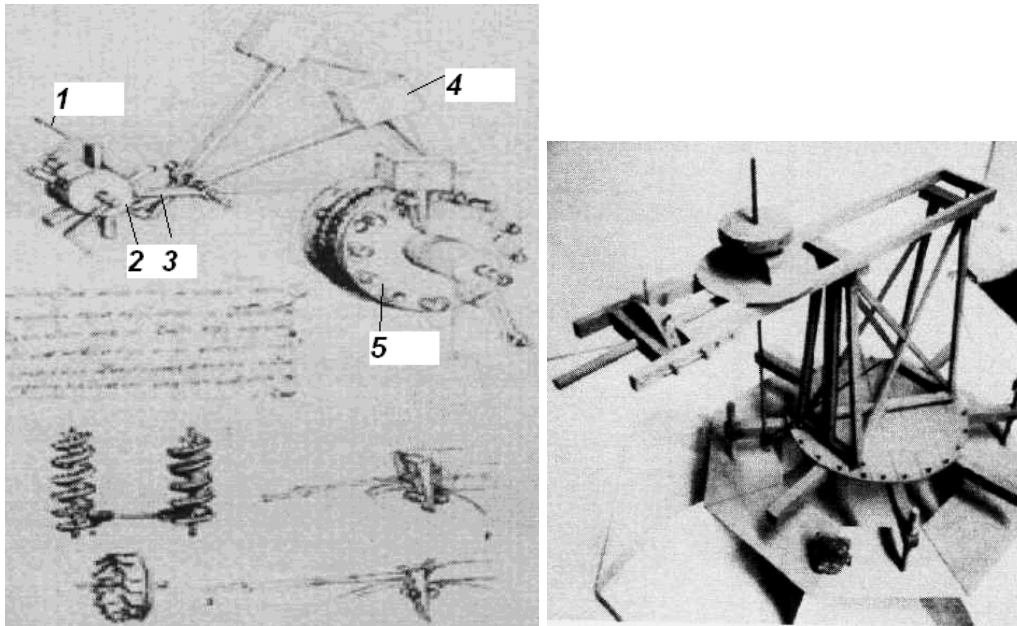


в)



г)

Рис. 3.20. Рисунки Леонардо да Винчи подъемных механизмов (начало, окончание см. на с. 154): а, б – домкратов: 1 – рукоятка; 2 – червячное колесо со встроенной гайкой; 3 – подъемный винт; в – подъемного крана: 1 – подъемные винты; 2 – червячные колеса со встроенными гайками; 3 – подъемная платформа; г – поворотного крана: 1 – платформа; 2 – рукоятка; 3 – цевочная передача; 4 – барабан; 5 – блоки; 6 – груз



д)

е)

Рис. 3.20. Рисунки Леонардо да Винчи подъемных механизмов (окончание, начало см. на с. 153): д – молоткового подъемника: 1 – рукоятка; 2 – кулачок; 3 – рычаг; 4 – молотковый отсекатель; 5 – подъемное колесо; е – реконструкция поворотного крана

Часы – один из наиболее интересных механизмов Средних веков, обеспечивающих длительное непрерывное равномерное движение (вращение). Их созданию предшествовали успехи техники, механики, математики, астрономии. Службы времени в нашем понимании тогда не существовало; и в обыденной жизни, в быту идеальная точность во времени не была необходимостью, как сейчас.

В 723 г. буддийский монах и математик *И Син* сконструировал часовой механизм астрономического прибора, который назвал «сферической картой поднебесья с высоты птичьего полета, приводимый в движение водой». Судя по названию, вода являлась источником энергии, однако движение регулировали механизмы. К сожалению, несколько лет спустя устройство из бронзы и железа стало ржаветь, к тому же в холодную погоду вода внутри часов замерзала.

В 976 г. *Чжан Сы Сюн* построил часы, используя вместо воды ртуть, однако от них сохранилось лишь несколько деталей.

Самые грандиозные часы в средневековом Китае носили название «Космическая машина» (рис. 3.21). Они были сконструированы астрономом *Су Сунем* по приказу императора Ин Цзуна в 1090 г. Он спроектировал башню с астрономическими часами высотой более 30 футов. Часы приводились в движение гигантским водяным

колесом 1, на которое поступала вода из резервуаров. Часовой механизм приводил в движение небесный свод 2 на верхнем этаже и наблюдательную площадку 3 внизу, пышно одетые миниатюрные куклы 4 сообщали время в разные часы дня и ночи.

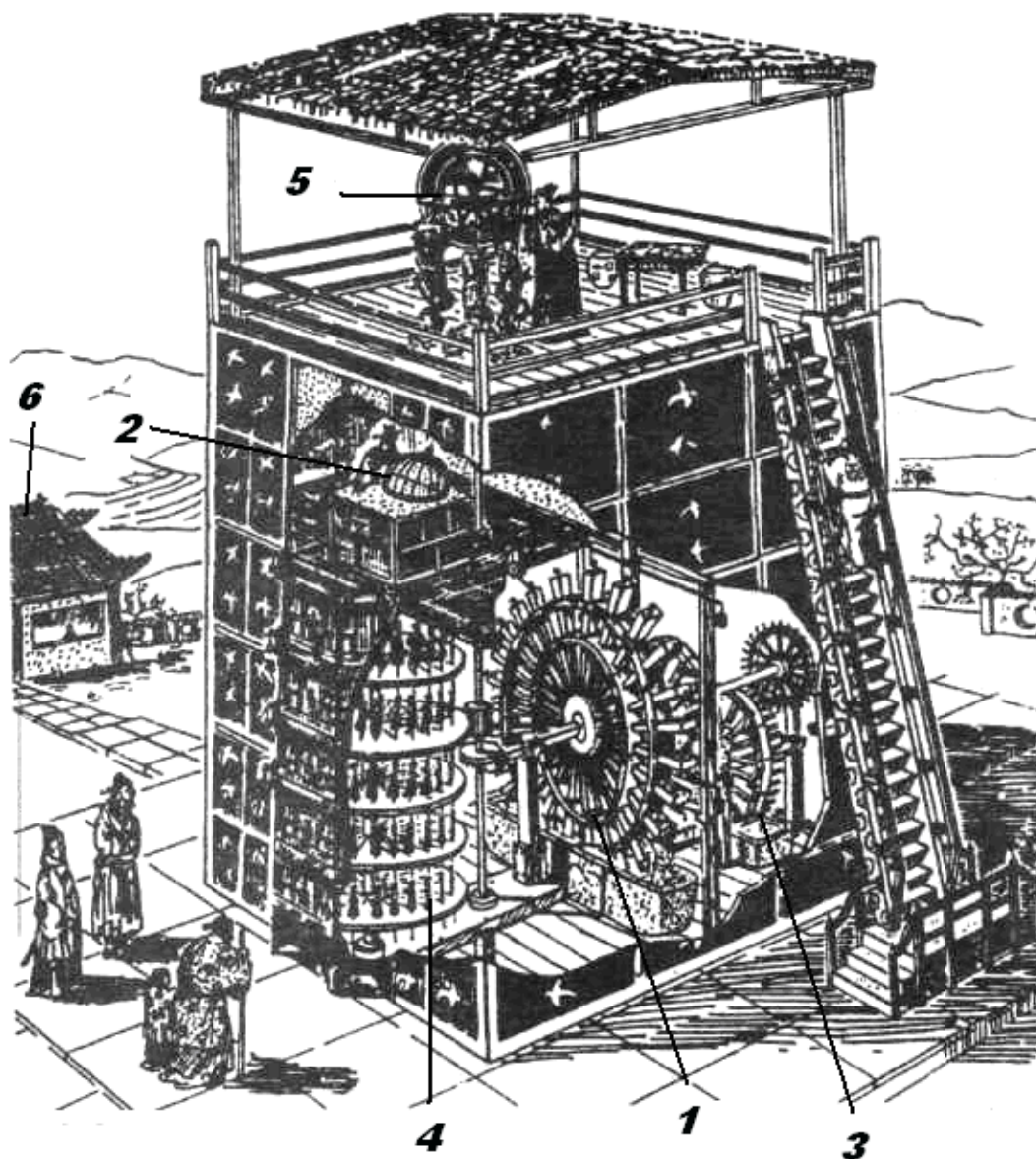


Рис. 3.21. Рисунок часов с названием «Космическая машина»

Эти фигуры приводились в движение гигантским часовым механизмом, управляемым огромным водяным колесом с ковшами на конце лопастей, в которые капала вода из водяных часов, заставляя механизм двигаться со скоростью один ковш в час.

Наверху находился массивный сферический астрономический бронзовый прибор 5 для наблюдения за звездами, приводимый в дви-

жение водой. Внутри башни был представлен небесный свод, движение которого совпадало с движением Земли внизу. Это было необходимо для сравнения. Напротив башни находилось сооружение б, напоминавшее пагоду, в дверях каждого этажа через определенные интервалы днем и ночью появлялись деревянные куклы. Они били в барабаны, гонг, звонили в колокольчики, играли на струнных инструментах и показывали таблички с указанием времени. Большие часы Су Суня работали с 1090 по 1126 г., затем они были демонтированы и доставлены татарскими завоевателями Китая в Пекин, где проработали еще несколько лет. «Космическая машина» Су Суня была вершиной развития часового дела в Китае; к несчастью, следующее столетие, похоже, привело к утрате мастерства.

Солнечные часы, с которыми Западная Европа познакомилась при помощи арабов, первоначально появились в Англии и Ирландии в 7 в.

В средневековье на практике время точно не измеряли. Оно разделялось на приблизительные периоды – утро, полдень, вечер – без четких границ между ними. Французский король Людовик IX (1214–1270) измерял ночью протекшее время по длине постоянно укорачивающейся свечи.

Единственным местом, где пытались упорядочить счет времени, была церковь. Она разделяла сутки не по природным явлениям (утро, вечер и т. п.), а в соответствии с циклом богослужения, повторяющимся ежедневно.

Отсчет начинался с заутрени (к концу ночи), а с рассветом отмечался первый час, и дальше последовательно: третий час (утром), шестой (в полдень), девятый (послеполуденный) вечером и так называемый «завершающий час» – время, когда заканчивалось суточное богослужение.

Но названия служб отмечали не только интервалы времени, но и начало определенных этапов суточного богослужения, которые приходились на разное «физическое» время в разные времена года.

В 10 в. ученый монах Герберт (впоследствии папа Сильвестр II) изобрел первые механические часы с приводом от груза (гирь). Они имели вначале одну стрелку и в виде башенных распространились в 13–14 вв. Они служили тогда в основном церкви – оповещали боем время богослужения. Основным элементом башенных часов был заводной барабан, на который наматывались канат или цепь с подвешенным на конце грузом.

Внутри барабана монтировался механизм, обеспечивающий его равномерное вращение при медленном опускании груза (рис. 3.22).

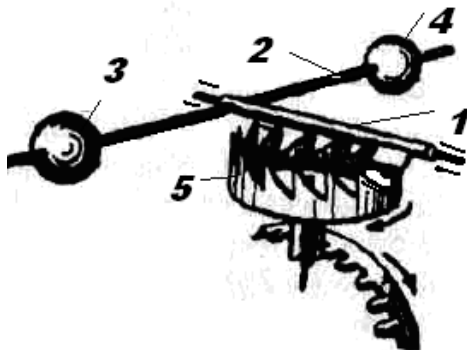


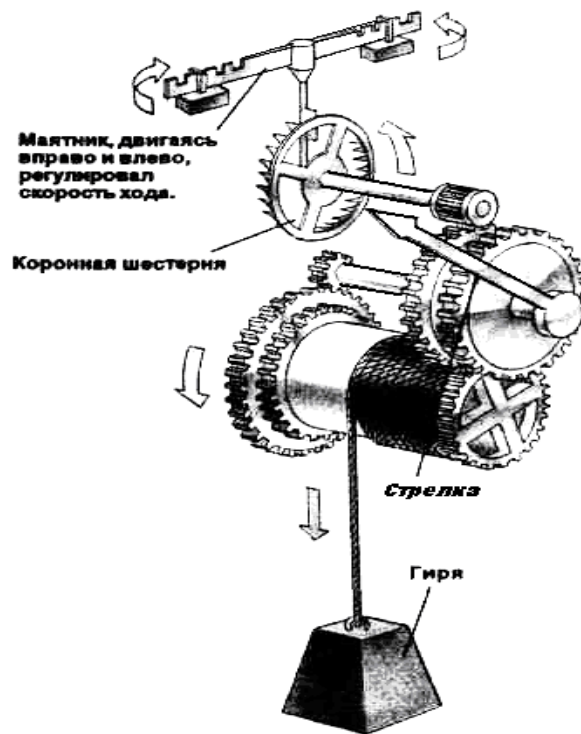
Рис. 3.22. Устройство заводного барабана башенных часов:
1 – шпindelный спуск; 2 – регулятор в виде коромысла;
3, 4 – грузы; 5 – горизонтальное коронное колесо

В отличие от множества других механизмов, которые в Средние века выполнялись в виде преимущественно деревянной конструкции, все детали часов с самого начала делались из металла. Кроме того, создание часов требовало теоретических расчетов и применения математики, что обеспечило соединение науки с практикой.

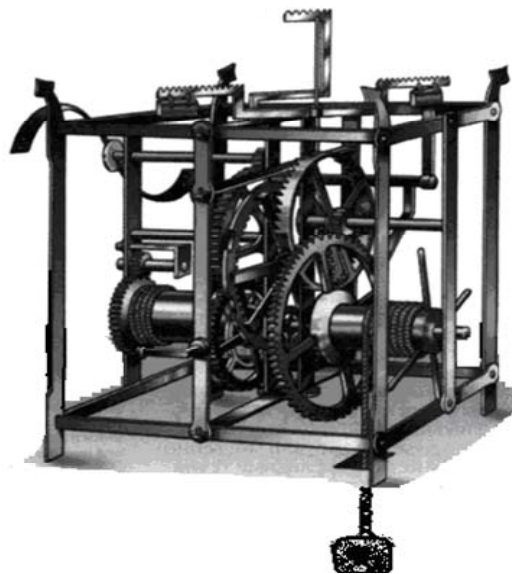
Данте, например, упоминает колесные часы с боем. Известно, что в 1288 г. в лондонском Вестминстере были установлены башенные часы. Они имели одну стрелку, отмечавшую только часы (минуты тогда не измеряли). Маятника в них не было, а ход не отличался точностью (рис. 3.23).

Башенные колесные часы были не только измерителями времени, но нередко представляли собой подлинное произведение искусства, являясь предметом гордости соборов и городов. Например, башенные часы Страсбургского собора (1354) показывали Луну, Солнце, части суток и часы, отмечали праздники церковного календаря, Пасху и связанные с ней дни. В полдень перед фигуркой Богоматери склонялись трое волхвов, а петух кукарекал и бил крыльями. Специальный механизм приводил в движение маленькие цимбалы, отбивавшие время. От страсбургских часов до наших дней остался только петух.

В 14 в. люди начинают старательно считать время. Распространение получили механические часы с боем, и вместе с ними прочно вошло в сознание представление о разделении суток на 24 равных между собой часа. Позднее, в 15 в., вводится и новое понятие – минута.



а)



б)

Рис. 3.23. Башенные часы: а – устройство башенных часов; б – часовой механизм Дуврского замка (1348)

В 1450 г. изобретены пружинные часы, а к концу 15 в. вошли в употребление переносные часы, но еще слишком крупные, чтобы их можно было назвать карманными или ручными.

Несовершенство первых часов заключалось в том, что у них значительно изменялась амплитуда колебаний. Кроме того, вплоть до 16 в. они имели лишь часовую стрелку.

Джуанело Турриано родился в 1499 г. в городе Кремоне. Любопытный мальчик рано стал интересоваться ремесленным производством, которым так славился его родной город. Много времени проводил он около мастерских, где изготавливались часы, музыкальные инструменты и различные механизмы (рис. 3.24). Вскоре в своей комнате Джуанело оборудовал маленькую часовую мастерскую. В ней двенадцатилетний мастер собрал часовой механизм с пружинным заводом.

На увлечение мальчика обратили внимание именитые жители города и помогли его родителям отправить Джуанело в университет.



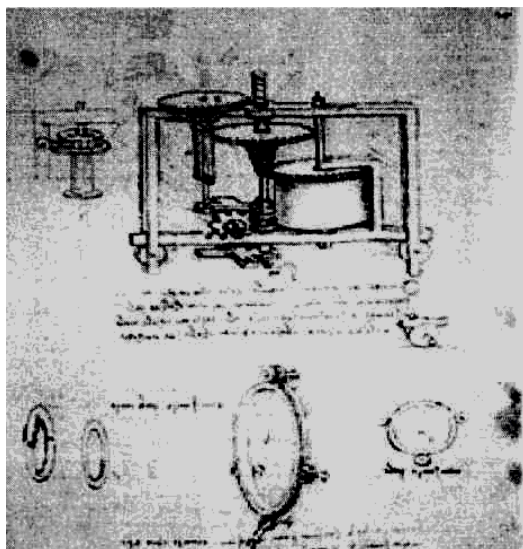
Рис. 3.24. Часовщик (гравюра И. Аммана)

Получив образование, молодой инженер продолжил занятия по производству часов. Ему удалось создать новую конструкцию балансного механизма, не нарушающую режим синхронизации по мере расхода завода. Часы нового типа стали пользоваться большим спросом в Италии.

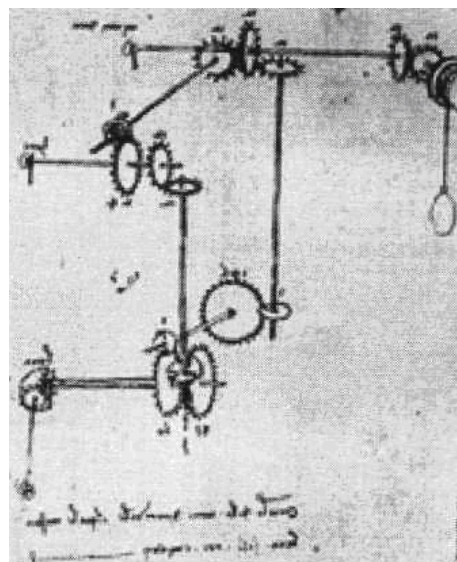
Он изготовил часы с башенкой, имеющие форму эллипсоида. Внутри футляра находилось свыше 800 зубчатых колес, приводимых в движение сложным механизмом с тремя пружинными заводами. Часы не только показывали точное время, отбивали по желанию хозяина время с различными интервалами, но и приводили во враще-

ние с учетом периодов их обращения вокруг Земли семь планет: Солнце, Луну, Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн.

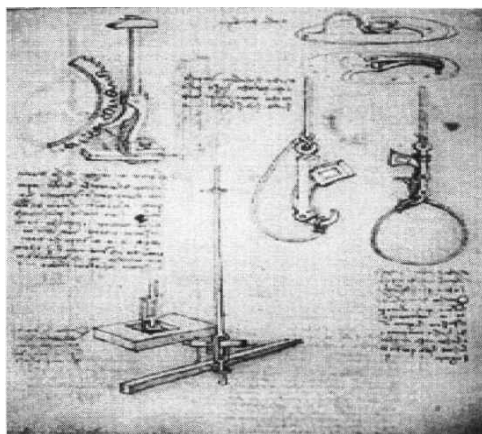
Системный анализ часовых механизмов выполнил Леонардо да Винчи, который использовал в их конструкциях червячные передачи, различные спусковые механизмы и маховики (рис. 3.25).



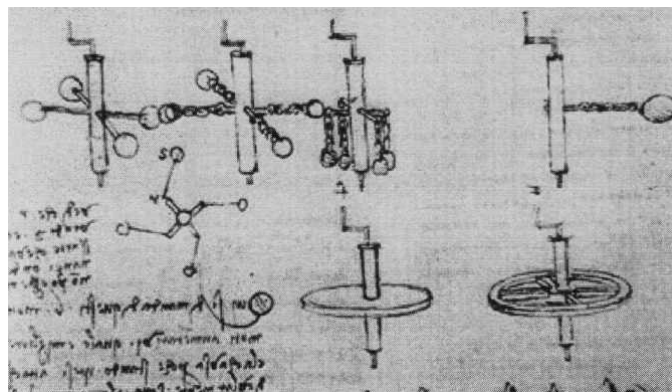
а)



б)



в)



з)

Рис. 3.25. Рисунки Леонардо да Винчи конструкций часовых механизмов: а – пружинных часов; б – кинематической схемы кьярвальских башенных часов; в – автоматических спусковых механизмов; з – маховиков

Карманные часы с боем появились в 1505 г., после того как мастер Пётр Генлайн из Нюрнберга заменил гирию пружиной. Часы эти называли «Нюрнбергскими яйцами».

3.1.8. Развитие техники для добычи и получения материалов

Добычей руд цветных металлов и железа занимались и в предшествующий период, однако разработки были незначительны. Количество руды, которое они сначала давали, было достаточно для снабжения металлом местных ремесленников. С расширением металлургического производства приходилось идти в глубь недр, т. е. переходить к шахтному способу добычи руды.

На территории европейских стран медь, серебро, олово, свинец добывали издавна. Свинцовые и серебряные руды, например, начали разрабатывать в 10 в. в Госларе (Германия), с 13 в. олово добывали в Чехии и во многих местах Альп.

Представляют также интерес сведения о добыче каменного угля в Европе в 12 в. (герцогство Лимбург). Каменный уголь, по сохранившимся источникам (1198), ремесленники использовали в кузнечном деле в качестве топлива.

Как отрасль производства горное дело в странах Европы появилось в первую очередь в Чехии и Силезии. В 11 в. известны рудники в Греции, Гарце (Германия) и Мансфильде (Англия). В 12 столетии уже существовали сложившиеся способы проходки и крепления шахт и штолен. Горное дело превращается в особую область ремесленного производства, появилась профессия ремесленников-горняков, возникли города – центры горного производства. В этих городах ремесленное население занималось в основном добычей полезных ископаемых, изготовлением орудий труда, оружия, ювелирных и других изделий.

Горное дело тормозилось феодальной собственностью на землю, а также отсутствием определенных правил ведения горных работ. В связи с этим население крупных городов вело постоянную борьбу с феодалами за получение необходимых свобод. Наиболее ранние положения горного права были выработаны в Чехии. К 1249 г. относится первый королевский горный закон, введенный для города Йглавы.

Представление о горном деле дает полное и пространное, в духе того времени, название книги Агриколы: «*География Агриколы* врача в Хемнице и известного философа о горном деле и металлургии двенадцать книг, в которых обязанности, инструменты, машины и все вообще относящееся к горному делу не только самым достоверным образом описывается, но и столь наглядно показывается при помощи размещенных в соответствующих местах изображений, с присовокуплением их латинских и немецких наименований, что они не могли бы быть переданы с большей ясностью».

В этом труде, в частности, была приведена подробная технология сыродутного способа производства железа, а также сведения об изготовлении металлических рам, зубчатых колес и подшипников. Была обоснована идея привода нескольких механизмов от одного источника энергии. Агрикола убедительно показал, что горное дело необходимо всему человечеству, а без металлургии не обходится ни одна область человеческой деятельности.



Рис. 3.26. Портрет Г. Агриколы

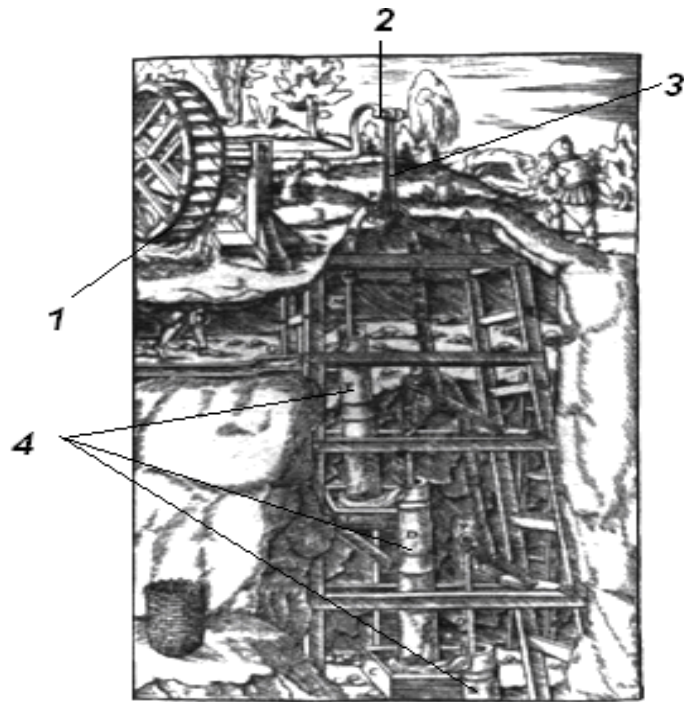
Горняки средневековой Европы внесли серьезный вклад в разработку и усовершенствование многих технических приемов и способов ведения разведки и добычи полезных ископаемых. Так, было предложено бурение горных пород (правда, с помощью обычного ручного ворота). Для рудничного производства и переработки начали применять механизмы с гидравлическим и конным приводами (рис. 3.27–3.29). В этот период еще характерно широкое распространение для добычи руды старого огневого метода.

Используя аналоги жерновов, были изготовлены мельницы и мешалки для обогащения руды (рис. 3.27, б; 3.28).

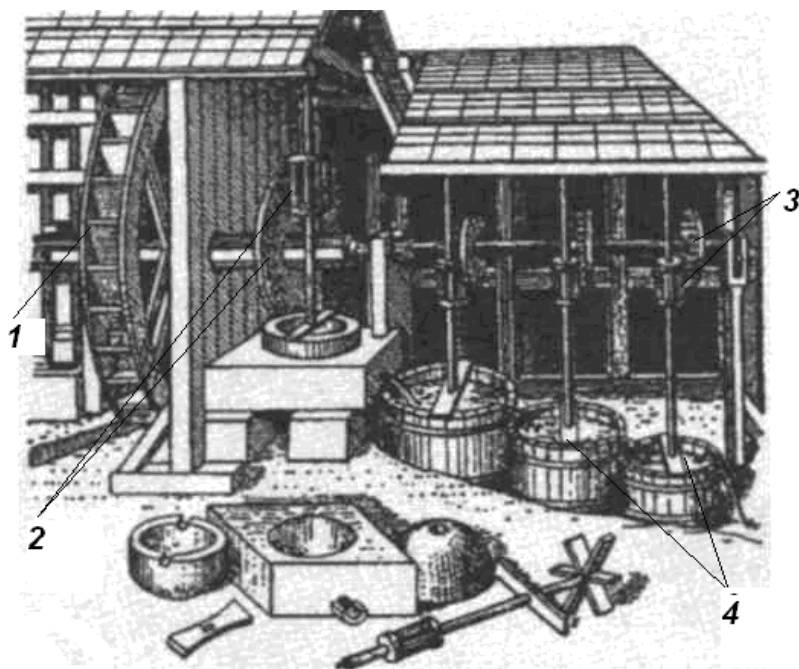
В конструкциях рудничных подъемников использовались как конный, так и гидравлический приводы (рис. 3.29).

Средневековые ремесленники-горняки заложили основу мокрого обогащения, что позволяло вести добычу сравнительно бедных руд.

Своеобразной технической энциклопедией того времени был также труд итальянского ученого и инженера *В. Бирингуччо* «О пиротехнике», в котором, кроме пиротехнических, рассмотрены также вопросы горно-рудного, гончарного производства и металлургии.



a)



б)

Рис. 3.27. Устройства с приводами от гидроколеса: а – с кривошипно-шатунно-рычажным механизмом для системы поршневых насосов рудника (из книги Г. Агриколы «О металлах»): 1 – гидроколесо; 2 – кривошип; 3 – шатун; 4 – поршневые насосы; б – машины с цевочными передачами по получению золота (гравюра): 1 – гидроколесо; 2, 3 – цевочные передачи; 4 – мельница и мешалки

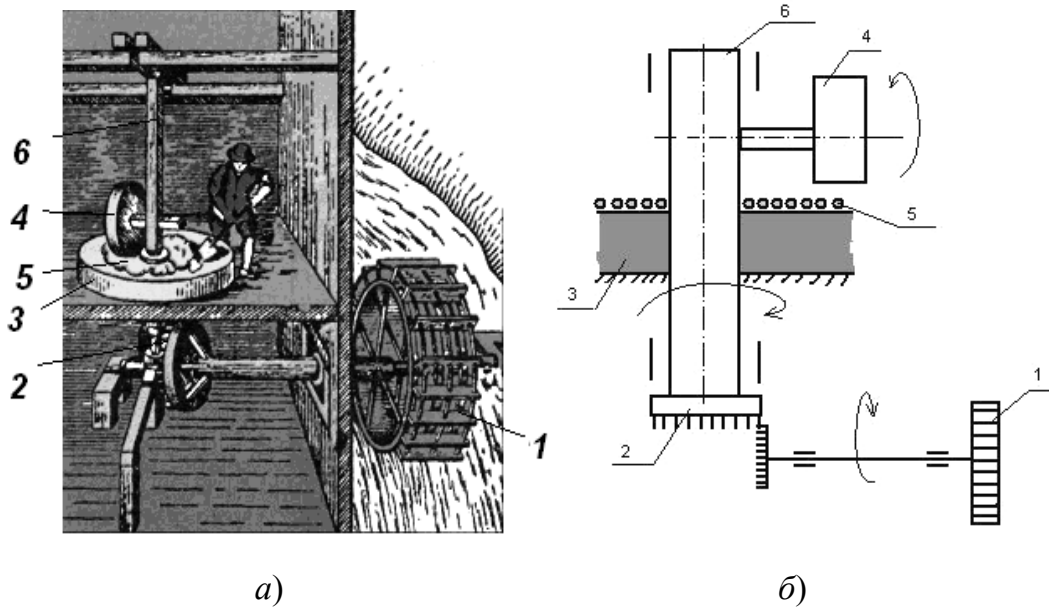


Рис. 3.28. Эскиз устройства для дробления руды: *а* – общий вид; *б* – его схема: 1 – гидроколесо; 2 – цевочная передача; 3 – неподвижный диск; 4 – приводной диск; 5 – порода; 6 – центральный вал

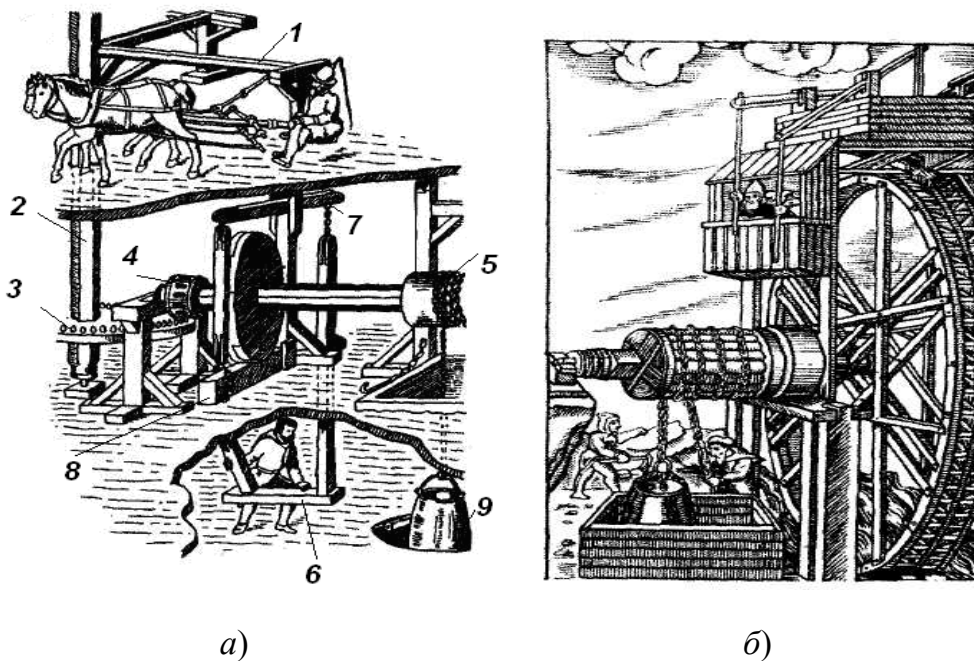


Рис. 3.29. Эскизы устройств применения приводов: *а* – конного в рудничном подъемнике: 1 – конный привод; 2 – вал; 3, 4 – цевочная передача; 5 – ворот; *б* – нажимное устройство; 7 – поворотный рычаг; 8 – тормозной брус; 9 – груз; 6 – гидроколеса в реверсивном рудничном подъемнике с управляемыми потоками воды

В «Пиротехнике», изданной в 1540 г. в Венеции, описаны: шахтная печь для переплавки твердого чугуна, различные способы производства железа и превращения дров в уголь, лаборатория для рудных проб, групповой привод нескольких воздуходувных мехов от одного водяного колеса, устройство для волочения проволоки с приводом от того же колеса через коленчатый рычаг.

В металлургии особую роль играло получение железа, широкое использование которого в раннефеодальный период имело решающее значение для совершенствования орудий труда. Основным способом изготовления железа был прежний – сыродутный процесс. Железо получали в сыродутных горнах, принцип действия которых в основном тождествен для большинства ремесленных районов Западной и Восточной Европы. В глиняный горн, иногда обложенный камнем, закладывали железную руду и древесный уголь и мехами нагнетали воздух.

В результате восстановления руды получали железную крицу весом до 6–8 кг. Горны имели полусферическую форму, напомилавшую широкую чашу, опрокинутую основанием вверх (рис. 3.30). Общая высота горна 0,5 м, высота рабочего пространства 0,35 м, дно овальное или круглое диаметром 0,8 м. Наверху сделано круглое отверстие (диаметр 0,5 м) для загрузки угля и руды и выхода газов. Получаемую в горне пористую крицу железа затем проковывали. Она служила материалом для изготовления орудий труда и оружия.

Насущной задачей было увеличение производительности железоделательных печей. Опыт показал, что для этого нужно увеличить высоту печей, что, в свою очередь, требовало интенсификации дутья. Задача была решена за счет перехода от ручных мехов к мехам с приводом от водяных колес (рис. 3.31). В итоге сыродутный горн превратился в домницу.

Температура в верхней части горна понизилась до 750–900 °С, и поэтому железная руда восстанавливалась быстрее, чем образовывался шлак. Благодаря этому уменьшились потери железа в шлаке, а само железо больше насыщалось углеродом.

В 1550 г. начинают применять насосы для дутья печей (деревянные) (рис. 3.32).

В результате в нижней части печи, где температура под влиянием дутья повышалась до 1400–1500 °С, происходило образование карбида железа, плавившегося при 1400 °С и способствовавшего образованию жидкого чугуна.

Чугун был хрупким, не поддавался ковке и поэтому шел в брак. Однако впоследствии его начали использовать для производства отливок. При этом сыродутный процесс постепенно вытеснялся двухступенчатым способом получения стали: сначала выплавляли чугун, а потом при вторичной переплавке в горне – сталь.

Первые прототипы доменных печей в Западной Европе появились в середине 14 в. По своим размерам и конструкции они были похожи на домницы. В 15 в. доменные печи были известны и применялись в Италии, Нидерландах, во французских и немецких землях.

Доменная печь 15–16 вв. имела примерно следующие размеры: высота – около 4,5 м, внутренний диаметр – 1,8 м. Меха приводились в движение водяным колесом. За сутки в такой доменной печи производили 1,5 т чугуна.



Рис. 3.30. Гравюра добычи руды и передела ее в изделия

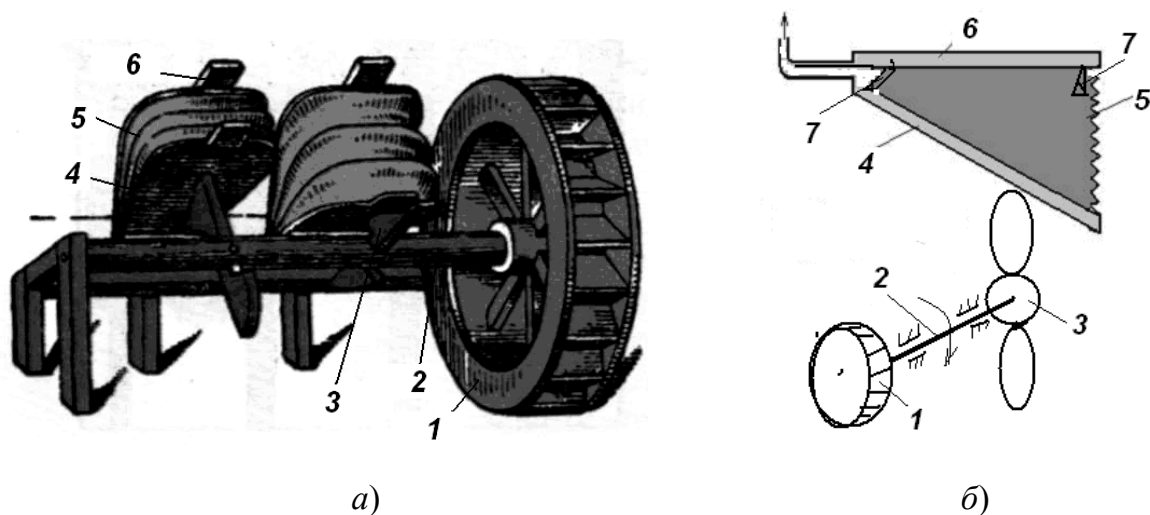


Рис. 3.31. Эскиз механизированных мехов:
a – общий вид; *б* – их схема: 1 – гидроколесо; 2 – вал; 3 – кулачок;
 4 – подвижная плита; 5 – кожаные меха; 6 – неподвижная плита;
 7 – обратный клапан

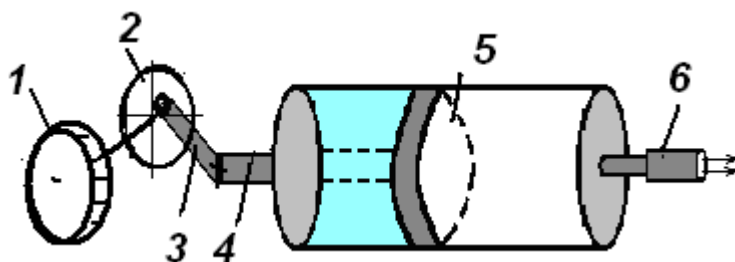


Рис. 3.32. Схема приводного насоса:
 1 – гидроколесо; 2 – кривошип; 3 – шатун; 4 – шток;
 5 – поршень; 6 – обратный клапан

Этот период в истории железа имеет огромное принципиальное значение, т. к. с появлением чугуна открылись возможности дальнейшего развития металлургии на основе более прогрессивного, так называемого двухстадийного процесса передела чугуна в железо.

Использование каменного угля в качестве топлива, с его вредными примесями, приводило к снижению качества получаемого металла. Леонардо да Винчи предлагал конструкцию отражательной печи для восстановления железа, в которой влияние примесей каменного угля на получаемый металл было минимальным (рис. 3.33).

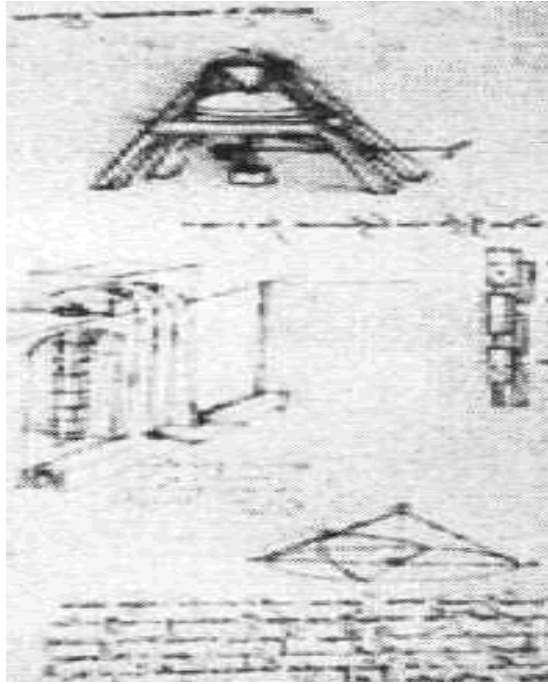


Рис. 3.33. Рисунок Леонардо да Винчи отражательной печи

Рост производства железа приводил к появлению профессии кузнецов (ковалей), оружейников, жестянщиков, литейщиков, колокольщиков, лудильщиков, замочников и др. (рис. 3.34, а).

Уже в 9 в. начинают изготавливать железную проволоку с помощью протяжки: проволоку тянули через так называемые волочильные доски (рис. 3.34, б, в).

Проволока использовалась для производства кольчуг. Стоили кольчуги очень дорого. С появлением огнестрельного оружия железные доспехи стали уходить в прошлое. Однако производство проволоки не пришло в упадок, а, напротив, успешно развивалось. Она шла на изготовление гвоздей, игл, канатов.

Появилась проволока сложного сечения: четырехугольная, квадратная, многоугольная, которая служила заготовкой для получения различного инструмента и деталей.

К 1351 г. относится изобретение первого вододействующего стана для изготовления железной проволоки (Германия), положившего начало использованию энергии воды в проволочно-волочильном производстве. Изобретение заключалось в передаче энергии воды посредством гидравлического колеса на рычажно-клещевой механизм волочильного устройства через систему массивных кулаков, насаженных на деревянном валу (рис. 3.34, г). Леонардо да Винчи применил систему блоков в приводе, что значительно облегчило труд мастера (рис. 3.34, б).



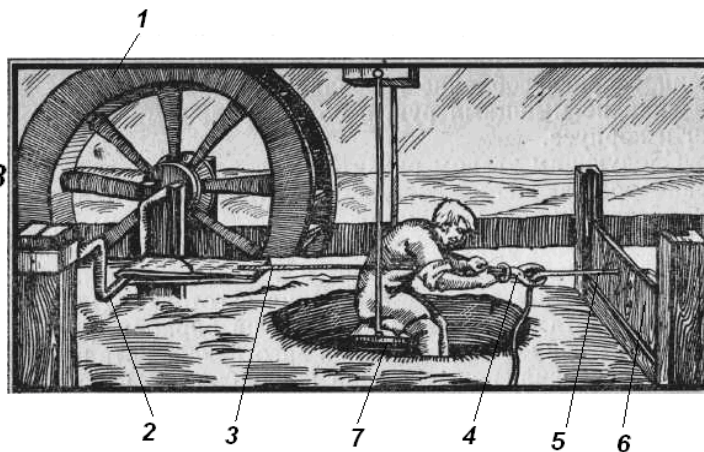
а)



б)



в)



г)

Рис. 3.34. Процесс обработки металла: а – ковкой; б – волочением тонкой проволоки на катушку: 1 – приводная катушка; 2 – проволока; 3 – фильера; 4 – катушка; в – волочением на приспособлении с качелями: 1 – ручной зажим проволоки; 2 – волочильная доска (фильера); 3 – заготовка проволоки; г – механизированным волочильным устройством: 1 – гидроколесо; 2 – кривошип; 3 – тяга; 4 – клещи; 5 – проволока; 6 – волочильная доска; 7 – качели

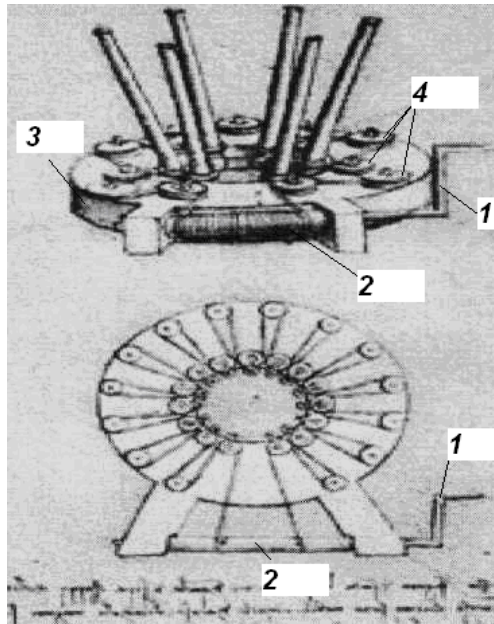


Рис. 3.35. Рисунок Леонардо да Винчи устройства для волочения проволоки: 1 – рукоятка; 2 – барабан с проволокой; 3 – корпус; 4 – ролики

Характерно, что, несмотря на явные преимущества вододействующих машин, их использование, в силу уже известных нам особенностей феодального способа производства, даже в самой Германии – родине нового способа – шло крайне медленно. Лишь к 15 в. эта прогрессивная техника стала заметно распространяться. В 1532 г. Эобаннус Гессус еще описывает проволочную мельницу как чудо. Представляет интерес описание изобретения устройства с водяным колесом для протяжки проволоки, приведенное в 1540 г. в «Пиротехнике» итальянским инженером В. Бирингуччо. Внедрение водяного колеса в проволочное производство внесло коренные изменения в технологию, освободило человека от тяжелого и утомительного труда, резко повысило эффективность производства.

С появлением водяного привода были созданы рычажно-клещевые волочильные станы, это был усовершенствованный вариант волочильного устройства с качелями (рис. 3.34, в). Клещи, которыми волочильщик захватывал конец пропущенной через отверстие в волочильной доске заготовки, прикреплялись не к поясу мастера, а к канату, второй конец которого был соединен с валом гидроколеса. Простейший кривошипный механизм превращал вращательное движение гидроколеса в поступательное движение каната, увлекающего за собой клещи с зажатой в них заготовкой (рис. 3.34, г). В обязанность волочильщика входило перехватывание клещами заго-

товки по мере ее протягивания через волочильное отверстие. В дальнейшем водяной привод был приспособлен и к барабанным волочильным станам.

Средневековые кузнецы хорошо владели различными сложными приемами и способами механической и термической обработки металлов, особенно при изготовлении оружия и доспехов. На протяжении всего средневековья кузнецы считались самой почтенной и уважаемой категорией ремесленников, причем наибольшим почетом пользовались оружейники. Восток стал поставщиком холодного оружия и слитков дамасской стали, которая на Руси называлась булатом, там же начала использоваться цементация стали.

Для получения железных полос Леонардо да Винчи предложил конструкцию винтового пресса (рис. 3.36). В 14–15 вв. стали появляться вододействующие молоты и протяжные устройства выделки жести.

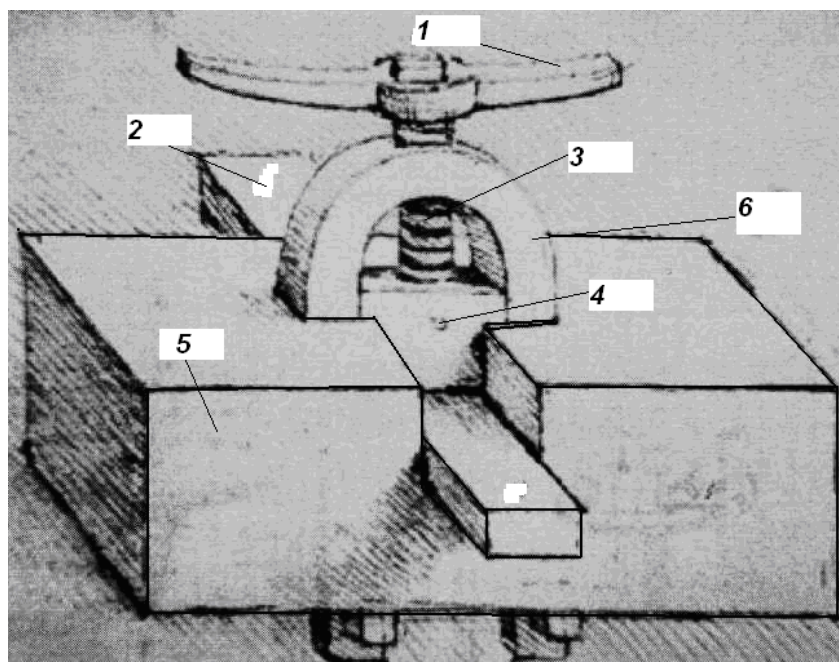


Рис. 3.36. Винтовой пресс Леонардо да Винчи: 1 – ворот; 2 – заготовка; 3 – винт; 4 – прижим; 5 – станина; 6 – опора с вмонтированной гайкой

Для преобразования вращательного движения гидроколеса в колебательное, например, молота, широко использовались кулачковые механизмы (рис. 3.37).

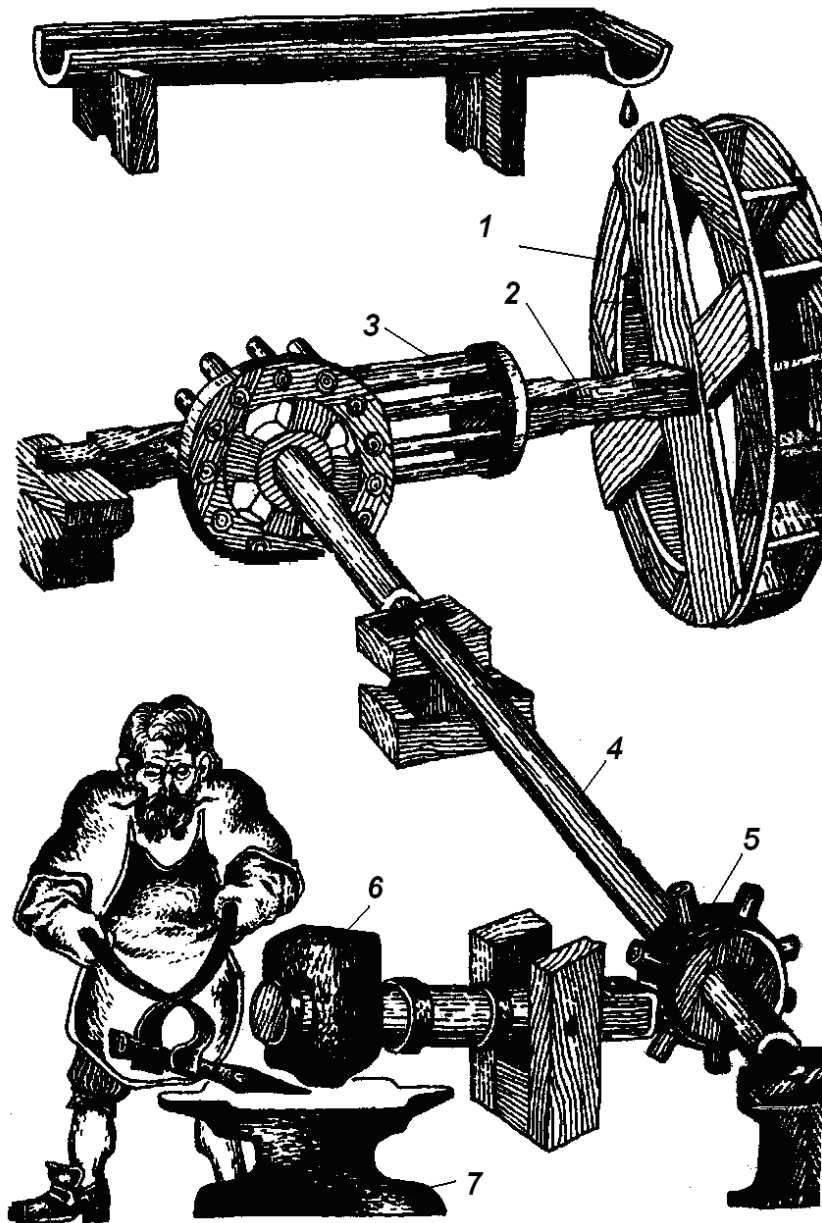


Рис. 3.37. Эскиз процесса работы молота с гидромеханическим приводом: 1 – гидроколесо; 2 – вал; 3 – цевочная передача; 4 – вал; 5 – кулачок; 6 – молот; 7 – наковальня

В 11 в. высокого расцвета достигло бронзовое литье. Бронзовые скульптуры того времени по своему художественному и техническому совершенству по праву принадлежат к самым значительным творениям средневековья. Еще раньше, в 5 в. в Италии и во Франции, а в 10 в. на Руси, зародилось искусство литья колоколов.

Широкое распространение получило литье по восковым моделям, освоенное еще во времена античности, и литье в многоразовые формы (рис. 3.38).

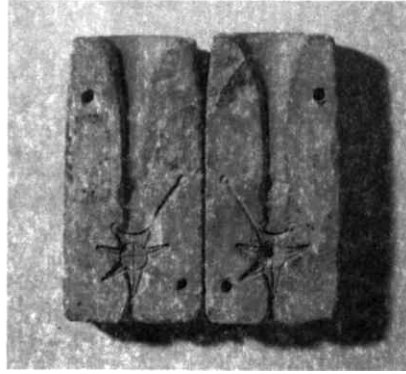


Рис. 3.38. Археологическая находка. Литейная форма (Гродно, 12 в.)

В 15 и 16 вв. в Центральной Европе было уже много процветающих центров металлургии железа. Обработкой железа занимались в Нижней Австрии. В Верхнем Пфальце уже в середине 15 в. было крупное производство по выплавке и переработке железа с центром в городе Амберге. Здесь производили железный лист, так называемый черный лист, который вывозили в Нюрнберг и Вунзидель, где подвергали лужению. Покрытый оловом лист – белый лист – применяли очень широко и высоко ценили.

Во Франции *Рене Антуан де Реомюр* впервые создал научно обоснованную теорию термической обработки материалов на основе железа. Он проводил обширные исследования и эксперименты с целью объяснения процессов, протекающих при графитизации чугуна и цементации стали. Примерно в это же время швед *Эмануэль Сведенборг* написал и издал в Лейпциге первую фундаментальную учебно-справочную книгу по металлургии железа.

В 1589 г. *Джиам Батиста делла Порта* изобретает цилиндрическую воздуходувную машину объемного типа.

При изготовлении оружия, доспехов, предметов роскоши и украшений широкое применение получили операции чеканки, гравировки, филиграни (скани), покрытие чернью и позолотой и т. п.

3.2. Зарождение и развитие основных видов обрабатывающих станков и инструментов

Выдающаяся роль в становлении экспериментальной науки принадлежала прежде всего видному основоположнику современного естествознания, гениальному художнику, ученому и инженеру эпохи Возрождения *Леонардо да Винчи*. Кроме увлечения искусством, анатомией, математикой, физикой и механикой он активно занимался

исследованиями и конструированием в области техники. Труды этого гения насчитывают около 5 тыс. страниц.

Им были разработаны конструкции токарных, токарно-винторезных, сверлильных и других станков, а также станка для насечки напильников.

3.2.1. Токарные станки

Станок с отдельной деревянной скамьей-станиной и переставной задней бабкой впервые описан в книге монаха *Феофила Пресвитера*, изображавшего художественные ремесла 10 в., а также во французской Библии 13 в. Не позднее 1250 г. ремень, поворачивающий заготовку, стали прикреплять внизу к педальному механизму, а наверху – к пружинящему передвижному шесту. У токаря, таким образом, появилась возможность вращать деталь ногами.

С середины 14 в. для привода токарных станков начали использовать водяные двигатели.

Токарное дело в 16 в. получило широкое распространение в странах Европы не только у ремесленников, но и среди знати. В числе любителей токарного дела известны, например, император Максимилиан I, король Людовик XVI, прусский король Фридрих-Вильгельм I и др. Под токарным делом в рассматриваемую эпоху подразумеваются все виды обработки на станке различных материалов посредством режущих инструментов.

Так, на территории Великого княжества Литовского сформировались первые токарные цехи в 1562 г. Там же можно отметить среди токарных изделий, кроме деревянной посуды, точеных частей мебели и всевозможных коробок, еще один их вид – коробки для печатей на грамотах, которые весьма искусно изготавливались из древесины твердых пород или березового наплыва. При этом некоторые из них имели завинчивающиеся крышки, резьба которых треугольная, однозаходная, выполнялась очень чисто.

Кроме обтачивания наружных и внутренних поверхностей предметов путем снятия стружки резцом при вращении изделия, на токарном станке производились также: строгание и фрезерование (в зачаточном виде); гравирование на дисках и цилиндрах; медальерная работа. Материалом для изготовления изделий на токарных станках главным образом служили: дерево, кость, рог и в значительно меньшей степени металл (железо, олово, медь и ее сплавы).

Наибольшее распространение токарное дело имело в среде ремесленников, изготавливающих мебель, посуду, оружие, различного рода украшения: табакерки, футляры, коробки и т. п. Уже во второй половине 16 в. токарные мастера имели большое влияние в цеховых гильдиях. В это время была установлена официальная терминология по квалификации токарей и видов токарных станков, а также инструкция по испытанию мастеров токарного дела. При сдаче пробы на звание токарного мастера требовалось безукоризненно изготовить: самопрядки, банку для пряностей с семью отделениями, шахматные фигуры, тарелки, круглые коробки, футляры, портреты. Последние требовались от так называемых «художественных токарей».

Первое известное изображение педального токарного станка относится к 13 в. Оно имеется на витраже Шартрского собора. Рисунок не дает возможности установить, имеет станок очеп или лук. Первое изображение немецкого токарного станка находим в книге предприятия Менделя, называвшегося «Дом двенадцати братьев» (рис. 3.39). Эта книга издана в 1400 г. Для рассматриваемого станка характерно наличие конструктивных зачатков передней и задней бабок, а также скамьи-станины.

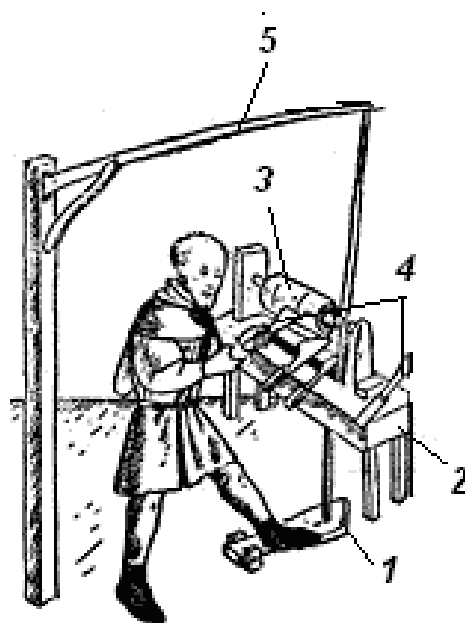


Рис. 3.39. Эскиз токарного станка с педально-очеповым приводом:
1 – педаль; 2 – стойка с подручником; 3 – заготовка;
4 – резцы; 5 – очеп

Совершенно ясно очеп виден на рис. 3.40, изображающем токаря, во французской рукописи 14 в.

На рис. 3.40 видно, что токарь опирается резцом 4 на левую опору шпинделя, что позволяет отклонять резец вдоль образующей детали и при простых движениях резца получать сложные поверхности детали. Ременным приводом через колесо с кривошипом стали пользоваться с начала 15 в. Первый передвижной суппорт (узел для крепления и перемещения режущего инструмента) появился приблизительно в 1480 г. Так, к 1480 г. относится известие о суппорте токарного станка, изображение которого было обнаружено Фельдхаузом в немецкой рукописи (рис. 3.41). Резец 1 имел форму заостренной лопатки. Он устанавливался в специально предназначенное для него гнездо 2 и закреплялся винтом с квадратной головкой 3. Он устанавливался в специально предназначенное для него гнездо 2 и закреплялся винтом с квадратной головкой 3.



Рис. 3.40. Эскиз обработки на токарном станке: 1 – станина; 2 – педаль; 3 – заготовка; 4 – резец; 5 – веревка; 6 – очеп

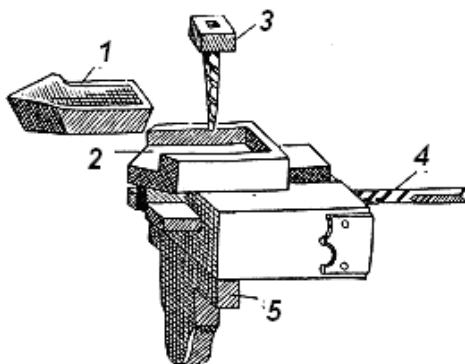


Рис. 3.41. Эскиз суппорта: 1 – резец; 2 – поперечный суппорт; 3 – крепежный винт; 4 – винт поперечных подач; 5 – продольный суппорт

Резец, закрепленный в резцедержателе, мог быть подведен к обрабатываемой детали с помощью ходового винта поперечных подач 4.

Для перемещения резца вдоль обрабатываемой детали были предназначены салазки 5 (продольный суппорт).

Первый полностью сохранившийся до наших дней токарный станок также приводился в действие с помощью деревянной пружины. Этот станок был подарен в 1500 г. тирольскими сословными представителями императору Максимилиану I, одному из наиболее знатных любителей ремесел, в том числе и токарного (рис. 3.42).

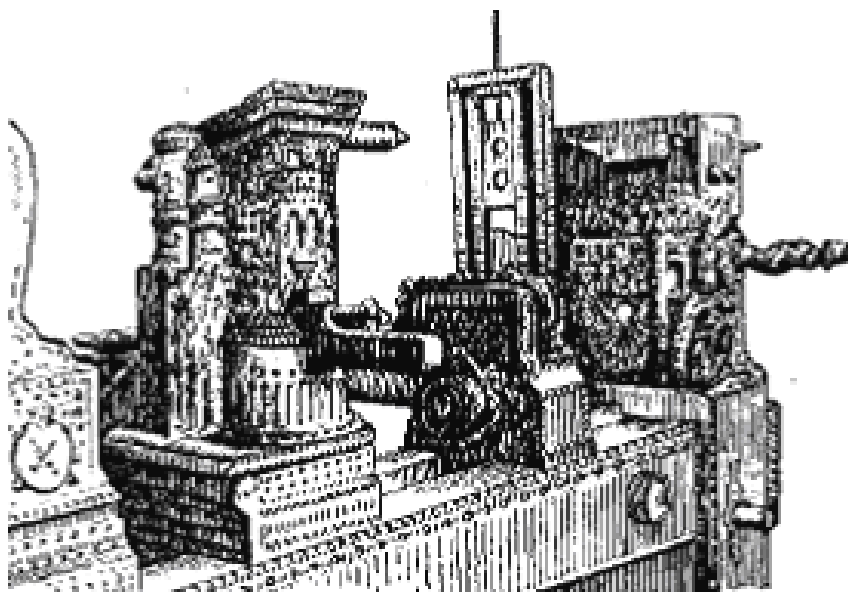


Рис. 3.42. Станок императора Максимилиана I

Станок изготовлен из древесины и украшен резьбой. Его передняя бабка изображает башню, а задняя – часть средневекового замка. Богатство украшений объясняется тем, что станок принадлежал не ремесленнику, а самому императору. В деревянных бабках вставлены стальные центры. Между бабками находится люнет, являющийся первым из известных в настоящее время. Люнет мог быть установлен и закреплен на любом расстоянии между центрами. Он был разъемным.

Повсеместно были распространены мощные пружинные токарные станки с ножным приводом. Об этом свидетельствуют находки обломков деревянных колес большого диаметра (более 400 мм).

Станок с педальным приводом освободил одну руку токаря, но холостое вращение заготовки и связанный с этим отвод и подвод резца остались. Сохранилась также необходимость затрачивать большие физические усилия на приведение станка в движение. Прерывистость,

не плавность хода станка, имеющего привод с очепом, вредно сказывались на качестве изделий.

Первое изображение в *печатном издании* токарного станка и работающего на нем токаря дошло до нас в собрании гравюр на дереве фламандского художника Йоста Аммана (рис. 3.43). На гравюре показан станок с ножным приводом и очепом, центр, к которому прижата обрабатываемая деталь, подручник, набор инструментов и образцы продукции. К числу последних относятся тарелки, фляги, духовые музыкальные инструменты, сосуды различной формы, точеные части мебели и, наконец, шар.

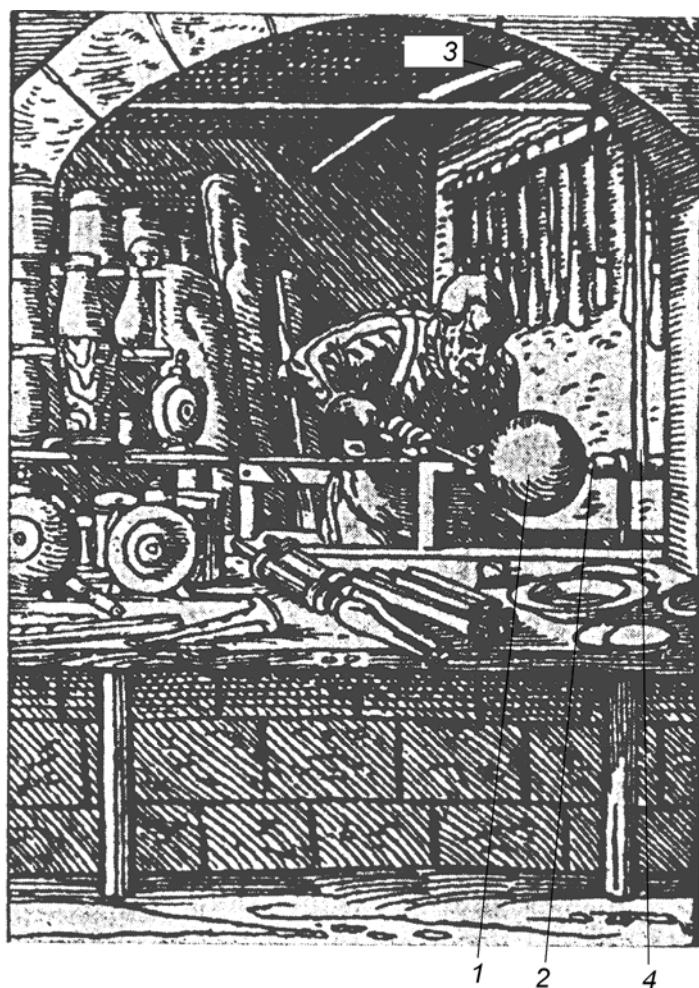
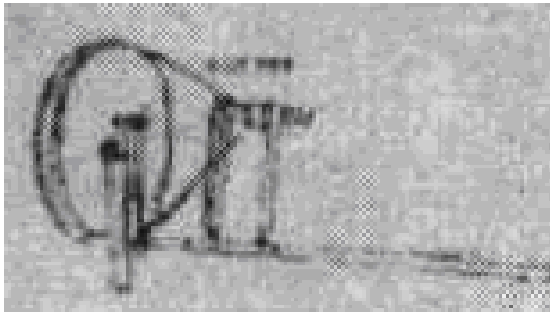
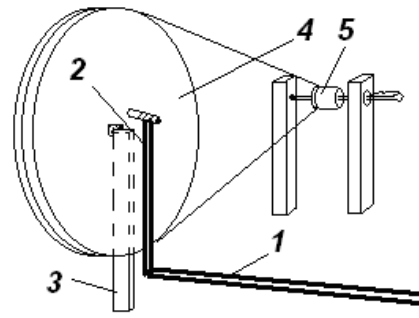


Рис. 3.43. Гравюра обработки на токарном станке
(И. Амман, 1568 г.): 1 – заготовка; 2 – центр; 3 – очеп; 4 – веревка

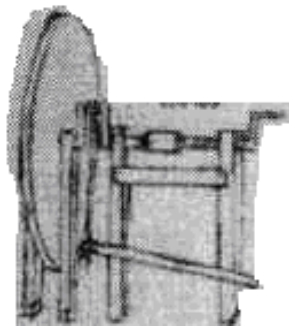
Леонардо да Винчи предлагал конструкции токарных станков с педально-кривошипным и ременным приводами (рис. 3.44).



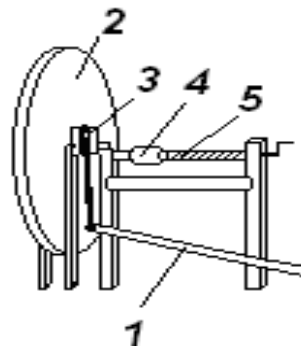
a)



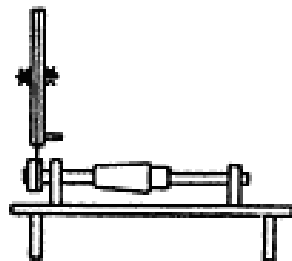
б)



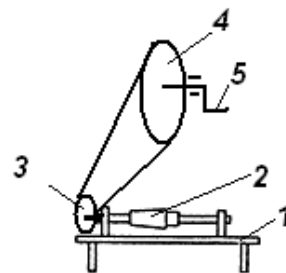
в)



г)



д)



е)

Рис. 3.44. Рисунки Леонардо да Винчи и схемы токарных станков:
 а, б – с педально-кривошипным приводом и приемным колесом
 и его схемой: 1 – педаль; 2 – шатун; 3 – стойка; 4 – шкив;
 5 – приводной шкив ременной передачи и заготовка; в, г – с педально-
 кривошипным приводом и его схемой: 1 – педаль; 2 – маховик;
 3 – коленчатый вал; 4 – заготовка; 5 – центр с винтовым зажимом;
 д, е – с ручным ременным приводом: 1 – станина; 2 – заготовка;
 3, 4 – шкивы ременной передачи; 5 – рукоятка привода

Токарный станок, приведенный в описании *Бессона*, специально приспособлен для изготовления художественно-декоративной посуды.

Устройство его в принципе не отличалось от описанного выше, если не считать того, что здесь перемещение по вертикали резца с уд-

линенной рукояткой обеспечивалось не специальным подвижным бруском (подручником), как это было в предыдущей конструкции, а за счет непосредственного контакта с диском, закрепленным на одном валу с обрабатываемым изделием. На этом станке было удобно производить расточные работы, и он служил для обработки полостей сосудов и впадин на их поверхности. На другом рисунке в книге Бессона показан токарно-овальверный станок, служащий для овальной обточки при помощи переставного шаблона. Последний представлял собой круглый диск 5, наклон которого можно было изменять (рис. 3.45). Токарный резец 4 для работы на этом станке имел рукоятку большой длины, поддерживаемую в прорезах двух подставок подшипников.



Рис. 3.45. Токарно-овальверный станок (Жак Бессон, 1569 г.):
1 – педаль; 2 – станина; 3 – заготовка; 4 – резец; 5 – поворотный диск

Установка приемного шкива знаменует собой начало новой эры в развитии станка. До этого конструкция станка совершенствовалась крайне медленно. С установкой шкива токарь был освобожден от обязательного использования своей силы для приведения станка в движение. Сначала, правда, станок приводил в движение другой человек, представлявший собой только источник мускульной энергии. Но станок со шкивом давал возможность полного устранения человека как источника энергии и замены его животными, силой падающей воды или ветра.

Первые сведения о станках с приемным шкивом относятся к 16 в. в Германии.

Приемный шкив первоначально получал энергию, необходимую для приведения в движение станка, с помощью гибкой связи (просмоленной веревки или ремня), надетой на шкив, вращаемый человеком.

3.2.2. Токарно-винторезные станки

В книге французского математика и механика *Жака Бессона* впервые описывается способ изготовления крупного винта. Для разметки винтовой линии на вал, установленный на токарном станке, рекомендуется навить пергаментную ленту *1*, образовавшуюся винтовую линию наметить трехгранным напильником *2* и затем углубить ее до необходимых размеров с помощью того же напильника (рис. 3.46).

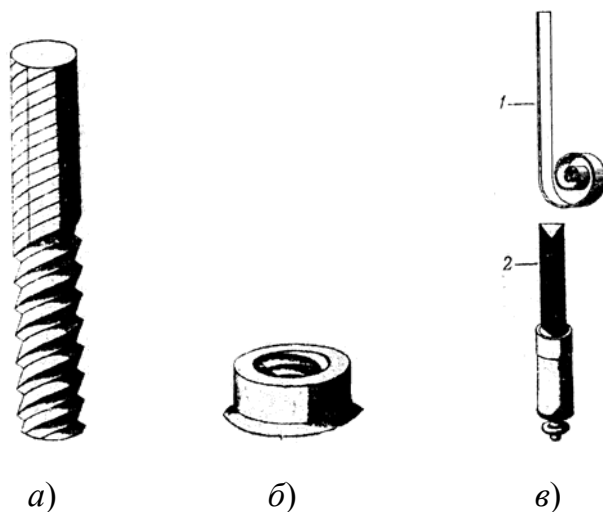
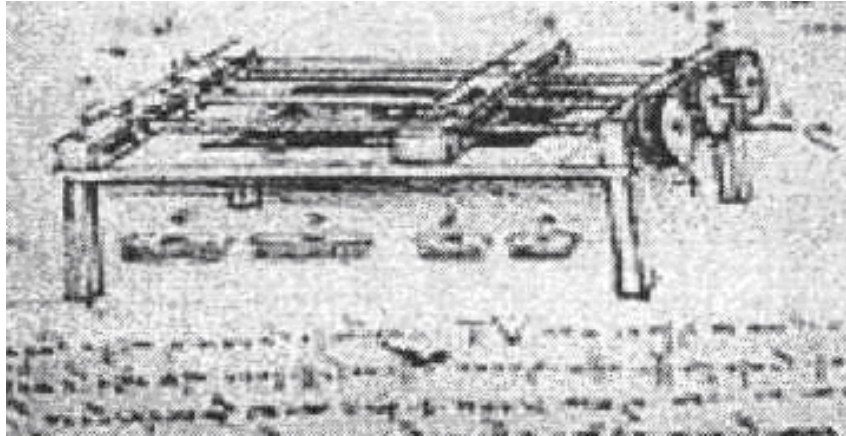


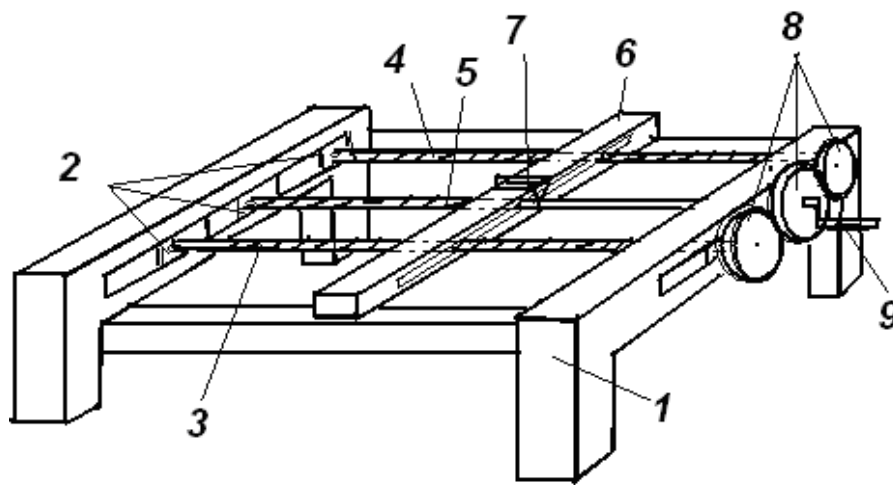
Рис. 3.46. Эскизы: *а* – винта; *б* – гайки; *в* – инструментов для разметки и изготовления резьбы (Жак Бессон, 1569 г.):
1 – лента; *2* – напильник

Леонардо да Винчи разработал токарно-винторезный станок (рис. 3.47), в котором заготовка совершает главное вращательное движение. От привода главного движения через сменные зубчатые колеса *8* движение передается на два ходовых винта *3* и *4*, которые установлены в регулируемых в радиальном направлении блоках подшипников *2*. Такая конструкция позволяла нарезать винты на заготовках *5* с различным шагом за счет применения сменных зубчатых колес *8*. Два ходовых винта обеспечивали линейность перемещения суппорта с резцом.

Специальный токарный винторезный станок, описанный Бессоном, изображен на рис. 3.48. Это первый сложный станок с механизированной подачей резца. Станок имел отдельные системы, обеспечивавшие величины подач и глубин резания. Механизм подачи был заблокирован с устройством, обеспечивавшим главное движение, а глубина резания независимо от них устанавливалась рабочим в процессе обработки.



a)



б)

Рис. 3.47. Эскиз токарно-винторезного станка и его схема:
a – рисунок Леонардо да Винчи; *б* – реконструкция: 1 – станина;
 2 – блоки подшипников; 3, 4 – винты; 5 – заготовка; 6 – брусок
 со встроенными гайками; 7 – резец; 8 – сменные зубчатые колеса;
 9 – рукоятка

Обрабатываемая деталь 1 приводилась во вращение с помощью обведенной вокруг нее веревки. Один конец веревки был обведен несколько раз вокруг шкива 2 и закреплен на нем, другой конец оттягивался грузом. Вербка, наматываясь и сматываясь со шкива 2, заставляла вращаться обрабатываемую деталь. Шкив 2 был неподвижно закреплен на одном валу со шкивом 3, который токарь вращал попеременно в одну и другую стороны, подтягивая и отпуская веревку, переброшенную через шкив 3 и оттягиваемую грузом. Таким образом, обеспечивалось главное вращательное движение.

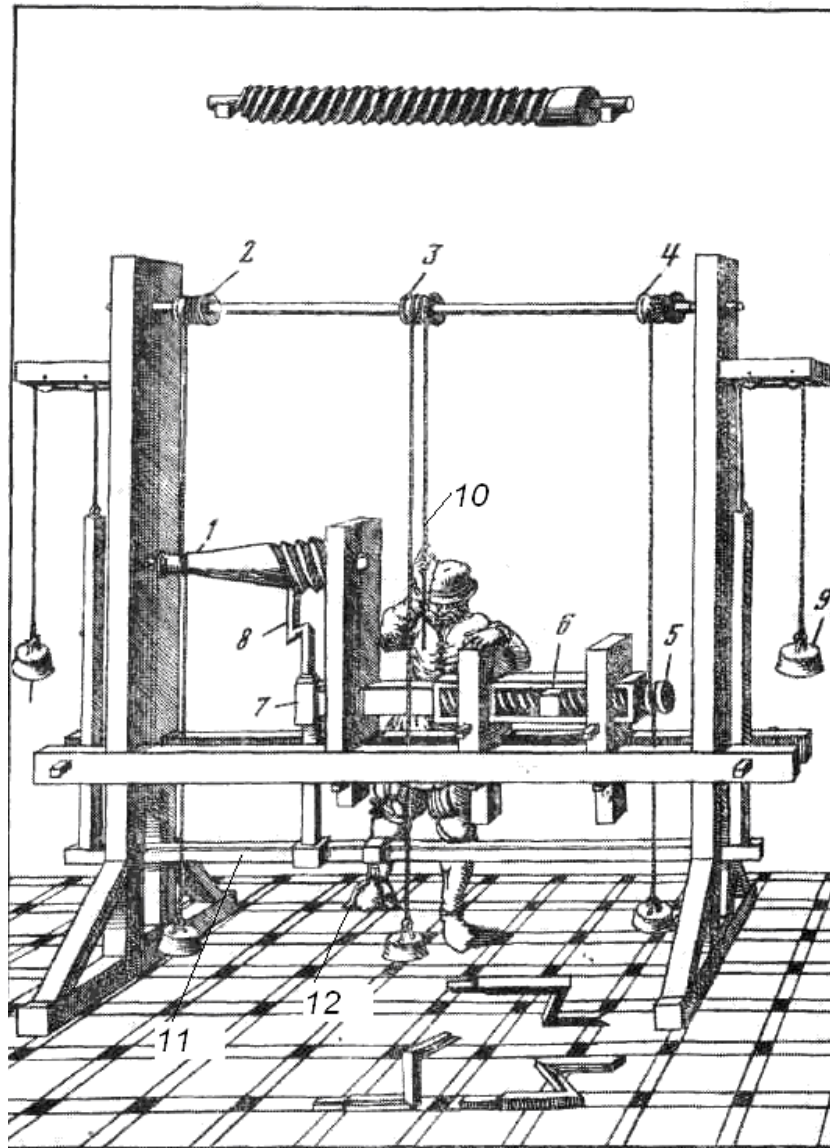


Рис. 3.48. Рисунок токарно-винторезного станка (по Жаку Бессону, 1569 г.): 1 – заготовка; 2–4 – шкивы; 5 – винт; 6 – гайка; 7 – резцедержатель с рамкой; 8 – резец; 9 – груз; 10 – веревка; 11 – брусок; 12 – педаль

Движение продольной (осевой) подачи осуществлялось вследствие вращения шкива 4. Намотанная на нем веревка была обведена вокруг хвостовика 5 винта, который, вращаясь, перемещался в неподвижно закрепленной гайке 6 и сообщал движение резцедержателю 7 и резцу 8. Таким образом, в описываемой конструкции на один оборот заготовки была предусмотрена определенная величина осевой подачи резца.

Радиальная подача регулировалась человеком с помощью педали 12, нажимая на которую, он отводил резец от обрабатываемой детали. Радиальная составляющая усилия резания создавалась груза-

ми 9. Устройство для прижимания резца к обрабатываемой поверхности не давало резцу отрываться от заготовки при изменении формы последней, что позволяло наносить винтовые линии также на заготовки с переменным сечением.

Связь между главным движением и движением подачи явно прослеживается в конструкции другого сложного токарно-винторезного станка, описанного в 1584 г. в книге французского ученого и инженера *Жана Эрара* (рис. 3.49).

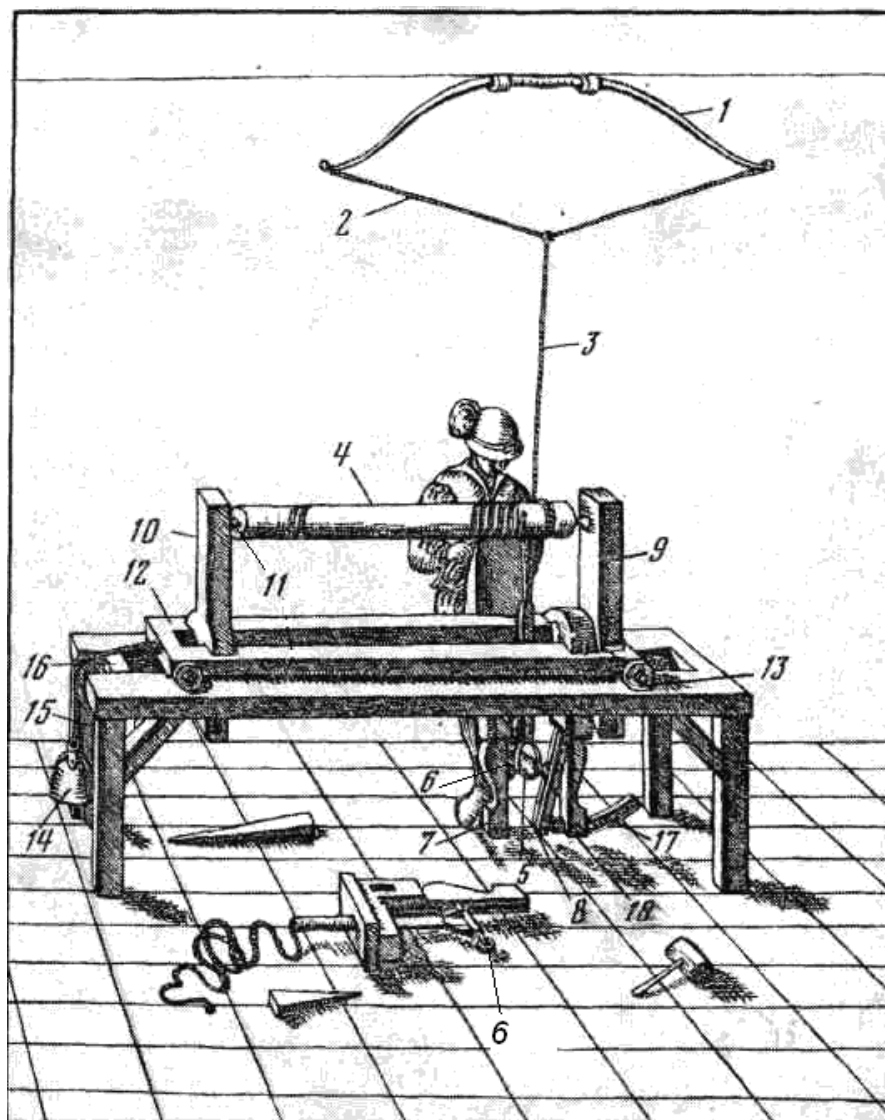


Рис. 3.49. Эскиз токарно-винторезного станка (по Жану Эрару, 1584 г.): 1 – лук; 2 – тетива; 3 – веревка; 4 – заготовка; 5 – педаль с роликами; 6 – ролик; 7 – стойка; 8 – поворотная планка (балансир); 9, 10 – стойки; 11 – центр; 12 – шпиндельная бабка; 13 – роликовые опоры; 14 – груз; 15 – веревка; 16 – блок; 17 – сектор; 18 – опора сектора

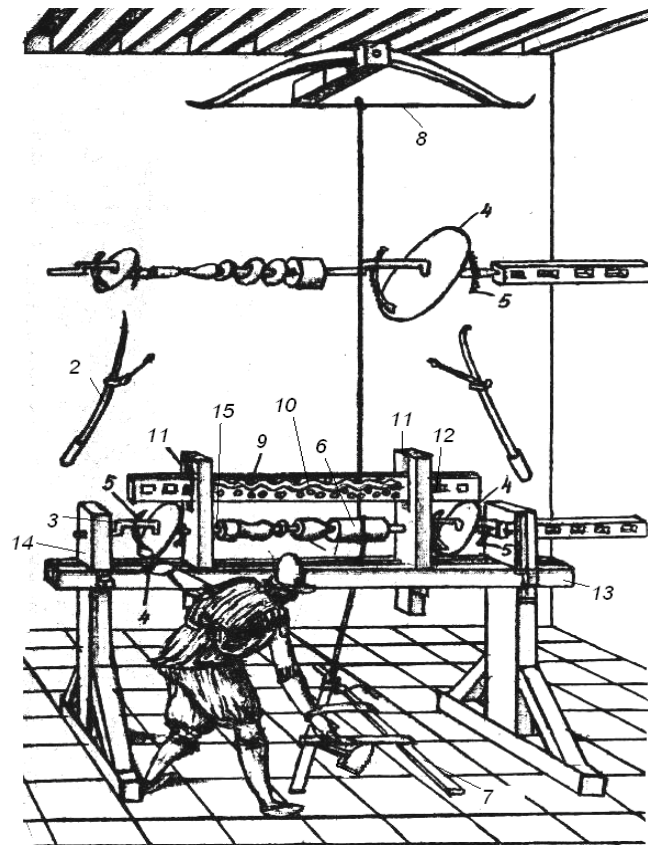
Главное движение у этого станка осуществлялось следующим образом. К потолку был прикреплен лук 1, выполнявший функцию пружины. К середине тетивы 2 лука был прикреплен один конец веревки 3, обведенной дважды вокруг заготовки винта 4. К другому концу веревки прикреплена педаль 5. Нажимая ногой на педаль 5, заставляли заготовку 4 совершить один рабочий оборот, а лук 1 согнуться, т. е. запасти энергию. Во время рабочего хода осуществлялось резание. Последнее производилось стальным резцом с деревянной рукояткой, который токарь опирал на подручник. Резец нигде не был закреплен. Отпуская педаль 5, токарь позволял луку 1 разогнуться. Лук 1 вращал заготовку 4 в сторону, противоположную рабочему ходу, т. е. совершался холостой ход.

Педаль 5 имела по обеим сторонам по ролику 6, которые при перемещении педали 5 вниз перемещались в пазах стойки 7 и балансира 8. Стойка 7, верхний конец которой служил подручником, была неподвижна. Балансир 8 мог поворачиваться в вертикальной плоскости. Передняя 9 и задняя 10 стойки были установлены на раме шпиндельной бабки 12. Бабка 12 имела четыре ролика 13 и оттягивалась грузом 14, прикрепленным к веревке 15, перекинутой через блок 16. Под действием груза 14 бабка 12 могла перемещаться при небольшом усилии.

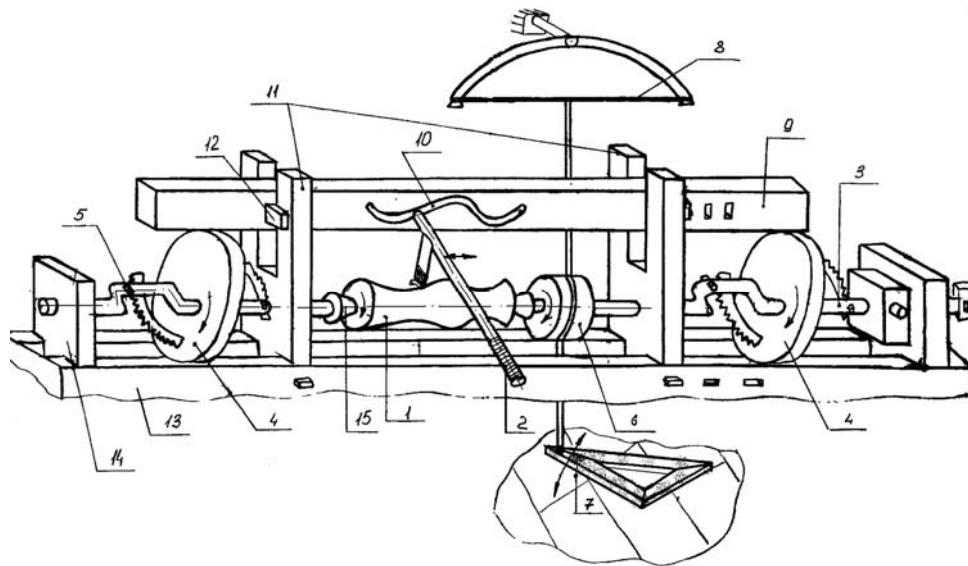
При движении педали 5 вниз, т. е. когда совершался рабочий ход, бабка 12 перемещалась по станине и осуществляла движение подачи. Величина подачи соответствовала заданному шагу винта, нарезавшегося на заготовке 4. Для того чтобы можно было нарезать винты с разным шагом, с балансиром 8 был скреплен сектор 17. В секторе 17 имелись отверстия, в которые вставлялся фиксатор и закреплял его под определенным углом, равным углу подъема резьбы.

3.2.3. Токарно-копировальные станки

Французский математик и механик Жак Бессон в середине 16 в. в своей книге «Театр инструментов» впервые описал токарно-копировальные станки, на которых по бронзовым образцам (копирам) можно было вытачивать неограниченное количество изделий из дерева и кости. Относительно стойки перемещался (вертикально) копир (рис. 3.50).



а)



б)

Рис. 3.50. Эскиз токарно-копировального станка:
 а – общий вид; б – структурная схема: 1 – заготовка; 2 – резец; 3 – вал;
 4 – диск; 5 – сектор; 6 – шкив; 7 – педаль; 8 – тетива; 9 – копир; 10 – паз
 копира; 11 – стойки; 12 – клин; 13 – станина; 14 – опора; 15 – центр

Копир представляет собой брусок с пазом. На оси были закреплены диски, которые регулировались относительно оси. Очеп или лук с педальным приводом. Диски устанавливались на изогнутом валу. За счет перемещения резца можно вытачивать фигурное изделие. В паз копира устанавливался резец и фиксировался штырями в отверстие. Копиры были сменные.

3.2.4. Сверлильные и расточные станки

С появлением артиллерии потребовались станки, и в первую очередь сверлильно-расточные, предназначенные для удаления неровностей в каналах литых артиллерийских стволов. Чаще всего в ствол, установленный вертикально, дульной частью вверх, вводилась деревянная расточная борштанга с закрепленными в ней несколькими резцами. Вращение ее вначале осуществлялось вручную с помощью веревки, а позднее от водяного колеса. Существовала и другая схема, при которой ствол располагался сверху и подача его осуществлялась под действием собственного веса. При этом обеспечивался лучший отвод стружки, но усложнялись установка ствола и его вращение.

Наиболее ранние устройства для обработки канала орудийного ствола описаны в немецких рукописях, относящихся приблизительно к середине 15 в. Эскиз такого устройства показан на рис. 3.51. Ствол орудия располагался вертикально, и в его канал вводилось сверху сверло. Положение сверла фиксировалось деревянными перекладками, а подача обеспечивалась вручную. Вращательное движение сверла осуществлялось конной тягой или вручную.

Первой печатной книгой, описывавшей сверление стволов орудий, был труд Бирингуччо «Пиротехника». Устройство Бирингуччо состояло из салазок, на которые укладывался орудийный ствол и затем с помощью ворот накатывался на сверло, или, вернее, борштангу. Борштанга состояла из стебля, к которому прикреплялась резцовая головка, цельная или со вставными зубьями. Для приведения в движение салазок и борштанги применялась мускульная сила людей. Так как для рабочего движения борштанги и движения подачи предусматривались отдельные системы, то все устройство отличалось сложностью, требовало труда большого числа людей, а также не позволяло получать прямой и гладкий канал орудийного ствола. Все же устройство, описанное Бирингуччо, было более устойчивым и позволяло лучше производить очистку канала ствола, т. к. вибрации здесь были меньше, чем в устройстве, изображенном на рис. 3.51. Таким образом, был осуществлен переход от вертикального расположения орудия при опускании сверла сверху к горизонтальному расположению.

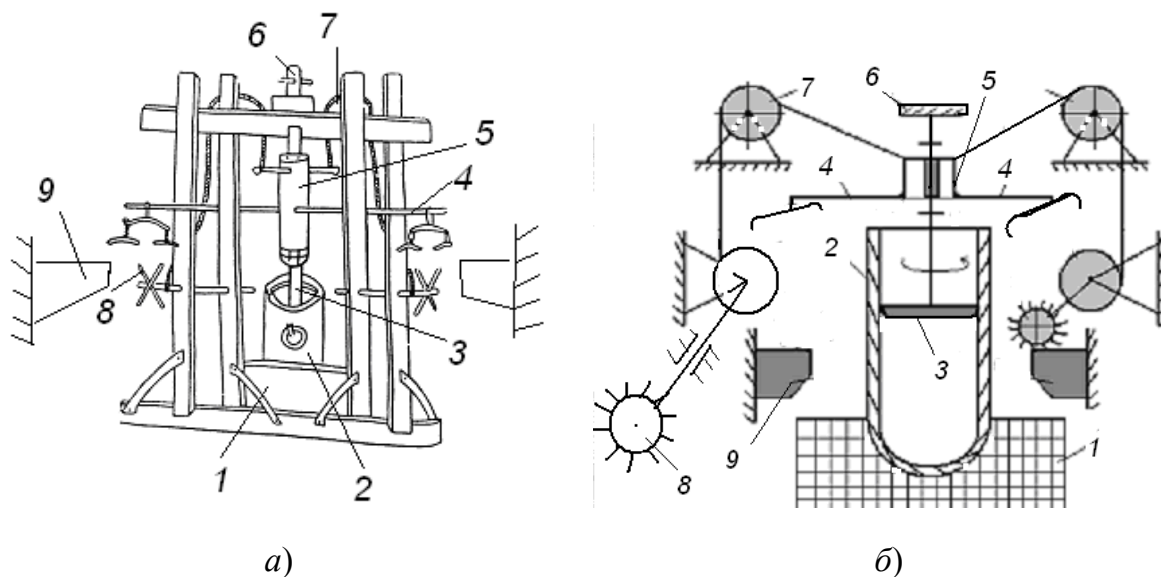


Рис. 3.51. Эскиз расточного станка (а) и его принципиальная схема (б):
 1 – основание; 2 – орудие (ствол); 3 – борштанга; 4 – подъемник;
 5 – подвижная втулка; 6 – привод главного движения; 7 – блок;
 8 – ворот; 9 – консоль

В 1540 г. в Германии появились первые сверлильные станки с горизонтальным шпинделем (рис. 3.52).

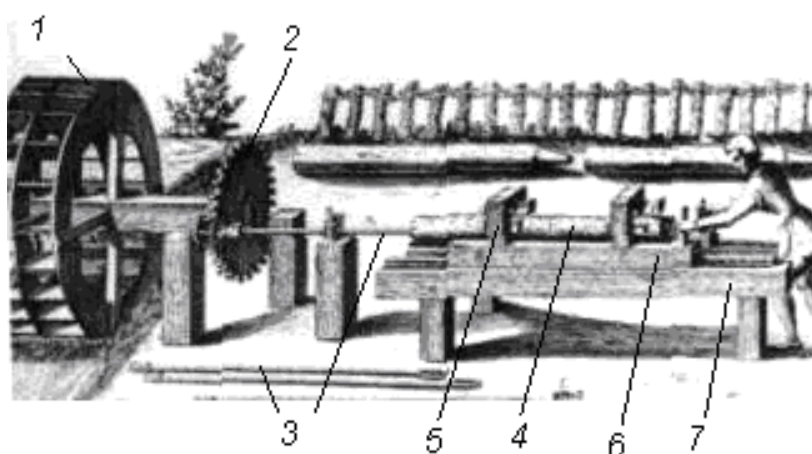
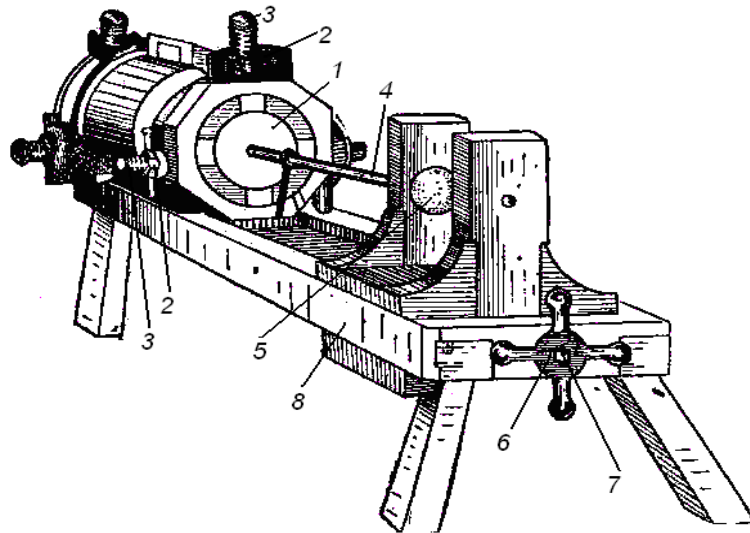
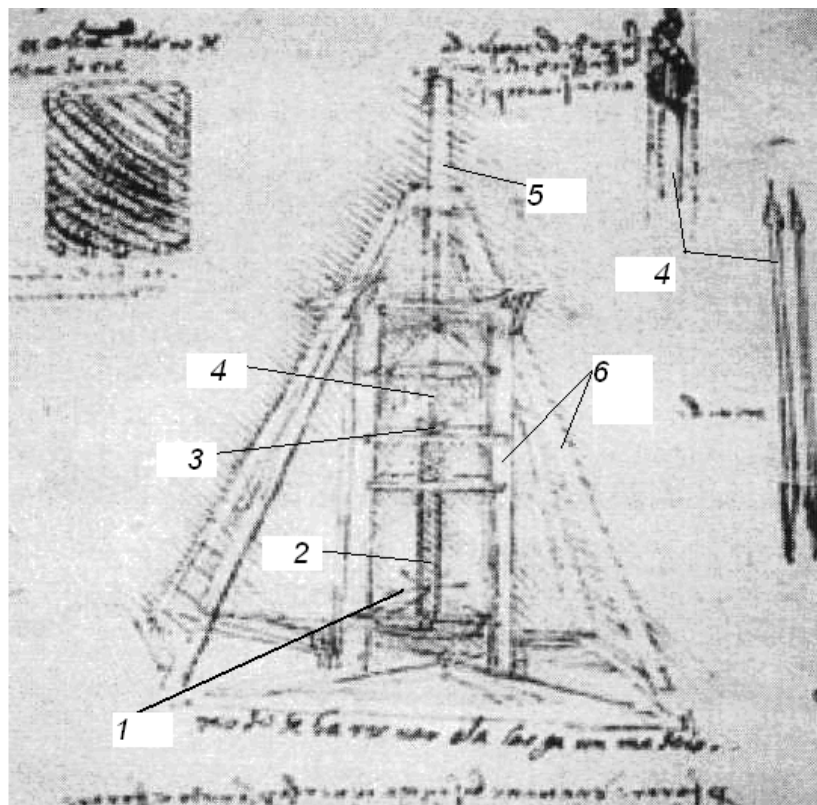


Рис. 3.52. Сверлильный станок с гидромеханическим приводом:
 1 – гидроколесо; 2 – зубчатая передача; 3 – сверло; 4 – заготовка;
 5 – зажим; 6 – ручной суппорт (сани); 7 – станина

Использование деревянных труб в системах снабжения водой требовало совершенствования способов получения отверстий в деревянных заготовках со сложным внешним рельефом. Леонардо да Винчи предлагал две конструкции таких станков: с горизонтальным (рис. 3.53, а) и вертикальным шпинделем (рис. 3.53, б).



a)



б)

Рис. 3.53. Эскизы сверлильных станков: а – горизонтального (реконструкция станка Леонардо да Винчи): 1 – заготовка; 2 – гайка; 3 – винтовой зажим; 4 – сверло; 5 – приводной элемент; 6 – ворот; 7 – винт продольных подач заготовки; 8 – станина; б – вертикального (рисунок Леонардо да Винчи): 1 – ворот; 2 – винт; 3 – гайка; 4 – сверло; 5 – заготовка; 6 – станина

Сложность центрирования заготовок привела к созданию станков с горизонтальным шпинделем. Недостаток – сверло имеет большой угол прогиба оси, что снижало точность обработки.

3.2.5. Станки для распиливания

В своих сочинениях Леонардо да Винчи подробно описал конструкции станков для распиливания и обработки камней и древесины (рис. 3.54–3.56).

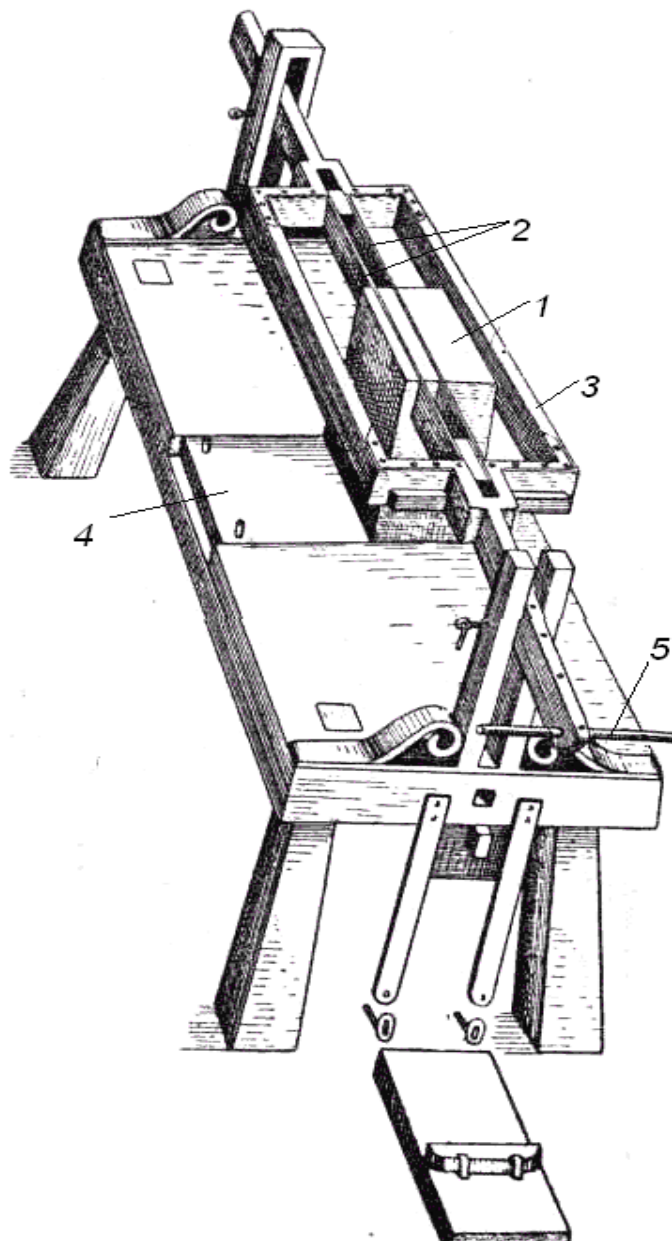
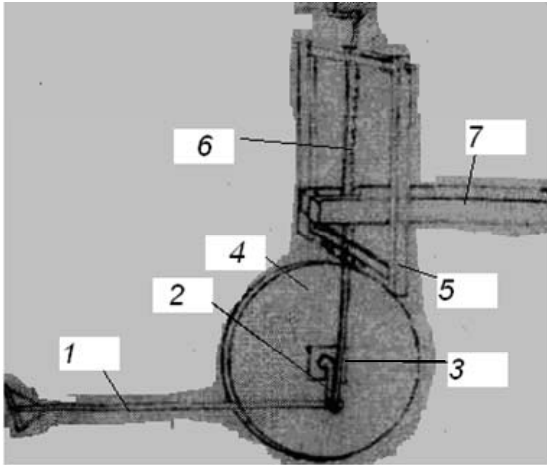
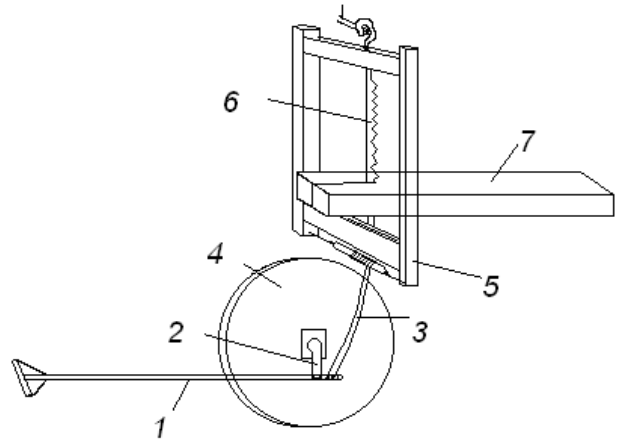


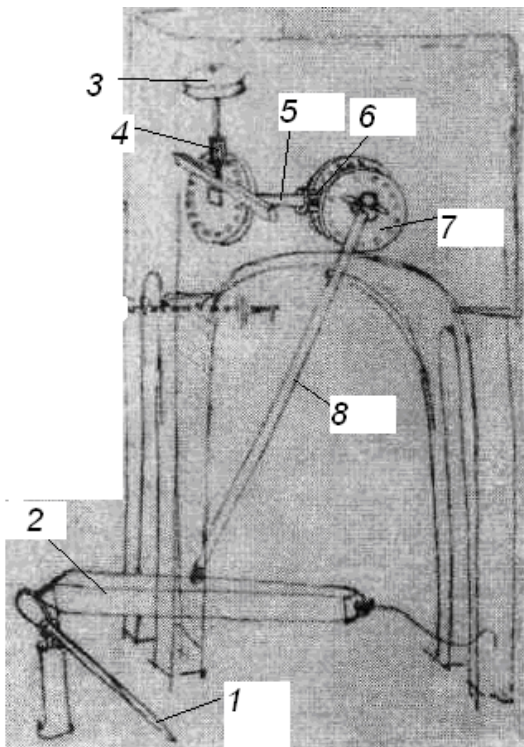
Рис. 3.54. Рисунок станка для распиливания материалов (Леонардо да Винчи): 1 – заготовка; 2 – пилы; 3 – рамка; 4 – стол; 5 – рукоятка



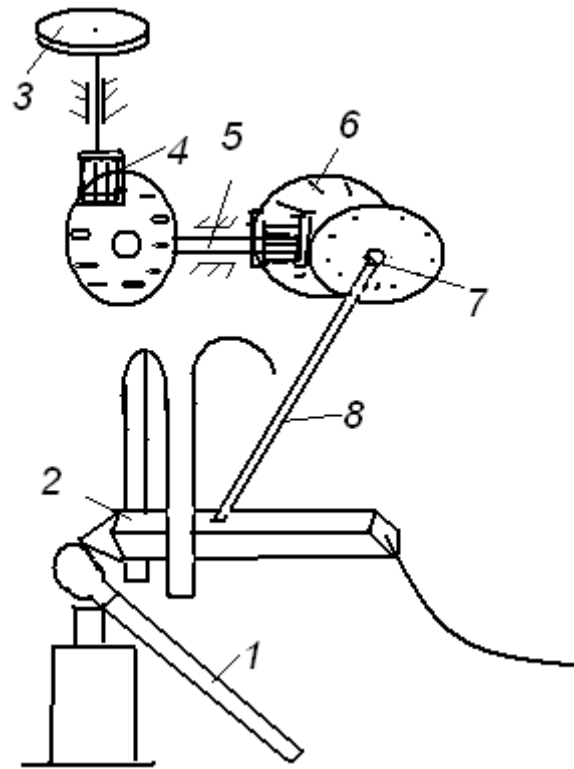
а)



б)



в)



з)

Рис. 3.55. Рисунки Леонардо да Винчи и эскизы схем станков:
 а, б – для распиливания заготовок (с педально-кривошипным приводом): 1 – педаль; 2 – кривошип; 3 – шатун; 4 – маховик;
 5 – рама; 6 – пила; 7 – заготовка; в, з – обработки брусков:
 1 – резец; 2 – заготовка; 3 – приводное колесо; 4, 6 – цевочные передачи; 5 – вал; 7 – кривошип; 8 – шатун

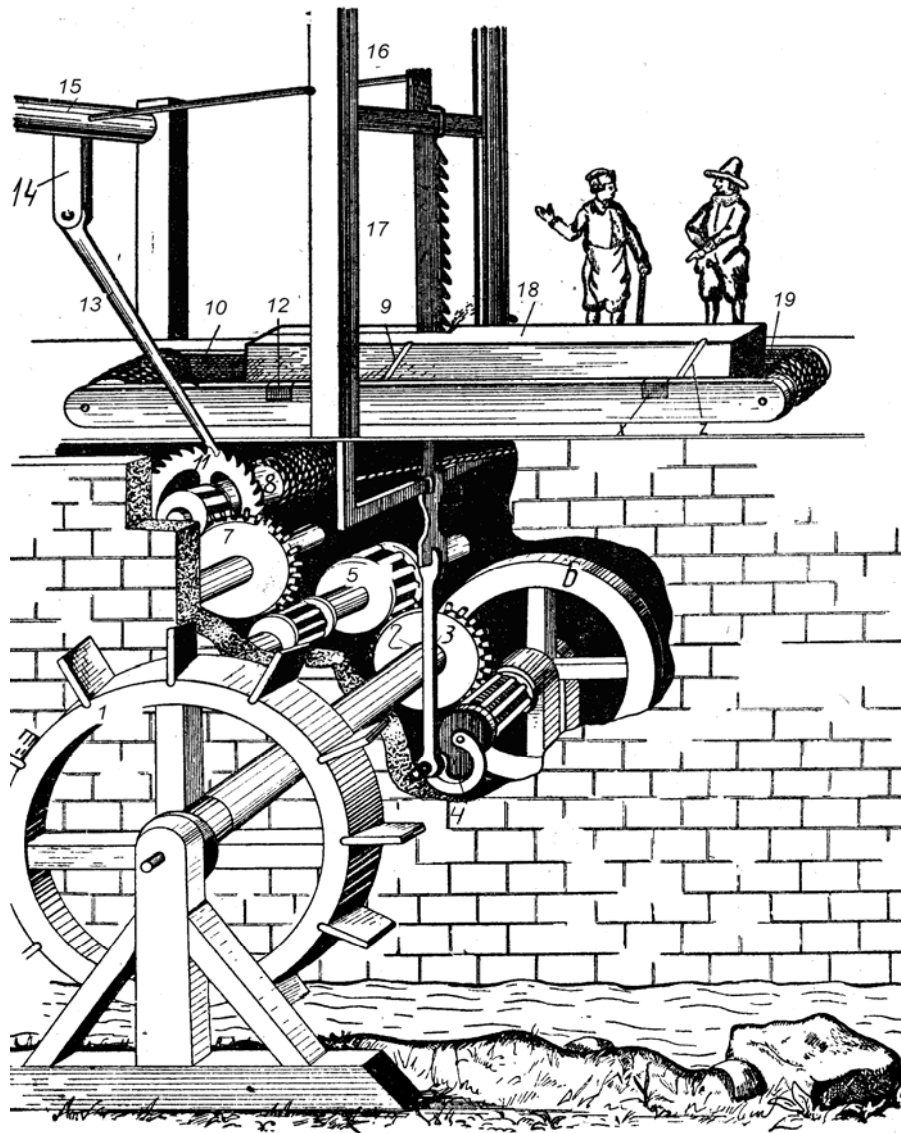


Рис. 3.56. Станок для распиливания заготовок: 1 – гидроколесо; 2 – вал; 3 – шатун; 4 – кривошип; 5 – цевочная передача; 6 – маховик; 7 – цевочная передача; 8 – барабан; 9 – упор; 10 – канат; 11 – храповое колесо; 12 – опора; 13 – толкатель; 14 – серьга с осью; 15 – поворотная ось; 16 – рычаг; 17 – пила; 18 – заготовка; 19 – приводной канат

3.2.6. Станок для насечки напильников

Одной из самых трудоемких слесарных операций была насечка зубьев напильников. Леонардо да Винчи предложил конструкцию станка для насечки напильников (рис. 3.57). Заготовка напильника 1 закреплялась прижимом 2 на столе 14. Ударник 10 с острой режущей кромкой, падая, насекал зубья на заготовке. Все движения в станке осуществлялись от рукоятки 3, вращательное движение от которой передавалось на цевочную передачу 5 и кулачок 7. Кулачок 7, нажи-

мая на рычаг 8, поворачивал ось 9 и поднимал ударник 10, который затем падал под собственным весом. Кроме того, вращательное движение от рукоятки 3 посредством цевочной передачи 5 передавалось винту 13, который обеспечивал поступательное движение стола 14 с вмонтированной в нем гайкой. Груз 11 возвращал стол 14 в исходное положение, вращая вал 4 в обратном направлении.

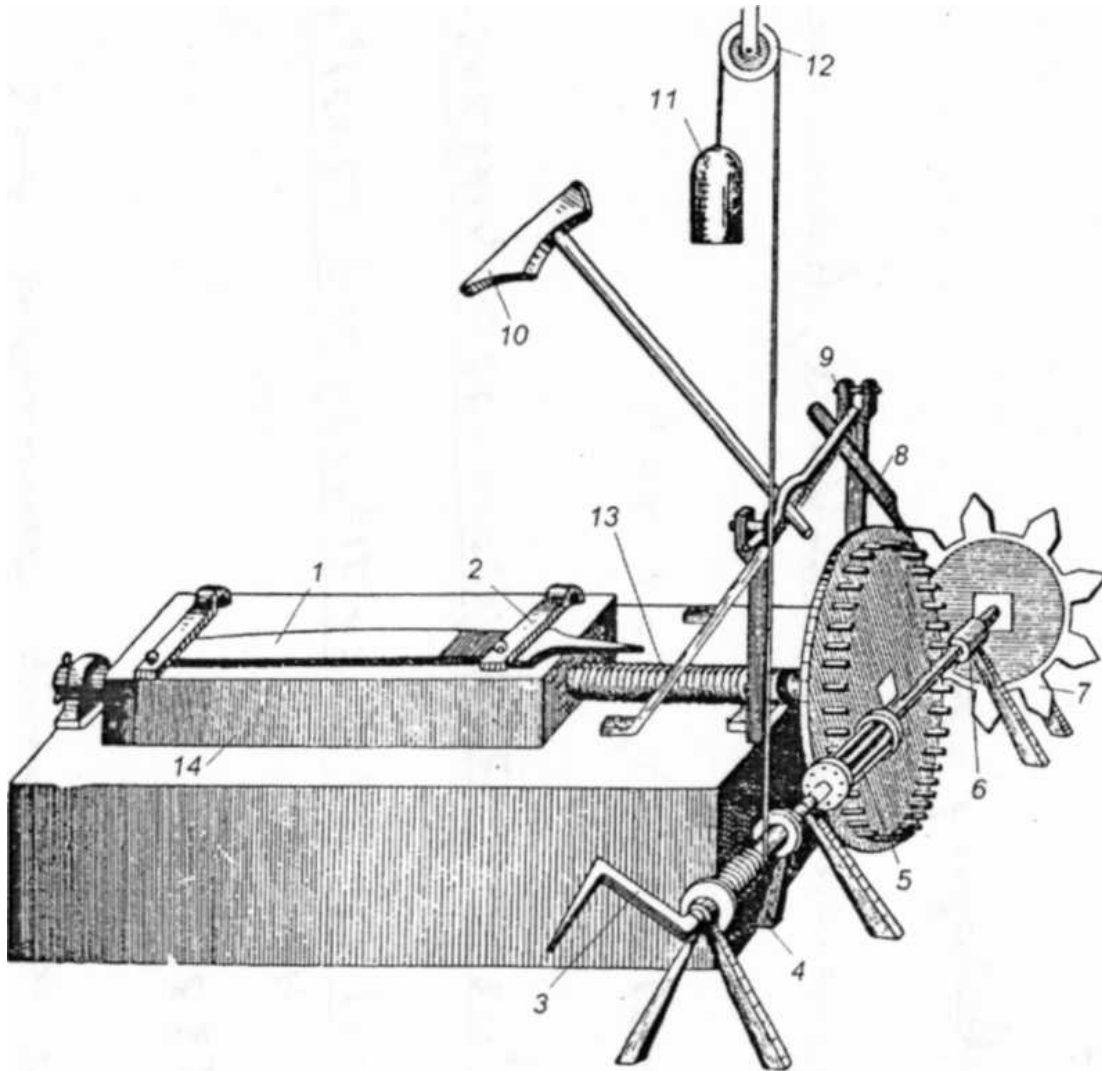
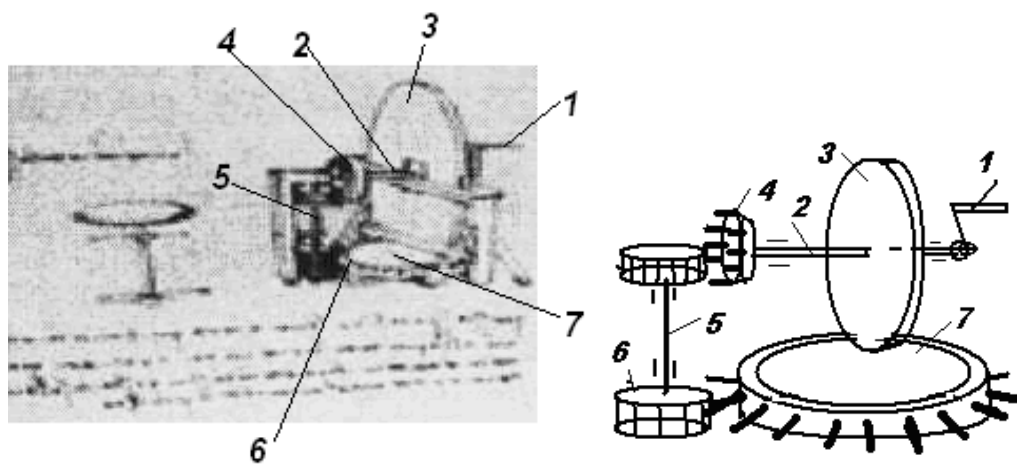


Рис. 3.57. Реконструкция рисунка Леонардо да Винчи станка для насечки напильников: 1 – заготовка напильника; 2 – прижим; 3 – рукоятка; 4 – вал; 5 – цевочная коническая передача; 6 – опора; 7 – кулачок; 8 – рычаг; 9 – ось; 10 – ударник (боек); 11 – груз; 12 – блок; 13 – винт; 14 – стол

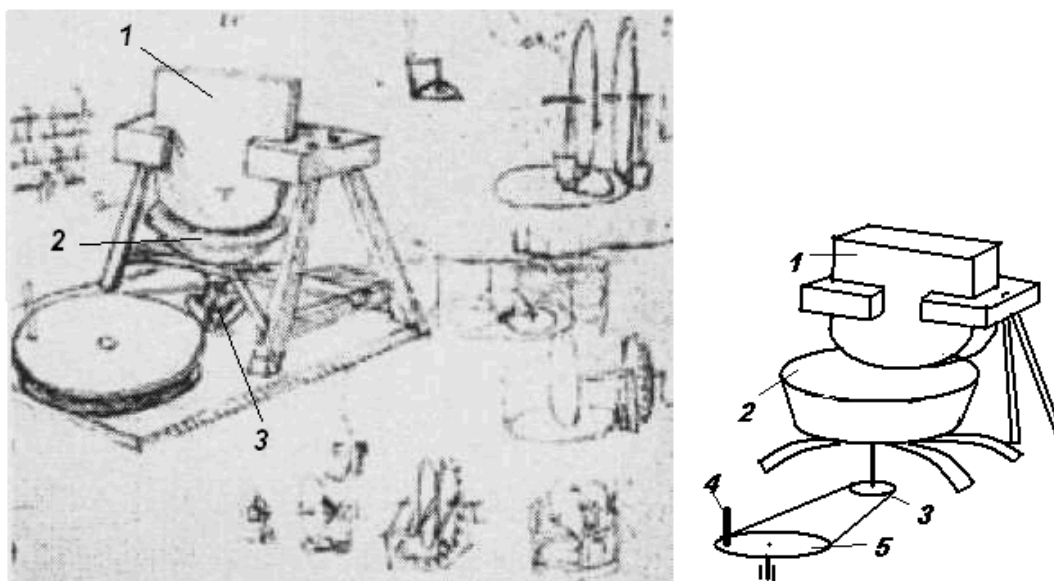
3.2.7. Абразивные станки

Обработка материалов с помощью естественных камней, кристаллы которых осуществляли резание, является наиболее древним

видом обработки. Леонардо да Винчи предлагал конструкции станков для обеспечения одной из трудоемких операций – шлифования стекол при получении линз и зеркал (рис. 3.58, 3.59). На рис. 3.58 представлены шлифовальные станки, обеспечивающие обработку заготовок вращающимся диском (рис. 3.58, а) или абразивным перемещающимся под собственным весом камнем (рис. 3.58, б).



а)



б)

Рис. 3.58. Рисунки Леонардо да Винчи станков для обработки зеркал:
 а – вращающимся абразивным диском: 1 – рукоятка; 2 – вал;
 3 – абразивный диск; 4 – зубчатая передача; 5 – вал; 6 – цевочная передача; 7 – стол с заготовкой; б – подвижным абразивным камнем:
 1 – абразивный камень; 2 – стол; 3 – шкив; 4 – рукоятка; 5 – шкив

Движения в станке (рис. 3.58, *а*) осуществлялись от рукоятки 1 на абразивный диск 3 и через зубчатую передачу 4 на вал 5, а от него через передачу 6 на стол 7. На столе была закреплена заготовка.

Станок с абразивным камнем (рис. 3.58, *б*) работал следующим образом. За рукоятку 4 вращали шкив 5, от которого посредством ремня движение передавалось на шкив 3. Шкив 3 был закреплен на одной оси со столом 2. На столе 2 была закреплена заготовка. Камень 1 перемещался в вертикальном направлении под собственным весом.

На рис. 3.59, *а, д* представлены конструкции станков для шлифования зеркал. Вращательное движение заготовке (рис. 3.59, *а*), закрепленной на диске 2, обеспечивалось с помощью рукоятки 1. Абразивный сегмент 4 совершал качательные движения. Эти движения обеспечивались посредством рукоятки 1 через ременную передачу. Ремень, наматываясь на вал, поворачивал шкивы 3 и передвигал сегмент 4. С помощью груза 5, веревки и блоков 6 инструмент прижимался к заготовке.

На рис. 3.59, *б–г* представлены станки для шлифования зеркал периферией (рис. 3.59, *б, д*) и торцом абразивного диска 4, вращательное движение на который передается от рукоятки 1 через цевочную передачу 2. Заготовка закреплялась на поворотном столе 3. Аналогичные конструкции станков, не описанные в тексте, представлены на рис 3.58 и 3.59.

При изучении истории резания металлов абразивами следует различать две области применения этого вида обработки. Во-первых, это заточка всевозможных режущих орудий труда и оружия, во-вторых, обработка всех других металлических предметов с целью доведения их до определенных размеров или для получения поверхности требуемого качества.

Снятие заусенцев и других следов предварительной обработки обычно выполняется на тех же станках, что и заточка ручного режущего инструмента. Заточные станки известны давно. Главная их часть – песчаниковый камень. В природных условиях он залегают плитами. Куску плиты придавали приблизительно форму диска. В центре камня выполнялось отверстие, в которое вставлялся вал, опиравшийся на два подшипника. Посаженной на вал рукояткой или с помощью кривошипного механизма, соединенного с педалью, камень приводился во вращение. Прижимая к нему другой камень, снимали неровности периферийной рабочей части и придавали таким образом режущему инструменту окончательную форму.

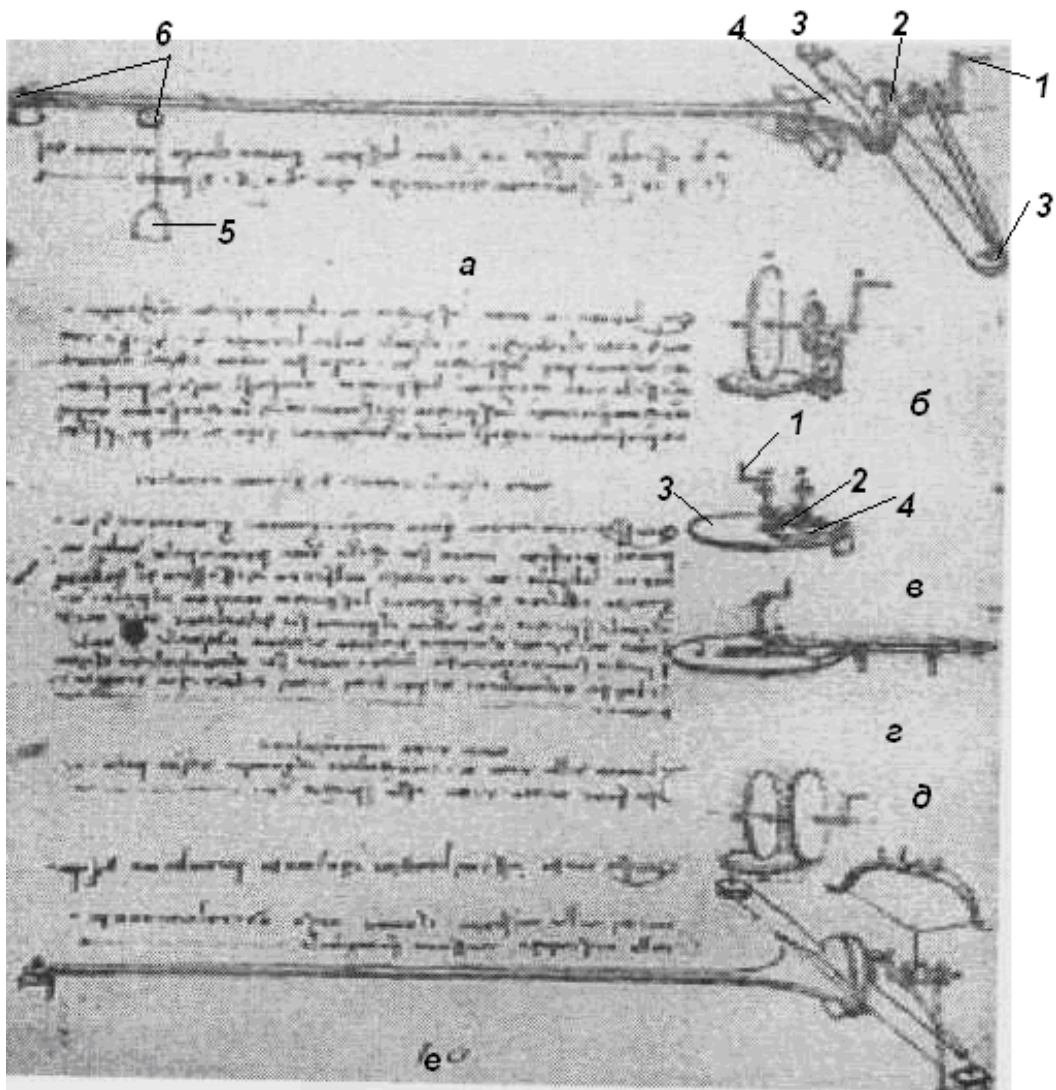


Рис. 3.59. Рисунки Леонардо да Винчи станков для обработки линз и зеркал: *а* и *д* – для шлифования зеркал качательными движениями: 1 – рукоятка; 2 – диск; 3 – шкивы; 4 – абразивный сегмент; 5 – груз; *б* – веревки и блоки; *б* – шлифования периферией абразивного инструмента; *в* и *г* – для шлифования торцом абразивного диска: 1 – рукоятка; 2 – цевочная передача; 3 – поворотный стол; 4 – абразивный диск

На рис. 3.60 представлена относящаяся к 1568 г. гравюра Иоста Аммана, изображающая точильщика-ремесленника. Точило с пристроенной к нему капельницей уже имеет вполне законченный вид. С тех пор станки этого типа почти не менялись и их до настоящего времени можно увидеть в столярных мастерских, где они успешно применяются для заточки режущего инструмента.

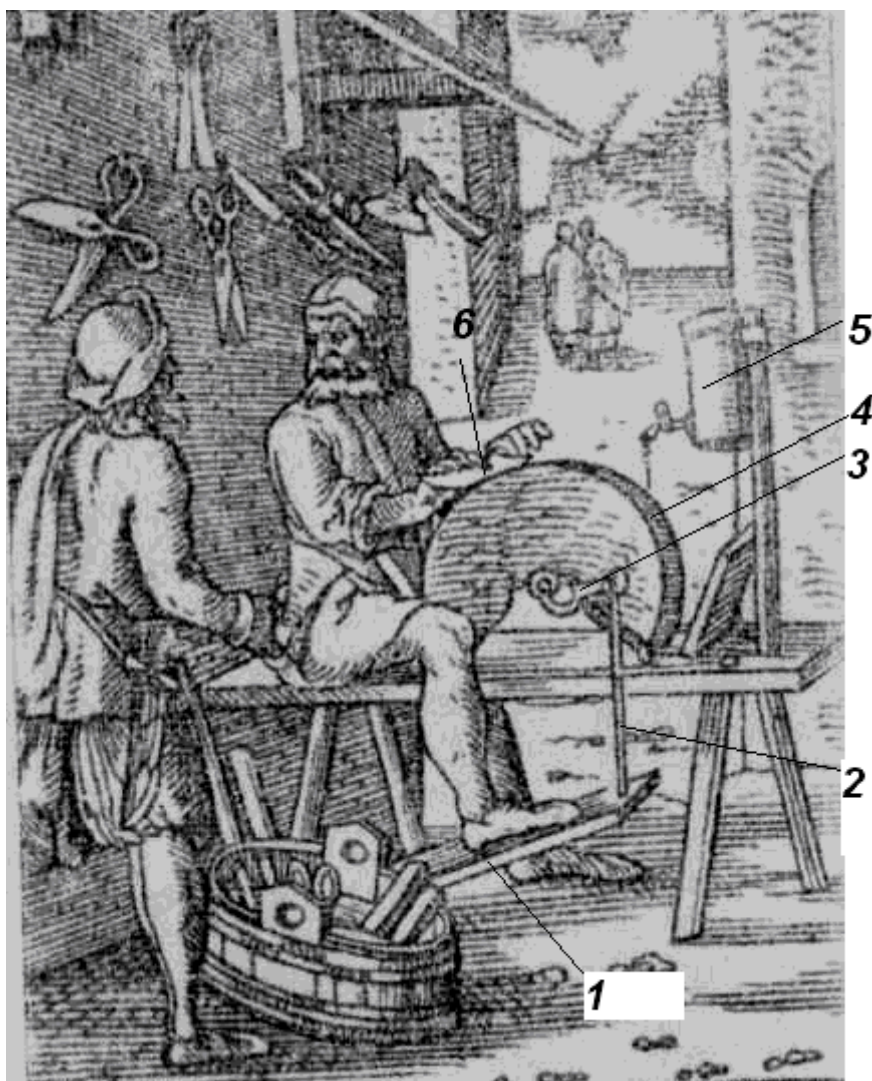


Рис. 3.60. Гравюра обработки на заточном станке (И. Амман, 1568 г.):
1 – педаль; 2 – шатун; 3 – кривошип; 4 – наждак (абразивный камень);
5 – емкость с водой; 6 – заготовка

В книге Фельдхауза есть фотография гравюры Колерта, относящейся к 1570 г. Она изображает шлифовальное отделение мастерской по изготовлению кирас. Здесь можно насчитать пять больших абразивных камней, посаженных на один вал. Последний имел привод, вероятнее всего, конный. Перед этим большим шлифовальным станком стояла скамья, дававшая возможность работать с некоторым удобством. Можно предположить, что камни разного размера отличались друг от друга материалом – величиной зерен, что позволяло применять крупнозернистые инструменты для обдирочных работ, т. е. ускорять процесс шлифования и затем улучшать качество обработки поверхности, применяя мелкозернистые абразивные инструменты.

3.2.8. Совершенствование способа изготовления зубчатых колес

Наиболее старый делительный диск (рис. 3.61), изготовленный в 1564 г., до Второй мировой войны хранился в Дрезденском физико-математическом салоне. На нем были нанесены концентрические окружности, разделенные на определенное число частей, а также имелось отверстие для насадки на штырь и удобства разметки заготовки. Как отмечает Фельдхауз, делительный диск был расчерчен с обеих сторон. С одной стороны он имел 11 концентрических окружностей со 120 делениями, а с другой – 10 окружностей с 768 делениями. Такое большое количество делений позволяло размечать зубчатые колеса с любым числом зубьев в пределах потребности того времени.

Изготовление зубчатых колес требовало очень большой затраты труда. Сделанные вручную напильником по разметке, даже выполненной со специальными приспособлениями, они не были точными. Потребность в изготовлении мелких зубчатых колес для карманных часов, получивших к концу 17 в. значительное распространение, вызвала настойчивую необходимость в механизации труда.

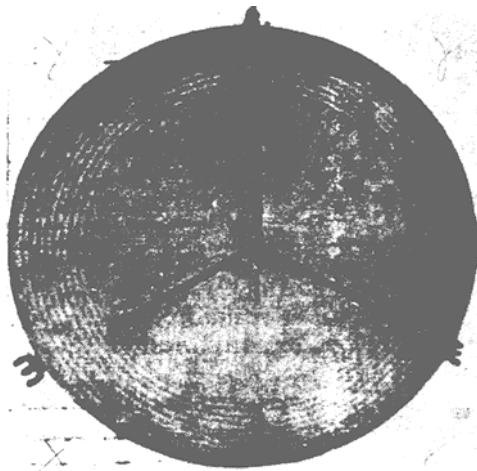


Рис. 3.61. Делительный диск для разметки заготовок при нарезании зубчатых колес

3.2.9. Материалообрабатывающие инструменты и оснастка ремесленного производства

Инструмент средневекового мастера был несложным (рис. 3.62–3.64). Да и работал он со своими немногочисленными подмастерьями в такой маленькой мастерской, что она вполне умещалась в пределах нижнего этажа дома, в котором жил его владелец. Они изготавливали все изделие от начала до конца.

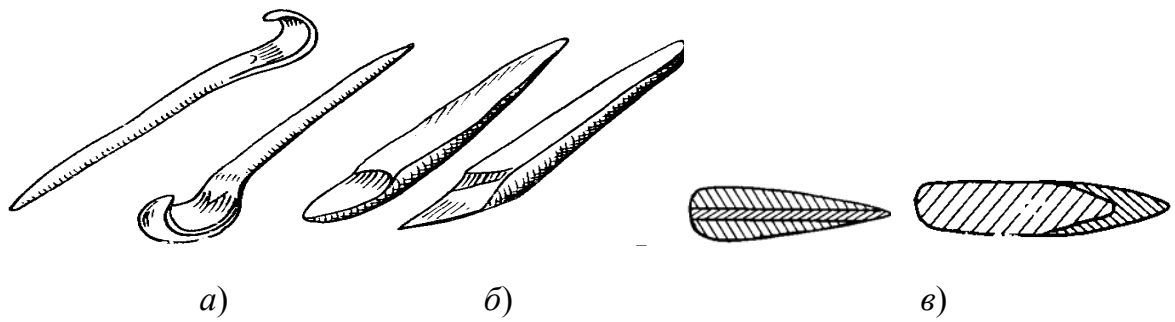


Рис. 3.62. Резцы Древней Руси 9–10 вв.: *а* – для обработки отверстий; *б* – наружного точения; *в* – из нескольких слоев стали разной твердости

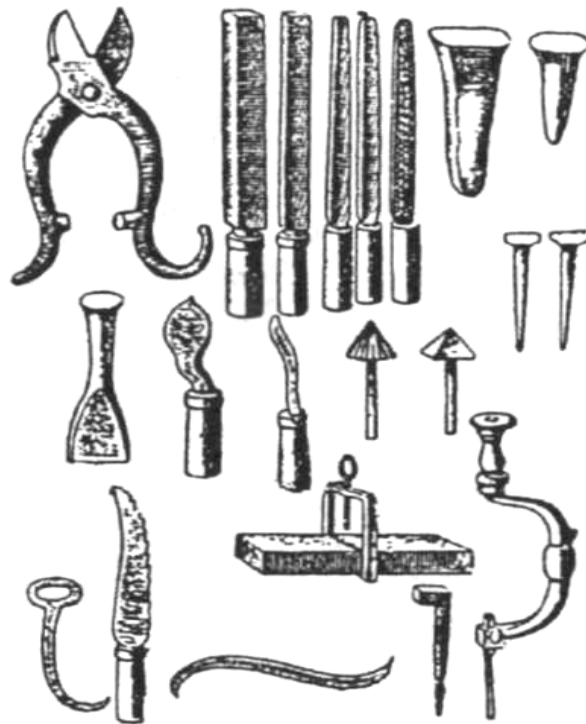


Рис. 3.63. Инструменты и оснастка ремесленника

Установлено, что напильники с перекрестной насечкой появились на Руси не позднее 12 в. Формы поперечного сечения у них однотипные с современными – квадратная, прямоугольная, треугольная, полукруглая, ромбическая, круглая, овальная. Примечательно, что однорядная насечка напильников была распространена в Западной Европе до конца 14 в., пока в Нюрнберге не появилась перекрестная насечка (рис. 3.64).

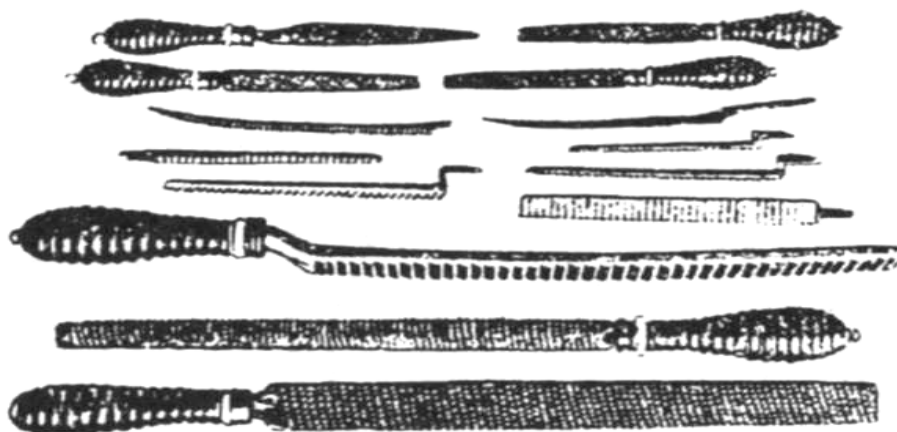


Рис. 3.64. Напильники

Сверлить железными инструментами в древности умели и на Руси. Так, археологические находки и письменные источники, относящиеся к 9–11 вв., дают представление о двух видах сверл по дереву. Это винтовые сверла – «бурав», «сверель», которые имели правое, по часовой стрелке, рабочее вращение и достигали длины до 370 мм при диаметре от 6 до 21 мм (рис. 3.65, *а*). Были в обиходе мастеровых и перовые сверла – «напарья», похожие на ложку, которыми сверлили отверстия большего диаметра (рис. 3.65, *б*).

Технология получения сверл была непростой. Винтовые канавки на буравах выбивались с помощью молотка и зубила с закругленным лезвием. На железную основу наваривалось стальное острие, которое затем подвергалось закалке и заточке. Иногда наконечники перовых сверл делали многослойными и таким образом, чтобы на острие выходила стальная пластинка очень высокой твердости.

Металлографический анализ показывает, что стальное острие имело высокое содержание углерода – до 0,9 %. Применялась и цементация. Тогда содержание углерода в стали достигало 1,2 %. Для этого инструмент покрывали салом, обматывали полосками из козливой кожи, затем обмазывали глиной и помещали в кузнечный горн. Держали в горне до сгорания кожи. Иногда вместо кожи применяли роговые стружки. Можно сказать, что и техника обработки металла, и предназначенные для этой цели инструменты на Руси 9–11 вв. вполне соответствовали эпохе.

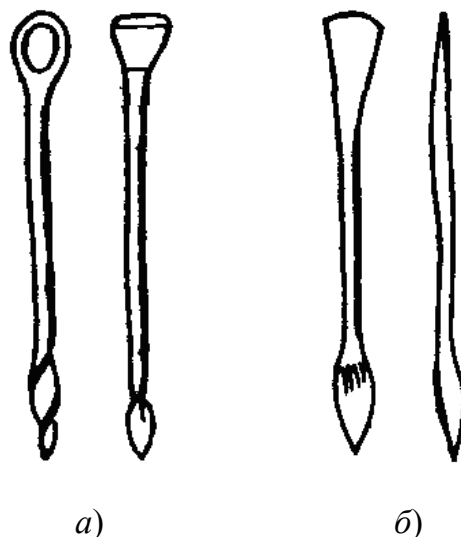


Рис. 3.65. Эскизы сверл мастеровых Древней Руси 9–11 вв.:
a – винтовые; *б* – перовые

Измерительные инструменты. Необходимость применения калибров возникла в начале 14 в., когда в Европе появилось огнестрельное оружие. Первые пушки стреляли круглыми каменными ядрами. В конце 15 в. ядра стали отливать из чугуна. К каждой пушке в те времена подходили только свои ядра, т. к. размеры стволов не были стандартизованы и изготавливались мастерами-оружейниками по собственному техническому усмотрению и заказам, исходя из личных возможностей и опыта. Поэтому ядра примерялись к самой пушке. Если они входили в дуло и не заклинивались, то считались годными для стрельбы. По сути, внутренний диаметр ствола являлся калибрующим инструментом для ядер. Если же ядра оказывались меньше нужного размера, то их не выбрасывали, а подыскивали для них другую пушку или же перед выстрелом в сражении заполняли зазоры подручными уплотняющими материалами. Много работы было и на сборных пунктах, куда свозили на подводах из разных мест стволы пушек, ядра и лафеты, которые часто не подходили друг к другу. Поэтому прямо на местах сбора войск приходилось устраивать мастерские для подгонки артиллерийского снаряжения. Конечно, в своей работе кузнецы использовали не только «калибры» в виде готовых пушек. Это был, так сказать, последний этап контроля годности ядер. Они широко применяли линейки и циркули.

Циркули как измерительный и разметочный инструмент хорошо знали еще в античном мире архитекторы, скульпторы, мастера по металлу и плотники. Они были в основном нескольких типов: с заостренными прямыми и дугообразными ножками, наподобие современных

кронциркулей, с ножками, загнутыми на концах, как у наших нутромерных циркулей, и даже пропорциональные. С помощью пропорциональных циркулей увеличивали или уменьшали размеры при разметке.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите условия и причины развития станков и инструментов в Средние века.
2. Раскройте развитие естественнонаучных знаний в Средние века.
3. Раскройте роль Леонардо да Винчи в развитии естественнонаучных знаний.
4. Опишите процесс развития производства бумаги и книгопечатания.
5. Опишите процесс развития научных приборов.
6. Опишите процесс развития технических знаний и роли в нем Леонардо да Винчи.
7. Опишите процесс создания очков.
8. Опишите процесс создания колесного плуга.
9. Опишите процесс развития транспорта.
10. Опишите процесс создания «греческого огня».
11. Опишите процесс создания пороха.
12. Опишите процесс развития огнестрельного оружия.
13. Опишите процесс развития ремесленного производства.
14. Опишите устройство водяных мельниц.
15. Опишите устройство ветряных мельниц.
16. Опишите процесс совершенствования механических устройств.
17. Роль Альберта Больштедта в создании механизмов.
18. Раскройте роль Леонардо да Винчи в создании механизмов.
19. Опишите устройство часов.
20. Опишите устройство часов под названием «Космическая машина».
21. Опишите устройство шпиндельного спуска часов.
22. Опишите устройство башенных часов.
23. Опишите устройство конструкций часовых механизмов Леонардо да Винчи.
24. Когда и кем были созданы карманные часы?
25. Опишите устройства приводов механизмов от гидроколеса.
26. Опишите устройство системы поршневых насосов рудника, мельницы и мешалки.

27. Опишите устройство для дробления руды.
28. Опишите устройство механизированных мехов.
29. Опишите процессы обработки металлов ковкой и волочением.
30. Опишите устройство винтового пресса Леонардо да Винчи.
31. Опишите устройство молота с гидромеханическим приводом.
32. Назовите, когда на территории Великого княжества Литовского сформировались первые токарные цехи?
33. Опишите устройство токарного станка с педально-очеповым приводом.
34. Опишите устройство первого суппорта.
35. Опишите устройство токарных станков Леонардо да Винчи.
36. Опишите устройство токарно-овальверного станка Жака Бессона.
37. Опишите процесс изготовления крупного винта.
38. Опишите устройство токарно-винторезного станка Леонардо да Винчи.
39. Опишите устройство токарно-винторезного станка по Жаку Бессону.
40. Опишите устройство токарно-винторезного станка по Жану Эрару.
41. Опишите устройство токарно-копировального станка.
42. Опишите устройство расточного станка.
43. Опишите устройство сверлильного станка с гидромеханическим приводом.
44. Опишите устройство горизонтального сверлильного станка.
45. Опишите устройство станков Леонардо да Винчи для обработки материалов.
46. Опишите устройство станка для распиливания заготовок.
47. Опишите устройство станка Леонардо да Винчи для насечки напильников.
48. Опишите устройство станков Леонардо да Винчи для обработки линз и зеркал.
49. Опишите процесс обработки на заточном станке.
50. Опишите особенности конструкций резцов Древней Руси для обработки отверстий и наружного точения.
51. Опишите особенности конструкций сверл мастеровых Древней Руси.
52. Опишите особенности измерительных инструментов.

Глава 4. РАЗВИТИЕ СТАНКОВ И ИНСТРУМЕНТОВ В МАНУФАКТУРНЫЙ ПЕРИОД (1601–1760 гг.)

4.1. Условия и причины совершенствования станков и инструментов

4.1.1. Основные особенности мануфактурного производства

При феодализме наибольшее развитие техника получила в период 16–18 вв. Великие географические открытия, новые рынки сбыта и источники сырья дали мощный толчок развитию торговли, а та, в свою очередь, стимулировала резкое увеличение выпуска товаров. Цеховые корпорации ремесленников, господствовавшие с 11 по 16 вв., не могли справиться с этой задачей. Путь к увеличению производства лежал через увеличение производительности труда, которого можно было добиться лишь через разделение труда между участниками технологического процесса.

Мануфактурное (от лат. manus – рука + factura – изготовление) производство, основанное на применении наемного труда, начало зарождаться в недрах средневекового ремесленного производства еще в 13–14 вв. в городах-государствах Италии и других местах Западной Европы.

Мануфактура, базирующаяся на ручной ремесленной технике, способствовала общественному разделению труда и тем самым подготовила переход к машинному производству. Господствующую форму общественного производства она занимала в Западной Европе в период с середины 16 и до последней трети 18 в., в России – со второй половины 17 до первой половины 19 в.

При полном развитии мануфактурного производства весь технологический процесс разделялся на отдельные обособленные операции или на изготовление отдельных деталей, которые затем собирались воедино. Таким образом, каждая операция или изготовление отдельной детали становились исключительной функцией особого работника.

При этом имела место целая иерархия специальностей, требующих различной квалификации, имеющих разную оплату труда, предполагающая обязательное наличие учеников. Благодаря общественному разделению труда и повышению его производительности мануфактура создала необходимые условия для организации машинного производства.

Наряду с капиталистической мануфактурой, основанной на использовании преимущественно наемного труда, широко использовался и принудительный труд крепостных крестьян, заключенных, обитателей приютов и т. п.

Но и при мануфактуре в основном производстве применялись главным образом машины-двигатели, в то время как рабочие машины (машины-орудия) использовались лишь в подготовительных и вспомогательных процессах. Против внедрения машин выступали часто рабочие, считая их своими врагами, лишаящими их заработка, а также ремесленники, боясь разорения. В законодательных документах Германии, Голландии и других стран часто появлялись статьи, осуждавшие изобретение машин и запрещающие их применение. Положение в корне изменилось лишь с середины 18 в. с началом промышленной революции.

4.1.2. Сближение техники с наукой и развитие технических наук

Эпохой Возрождения закончился первый, донаучный этап развития технического знания, охватывающий значительный период времени, начиная с первобытно-общинного строя.

Начинается зарождение технических наук на стыке производства и естествознания для решения практических задач и обслуживания производства. Научный и технический прогрессы стали сближаться в 16–18 вв., когда мануфактурное производство, нужды торговли и мореплавания потребовали теоретического и экспериментального решения практических задач.

Начиная со второй половины 15 в. и до начала 18 в. происходит становление экспериментального метода на основе соединения науки и практики. Наука проникает в прикладную сферу, но техническое знание еще не приобретает статуса научной теории, поскольку еще не сформировались окончательно теоретические построения естественных наук, основанные на эксперименте.

На начало рассматриваемого периода приходится деятельность второго после Леонардо да Винчи «великого итальянца» *Галилео Галилея* – знаменитого ученого, физика и астронома, одного из основоположников современной науки. В отличие от Леонардо да Винчи истоком творчества Галилея была не живопись, не искусство вообще, а техника и только техника. Техническая деятельность этого разностороннего ученого чрезвычайно многогранна. Он зани-

мался проектированием каналов и оросительных систем, мостов и крепостей, изобрел гидростатические весы, микроскоп (1610), телескоп с 32-кратным увеличением и др.

«Трактат о науке механике», написанный на основе прочитанных Галилеем лекций в Падуанском университете, является основой современной механики, которую он понимал как науку о машинах и практическом их использовании. Он установил законы инерции, свободного падения и движения тел по наклонной плоскости, сложения движений; открыл изохронность колебаний маятника; первым исследовал прочность балок, заложив основы сопротивления материалов. Велика роль Галилея в становлении и развитии экспериментального метода в науке, которым он уже владел в полной мере. Как защитник гелиоцентрической системы Коперника был подвергнут в 1633 г. суду инквизиции и конец жизни провел в ссылке.

Таким же разносторонним ученым был и *Исаак Ньютон* – английский математик, механик, астроном и физик, президент (с 1703 г.) Лондонского королевского общества. Он открыл закон всемирного тяготения и сформулировал основные законы классической механики, заложив ее основы. Независимо от Г. Лейбница разработал дифференциальное и интегральное исчисления, развил корпускулярную и волновую теории света, открыл дисперсию и абберацию, исследовал интерференцию и дифракцию света, построил зеркальный телескоп.

С 15–16 вв. начинают возникать научные общества в виде вольных объединений ученых и других лиц, ведущих исследовательскую работу. Вначале они представляли, как правило, профессиональные объединения ученых и назывались академиями, позже стали более широкими по своему составу. Впервые слово «академия» (греч. *akademia*) появилось в названии философской школы, основанной Платоном (ок. 387 г. до н. э.) близ Афин, которое она получила в честь мифического героя Академа.

Название академий стали носить в 15–16 вв. многие научные общества Европы, а в 17 в. сформировались первые высшие научные учреждения – академии наук (АН). Так, в 1700 г. известный математик *Готфрид Лейбниц* основал Бранденбургское научное общество, позднее ставшее Берлинской АН. Основанная в 1724 г. *Петром I* Петербургская АН стала высшим научным учреждением России, а ее первым действительным членом стал М. В. Ломоносов.

В 17 в. стали появляться и специализированные научные общества (технические, географические, медицинские и др.). Универсальные научные общества в 18–19 вв. стали приобретать статус национальных

научных центров. Таким было, в частности, основанное в 1660 г. Лондонское королевское общество, членами которого могли быть только признанные ученые. С самого начала деятельность научных обществ строилась на принципах добровольности и выборности, а их целью являлись координация исследований, обмен информацией, издание трудов, ведение научно-технической пропаганды.

Развитие науки и техники, а также интенсивный рост потока изобретений потребовали юридической защиты прав новаторов техники и изобретателей. Некоторые общие правила таких привилегий стали разрабатываться с 15 в. в Венеции, а с 16 в. – в Англии и Германии. Но окончательно патентное законодательство впервые оформилось в 1624 г. в Англии. В других странах соответствующие законы были приняты позже.

Б. Паскалем в 17 в. было открыто свойство несжимаемой жидкости, получившее широчайшее использование в современной технике. В своем трактате о равновесии жидкостей, изданном в 1663 г., он писал: «Если сосуд, полный водою, закрытый со всех сторон, имеет два отверстия, и одно имеет площадь в сто раз больше, чем другое, с плотно вставленными поршнями, то один человек, толкающий маленький поршень, уравновесит силу ста человек, которые будут толкать в сто раз больший, и пересилит 99 из них» (рис. 4.1).

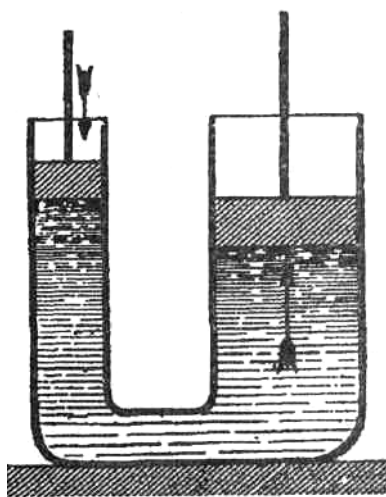


Рис. 4.1. Схема гидростатического равновесия

После опубликования трактата Паскаля идея гидравлического пресса витала в воздухе, но осуществить ее на практике не удавалось еще более ста лет, потому что не могли добиться необходимой герметичности сосуда: при больших давлениях вода просачивалась между стенками цилиндра и поршня и никакого усиления не получалось.

4.1.3. Совершенствование привода оборудования

Водяные двигатели в мануфактурный период стали господствующими во всех видах производства: горном деле и металлургии; бумажном, текстильном, лесопильном, мукомольном, маслобойном и др.

Продолжалось совершенствование гидроустановок и расширение их применения для водоснабжения и комплексной механизации производственных процессов в горнодобывающей и перерабатывающих отраслях производства. От античности и средневековья мануфактурный период унаследовал нижнебойные (подливные) гидроколеса, в которых водяной поток воздействовал на их лопасти в нижней части и вращал за счет своей кинетической энергии (рис. 4.2, *а*). Это был самый простой вид гидродвигателя, в котором использовалось естественное течение потока, не требующее специальных сооружений.

Потом появились более мощные среднебойные колеса, в которых вода по желобу подавалась в среднюю часть колеса и за счет подъема увеличивалась потенциальная (запасенная) энергия падающего потока (рис. 4.2, *б*). С 16 в. стали применяться самые мощные верхнебойные, или наливные, колеса, в которых водяной поток, поднятый плотиной на большую высоту, падал на колесо сверху (рис. 4.2, *в*). В этом случае кроме мощных плотин требовалась система лотков (ларей) для направления потоков воды, а также «вешнячный» прорез для сброса излишних паводковых вод.

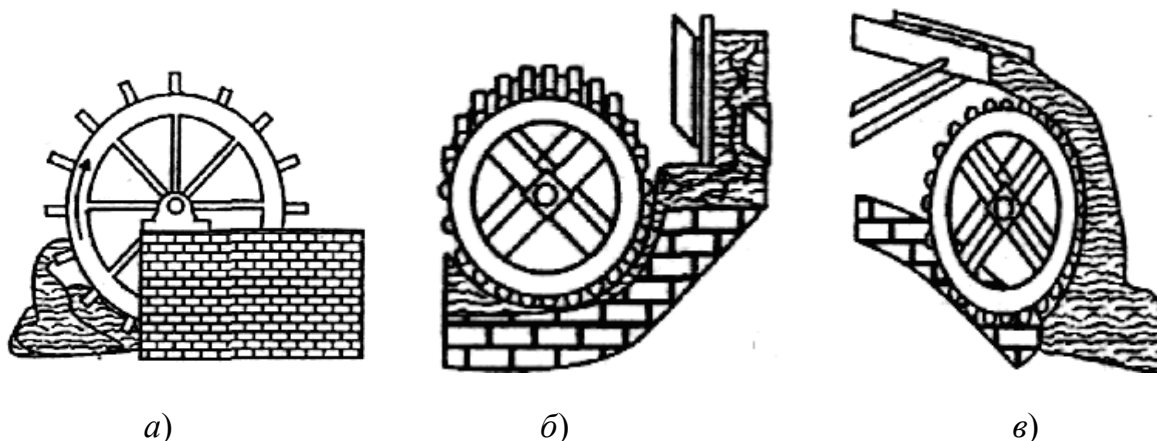


Рис. 4.2. Схемы водяных гидроколес: *а* – нижнебойного; *б* – среднебойного; *в* – верхнебойного

В Западной Европе применялись гидроколеса всех типов, при этом во Франции отдавали предпочтение нижнебойным. В конце 17 в. голландским инженером Раннекеном была построена водоподъемная уста-

новка в г. Марли (под Парижем) для обслуживания фонтанов Версаля. Она включала 14 нижнебойных гидроколес диаметром 12 м, приводящих в действие 253 поршневых насоса, закачивавших воду из р. Сена. Еще раньше (в конце 16 в.) на базе гидроколеса была построена лондонская насосная установка, питающая город питьевой водой.

Устройство различных гидротехнических сооружений и потребность регулирования водных потоков привели к развитию гидравлики, основоположником которой считается Леонардо да Винчи, и гидромеханики, развитой в работах итальянского ученого Э. Торричелли и француза Б. Паскаля.

В России в области гидравлики и гидродинамики работали такие выдающиеся деятели науки, как *Д. Бернулли* и *Л. Эйлер*. Бернулли, в частности, принадлежит выдающийся труд «Гидродинамика, или Записки о силах и движениях жидкостей...», опубликованный в 1738 г., а Эйлеру – такие фундаментальные работы, как «Более полная теория машин, приводимых в движение действием воды» (1754) и «Общие принципы движения жидкостей» (1755).

Водяное и ветряное колеса, веками служившие человеку и являвшиеся универсальными двигателями по техническому применению, не были универсальными по своему использованию в промышленности и на транспорте. Гидроколесо было привязано к водяным источникам, которые не отличались стабильностью, были подвержены паводкам, замерзанию и пересыханию. Не менее серьезными недостатками обладал и ветряной двигатель.

Вместе с тем из практики создания ветряных и гидравлических двигателей был извлечен значительный технический и научный опыт, заложивший основы конструктивно-технологических знаний. Он базировался на естественнонаучных открытиях 17 в. и техническом опыте разработки различных механизмов, элементов привода и передаточных систем.

Острая потребность в универсальном по своему применению и не зависящем от места работы двигателе заставляла изобретателей постоянно биться над идеей его отыскания.

Естественно, возникла мечта о создании вечного двигателя (лат. *perpetuum mobile* – перпетуум-мобиле), зародившаяся еще в 12 в. Вечный двигатель первого рода представлял воображаемую, непрерывно действующую машину, которая, будучи раз запущенной, совершала бы работу без получения энергии извне. Подобный двигатель противоречит закону сохранения и превращения энергии и потому неосуществим.

Вечный двигатель второго рода – воображаемая тепловая машина, которая бы полностью преобразовывала в работу теплоту, получаемую от какого-либо «неисчерпаемого» источника (океана, атмосферы и т. п.). Подобный двигатель не противоречит закону сохранения и превращения энергии, но нарушает второе начало термодинамики, а потому неосуществим, как и первый.

В мануфактурный период было выдвинуто множество проектов вечного двигателя, авторами которых были даже такие видные деятели науки и техники, как Д. Кардано и И. П. Кулибин. Невзирая на всю нелепость идеи и научные доказательства невозможности создания вечного двигателя, «мечта-тиран», как ее называл Кулибин, продолжает и сейчас терзать умы изобретателей.

Паровой привод. Острая потребность в универсальном и более совершенном источнике энергии заставила в свое время обратить внимание на пар еще Леонардо да Винчи и И. Ньютона. Первый предложил паровую пушку, в раскаленный углями ствол которой впускали холодную воду. В результате следовало ее мгновенное испарение и выталкивание ядра. Таким образом, ствол одновременно выполнял функции топки, котла и цилиндра.

Ньютон предложил идею использования прямоточного реактивного двигателя для экипажа. В своих опытах он устанавливал на тележку реторту с водой, при нагревании которой тележка приводилась в движение под действием струи выходящего пара. Но это была пока идея, не получившая практического осуществления.

В 1606 г. итальянский ученый *Батиста делла Порта* показал, как можно поднять воду под действием пара и как «засосать» ее путем конденсации пара в закрытом сосуде для создания разрежения. Оба эти явления также были использованы в первых паровых двигателях.

Само существование атмосферного давления и вакуума («торричеллиевой пустоты») открыл в 1644 г. итальянский ученый *Э. Торричелли*, а наглядно продемонстрировал в 1654 г. немецкий физик *О. Герике*, создавший воздушный насос и осуществивший опыт с «магдебургскими полушариями». Открытие атмосферного давления и вакуума имели чрезвычайно важное значение на пути к разработке паровой машины.

Применение ветряных мельниц, а также освоение энергии пара стимулировали интенсивное развитие пневматики, значительный вклад в которую внес уже упомянутый *О. Герике*, установивший ряд важнейших свойств воздуха и выполнивший свой знаменитый опыт. Разработка фундаментальных законов пневматики принадлежит анг-

лийскому ученому *Р. Бойлю*, установившему в 1662 г. независимо от французского физика *Э. Мариотта* (1676) один из газовых законов, названный «законом Бойля–Мариотта».

В 1629 г. итальянский архитектор *Джиованни Бранка* опубликовал любопытное изобретение: толчею для изготовления порошка необыкновенным двигателем (рис. 4.3).

Изображенная в левом верхнем углу голова есть не что иное как паровой котел *1*, а поставленное на вертикальную ось колесо с лопатками является паровой турбиной *2*.

Из рта головы – парового котла – вырывается сильная струя пара, ударяющая по лопаткам колеса и заставляющая их вращаться. А далее, от колеса, движение передается с помощью цевочных передач на барабан *5*, который попеременно зацепляет шпильками то левую, то правую ступку *6*, производя непрерывный процесс дробления какого-либо вещества. Пар здесь используется как двигательная сила.

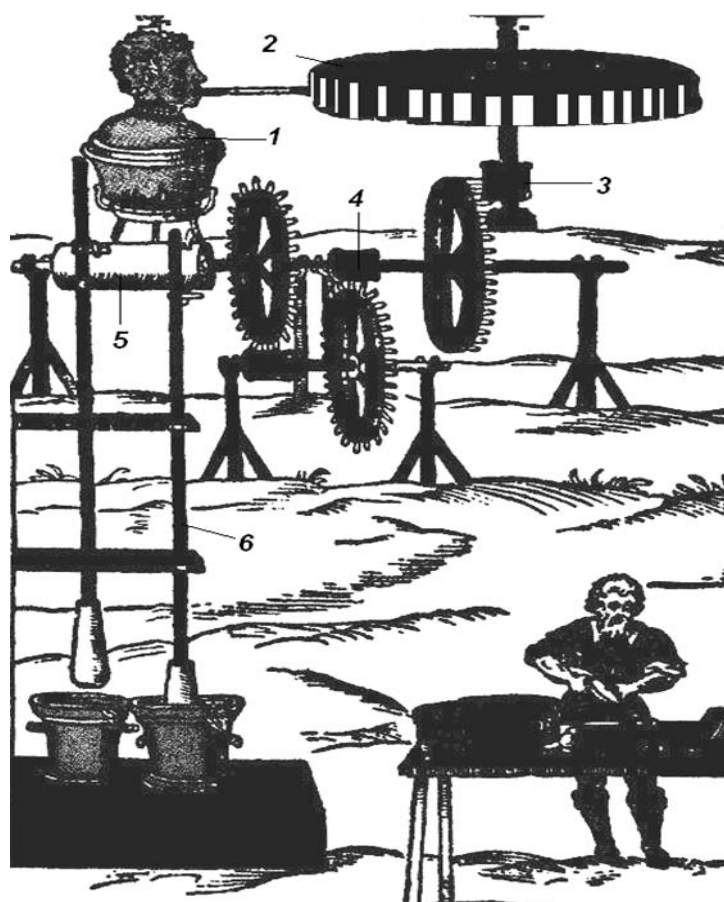


Рис. 4.3. Схема паротурбинного привода Дж. Бранки (1629):
1 – паровой котел; *2* – турбина; *3* – коническая цевочная передача;
4 – цилиндрическая цевочная передача; *5* – кулачок;
6 – толкатели

В 1666 г. *Х. Гюйгенс* высказал идею о необходимости «исследовать силу воды, разреженной силою огня», имея в виду пар. Кроме того, он направил в 1673 г. в Парижскую АН проект поршневого порохового двигателя, предвосхитив идею двигателя внутреннего сгорания.

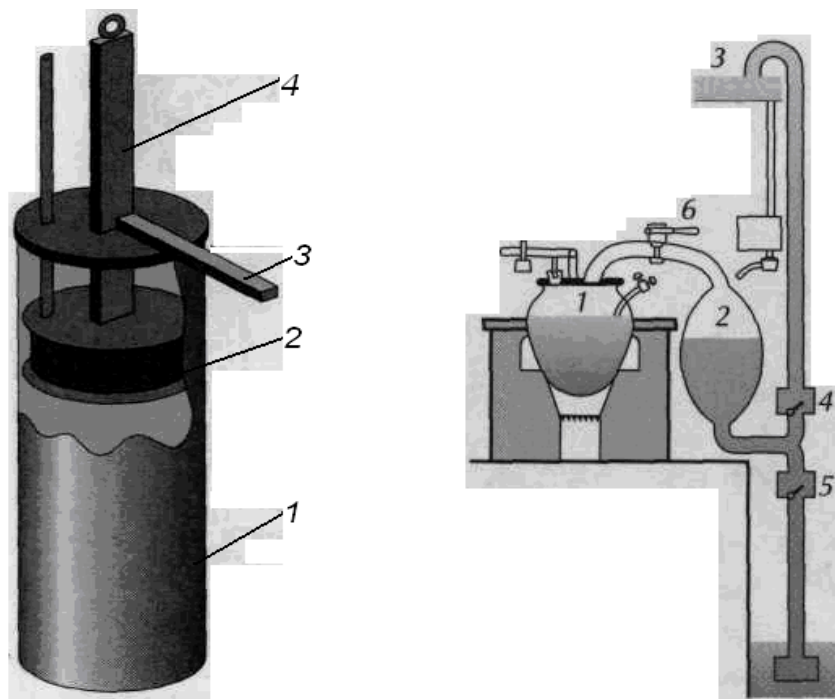
Соотечественник Гюйгенса *Д. Папен*, помогавший ему в опытах, в 1690 г. предложил паровую поршневую машину (рис. 4.4, *а*). Вода кипятилась, а затем охлаждалась непосредственно в цилиндре *1*, который, таким образом, выполнял роль котла и холодильника. Образовавшийся пар перемещал поршень *2* и шток *4* вверх. Затем фиксатором *3* шток удерживался в верхнем положении до конденсации пара. После фиксатор освобождал шток и под действием атмосферного давления он перемещался вниз, совершая рабочий ход. Но ни пороховой двигатель Гюйгенса, ни паровой Папена также не имели распространения на практике.

Практическое применение получил изобретенный в 1680 г. «Папенов котел» – паровой котел с предохранительным клапаном, первоначально предназначенный для «разваривания костей» и который сейчас известен всем домохозяйкам в качестве скороварки. Папен первый описал *пароатмосферный цикл*, в 1690 г. выдвинул идею применения силы пара для «продвижения судов против ветра», а в 1708 г. предложил проект парового судна, который остался неосуществленным.

Первую практически применимую паровую машину-водоподъемник построил в 1698 г. английский инженер *Томас Севери*. Его «огневой насос» имел узкое назначение – откачку воды из подземных выработок (рис. 4.4, *б*). Котел в его машине был уже отделен от двигателя, объединенного с насосом, поршня и цилиндра в машине не было. Отделение котла от двигателя повышало эффективность установки и было важным шагом на пути создания паровой машины. Пар из котла *1* поступал в емкость *2* и вытеснял воду из нее в резервуар *3* через нагнетательный клапан *4* при закрытом всасывающем клапане *5*. Затем кран *6* закрывали, а емкость *2* поливали холодной водой. Давление снижалось, и через клапан *5* вода поступала в емкость *2*. В 1715 г. машина Севери была усовершенствована французским физиком *Ж. Дезагюлье*.

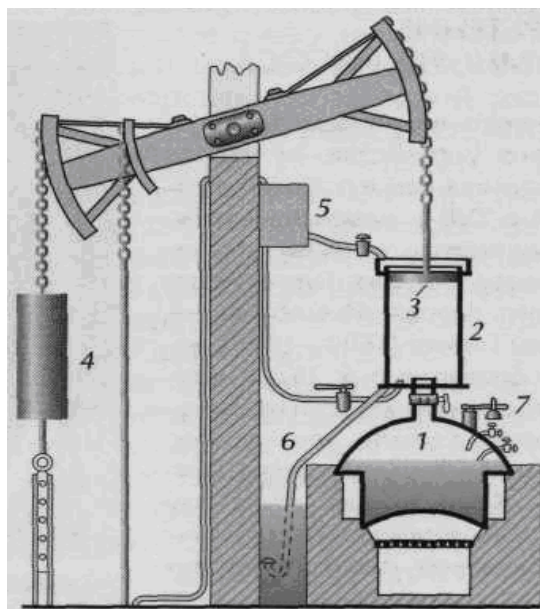
Дальнейшее совершенствование *паровой машины* связано с именем английского инженера *Т. Ньюкомена*, построившего в 1712 г. совместно с *Д. Колли* (Коули) первую работоспособную поршневую паровую, а точнее, пароатмосферную машину для откачки воды из шахт, в которой паровой котел был отделен от цилиндра и соединялся с ним трубкой (рис. 4.4, *в*). Пар из котла *1* поступал в цилиндр *2* и поднимал поршень *3*, который уравнивался грузом *4*. В резуль-

тате впрыскивания в цилиндр холодной воды из резервуара 5 пар конденсировался, и поршень опускался. Охлаждающая вода и сконденсированный пар выпускались из цилиндра по трубе 6, а излишний пар из котла – через предохранительный клапан 7.



а)

б)



в)

Рис. 4.4. Схемы парового привода:
а – Папена; б – Севери; в – Ньюкомена

«Водоподъемник» Ньюкомена–Коули стал первым тепловым двигателем, в котором появился передаточный механизм в виде балансира, связавшего насосную штангу с поршнем двигателя, и в результате двигатель конструктивно обособился от рабочей машины.

Дальнейшее совершенствование в машину Ньюкомена внес его соотечественник *Г. Бейтон*, который в 1718 г. автоматизировал процессы попеременного пуска пара и воды, а также снабдил котел предохранительным клапаном.

Д. Хольз (Гулль) в 1736 г. первый представил проект парового судна, оснащенного машиной Ньюкомена и двумя гребными колесами, расположенными за кормой. На этом, по существу, и закончился первый этап создания паровой машины.

Электричество. Первые сведения об электризации трением и некоторых свойствах естественных магнитов были известны еще в 7–6 вв. до н. э. В рассматриваемый период интерес к электричеству стал всеобщим и в среде ученых он стал даже предметом моды. Но до конца 18 в. развивалась преимущественно электростатика. Первые результаты экспериментальных исследований электрических и магнитных явлений описал в 1600 г. придворный английский врач королевы Елизаветы *Уильям Гильберт* (1544–1603) в своем сочинении «О магните, магнитных телах и большом магните Земля», в котором впервые появился термин «электричество» (от греч. *elektron* – янтарь).

На основе наблюдений и опытов Гильберт сделал следующие выводы:

1) электрические свойства возбуждаются трением, а магнитные присущи телам по природе. Еще древние греки установили, что янтарь, потертый шерстью или сукном, притягивает к себе легкие предметы, пушинки, волоски и т. д.;

2) одноименные полюса магнитов отталкиваются, а разноименные притягиваются, электрические же заряды только притягиваются (электрических отталкиваний Гильберт не знал);

3) электрические притяжения слабее магнитных, но зато универсальны;

4) электрическую силу можно уничтожить влажностью, а магнитную нет.

Для изучения электрических явлений Гильберт сконструировал электрофор под названием «Версор».

В 1660 г. немецкий физик *Генрих Отто* (1602–1686) построил одну из первых электростатических машин (рис. 4.5, а) в виде серного

шара, который вращался на железной оси и электризовался трением об руки. Он установил, что наэлектризованные тела отталкиваются и электризация тел может распространяться по проводникам.

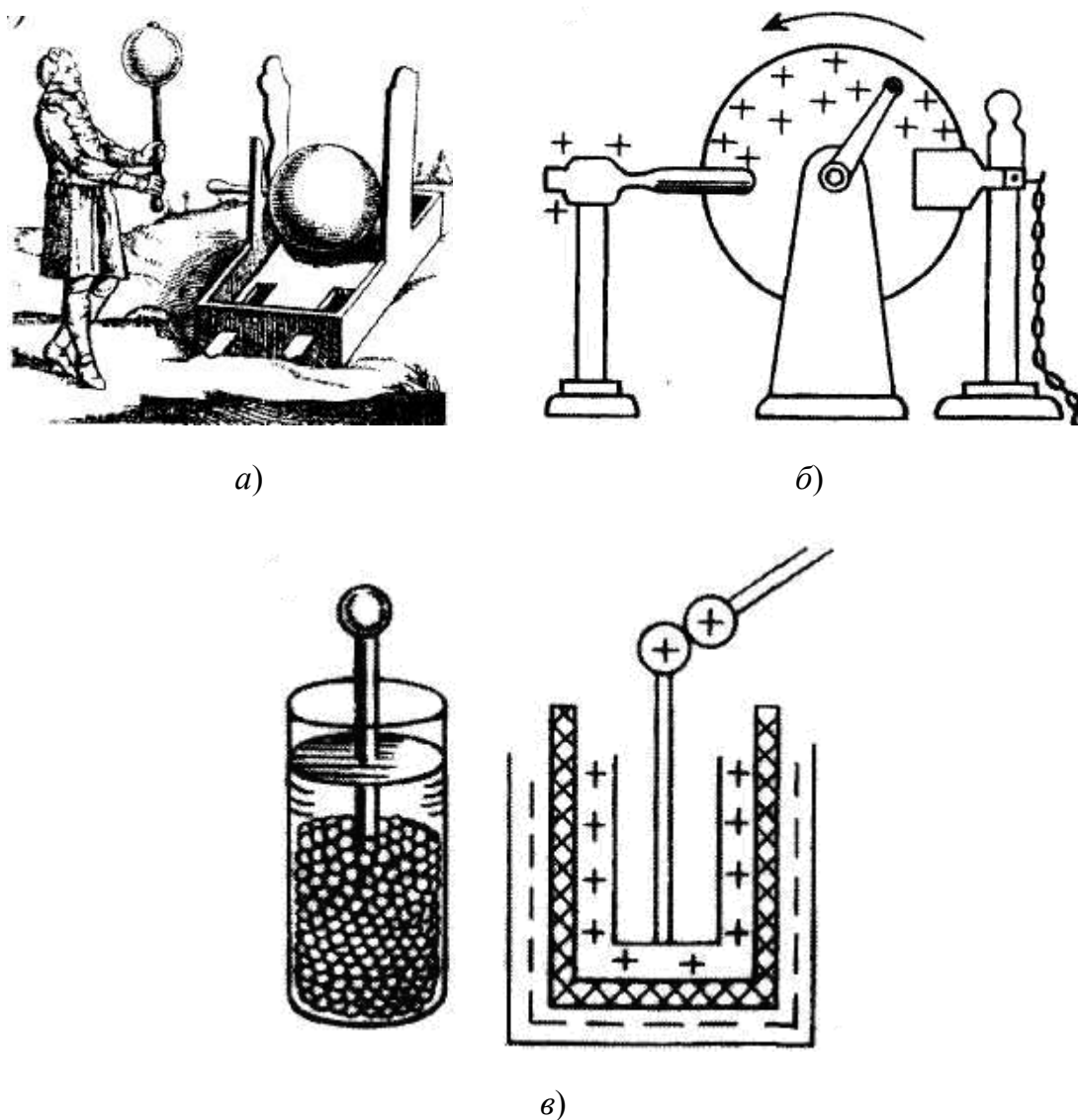


Рис. 4.5. Первые приборы и устройства для исследования электрических и магнитных явлений: а – первая электростатическая машина Отто; б – первая электрическая стеклянная машина трения; в – первый конденсатор (лейденская банка)

В 1729 г. английский физик *Грей Стефан* (1666–1736) открыл явление электропроводности, установив, что электризация тел передается по медной проволоке, но не передается по шелковой нити. Он первый разделил все тела на проводники и непроводники, подтвердил существование явления электростатической индукции и показал, что электрический разряд распространяется по поверхности тел.

В 1732 г. французский ученый *Шарль Дифе* (1698–1739) открыл два вида электричества, «стеклянное» (стекло, хрусталь, шерсть и т. д.) и «смоляное» (янтарь, шелк, бумага и т. д.), и установил закон взаимодействия зарядов (одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются), первым наэлектризовал тело человека (рис. 4.5, б).

В Чехии в 1745 г. был впервые установлен молниеотвод для защиты от разрушительного воздействия прямого попадания молнии.

В 1747 г. американский ученый *Б. Франклин*, один из пионеров исследования атмосферного электричества, разработал его единичную теорию, применил молниеотвод (1752) и плоский конденсатор (рис. 4.5, в).

В 1752–1753 гг. русские ученые *М. В. Ломоносов* и *Г. В. Рихман* исследовали атмосферное электричество с помощью «громовых машин». По результатам экспериментов была опубликована (1753) работа Ломоносова «Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих», а Рихманом еще в 1745 г. был изобретен «электрический указатель». Впоследствии академик Рихман погиб во время опыта с молнией. Другой русский физик, академик *Ф. У. Эпинус* исследовал пирозлектричество и в своей работе «Опыты теории электричества и магнетизма» предпринял первую попытку математической трактовки электрических и магнитных явлений.

В Англии в 1753 г. были опубликованы первые предложения по созданию электростатического телеграфа, но первая телеграфная линия между городами Мадрид и Аранхуэс была построена испанским инженером *Ф. Сильва* лишь в 1785 г., пятьдесят лет спустя.

4.1.4. Совершенствование механизмов и приборов

Часы. Вторым после мельницы по своей важности изобретением мануфактурного периода, как уже отмечалось выше, были часы.

Карманные часы с боем появились в 1505 г., после того как мастер *П. Генлайн* из Нюрнберга заменил гирию пружиной.

Большую роль в развитии маятниковых часов сыграли труды *Г. Галилея* и *Х. Гюйгенса* середины 17 в., специально посвященные этому вопросу.

Галилей открыл изохронность колебаний физического маятника, но кардинальный переворот в часовом деле произвел нидерландский ученый *Х. Гюйгенс*. Он первый применил в 1637 г. в часах маятник в качестве регулятора хода, а также изобрел балансир со спиралью и анкерным спуском для карманных часов (рис. 4.6). Им была написана

специальная книга «Маятниковые часы», являющаяся образцом сочетания научной теории с практикой.

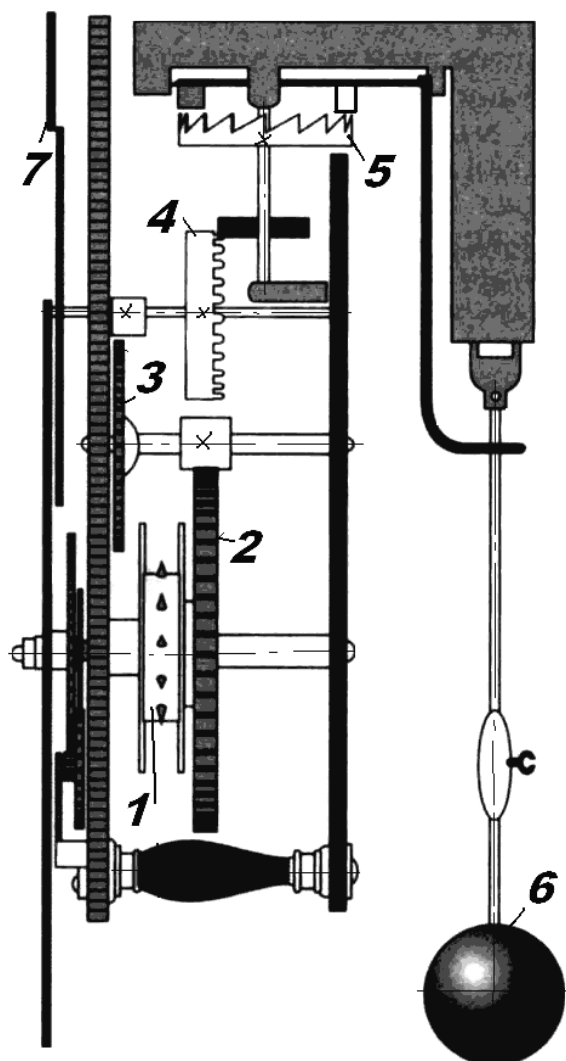


Рис. 4.6. Схема механизма маятниковых часов (по рис. Х. Гюйгенса):
1 – звездочка; 2, 3 – зубчатые передачи; 4 – коническая передача;
5 – анкерный спуск; 6 – маятник; 7 – циферблат

Существенный вклад в развитие техники внес механик-изобретатель *И. П. Кулибин* (1735–1818).

Нижегородский «посадский» *И. П. Кулибин* приобрел известность после создания часов «величиною между гусиным и утиным яйцом» (рис. 4.7), состоящих из 427 миниатюрных деталей тончайшей работы, имевших часовой и курантный механизмы и воспроизводивших духовный стих и гимн, сочиненные в честь императрицы Екатерины II самим *И. П. Кулибиным*. После поднесения часов в подарок императрица назначила *И. П. Кулибина* руководителем механических мастерских АН в Петербурге.

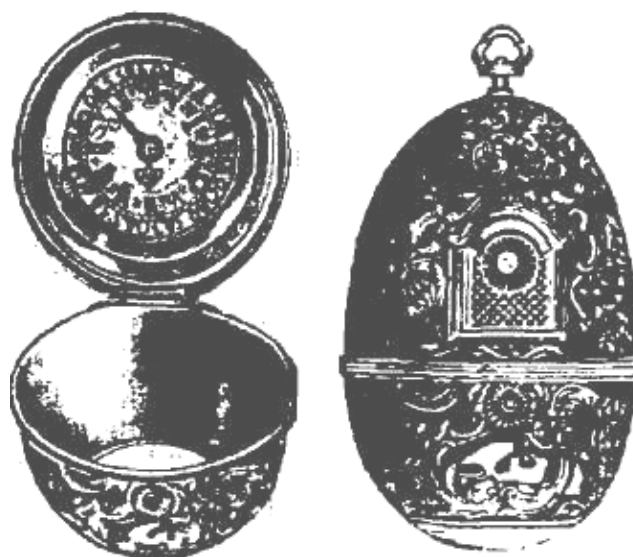


Рис. 4.7. Часы И. П. Кулибина

Под руководством И. П. Кулибина работали инструментальная, токарная и слесарная мастерские, а также барометральная палата, где были созданы: «инструменты гидродинамические», «инструменты, служащие к деланию механических опытов», инструменты оптические и акустические, готовальни, астролябии, телескопы, подзорные трубы, микроскопы, «электрические банки», солнечные и иные часы, ватерпасы, точные весы и др.

И. П. Кулибин разработал проекты одноарочных мостов, сначала деревянных, затем чугунных. Длина арки деревянного моста через Неву составила 298 м, а ширина проезжей части – 8 м. Он строил модели деревянных мостов и испытывал их под нагрузкой методом пересчета грузоподъемности с модели на натуру.

И. П. Кулибин разработал проект оптического телеграфа и оригинальный код для передачи информации.

С середины 17 в. в Швейцарии возникли цеховые производства по выпуску часов с пружинным заводом и надежно действующим балансным механизмом, обеспечивающим высокую точность хода. Простота конструкции балансного механизма и возможность его регулировки путем перемещения двух дисков позволили швейцарским мастерам занять ведущее положение в странах Европы по производству часов. Существующие в цехах часовщиков уставы запрещали мастерам передавать технологические и конструкторские секреты. Знакомиться с ними могли только близкие родственники. Несмотря на эти ограничения часовые предприятия в Швейцарии росли и расширялись. Талантливые мастера создавали различные типы часов, ко-

торые расходились по всем странам мира. В музеях Берна, Невшателя (Швейцария), Парижа, Лондона, Москвы, Филадельфии, Пекина сохранилось много швейцарских часов со сложными механизмами, размещенными в красивых корпусах самой причудливой формы.

Автоматические вычислительные приборы – предшественники современных калькуляторов и других вычислительных машин. Этому способствовало, в частности, и развитие вычислительных разделов математики. В 1619 г. вышла работа шотландского математика *Д. Непера* «Устройство удивительной таблицы логарифмов», а в следующем – «Арифметические и геометрические таблицы прогрессий» швейцарского математика *Бюрги*. Еще задолго до эпохи Возрождения астрономы, выполняя арифметические действия с восьмиразрядными десятичными числами, думали о замене вычислений вручную механическими (с помощью машин). И только в начале 17 в. из механических элементов были сделаны вычислители, выполняющие арифметические операции. Несмотря на то, что первые вычислители приводились в движение руками человека, заложенные в них идеи через три столетия воплотились в релейных и электронных цифровых вычислительных машинах.

Создателем первой механической вычислительной машины является немецкий ученый *Вильгельм Шиккард*. В двадцатитрехлетнем возрасте он стал профессором кафедры восточных языков Тюбингентского университета.

Открытые Кеплером законы движения планет после обобщения данных, полученных в результате наблюдений, позволили составить планетные таблицы и заложить основы теории затмений. Грандиозные открытия требовали подтверждений, которые могли быть получены только с помощью колоссальных вычислений. Для сокращения вычислений Шиккард пытался упростить существующие методы. Однако это не дало ощутимых результатов.

Тогда в 1621 г. он приступил к разработке машины, способной выполнять четыре арифметические операции. В середине 1623 г. счетная машина была полностью готова. По описанию Шиккарда, она состояла из трех устройств: суммирующего, множительного и записывающего промежуточные результаты при умножении. Сложение и вычитание производилось путем поворота десятизубых колес соответственно в одну или другую сторону. Для переноса десятков применялись шесть дисков с одним пальцем на каждом, выполняющим передачу десятков в следующий разряд. Операция умножения осуще-

ствлялась на барабанах с укрепленными на них таблицами умножения. Деление заменялось процедурой последовательных вычитаний делителя из делимого и записью результатов в промежуточном устройстве.

О своей шестиразрядной счетной машине Шиккард написал Кеплеру, и тот дал ей очень высокую оценку. Наибольший интерес у него вызвала конструкция устройства для переноса десятков. К великому сожалению, Кеплеру не удалось увидеть машину в работе, т. к. она вскоре сгорела. Остались лишь эскизы, рисунки и описание, сделанные Шиккардом.

Вторая механическая вычислительная машина была разработана французским математиком и физиком *Блезом Паскалем*. С раннего детства он проявлял интерес к естественным наукам. Уже в тринадцать лет Паскаль посещал заседания математического общества Мерсенна, где узнал о нерешенных задачах математики.

В шестнадцать лет он опубликовал статью «Опыт о конических сечениях», получившую одобрение многих ученых. Эта статья имела большое значение для создания Паскалем в 1642 г. модели первого механического вычислителя.

Паскаль решил провести испытания машины и показать ее в разных областях страны. Погрузив сумматор в карету, он проехал по самым плохим дорогам Франции свыше тысячи километров. Во время поездки несколько раз ломались колеса и оси, а вычислитель работал безотказно. Уставший и радостный Паскаль возвратился в Париж. Однако заказы на изготовление сумматоров по-прежнему не поступали. По его просьбе математик Ребельваль продолжал демонстрации вычислителя, но и они оказались безрезультатными. Вычислительную машину приобретали лишь богатые люди и демонстрировали своим гостям как дорогую игрушку. Тем не менее сумматор Паскаля оказал существенное влияние на развитие вычислительной техники.

В 1649 г. Паскаль был удостоен специальной королевской привилегии. Большая роль в разработке механических вычислительных машин принадлежит гениальному немецкому математику и философу *Готфриду Вильгельму Лейбницу*. После окончания Лейпцигского и Йенского университетов он получил степень магистра философии. Через два года защитил диссертацию на степень доктора права и поступил на службу к ганноверскому герцогу. Работая в библиотеке герцога, Лейбниц создает теорию дифференциального и интегрального исчисления, а также закладывает основы математической логики.

Сила ума этого человека была настолько велика, что все проблемы, за которые он брался, всегда получали законченные решения. Так случилось, когда в Париже ему показали сумматор Паскаля. Лейбница не удовлетворила малая скорость выполнения этим устройством операций умножения и деления. И он предложил новое устройство для ввода разряда чисел, исключаящее процедуры умножения в виде последовательности сложений или процедуры деления в виде последовательности вычитаний.

Устройство состояло из двух частей. Его первая часть представляла собой десятизубые колеса, приводимые во вращение дисками с нанесенными на них цифрами от 0 до 9; вторая часть включала в себя ступенчатые валики, имеющие по девять зубьев различной длины. Валики совершали поступательные перемещения влево (умножение) и вправо (деление). Зубчатые колеса находились в зацеплении с зубцами валиков. При перемещении валиков менялись разряды вводимых чисел от 1 до 9, подобно тому как это делает человек при умножении или делении на листке бумаги.

В 1672 г. в городе Майнце *Лейбниц* на основе предложенного им устройства изготовил двухадресную вычислительную машину, получившую название арифмометр. Новый тип вычислителя высоко оценили ученые Парижа. Только автор не был удовлетворен своим детищем и продолжал работать над улучшением конструкции. В 1676 г. по его идеям механик Оливер изготовил несколько арифмометров, которыми пользовались математики и астрономы.

Титаническая научная деятельность ученого, с успехом работавшего в различных направлениях математики, не позволяла ему уделять много внимания вычислительной технике.

В 1713 г. он предложил применить *двоичную систему* счисления в вычислителях. При такой системе крайне просто выполняются операции умножения (смещением разрядов влево с последующим сложением), деления (смещением разрядов вправо и вычитанием). Лейбниц писал: «При сведении чисел к простейшим началам, каковы нуль и единица, всюду выявляется удивительный порядок».

В философии он пытался показать, что все в мире построено на противоположностях. Свершение события соответствует единице, а отсутствие события – нулю. Лейбницу казалось, что таким образом можно будет объяснить все явления природы без противоречий. Заложенные им идеи бинарной логики и двоичная система

счисления были использованы в вычислительной технике только через 230 лет.

В Ганновере под руководством Лейбница собрали двенадцатиразрядный арифмометр. А в 1708 г. на шестнадцатиразрядном вычислителе были составлены таблицы элементарных функций. На изготовление арифмометров Лейбниц затратил около двадцати четырех тысяч талеров собственных средств, в то время это было огромной суммой. По одному арифмометру он подарил России и Франции. В 18 и 19 вв. по его схемам и действующим образцам изготовили несколько счетных машин, получивших мировую известность.

Автоматизация. Другим направлением использования часовых механизмов было создание андроидов (по имени Анри Дро), или «человекоподобных» автоматов. Это направление было связано с развитием «механицизма» и попытками философов распространить законы механического движения на живую природу. Сами же авторы видели в своих изобретениях лишь остроумные механизмы.

К концу рассматриваемого периода было создано великое множество андроидов, из которых наибольший восторг современников вызывали «Порхающая утка», «Флейтист» и «Барабанщик» французского механика *Жака Вокансона* (1730–1740), а также «Рисовальщик» и «Писец» выдающихся швейцарских часовых мастеров братьев *Пьера* и *Анри Дро*.

Создание анроида, передвигающегося подобно человеку, является сложной задачей, т. к. необходимо описать процедуру ходьбы дифференциальными уравнениями и проанализировать по ним процессы движения. К решению этой задачи приблизился великий французский математик *Жозеф Луи Лагранж* в 1756 г. В двадцатилетнем возрасте он описал процессы движения механизмов дифференциальными уравнениями, пользуясь при этом обобщенными координатами.

Известно, что в Японии первые андроиды появились в период династии Токугава в 17 в. На спектаклях кукольного театра в городе Эдо (современная столица Японии Токио), который являлся резиденцией правителей Японии с 1603 по 1867 г., показывались пьесы из жизни японского народа. Основными исполнителями в них выступали механические куклы.

Ученый *Комокава Синрай*, живший в то время, составил атлас чертежей кукол с подробным описанием систем управления. По этим чертежам профессор Такикава сделал копию куклы, которая называ-

лась «Девушка, пьющая чай». Кукла сидела в традиционной позе и держала в руках чашку.

Наблюдая за движениями девушки после включения механизма, можно было увидеть, как она подносила чашку к губам, немного наклоняла голову и маленькими глотками пила чай. После нескольких глотков уменьшалось количество чая, а кукла поднимала чашку выше и выше. При этом изменялось положение ее головы. Плавность и грациозность движений механической куклы, отработанные до совершенства, вызывали всеобщее восхищение.

В те далекие времена искусство делать андроиды служило меркой высочайшего мастерства механиков. Уникальность изготовления деталей и сложность сборки механизмов позволяют нам оценить уровень производства машин в Японии в 1650–1670 гг.

Важно отметить, что многие шестерни и рычаги механизмов кукол выполнялись по одним и тем же чертежам, несмотря на их различное назначение. Также большое внимание уделялось возможности применять в производственном процессе одни и те же инструменты.

Совершенствование часового мастерства в 18 в. во Франции, Швейцарии, Германии привело к разработке большого количества андроидов различных видов. Некоторые из них сохранились в музеях до нашего времени. Почти во всех механизмах использовались исключительно сложные устройства управления, состоящие из нескольких тысяч деталей: шестерен, кулачков, червячных и винтовых передач, рычагов, барабанов и других механических элементов. Создатели наделяли андроидов умением исполнять музыкальные произведения, рисовать картины, писать фразы, играть в карты, предсказывать судьбы людей.

Большую известность получили андроиды выдающего французского ученого *Жака де Вокансона*. В 1736 г. в Париже демонстрировался его пастух высотой 1,78 м, исполняющий несколько музыкальных пьес на флейте.

Вокансон не делал секрета из своего изобретения и часто показывал основные устройства андроида.

Упрощенная схема воспроизводящего музыку механизма, выполненная по чертежу Жака де Вокансона, изображена на рис. 4.8.

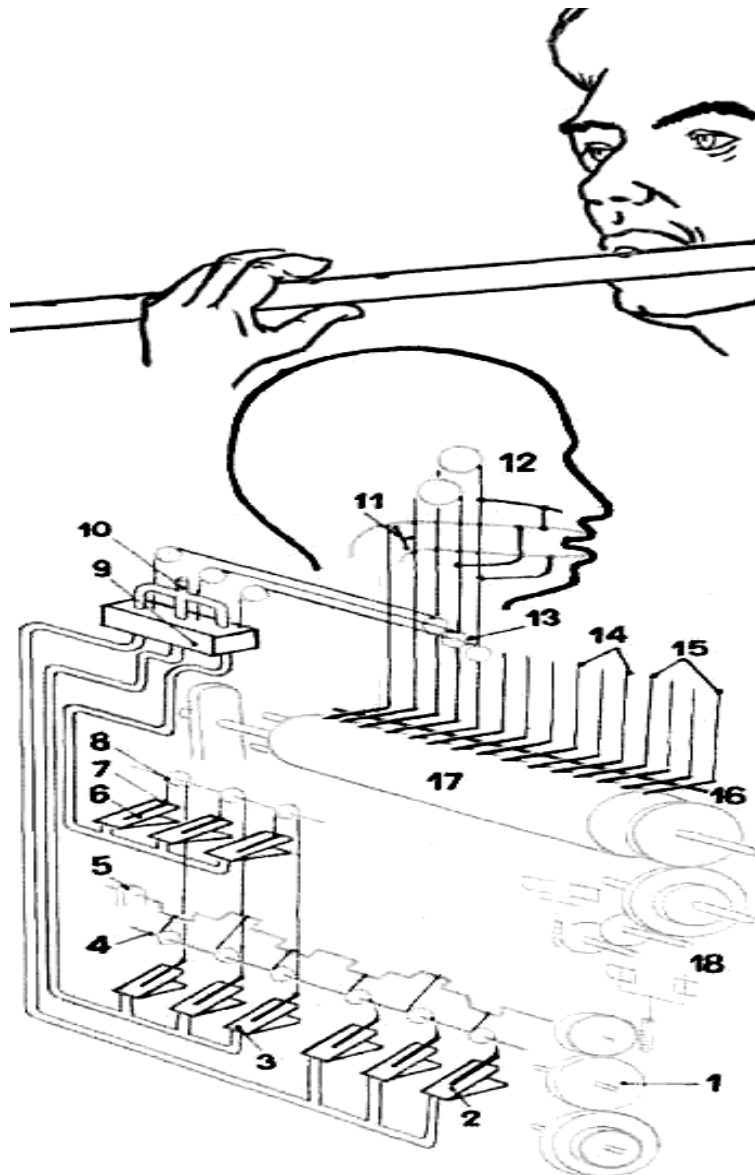


Рис. 4.8. Система звукового воспроизведения мелодий механическим флейтистом

В своих пояснениях он говорил о том, что флейта механического пастуха звучала в диапазоне трех октав: низкой, средней и высокой. Это осуществлялось с помощью мехов трех типов 2, 3, 6 и воздушного распределителя 9. Часовой механизм, размещенный в подставке андроида, через редуктор 1 приводил во вращение коленчатый вал 5. При его повороте шесть струн поворачивали нижний распределительный вал 4, действующий на рычаги, сжимающие или растягивающие меха 2 и 3. Воздух от них поступал через трубопроводы в воздушный распределитель. Три верхних меха 6 управлялись от нижних мехов 3 путем поворота верхнего распределительного вала 8 струнами 7. Воздух от мехов 6 подходил также к воздушному распре-

делителю. Из трех его полостей через канал 10 воздух попадал в рот флейтиста.

В качестве программного устройства использовался барабан 17 с ввинченными в него шпильками. Барабан приводился во вращение через червячную передачу, а зубчатые колеса 18 – от основного часового механизма. При вращении барабана шпильки в определенной последовательности поднимали пятнадцать пластин (позиция 16), которые воздействовали на исполнительные устройства. Таким образом обеспечивалось управление перемещением пальцев обеих рук. Одновременно двигался язык и вытягивались губы. Четыре пластины 15 воздействовали на рычаги, управляющие пальцами правой руки, а три пластины 14 – пальцами левой руки. Пальцы руки механического флейтиста открывали и закрывали отверстия флейты. Четыре пластины 13 управляли движением губ, а пластина 11 – положением языка. Другие четыре пластины 12 открывали, закрывали и стягивали губы. Наконец, три пластины 16 изменяли давление воздуха в трех отсеках воздушного распределителя.

Наиболее сложным механическим устройством-автоматом, изготовленным Вокансоном, была утка, которая могла кричать, переваливаться с боку на бок, передвигаться, плавать. Утка клевала зерно и пила воду.

Трактат с описанием пастуха, свирельщика и утки Вокансон представил в Парижскую АН. За выдающиеся работы в области прикладной механики и машиностроения его избрали действительным членом этой академии. Изготовленные им андройды и автоматы в настоящее время сохраняются в кабинете, носящем его имя, в Парижской консерватории искусств и ремесел.

В 1741 г. Вокансон стал королевским инспектором, наблюдающим за выпуском шелковых тканей во Франции. Он впервые предложил конструкцию автоматического ткацкого станка. После изготовления станок предполагалось установить на одной из ткацких фабрик Лиона. Осуществить замечательную идею ему помешали ткачи города, которые боялись потерять работу.

После знакомства с андройдами Вокансона математики Леонард Эйлер и Даниил Бернулли описали с помощью законов механики основные процессы движения человека и обосновали возможность их воспроизведения механизмами. Созданная ими теория легла в основу методов проектирования манипуляторов, которые стали широко применяться в промышленности только в середине 20 в.

В 1721 г. на западе кантона Юра в маленьком городке Ла-Шоде-Фонд в семье известного часового мастера Жаке-Дро родился сын Пьер. Отец рано познакомил любознательного и сметливого мальчика с тайнами часового производства. Пьер освоил все процессы изготовления деталей и сборки часов.

Пьера послали учиться в город Базель, где он изучал механику и математику. Там он получил диплом с блестящими рекомендациями, характеризующими Пьера Жаке-Дро как талантливого специалиста, в совершенстве владеющего конструированием механизмов.

Сразу же после приезда он пришел в часовую мастерскую, где с удивлением увидел андроида, создаваемого отцом вместе с механиком Жаном Фредериком Лешо. Они предполагали продемонстрировать свое изобретение на выставке в Париже в 1774 г. Изготовление андроида сохранялось в глубокой тайне.

Андроид представлял собой механическую куклу в виде красивого мальчика-писца с лукавым выражением лица, вызывающим симпатию зрителей. Его рост составлял 70 см. Он сидел на табуретке за маленьким столом из красного дерева. В правой руке держал гусиное перо, а левой опирался на стол. Голова и глаза писца могли вращаться (рис. 4.9, *a*).

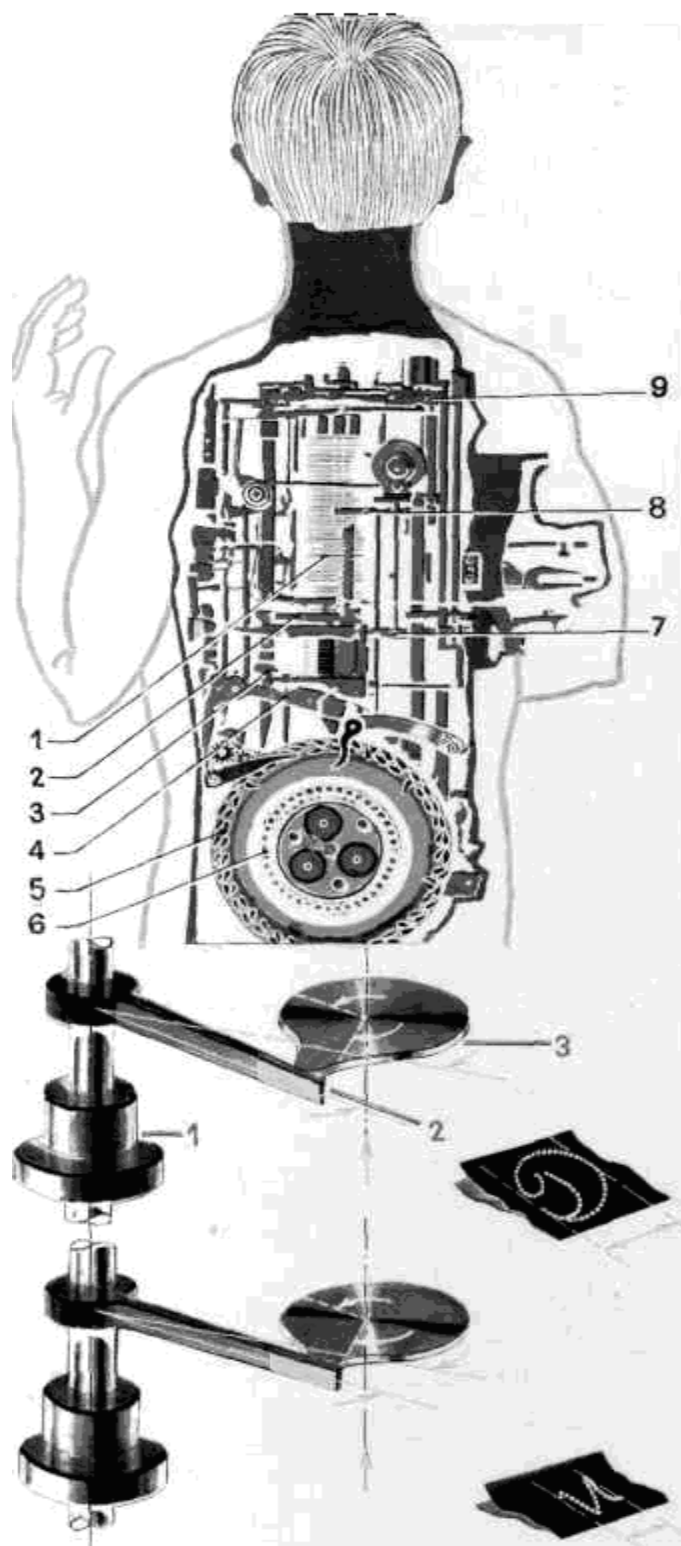
Анри приступил к созданию своих андроидов: рисовальщика и музыкантши. В конце 1773 г. механические рисовальщик и музыкантша были подготовлены к выставке. Полученное музыкальное образование помогло Анри Луи создать музыкантшу, способную исполнять сложные менуэты, написанные им.

Посетители, присутствующие в зале, видели, как механический мальчик, обмакнув гусиное перо в чернильницу и набрав чернила, поднял правую руку с пером вверх (рис. 4.9). Левую руку прижал к крышке стола и остановился. Казалось, что писец обдумывает содержание текста, который ему предстоит написать. Затем острие пера коснулось листка бумаги. Рука мальчика совершала сложные движения, перемещаясь слева направо и тщательно выводя буквы с нажимом.

Конструкция механизмов писца исключительно сложна, и описать ее подробно не представляется возможным. Рассмотрим работу верхнего и нижнего устройств, приводимых в движение от двух часовых механизмов, пользуясь рис. 4.9, *б*, где показаны основные устройства андроида при снятой с его спины крышке.



a)



б)

Рис. 4.9. Механический писец:
 а – кадр из кинофильма «Феерия автоматов»;
 б – со снятой сзади крышкой

В верхнем устройстве находился длинный вращающийся барабан *1*, который мог перемещаться вверх только после останова. Барабан состоял из трех наборов тонких пластин по 40 штук в каждом. Пластины изготовлены в виде кулачков сложной формы и отделены друг от друга дисками толщиной 0,7 мм. Во время вращения барабана кулачки поднимали или опускали три главных рычага, которые приводили в движение запястье правой руки. Все буквы выписывались с требуемой степенью нажима гусиным пером.

В механизм входили три главных рычага, два из них (7 и 8) показаны на рисунке, а третий, расположенный с передней стороны андроида, не виден. Наконечники рычагов изготавливались из рубина для уменьшения износа кулачков, поэтому качество написания фраз было исключительно высоким. Рычаг 9 управлял движением правой руки, устанавливая перо против отверстия чернильницы, после чего механизм поворачивал специальный кулачок, и рука с пером опускалась вниз для набора чернил. Затем рука слегка приподнималась, и перо извлекалось из чернильницы с легким встряхиванием для удаления лишних чернил. На этом все подготовительные процедуры заканчивались, и писец мог приступить к выведению букв.

Каждая буква писалась, когда барабан поворачивался на 2/3 оборота, а за остальное время (1/3 оборота) требовалось подготовить андроид к написанию следующей буквы. Такая подготовка нужна потому, что рукописные буквы имеют неодинаковые размеры и для их размещения в строке требуется выделять различные по ширине места. С этой целью в набор барабана вводились пластины 3 с выступами (см. рис. 4.9, б, снизу). В зависимости от размеров выступов изменялись углы поворота рычага *1* с рубиновым наконечником 2, резервирующие место, необходимое для написания каждой следующей буквы. На листки бумаги, как это показано на рисунке, нанесены штриховые линии, между которыми могут размещаться буквы разной ширины, например латинские *D* и *и*.

Перед написанием каждой буквы рука писца с пером возвращалась в рабочее положение, а кончик пера соприкасался с листом бумаги. Такая конструкция не позволяла налезать более широким заглавным буквам на строчные.

Нижнее устройство с диском 6 запускалось верхним, заставляя его поворачиваться на один шаг. На диске было размещено сорок кулачков 5, имеющих различную форму. Кулачки поворачивали рычаг 4 и перемещали барабан *1* вверх, после чего писалась первая буква. За-

кончив данную операцию, нижнее устройство останавливалось и вновь запускалось верхнее. Затем андроид писал следующую букву и т. д. Оба устройства поочередно приводились в действие друг от друга, поэтому исключалась одновременная их работа. Механизм подобного рода не позволял записать новую букву на месте ранее написанной. Текст писался до тех пор, пока писец не ставил точку. Эта операция выполнялась с помощью довольно сложного устройства, позволяющего опускать точку буквы *i* до нижнего уровня в строке.

При изменении текста необходимо было снимать все кулачки и заменять их новыми; затем производить регулировку устройств так, чтобы пластины находились точно напротив соответствующих рычагов. Иначе механический писец стал бы выписывать бессмысленные наборы букв. Создатели андроида смогли достичь высокой точности изготовления деталей и сборки всего механизма, несмотря на отсутствие в то время измерительных инструментов и приборов, позволяющих выполнять точные замеры. Колебания температуры в помещении, где находился писец, приводили к изменению размеров деталей и зазоров, что нарушало работу андроида.

Мальчик-рисовальщик был изготовлен через полгода после писца (рис. 4.10, сверху). Он так же, как и писец, сидел за столом и гусиным пером рисовал различные картинки на отдельных карточках в стиле гобеленов 17 в., среди них были изображения августейших особ, мифологических героев и животных. Всего механический рисовальщик мог рисовать двадцать картинок. На рисунке показано, что рисовальщик держит в руках не гусиное перо, а ручку с автоматической подачей черных чернил к стальному перу. Подобная замена была сделана в 20 в. в музее Невшателя из-за частых демонстраций андроида, рисующего картинки.

Система управления этим андроидом достаточно сложна, т. к. она должна не только перемещать перо в руке в горизонтальном и вертикальном направлениях, но и обеспечивать их полное взаимодействие для получения правильного рисунка без разрывов в линиях. О высоком качестве исполнения рисунков и надежности действия механического рисовальщика можно убедиться, посетив исторический музей Невшателя, где андроид и сейчас успешно рисует картинки перед многочисленными посетителями.

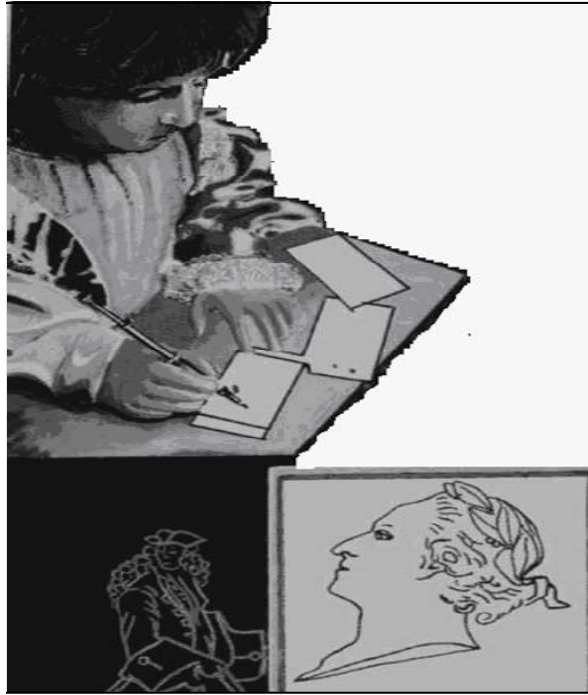


Рис. 4.10. Мальчик-рисовальщик

Вершиной творчества Жаке-Дро была механическая музыкантша (рис. 4.11). При ее изготовлении применялись технические решения, существенно отличающиеся от ранее использованных в механизмах писца и рисовальщика. Ноты для исполнения сложных менуэтов были написаны Анри Луи Жаке-Дро. Механическая музыкантша исполняла на органе-клавесине пять менуэтов.

Автоматическая система управления андроидом состояла из трех устройств, приводимых в движение двумя часовыми механизмами. Один механизм располагался в органе-клавесине, а другой – в кресле, в котором сидела музыкантша. (Здесь описывается конструкция первого варианта анроида.)

Первое устройство, исполняющее музыку, было установлено в органе. После запуска оно приводило во вращение два больших барабана, расположенные друг за другом. Два колеса, связанные с ними цепной передачей, поворачивали кривошипно-шатунное устройство, сжимающее меха. Воздух из мехов поступал через распределитель к флейтам. Управление распределителем осуществлялось при помощи рычагов, поднимаемых штифтами барабанов.

Второе устройство с помощью системы рычагов управляло перемещением корпуса музыкантши, создавая видимость, что она дышит. Во время перерывов в игре ее грудь продолжала подниматься. Складывалось впечатление, что механическая музыкантша испытыва-

ет волнение, вызванное исполнением музыки. Наряду с этим второе устройство управляло поворотом головы, ее наклоном и перемещением глаз. Когда музыкантша опускала глаза, казалось, что она смущена. Все эти действия обеспечивали естественность ее движений во время игры на органе-клавесине.

Третье устройство состояло из музыкального барабана с ввернутыми наборами штифтов, управляющих рычагами. Рычаги приводили в движение руки, локти, кисти рук и фаланги пальцев. Механизмы устройства обеспечивали такие положения рук и пальцев, которые они должны занимать относительно клавиатуры органа-клавесина для исполнения менуэтов. Тогда клавиши, опускаясь одновременно с фалангами пальцев музыкантши, нажимали на клапаны флейт, создавая музыкальные фразы, заданные нотами.

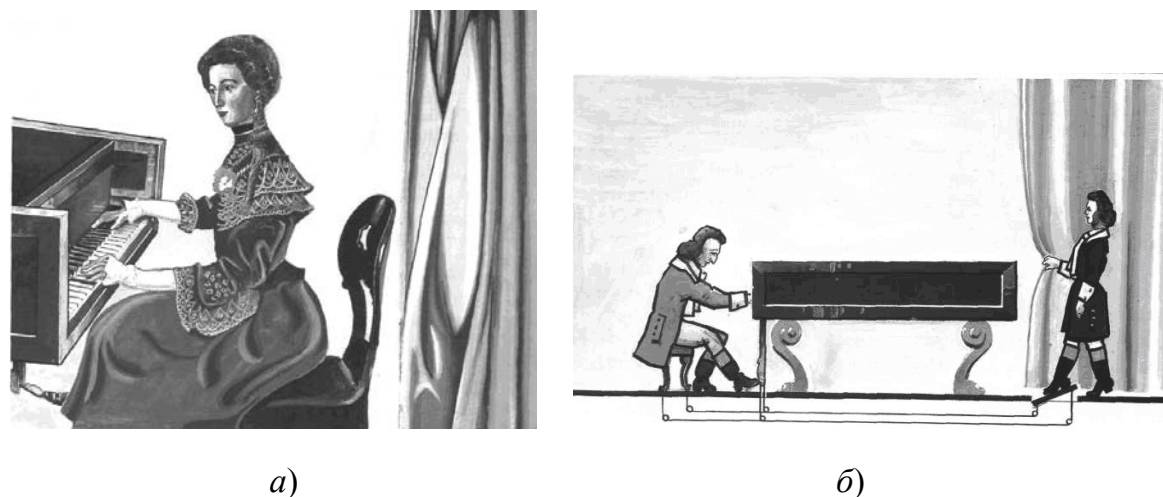


Рис. 4.11. Механическая музыкантша во время исполнения менуэтов на органе-клавесине (а) и исполнение менуэтов музыкантом после отключения механизма (б)

Описанные рисовальщики-писцы произвели сильное впечатление на инженеров-механиков, изобретателей и часовых мастеров 18 и 19 вв. Во многих странах мира появились похожие андройды. Однако превзойти их умение никому не удавалось. И в наши дни многочисленные посетители музеев Невшателя, Пекина, Филадельфии удивляются сложности и высокому качеству изготовления механизмов андройдов Жаке-Дро.

Изобретатели 13–16 вв. пытались создать механических людей, способных заменить труд человека. Однако чрезвычайная сложность механизмов уникальных андройдов сделала их только предметами искусства. При разработке механических людей был накоплен огром-

ный опыт в механике, машиностроении и автоматике, оказавший большое влияние на становление робототехники.

В 1774 г. андрюиды братьев Дро на выставке в Париже пользовались шумным успехом, но когда Анри повез их в Испанию, то святая инквизиция, обвинив в колдовстве, надолго упрятала его за решетку.

Зарождение приборостроения. В рассматриваемый период были разработаны и изготовлены подзорные трубы, микроскопы, телескопы, пневматические, гидравлические, электрические и другие приборы. Наибольшее распространение получили оптические приборы, среди которых одним из первых была оптическая труба, получившая в 17 в. наибольшее распространение в армии и во флоте и вытесненная затем (в 20 в.) биноклем.

Телескоп был изобретен примерно в одно время с микроскопом. В 1608 г. у голландского оптического мастера Липпершея работал подмастерье, который, играя линзами, заметил, что при расположении двух линз по одной прямой можно получить увеличенное изображение удаленного предмета. Известие об этом открытии быстро распространилось по всей Европе. Год спустя *Галилей*, опираясь на свои знания оптики, подобрал комбинацию из двух линз (плосковыпуклой и плосковогнутой), которая стала известна как зрительная труба Галилея. Именно Галилея следует считать изобретателем телескопа, т. к. он разработал конструкцию прибора самостоятельно и организовал производство зрительных труб в значительных масштабах. Тубусы изготавливались из бумаги, поэтому неудивительно, что до наших дней уцелел только один экземпляр. Галилей спроектировал также *микроскоп*. При конструировании этих приборов он пользовался не расчетом, а, как он сам выражался, «рассуждением». Современники Галилея не оценили должным образом нового прибора, ибо многие астрономические открытия были сделаны на основе наблюдений невооруженным взглядом. Однако спустя несколько десятилетий телескопы и микроскопы стали общепризнанными. Между 1613 и 1617 гг. *Христофор Шейнер* построил телескоп, рассчитанный Кеплером в виде комбинации из двух двояковыпуклых линз. Однако описана была эта конструкция только в 1630 г.

В 1668 г. *Ньютон* сделал важное открытие, изобретая отражательный телескоп. Устройство всех больших телескопов по-прежнему основывается на идее Ньютона. После публикации мемуара Ньютона выяснилось, что проект отражательного телескопа был предложен

в 1663 г. Джеймсом Грегори. Сам Ньютон не претендовал на приоритет, но именно ему принадлежит честь изготовления первого прибора такого типа, причем он разработал технологию полировки металлического зеркала. Первая модель телескопа-рефлектора, изготовленного Ньютоном, имела длину 15 см и диаметр 25 мм. Этот телескоп сохранился по сей день. В 1789 г. астроном *Вильям Гершель* построил зеркальный телескоп диаметром 1,25 м. Он был установлен на Канарских островах. Размеры телескопов непрерывно росли.

История микроскопа не столь ясна, как история телескопа. В 1614 г. *Линкеев* ввел термин «микроскоп» (от греч. *mikros* – малый и *skopeo* – смотрю). Во второй половине семнадцатого века микроскопы независимо были созданы и интенсивно применялись в Голландии *Антоном ван Левенгуком* и в Англии *Робертом Гуком*. Последний безусловно явился самым знаменитым микроскопистом. В 1665 г. Гук написал книгу «Микрография» о своих наблюдениях, снабдив ее собственными рисунками. Созданию оптических приборов способствовало развитие оптики как важнейшего раздела физики. В частности, *Гюйгенс* разработал волновую теорию света, объяснил двойное лучепреломление, он же усовершенствовал телескоп и изобрел окуляр, названный его именем.

Для получения изображения объектов и последующей их зарисовки начала применяться камера-обскура (от лат. *obscurus* – темный) – светонепроницаемая коробка (камера) с небольшим отверстием в центре одной из стенок, через которое наблюдаемый предмет проецировался на противоположной. Этот прибор, прототип современного фотоаппарата, до его изобретения продолжительное время использовался для точных натуральных зарисовок.

Изучение тепловых явлений, а затем и экспериментирование с тепловыми двигателями потребовали создания специальных приборов для измерения температур. Один из первых таких приборов, названный «термоскопом», был создан *Галилеем*. Приоритет в создании практически пригодного спиртового (1709), а затем ртутного (1714) термометров (от греч. *thermos* – теплый + метр) принадлежит немецкому физику *Д. Фаренгейту*, который предложил также и температурную шкалу, названную его именем. Позднее свои шкалы предложили французский ученый *Р. Реомюр* (1730) и шведский ученый *А. Цельсий* (1742).

В 1644 г. *Э. Торричелли* изобрел ртутный барометр (от греч. *baros* – тяжесть + метр), с помощью которого открыл существование

атмосферного давления и вакуума («торричеллиевой пустоты»). В 1650 г. О. Герике из Магдебурга изобрел воздушный насос («пневматическую машину»), с помощью которого опытами с «магдебургскими полушариями» наглядно доказал наличие атмосферного давления.

Многие экспериментальные методы и приборы разработал автор первого систематического курса физики (1739) нидерландский ученый *П. Мушенбрук*. В 1745 г. он изобрел первый электрический конденсатор, названный им «лейденской банкой» в честь г. Лейдена, где он проводил свои опыты. В 1650–1672 гг. Герике были изобретены и изготовлены первые электростатические генераторы, так называемые электрофоры, а также приборы для измерения статического электричества, над созданием которых работал позднее французский физик Люфе.

С 1660-х гг. начинает разворачиваться производство наиболее ходовых приборов. В Голландии, например, было развернуто производство подзорных труб и микроскопов на продажу. В 1720–1730 гг. при Петербургской академии были основаны специальные мастерские, в которых при участии Нартова, Ломоносова и Кулибина началось изготовление самых разнообразных приборов для научных исследований.

Развитие военной техники. Постоянные феодальные войны требовали непрерывного совершенствования оружия и прежде всего огнестрельного, которое стало решать судьбу многих сражений.

В 1650 г. в Амстердаме издан трактат белорусского мыслителя-гуманиста и военного специалиста в области артиллерии *Казимира Семеновича* «Великое искусство артиллерии» (рис. 4.12). В этом произведении впервые предложены многоступенчатые ракеты, а также ракетные батареи и их стабилизаторы (рис. 4.13).

В середине 17 в. на смену мушкетам пришли кремневые ружья. Вначале в них использовался для высекания искры кремневый колесцовый замок, изобретенный часовым мастером из Нюрнберга *Иоганном Кифусом* в 1517 г.

При дальнейшем усовершенствовании взвод колесца и открывание полочки с порохом производились уже за одну операцию при взведении курка. Затем колесцовый замок был заменен на более простой и надежный ударный кремневый, в котором искра высекалась не при вращении колесца, а при ударе кремня о стальное «огниво». Этот принцип добывания огня при помощи удара кресала о кремень, зародившийся, как известно, еще в каменном веке, просуществовал почти до середины 20 в.



Рис. 4.12. К. Семенович. Литография В. и Л. Варетей

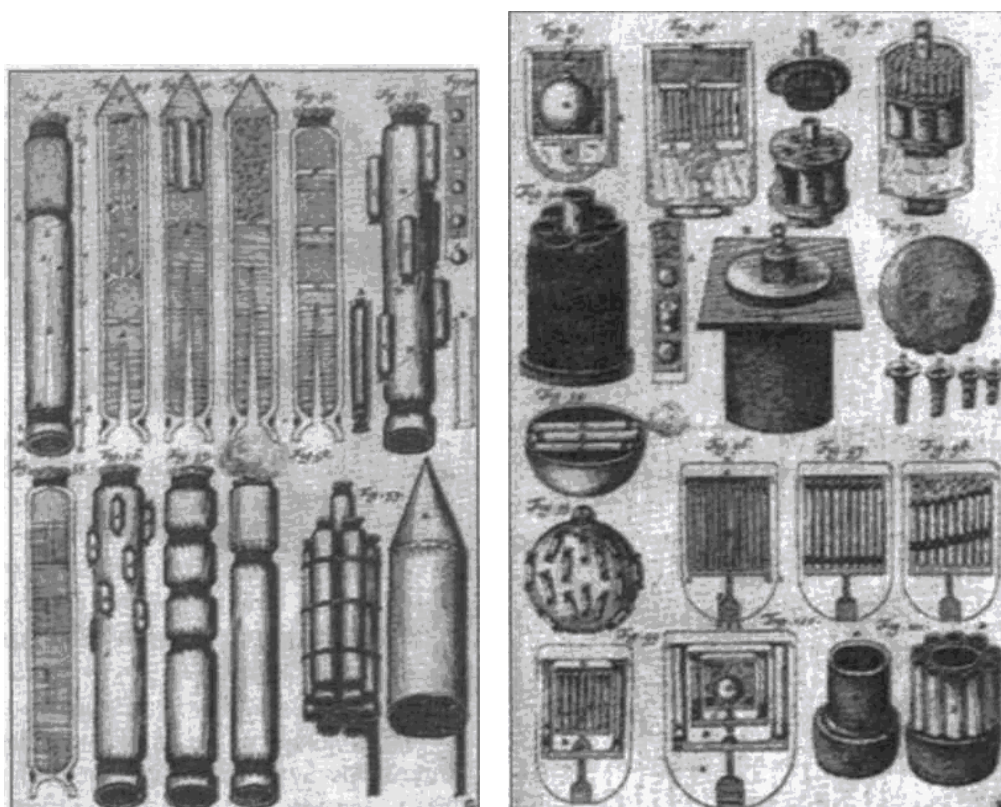


Рис. 4.13. Рисунки из книги Семеновича «Большое искусство артиллерии»

С середины 17 в. появились штыки (от польск. *sztuch* или нем. *stich*) – колющее и режущее оружие, закрепляемое на дульной части ствола ружья или винтовки. Вначале штыки насаживались перед рукопашной схваткой на деревянный штырь, вставляемый в дуло, что исключало возможность стрельбы. Позднее штык стал одеваться снаружи ствола и фиксироваться с помощью штыря на стволе и прорези на втулке штыка поворотом последнего. Поэтому позднее байонетами стали по аналогии называться и быстроразъемные соединения, применяемые в фотоаппаратах, станочных приспособлениях и других областях техники.

В качестве боевого оружия винтовки стали употребляться с 17 в. лишь в подразделениях особо метких стрелков-егерей (от нем. *Jäger* – охотник, стрелок), действовавших в рассыпном строю и кавалерии.

Широкое распространение получила и артиллерия, которая вначале отличалась большой разнотипностью (рис. 4.14, *a*). Были серпентины («змейки»), кулеврины («ужи»), фальконеты («соколы») и др., крупным орудиям обычно присваивали собственные имена. Орудийные стволы снаружи украшались обычно богатым орнаментом и надписями и представляли настоящие произведения искусства, в которых каждый мастер-ремесленник пытался увековечить свое имя.

К концу 17 в. число типов орудий стало сокращаться и они стали различаться по весу снаряда и калибру – диаметру канала ствола, а в зависимости от траектории снаряда стали подразделяться на пушки, предназначенные для настольного огня, мортиры – для навесного огня, промежуточное положение занимали гаубицы.

Для стрельбы из орудий использовались снаряды, которые назывались ядрами или бомбами и делились на зажигательные и разрывные. Разрывные ядра представляли два свинченных между собой полых чугунных полушария, которые начинялись порохом и кусками железа и снабжались медленно тлеющим фитилем. Аналогичное устройство имели и гранаты (итал. *granata*, от лат. *granatus* – зернистый) – ручной разрывной снаряд, имеющий сходство с плодом граната, полного семян.

С 18 в. гренадерскими стали называться отборные пехотные подразделения, которые комплектовались из наиболее рослых и сильных солдат.

Но, как и ручное, артиллерийское нарезное оружие по причине сложности изготовления и несовершенства технологии почти не применялось.

Значительный вклад в развитие российской артиллерии внес *А. К. Нартов*, который создал станки для сверления канала ствола и обточки цапф, а также новые способы отливки стволов и заделки раковин в их каналах. Он же изобрел оптический прицел и ряд других артиллерийских приборов, а также создал первую многоствольную артиллерийскую установку из 44 мортирок, позволявшую вести непрерывный огонь (рис. 4.14, б).

В 17 в. в Англии, Франции, Испании и России создаются военные флоты, государственные верфи для постройки кораблей и адмиралтейства. В состав флотов стали входить линейные корабли водоизмещением до 2 тыс. т с мощным пушечным вооружением и парусным оснащением, позволявшим достигать скорости 12–13 узлов и более.

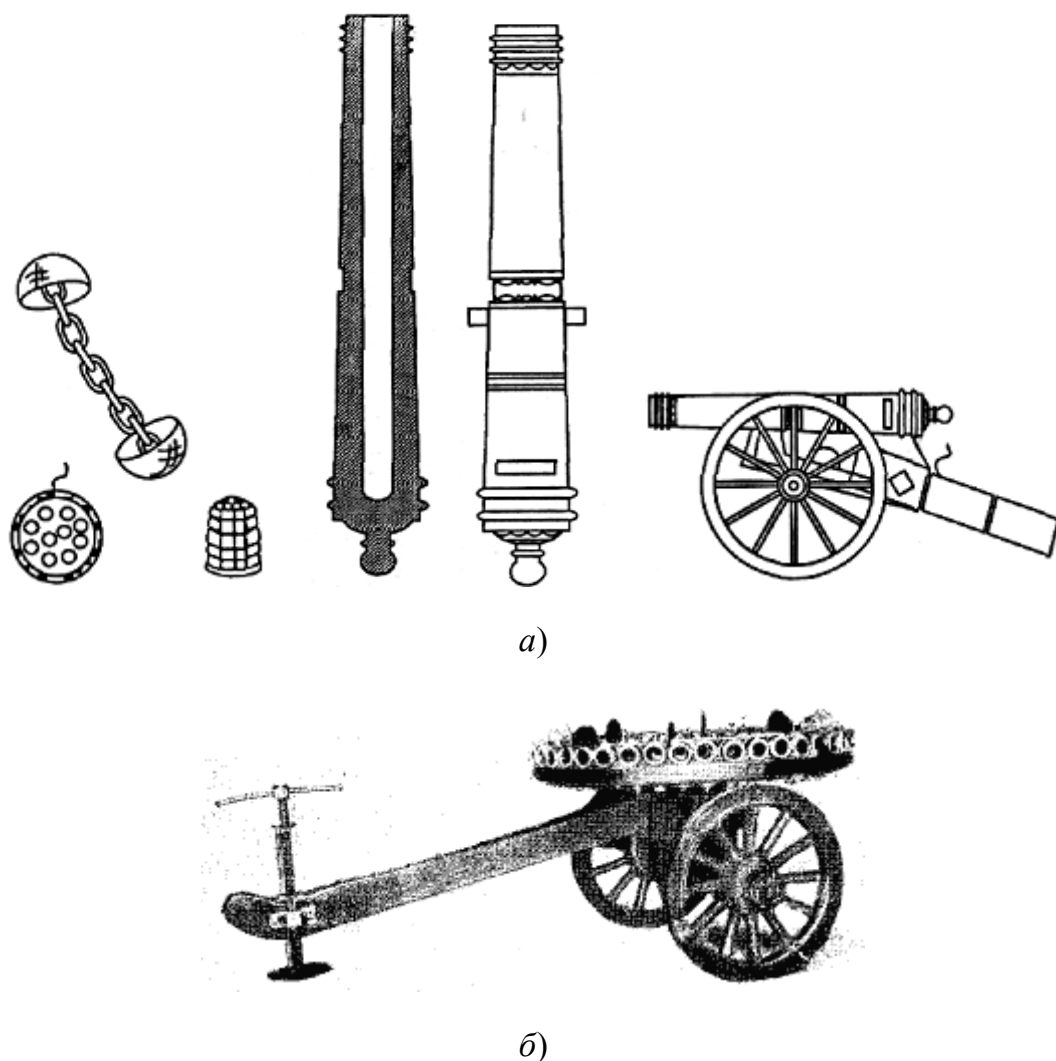


Рис. 4.14. Огнестрельное оружие: а – эскизы ядер и пушек 17 в.; б – многоствольная артиллерийская установка из 44 мортирок *А. К. Нартова* (1741)

Гребные галеры (от итал. galera) стали оснащаться парусами и артиллерией. Для этого в обшивке судна прорезались прямоугольные порты (амбразуры) для пушек, которые устанавливались на палубах.

Большие трехпалубные корабли, которые стали называться линейными, несли до 100 пушек и более 700 человек экипажа. Меньшими по величине были фрегаты (от гол. fregat) – быстроходные трехмачтовые военные корабли, имевшие до 60 пушек и применявшиеся для крейсерских операций и разведки.

Увеличению скорости кораблей способствовали также более рациональные очертания корпуса, который стал делаться заостренным с носа и кормы. Для обеспечения надежности и высоких мореходных качеств уже нельзя было рассчитывать лишь на опыт и интуицию мастеров-корабелов. Понадобилась научная разработка расчетных методов проектирования и строительства, и уже в 17 в. появились первые труды по кораблестроению *Вальтера Рэля* и *Антони Дина*. К проектированию стали привлекаться и известные математики, такие как *Д'Аламбер*, *Кондорсе*, *Босею* и др.

Стали появляться и новинки, нашедшие применение значительно позже. Так, в 1716 г. шведский ученый *Э. Сведенборг* предложил конструкцию судна на воздушной подушке, приподнимающегося над поверхностью воды нагнетаемым под днище воздухом. Но начали применяться такие суда лишь с середины 20 в.

Развитие транспорта. Заметные успехи были достигнуты и в области сухопутного транспорта, который в рассматриваемый период был исключительно гужевым.

В 1662 г. в Париже появился омнибус (от лат. omnibus – для всех) – первый вид общественного транспорта в виде многоместной конной кареты, совершавшей регулярные рейсы в городах и между ними. Он просуществовал в ряде европейских стран до 20 в.

Наряду с неблагоустроенными грунтовыми дорогами, которые были преобладающими, начали строиться и шоссе (от фр. chaussee – обутая) – дороги с каменным покрытием, строительство которых зародилось в Римской империи и получило наиболее широкое распространение во Франции.

С 1630-х гг. при устройстве путей, связывающих шахты с заводами, стали применяться поперечины, предшественники современных шпал. Несколько позже деревянные лежни стали покрывать железными полосами, а потом и чугунными профилями, являющимися прообразом современных рельсов. С 1720-х гг. повозки (составы повозок),

перемещаемые конной тягой, стали снабжаться чугунными колесами с закраинами (ребордами).

Ткачество. Больших успехов в рассматриваемый период достигла техника текстильного производства, что стимулировалось расширением потребности в различных тканях и одежде.

В начале 17 в. в труде итальянского конструктора *В. Цонка* описываются уже довольно сложные шелкокрутильные вододействующие установки. В начале 18 в. подобные машины были освоены в Англии, а затем во Франции. Но фактически история прядильных машин начинается с 1735 г., когда американский конструктор *Д. Уайет* и его компаньон *Л. Поль* построили прядильную установку, запатентованную последним в 1738 г. Эта машина была рассчитана на двигательную силу животных и позволяла прясть без помощи пальцев рабочего.

Важнейшим изобретением в ткацком деле явился механический «самолетный» челнок, изобретенный в 1733 г. английским рабочим *Д. Кэем*. Он пробрасывался между нитями основы уже не вручную, а с помощью специального приспособления, что позволило не только существенно ускорить операцию, но и ткать широкое полотно. В 1745 г. *Ж. Вокансон* создал первый шелкоткацкий станок с гидравлическим двигателем.

В 17 в. в Ланкашире (Англия) возникли первые хлопчатобумажные предприятия. С 18 в. ситценабивное производство распространяется в большинстве передовых западноевропейских государств. Одновременно происходило развитие трикотажного (вязального) производства. К началу 18 в. в Англии насчитывалось уже около 8 тыс. таких станков усовершенствованной конструкции.

4.1.5. Развитие способов получения металлов и изделий из них

При мануфактурном производстве на смену сыродутному способу производства железа пришел кричный передел. При этом металлургический процесс стал включать: выплавку чугуна – доменный процесс; чугунолитейное производство – отливка готовых изделий из чугуна; кричный передел – рафинирование чугуна в кричном горне с целью получения ковкого (сварочного) железа и передел сварочного железа в сортовое.

Первые доменные печи (домны) появились в Европе с середины 14 в. Основным их недостатком являлась низкая мощность дутья, которая и подверглась совершенствованию в первую очередь. Для дутья в 1620 г. на металлургических заводах Герца в Германии стали

применяться деревянные меха, приводимые в действие от водяного колеса, а в 1755 г. английский инженер *Вилкинсон* для привода воздуходувок доменного производства первым применил паровую машину.

Другим направлением совершенствования доменного процесса был перевод его на минеральное топливо – каменный уголь. Первым заменил древесный уголь на каменный, правда, частично, английский промышленник *А. Дерби-отец* в 1708 г.

В 1735 г. доменный процесс впервые был осуществлен полностью на коксе, полученном из каменного угля топливе. Изобретение коксования связано с именем англичанина *Абрахама Дерби-сына*. Английский инженер-металлург, владелец железоделательного завода Кальбрудкейль Абрахам Дерби-сын (1711–1763) на основе опыта своих предшественников разрешил эту проблему, используя для доменной плавки не просто древесный уголь, а специально переработанный кокс. Проблемой плавки чугуна на минеральном топливе Дерби-сын занимался несколько лет. Первые попытки непосредственно использовать каменный уголь в домне не дали результатов, т. к. уголь содержал большое количество золы и других примесей, особенно серы. И лишь после того, как Дерби получил удовлетворительный кокс, ему в 1735 г. удалось наладить выплавку чугуна на минеральном топливе. К концу 18 в. почти все доменные печи в Англии работали на коксе.

Использование кокса потребовало увеличения количества воздуха, подаваемого в доменную печь. Дерби произвел на своем заводе полное переустройство воздуходувного хозяйства, применив для привода воздуха паровую машину Ньюкомена. Она приводила в действие насосы, которые дважды подавали отработанную воду на водяные колеса, являющиеся двигателями воздуходувных мехов. Вскоре эта система стала применяться и на других предприятиях Англии.

В дальнейшем техника подачи воздуха в домну продолжала совершенствоваться, росла мощность двигателей, приводивших в движение воздуходувные устройства. Вместо клинчатых мехов стали применяться цилиндрические, а затем центробежные воздуходувки.

В ряде европейских стран возникли новые железообрабатывающие производства. Литье в земляные, глиняные и металлические формы открыло такие возможности получения изделий из железа и стали, какие даже трудно было предвидеть. Кузницы и волочильные мастерские поставляли железообрабатывающим мастерским полуфабрикаты и заготовки, что позволило усовершенствовать технологи-

ческий процесс окончательной обработки. Добыча серебра, свинца и олова требовала все более широкого применения железа, а поскольку естественные условия были благоприятными, то вблизи горнорудных предприятий по добыче цветных металлов начало быстро расти и процветать железодобывающее производство.

Одна часть полученного чугуна шла непосредственно на отливку изделий, другая использовалась для передела в железо. Передел чугуна в железо осуществлялся на железоделательных заводах, где в кричных горнах получали крицу, которую для удаления шлаков подвергали проковке на вододействующих молотах. Часть полученного железа шла непосредственно для производства изделий, остальное перерабатывалось в сортовое. Для выделки сортового железа с 17 в. стали применяться вододействующие прокатные станы (рис. 4.15), а для производства проволоки – волочильные станы.

Сталь применялась чрезвычайно редко, в основном для мелких инструментов и дорогого оружия. Существовало три основных способа ее изготовления: плавкой в тиглях, переделом из чугуна в кричных горнах, поверхностным науглероживанием (цементацией) железных изделий в специальных печах. При отсутствии научных основ производства стали в условиях ремесленного производства существовало множество секретов, которые передавались обычно по наследству, а нередко и просто терялись.

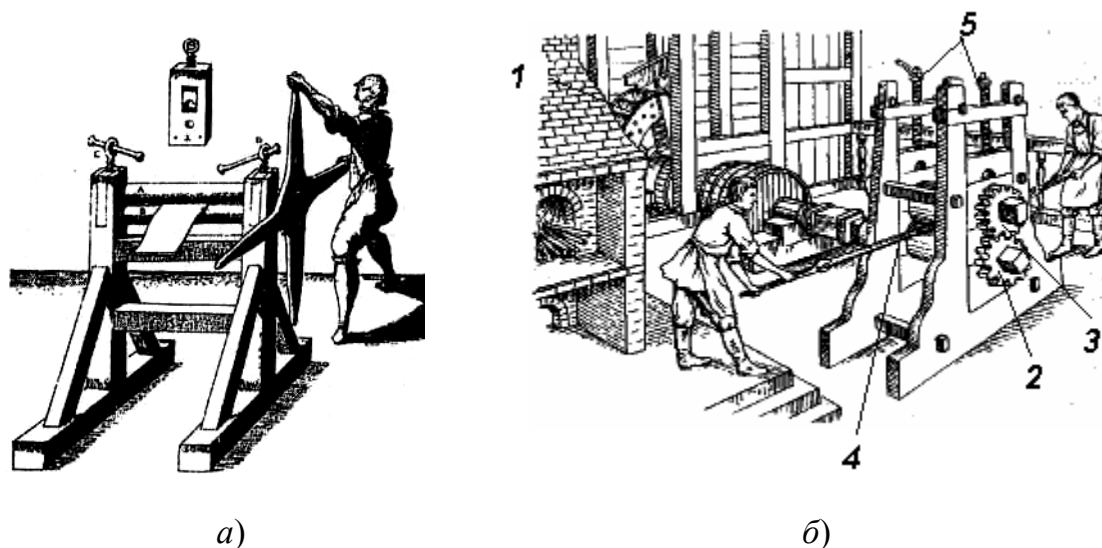


Рис. 4.15. Эскизы прокатных станков: а – с ручным приводом (с гравюры 1615 г.); б – с гидромеханическим приводом (по Г. В. Генину, 18 в.): 1 – гидрокосо; 2, 3 – зубчатая передача; 4 – заготовка; 5 – регулировочные винты

Расширялась добыча цветных и драгоценных металлов и получение сплавов. В медеплавильном производстве последовательной плавкой в нескольких горнах выплавлялась медь, которая применялась как в чистом виде, так и в виде различных сплавов: бронзы, латуни, колокольного и подшипникового сплавов.

4.2. Развитие материалообработки и совершенствование станков

Развитие металлургии и резкое увеличение производства металла дало мощный толчок развитию металлообработки и совершенствованию металлорежущего оборудования.

В 1701 г. издана в Лионе книга *Шарля Плюмье* на французском языке с параллельным латинским текстом. Латинский текст подчеркивал научный характер книги, поскольку международным языком ученых был латинский. Особое внимание было обращено на раздел «Како подобает точити железо», т. к. именно здесь эта область техники впервые особо выделяется и с книги Плюмье непосредственно начинается зафиксированная в источниках история обработки металлов резанием на станках. В более ранние периоды техникой обработки металлов на станках владели лишь отдельные мастера-виртуозы. Чтобы не быть голословными, сошлемся на следующие строки самого Плюмье.

«Нужда которая есть, чтоб имети столбик или вал железной совершенной окружности, и нет возможности, чтоб его сочинити пилую, меня та причина побудила искати с прилежанием художников, котория умеют точити смело железо. Но како я ни искал во всех моих путях, не обрел кроме двух, котория мою охоту могут исполнити; един есть в Риме немчин урожденной, зовется господин Вилим, в службе на монетном дворе, а второй в Париже господин Петр Тайлемарс, математик...».

Металлические валы, винты различной величины, колеса (предназначенные для передачи гибкой связью и зубчатые) действительно были первыми деталями машин, о механическом изготовлении которых встал вопрос тотчас же, как они потребовались в значительных количествах. Большая скорость машин, выполнявших точные движения, требовала такого соответствия детали с ее теоретическими размерами, которое при ручном изготовлении могло быть доступно только отдельным виртуозам. Плюмье в своей книге откликнулся на первые запросы промышленности в этом направлении.

На рис. 4.16 изображен токарный станок и его детали. Здесь показаны передняя и задняя бабки с центрами 1, зажатая между центрами заготовка 4 и резец 6, опирающийся на поддержку 7. Правильное (и с современной нам точки зрения) размещение резца несколько ниже центра заготовки показано отдельно в верхнем левом углу тонкими линиями.

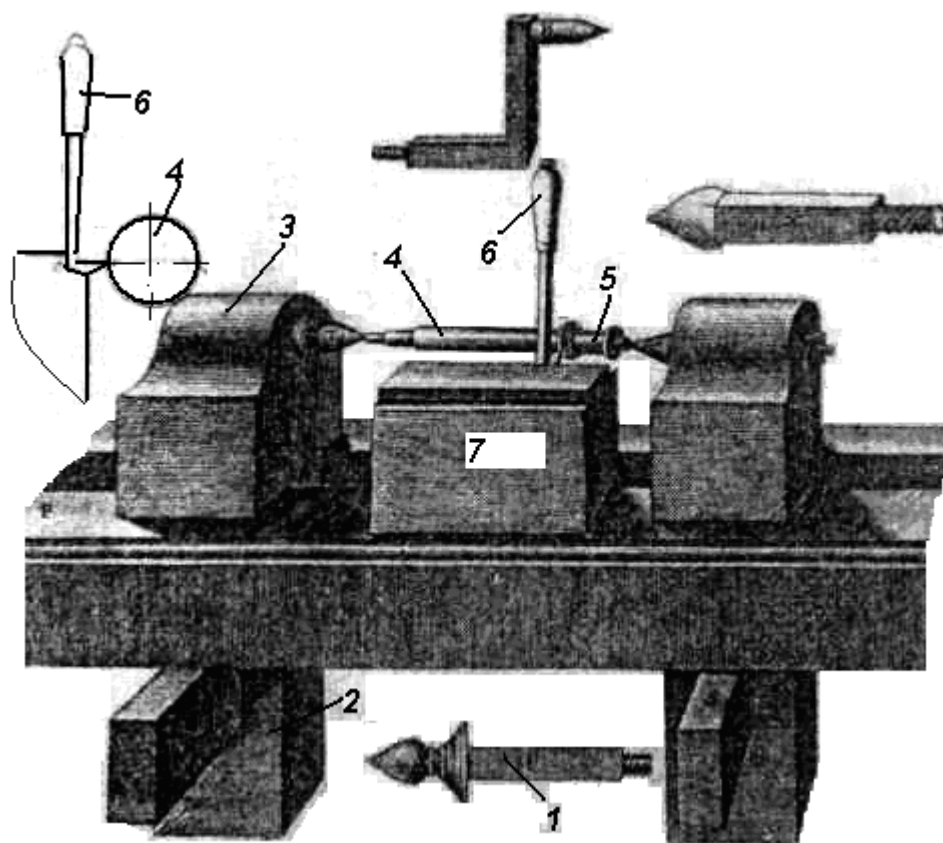


Рис. 4.16. Токарный металлорежущий станок, центра и установка резца (по Плюмье). 1701 г.

При наличии колена на стержне сила резания воспринималась массивной поддержкой 7. Уступ, в который упиралось колено стержня резца, предназначен для предотвращения его соскакивания при воздействии поперечной составляющей силы резания. Этот же уступ позволял соблюдать более или менее постоянную глубину резания. Поперечное перемещение поддержки было возможным только при прекращении резания и отводе резца.

На этом же рисунке показано устройство зажимных центров. Центр, изображенный отдельно, имел квадратный хвостовик, кончавшийся цилиндрической частью с резьбой. Его квадратная часть обеспечивала неподвижность относительно бабки, предотвращая

вращение в гнезде. Центр закреплялся в бабке квадратной гайкой, на-вертывавшейся на нарезанную часть хвостовика. Естественно, что при этом длина квадратной части хвостовика должна быть менее дли-ны гнезда в бабке.

Плюмье писал также, как следует выбирать доброкачественный материал для заготовки. Затем рекомендовал выточить образец заго-товки из древесины с небольшим припуском и этот образец передать кузнецу. Такой способ практиковался нередко еще в начале нашего века. Откованную заготовку также следовало отжечь для облегчения резания на станке.

Рекомендация Плюмье производить отжиг заготовок вполне це-лесообразна, если учесть, что он брал заготовку из материала неиз-вестного качества, возможно закалившуюся ранее в процессе изго-товления. Отожженная заготовка могла идти на разметку. «Потом уже, как железо ваше погрел, приготовити его поставити на станок. Сперва искать циркулем средину и сыскав наметить, ударь гораздо молотком наставя шило, и коловоротом наверху глубиною кругом дву линей, чтобы нескочило стержня...».

После разметки и нанесения на заготовке центровых углублений можно было установить ее на станок, проверить, нет ли биения, и устранить его.

«И тако поставленную вашу штуку велите тихо вертети, положи на нее руку, чтоб видеть, ровно ли поставлено в свою середину. И ежели вертяся вскакивает или подымается где, присмотря гораздо места подвинуты к середине по стержню с стороны где неровно, еже-ли не хочещи спиловать, или без всякого сего искания вы можете об-точить ту неровность, яко потом будет сказано».

Все приготовления заготовки к точению окончены. Пришло вре-мя поставить на заготовку вала деревянный шкив, накинуть на него ве-ревку – привод, идущий от махового колеса, которое вращают один или два подсобных рабочих, затем смазать центры маслом и смочить водою резец. Окончив все эти приготовления, можно начать резание.

Книге Плюмье в России придавалось весьма серьезное значение. Она имелась в личной библиотеке Петра I. По распоряжению Петра I книга была в 1716 г. переведена на русский и параллельно голланд-ский языки. С ней несомненно были знакомы его высококвалифици-рованные токари, прежде всего наиболее выдающийся из них – *Анд-рей Константинович Нартов*, личный токарь, живший в комнатах самого царя.

Нартов был наиболее крупным машиностроителем в России первой половины 18 в. Изучение труда Плюмье, обобщившего лучшие достижения токарного искусства многих народов (Франции, Германии, Италии, о которых он упоминает в своей книге, и, возможно, других стран, т. к. он много путешествовал), дало возможность Нартову и другим токарям Петра I познакомиться с техникой токарного дела зарубежных стран. Они могли работать над созданием новых конструкций станков, опираясь не только на опыт России и стран, из которых они происходили, (известно, что среди токарей Петра I были голландцы, итальянцы и англичане), но также и на обобщения, сделанные Плюмье. Все вышеизложенное содействовало тому, что станки, которые проектировали и строили, отличались высокой степенью совершенства.

Со смертью Петра I прекратилась работа царской мастерской, а вместе с этим и конструирование новых сложных токарных станков, предназначенных для фигурного точения.

Так, на рис. 4.17 приведена круглая деревянная коробочка с точно пригнанной крышкой. Ее наибольший диаметр внутри значительно превосходит диаметр входного отверстия. Для получения такой полости токарь должен был использовать расточные резцы, именовавшиеся в России «крюками».



Рис. 4.17. Деревянная коробочка с крышкой. 17 в.

После смерти Петра I А. К. Нартов перешел на работу, как мы теперь говорим, в промышленность. Он начал проектировать и строить машины производственного назначения. Свой богатый опыт машиностроителя Нартов изложил в рукописи с традиционным названием «Театрум Махинариум». При жизни А. К. Нартова она не была опубликована, а после смерти его сын, многосторонне образованный

ученый и литератор А. А. Нартов, преподнес этот труд Екатерине II. Вместо «объявления в народ» рукопись поступила на хранение в Эрмитажную (придворную) библиотеку, затем в Отдел рукописей Публичной библиотеки, где оставалась неизвестной исследователям до недавнего времени, когда на нее обратила внимание Е. П. Федосеева.

Деятельность личного токаря Петра I, выдающегося изобретателя, впоследствии первого президента Российской АН, А. К. Нартова (рис. 4.18) вписана красной строкой в историю техники. Всего этот выдающийся изобретатель создал 13 типов токарных станков, среди которых несколько токарно-копировальных (1718–1729).



Рис. 4.18. Портрет А. К. Нартова

4.2.1. Токарные станки

Токарный станок, в свое время возникший как универсальный механизм для вытачивания изделий из дерева и кости, стал находить все большее применение в металлообработке.

Широкое распространение артиллерии вызвало массовое изготовление зарядов. В составе заряда имелся круглый деревянный пыж, который изготовлялся на токарном станке. Поэтому токарные станки становятся неотъемлемой частью оборудования предприятия, изготавливавшего артиллерийские заряды. Серии однотипных пушек отливались иногда по деревянным точеным моделям.

Первые сведения о станках с приемным шкивом относятся к 16 в. (Германия) (рис. 4.19).

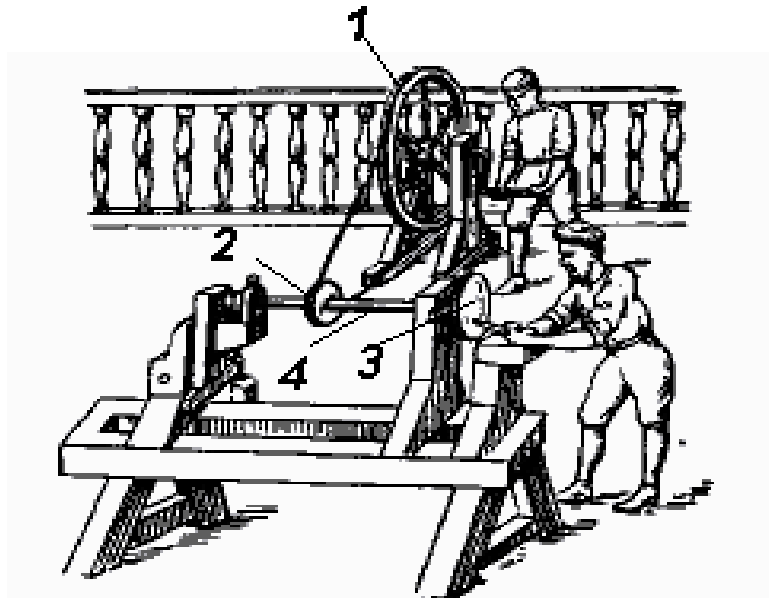


Рис. 4.19. Токарный фронтальный станок (из книги 1615 г.):
1 – приводной шкив; 2 – приемный шкив; 3 – заготовка;
4 – шпиндель

Приемный шкив первоначально получал энергию, необходимую для приведения в движение станка, с помощью гибкой связи (просмоленной веревки или ремня), надетой на шкив, вращаемый человеком.

Получил распространение также и другой метод устранения холостого хода заготовки – введение махового колеса. Станки с очепом применялись в 17 в. во Франции (рис. 4.20). В следующем столетии педаль соединили с коленчатым валом и маховиком. Очепы стали лишними.

В первой половине 18 в. уже существовали металлорежущие токарные и токарно-винторезные станки, но широкого распространения они тогда еще не получили, т. к. не было массовых заказов, но интерес к применению машин заметно возрос. Увеличилось количество изобретений устройств механизации труда, этого рода деятельность стала привлекать внимание отдельных ученых и целых научных корпораций. Машины и механизмы перестали быть редкостью. Росла потребность в изготовлении точно исполненных деталей машин, прежде всего осей и валов, которые можно было хорошо и дешево сделать только на токарных станках. Таким образом, уже в последней четверти 17 в. из общей массы токарных станков начинают выделяться металлорежущие.

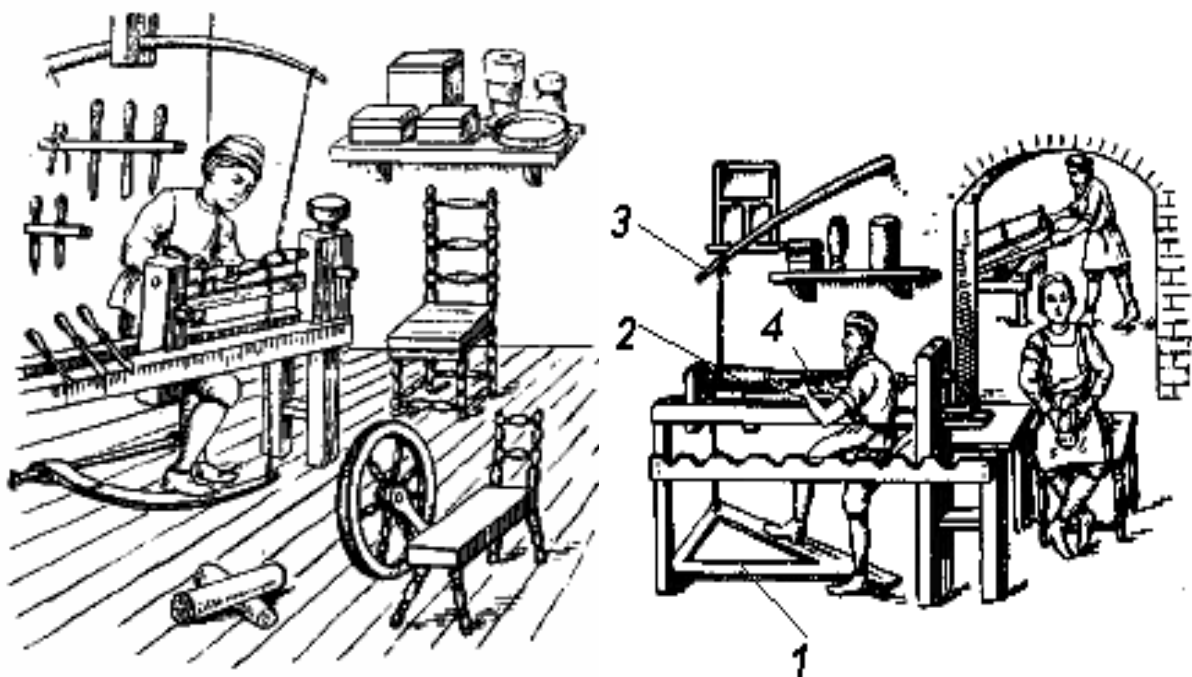
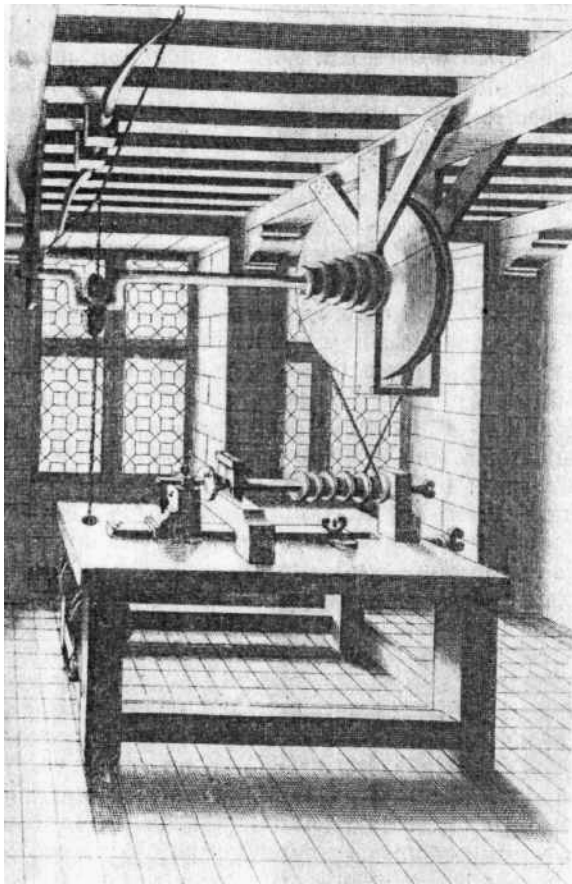
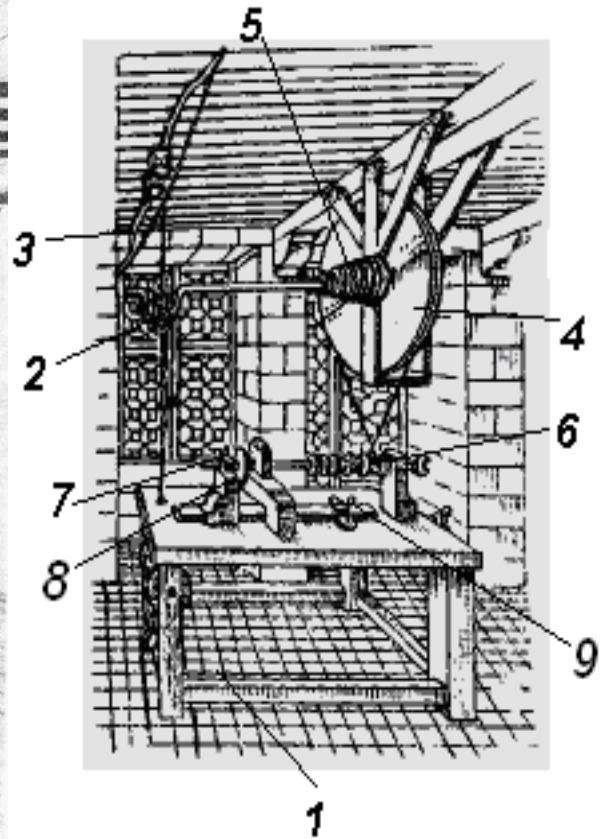


Рис. 4.20. Токарный станок с педально-очеповым приводом (по гравюре Вейгеля 1698 г.): 1 – педаль; 2 – хвостовик заготовки; 3 – очеп; 4 – резец

На рис. 4.21 показан токарный станок, описанный в книге *Шерюбена*, изданной в Париже в 1671 г. Конструкция станка интересна по устройству ножного привода со стременем и лучковой тетивой, действующей на коленчатый вал. В станке Шерюбена впервые осуществлено устройство ступенчато-шкивного привода, позволяющего изменять скорость вращения шпинделя. В дальнейших конструкциях станков комбинация коленчатого вала с маховиком не получила устойчивой формы, и эффект применения маховика для поддержания стабильного непрерывного вращения изделия усиливается пружиной лука. По сравнению с предыдущими в данном станке увеличилось количество металлических деталей (люнет, шпиндель, впервые появившаяся направляющая планка станины, резцедержатель и коленчатый вал). На специализированном станке Шерюбена, являющемся прообразом лоботокарного (рис. 4.21), кроме маховика, впервые появился контрпривод 5, позволивший изменять скорость вращения обрабатываемой заготовки 7. Последняя закреплялась на диске шпинделя. Держатель 8 с установленным в нем резцом по направляющей подвигался к детали и закреплялся барашком 9.



a)



б)

Рис. 4.21. Токарный фронтальный станок:
a – общий вид; *б* – эскиз компоновки: 1 – педаль; 2 – роликовая опора;
 3 – лук; 4 – маховик; 5 – набор шкивов; 6 – набор приемных шкивов;
 7 – заготовка; 8 – держатель; 9 – гайка. Конструктор Шерюбен. 1671 г.

Другой станок Шерюбена замечателен применением немеханизированного суппорта. На рис. 4.22 изображен корпус суппорта 7, на котором сверху имелась гайка с барашком, закреплявшим резец в держателе. Установленный таким образом резец мог быть подведен к обрабатываемой заготовке до контакта с ней. Глубина резания в дальнейшем регулировалась винтом поперечных подач 8, один конец которого был скреплен с подвижными салазками суппорта, а другой – с основанием. Винт имел рукоятку грушевидной формы.

Станок был специализирован для обработки деталей сравнительно небольшой ширины с помощью широкого резца, перекрывающего ширину обрабатываемой поверхности.

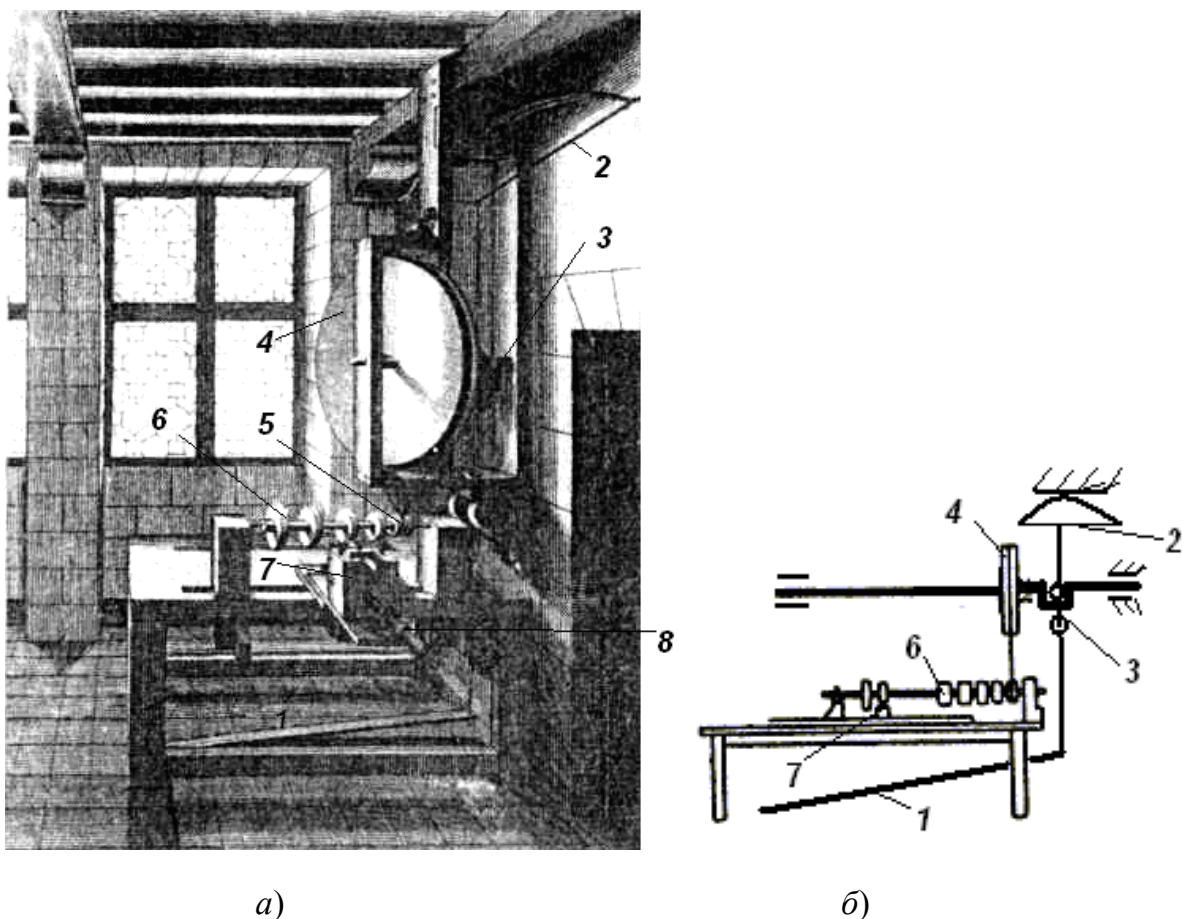


Рис. 4.22. Токарный центровой станок: *а* – общий вид; *б* – его схема.
Конструктор Шерюбен. 1671 г.

Поэтому перемещение резца вдоль образующей детали цилиндрической формы в процессе резания не требовалось. Нижние салазки и длинная прорезь в станине позволяли устанавливать суппорт против каждой из четырех деталей, подлежащих обработке. Заметим, что здесь впервые встречается последовательная обработка группы деталей, собранных на одну оправку.

Оборудование типовой мастерской России, в период обучения и преподавания в ней Нартова, состояло из обычных для того времени деревообрабатывающих токарных станков (рис. 4.23). Станок имел деревянную станину *1* и такие же направляющие *2*, переднюю *3* и заднюю *4* бабки, а также передвижную деревянную поддержку *6* для резца, направляемого токарем вручную. Единственными металлическими деталями конструкции были железные центры *5*. Для вращения обрабатываемых на станке изделий служила веревка *7*, обвитая петлей кругом обтачиваемой заготовки *8*, закрепленной на центрах бабок; нижним концом веревка прикреплялась к педали *9*, качаемой ногой на полу, а верхним к деревянной пружинящей жерди (лучку) *10*,

прикрепленной к стене или потолку. При нажатии ногой на педаль заготовка вращалась в одну сторону; при отпускании лук вздергивал веревку и вращал заготовку в обратную сторону. Процесс резания осуществлялся путем нажатия (вручную) резца при вращении изделия на него; при обратном вращении резец отдергивался. Токарные станки рассмотренной конструкции с прерывным вращением изделия представляли в течение всего 18 в. наиболее распространенный тип оборудования ремесленных и заводских механических мастерских Европы.

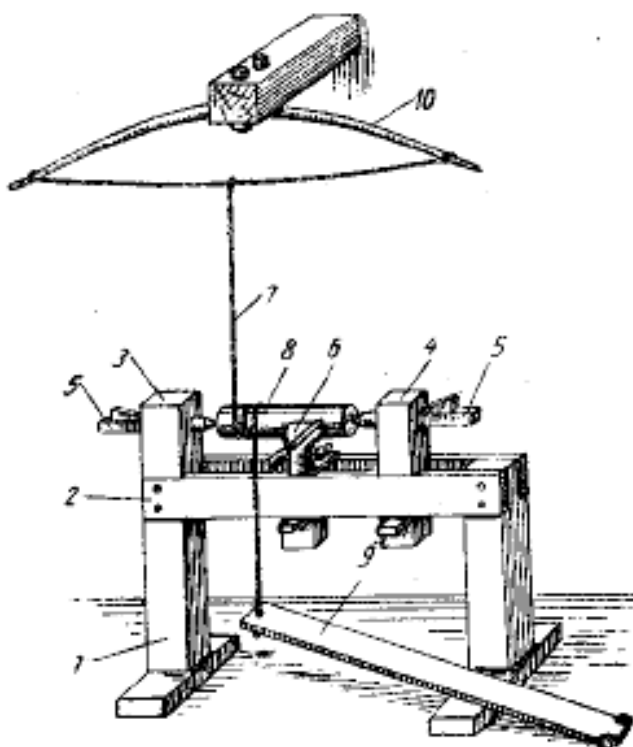


Рис. 4.23. Конструкция токарного станка мастерской русского царя Петра I

Кинематическая схема станка Нартова для обточки цапф пушек (рис. 4.24) включает в себя пушку 1 с обтачиваемой цапфой 2, зажатую хомутом 3 в подшипнике 4 каретки 5. Хомуты 6 и 7 охватывают ствол пушки. Бруски 8 каретки перемещаются по направляющим 9 рамы 10, положенной на сваи 11. Рейки 12 каретки передвигаются шестернями 13, закрепленными на валу 14, поворачиваемом головками 15 рычагов 16, нажимаемых грузами 17. Инструмент 18 зажат в рамке 19 винтами 20 на конце шпинделя 21, соединенного непосредственно с валом 22 водяного колеса 23, на который подается вода сверху из желоба 24.

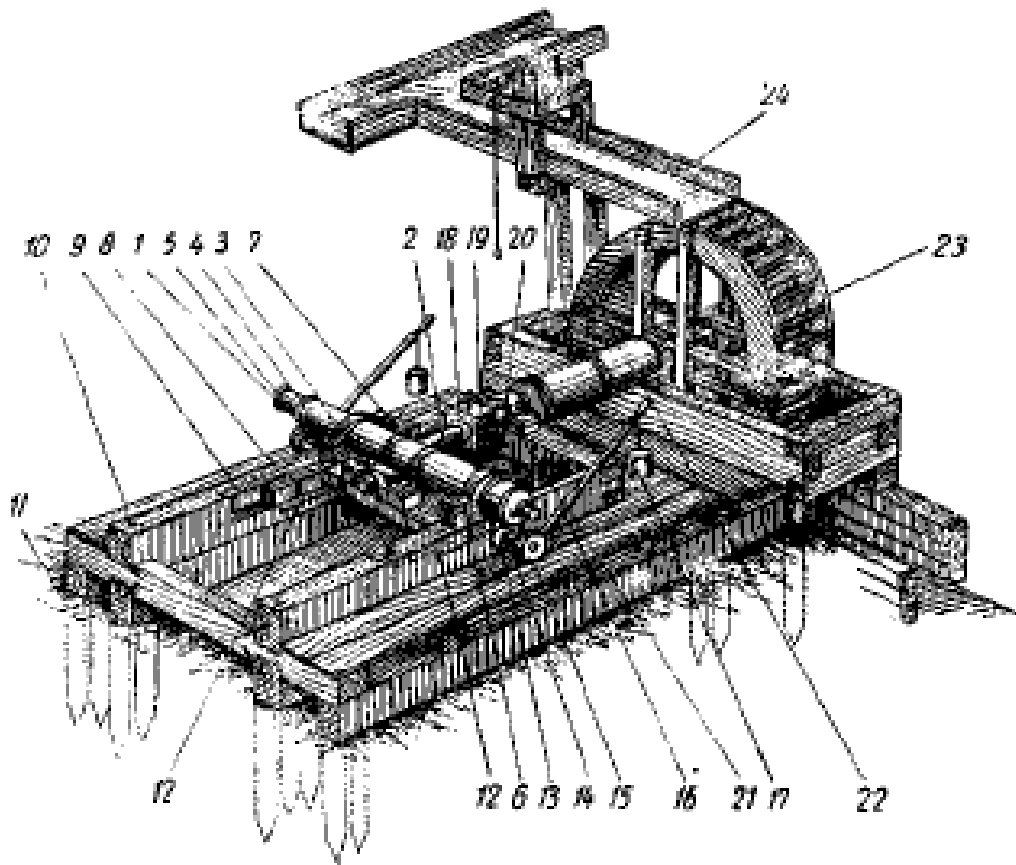


Рис. 4.24. Станок для обточки цапф стволов орудий А. К. Нартова

На рис. 4.25 изображен токарный станок производственного назначения, изготовленный в середине 18 в. Высота его центров равна 7 дюймам (~ 178 мм) и расстояние между центрами 17 дюймам (~ 431 мм). Он совсем не имеет деревянных частей и целиком изготовлен из чугуна и железа. Педальный привод 2 с маховиком 4 поддерживают конические подшипники скольжения. Шпиндель 1 смонтирован в разъемном чугунном подшипнике скольжения. Суппорт на станке отсутствует. Он заменен обычной в то время поддержкой 7 для инструмента. Обе стойки 8, 9 его станины отлиты из чугуна по одной модели. Это можно заключить из того, что прилив подшипника, необходимый на левой стойке, имеется также и на правой. Станина отлита из двух одинаковых частей и скреплена со стойками болтами. Литые части станка рассчитаны на то, чтобы обойтись без стержней и формовать все части станка наиболее простым и дешевым способом – в земле и опоке.

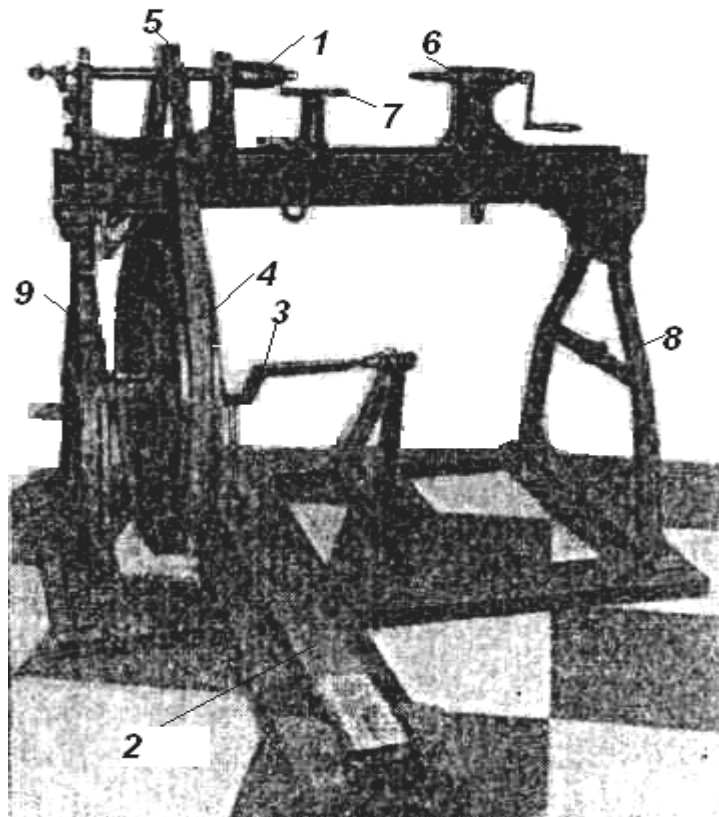
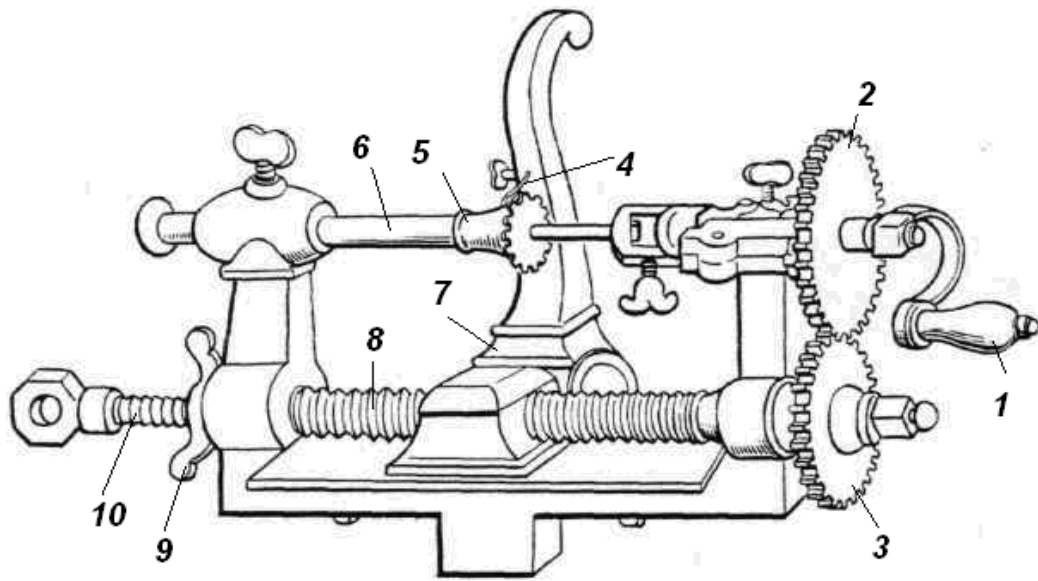


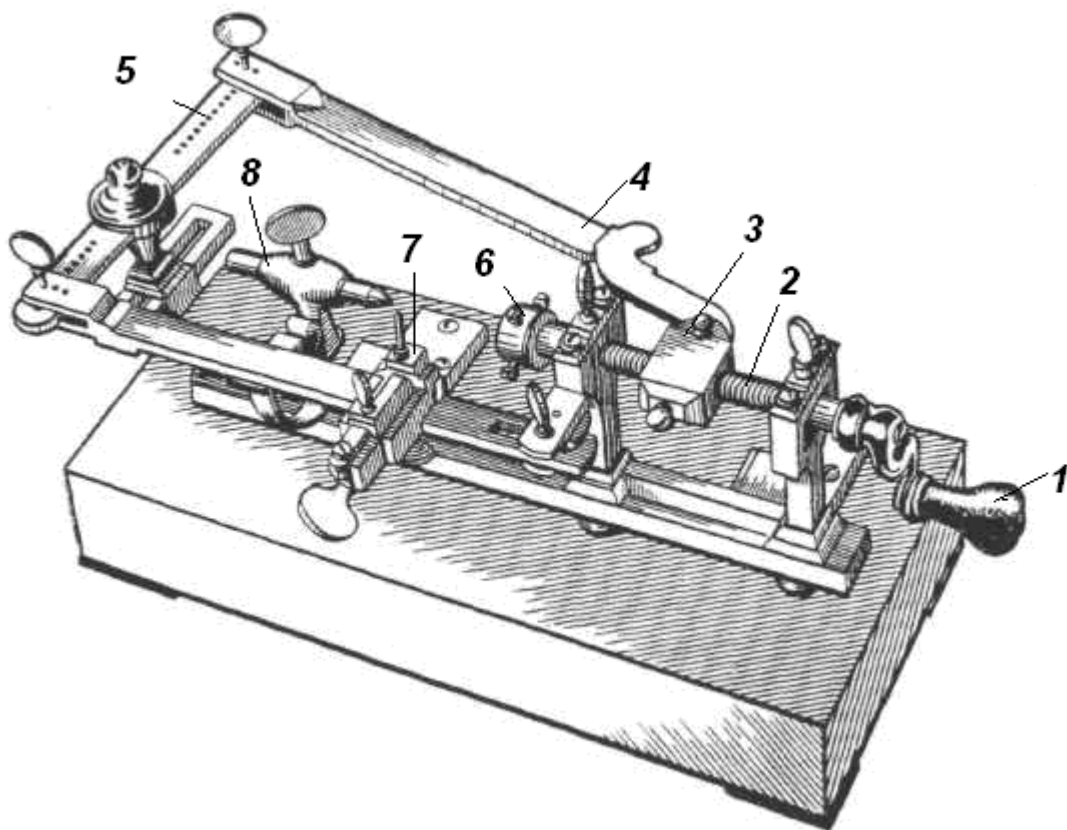
Рис. 4.25. Производственный токарный станок. Середина 18 в.
(фото с натуры)

В 1741 г. в Париже вышла книга *Тюу*, посвященная часовому делу. В ней, впервые в литературе, описан самодвижущийся суппорт токарного станка, предназначенного для обработки деталей часовых механизмов, т. е. станка, имеющего производственное назначение. Вид станков представлен на рис. 4.26. Приведенные в книге станки имеют резцедержатели. Первый станок, помимо винта 8, закрепленного в опорах скольжения и поджатого винтом 10, снабжен еще и сменными шестернями 2, 3. Поперечная подача обеспечивается рычажным перемещением вокруг оси суппорта 7. Качество изготовления фузеи 5 зависело от опытности рабочего.

Кроме того, дано описание винторезного станка (рис. 4.26, б), снабженного механическим суппортом 7, приводимым в движение с помощью ходового винта 2, находящегося на одной оси со шпинделем и патроном 6. Станок был из металла. Система рычагов 4, 5 заменяла схему привода со сменными шестернями (смена шага резьбы производилась изменением плеч рычагов).



a)



б)

Рис. 4.26. Токарные станки часовщика с механизированным суппортом (по Тиу). 1741 г.

4.2.2. Токарно-винторезные станки

Служившее для нарезания винтов устройство по описанию Плюмье весьма просто (рис. 4.27). К нарезаемому валу 1 припаивался отрезок винта 2 в качестве хвостовика. Шаг напаяваемого винта 2 должен был быть равен шагу того винта, который нужно было нарезать на заготовке. Затем заготовка устанавливалась в простейших разъемных деревянных бабках 3 и 4. Передняя бабка 3 поддерживала тело заготовки, а в заднюю 4, вставлялся припаянный винт. При вращении заготовки деревянное гнездо задней бабки 4 сминалось по форме винта и служило гайкой, вследствие чего полученный шпиндель перемещался в сторону передней бабки. Подача на оборот была такова, что позволяла неподвижному резцу 5 нарезать винт с требуемым шагом.

Еще одним способом, который излагал Плюмье, являлось нарезание винтов с помощью резцов-гребней, когда токарь нарезал их по предварительно сделанной разметке. Этот способ Плюмье находил наилучшим.

Плюмье описал специальный технологический процесс для изготовления резцов-гребней, обеспечивавший точность размещения их зубьев, а следовательно, и расстояний между нитками резьбы.

«Кроме того, чтоб долота были бы крепко посажены, а конец чтоб конечно был 60 градусов, яко угол треугольника равностороннего. И тако входящие и выходящие винты будут совершенно ровны, и ежели желаете, чтоб винты были гораздо остры и глубоки, надлежит быти вострею у долота углом не что тупым, яко угол треугольника равностороннего или изоссея... Тогда возымееш винт глубже и вострея».

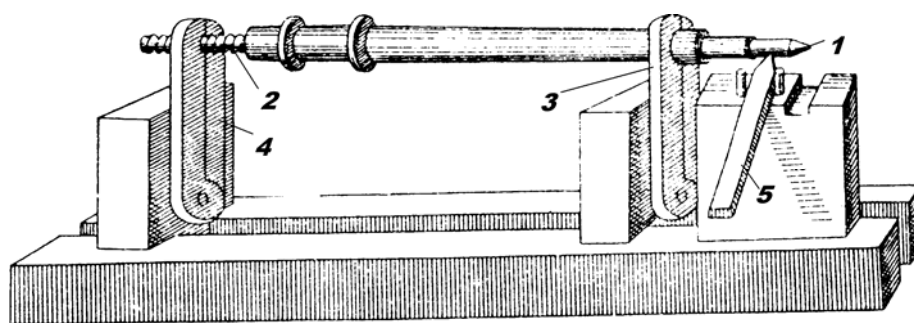


Рис. 4.27. Компонка токарно-винторезного станка (по Плюмье). 1701 г.

На рис. 4.28 представлен чертеж токарно-винторезного станка, на котором можно было нарезать винты с различным шагом. Станок имел две системы привода: предназначенную для изготовления коротких винтов с малым числом ниток и для винтов значительной длины.

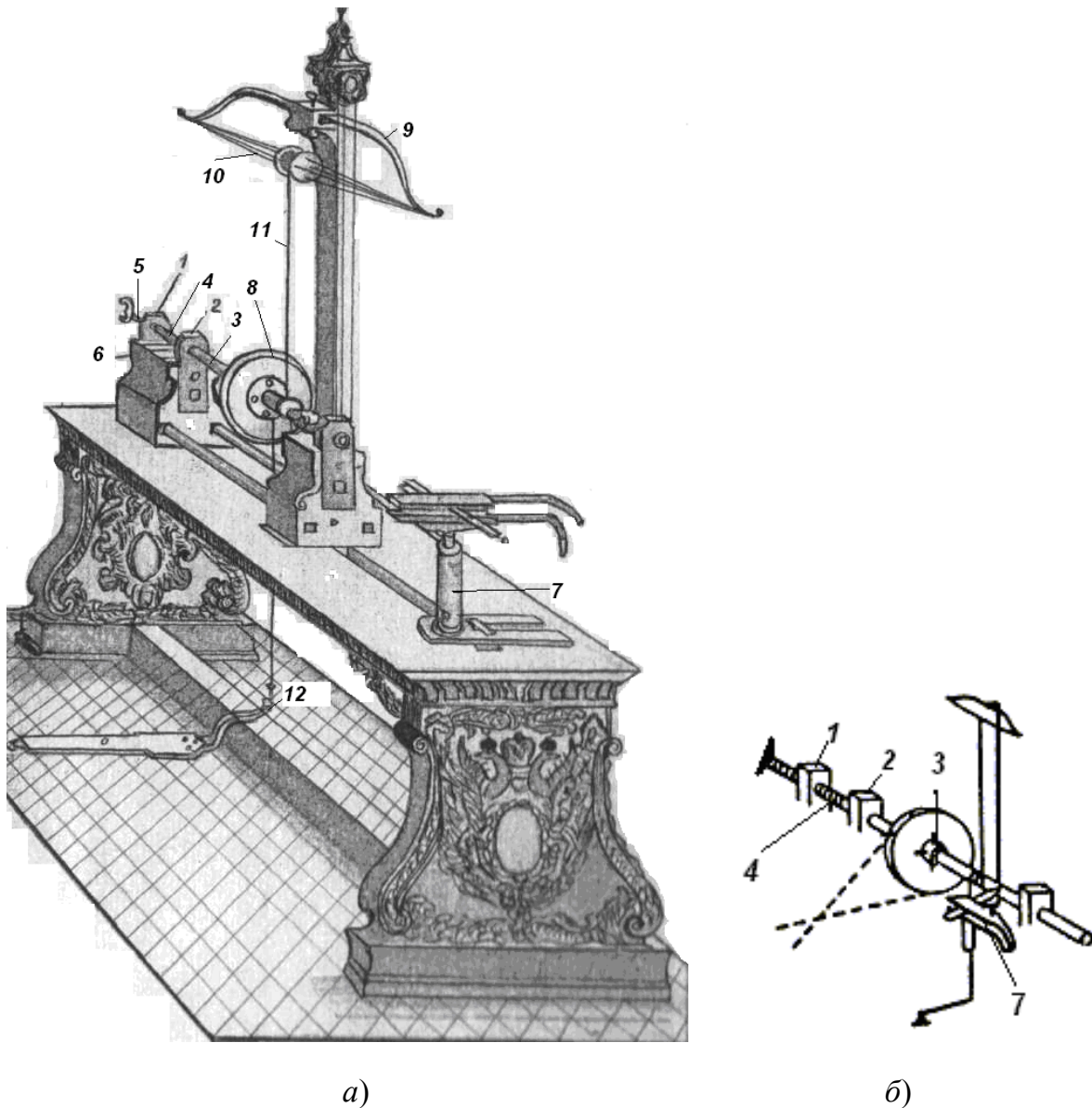


Рис. 4.28. Токарно-винторезный станок с неподвижным инструментом: *a* – общий вид; *б* – схема.

Конструктор А. К. Нартов

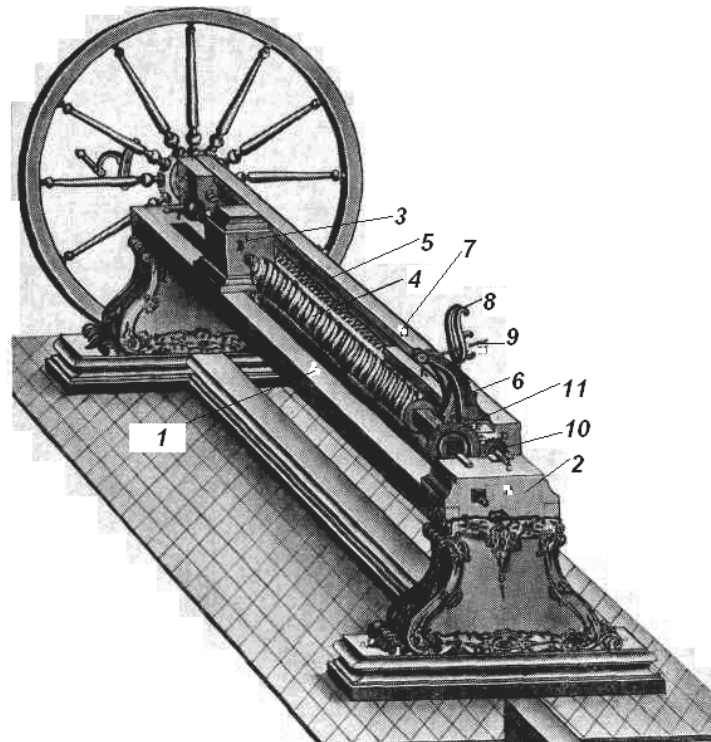
Шпиндель 3 опирался на подшипники двух стоек, на которых он мог вращаться и перемещаться по направлению своей оси. Между стойками 1 и 2 располагался «образец» винта 4, соответствовавший данным того винта, который требовалось нарезать. Образец легко и быстро устанавливался и снимался. Один его конец, обращенный к шпинделю 3, имел какой-то замок (его устройство не показано на чертеже и не упомянуто в описании), а другой был конусообразным и упирался в углубление на торце винта 5, служившего упорным подшипником. Между стойками 1 и 2 располагалось своеобразное устройство, заменявшее гайки для образцовых винтов. Оно представляло

собой набор пластинок 6. Ширина одной пластинки соответствовала впадине нарезки одного из образцовых винтов. Пластинки были шарнирно прикреплены к бабке с той ее стороны, которая на чертеже зашлонена стойкой 2 и образцом 4. После установки на станке образца 4 соответствовавшая ему пластинка поднималась до упора в его впадину и закреплялась в наклонном положении специально заготовленным клинышком. При вращении винта пластинка оставалась неподвижной, и образец 4 был вынужден перемещаться вдоль своей оси. Заготовка укреплялась на конце шпинделя 3 и перемещалась соответственно шагу образца 4, находясь в контакте с резцом, закрепленным в стойке 7. Резец снимал стружку и таким образом осуществлял на заготовке винтообразную впадину. Для того чтобы образец 4 не утрачивал контакта с винтом-центром 5, последний во время нарезания винта перемещали, вращая за барашек.

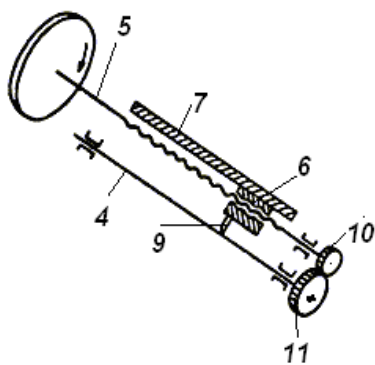
На шпинделе 4 был установлен шкив 8, который шнуром связывался с маховым колесом ручного индивидуального привода (на чертеже не показан). Это устройство служило приводом в тех случаях, когда изготавливались длинные винты. При изготовлении винтов с малым числом ниток использовался лучковый привод. Он состоял из лука 9 с многожильной тетивой, «вьюшки» 10, прикрепленного к ней шнура 11, обведенного вокруг шпинделя 3 и прикрепленного к педали 12. В 1738 г. А. К. Нартов создал проект токарно-винторезного станка с механизированным суппортом (рис. 4.29). Механизация осуществлялась, как и в современных нам станках, при помощи винтовой пары. Особенность его конструкции состояла в получении главного движения от движения подачи. Станок специально рассчитан на изготовление крупных многозаходных винтов с прямоугольной нарезкой, применявшихся в прессовом оборудовании для производства бумаги, сукон, чеканки монет.

На направляющих 1 установлены неподвижная бабка 2 и подвижная бабка 3, между которыми зажималась цилиндрическая заготовка 4. Маховое колесо приводилось в движение с помощью рукоятки. Оно было посажено на винт 5, имевший прямоугольную нарезку и являвшийся одновременно ходовым винтом для прямоугольного бруска-суппорта 6. Внутри суппорта 6 имелась гайка ходового винта. Вращение бруска-суппорта 6 предотвращено тем, что он во время движения прижимался к направляющим 7. На суппорте находилась стойка 8, в которой устанавливался резец 9, прижимавшийся к обрабатываемой детали барашком, ходившим на винте. Последний был прикреплен к стойке шарнирно, что давало резцу возможность перемещаться в плоскости, перпендикулярной оси нарезаемого винта. Об-

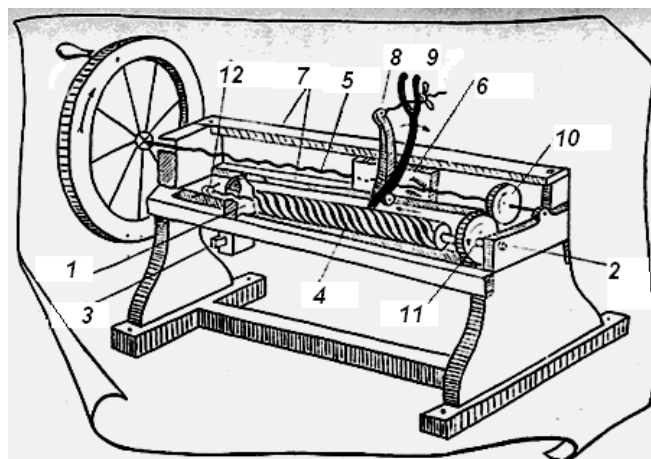
рабатываемая деталь получала движение от ходового винта через закрепленное на нем зубчатое колесо 10 и зубчатое колесо 11, находившееся на одном валу с заготовкой. Наличие маховика позволяло уменьшать неравномерность движения и вибрации, что очень важно при нарезании винтов.



a)



б)



в)

Рис. 4.29. Токарно-винторезный станок с механизированным суппортом: а – общий вид; б – кинематическая схема; в – принципиальная схема. Конструктор А. К. Нартов. 1738 г.

В 1749 г. *О. О. Ботон* разработан токарно-винторезный станок с механизированным суппортом (рис. 4.30). Станок, созданный Ботонем, помимо механизированного суппорта, имел набор сменных зубчатых колес, позволявший нарезать винты с различным шагом. Главное движение механизму станка Ботона сообщалось рукояткой 1, которая приводила в движение вал 2. Последний опирался на подшипники, заключенные в стойках 3 и 4, образующих переднюю бабку станка. Вал 2 выполнял также функцию шпинделя. На него был надет патрон 5 с тремя винтами 6, осуществлявшими центрирование и закрепление обрабатываемой заготовки. Задняя бабка 7 была снабжена винтом 8, поддерживавшим нарезаемую заготовку (противоположный конец заготовки зажимался в патроне 5).

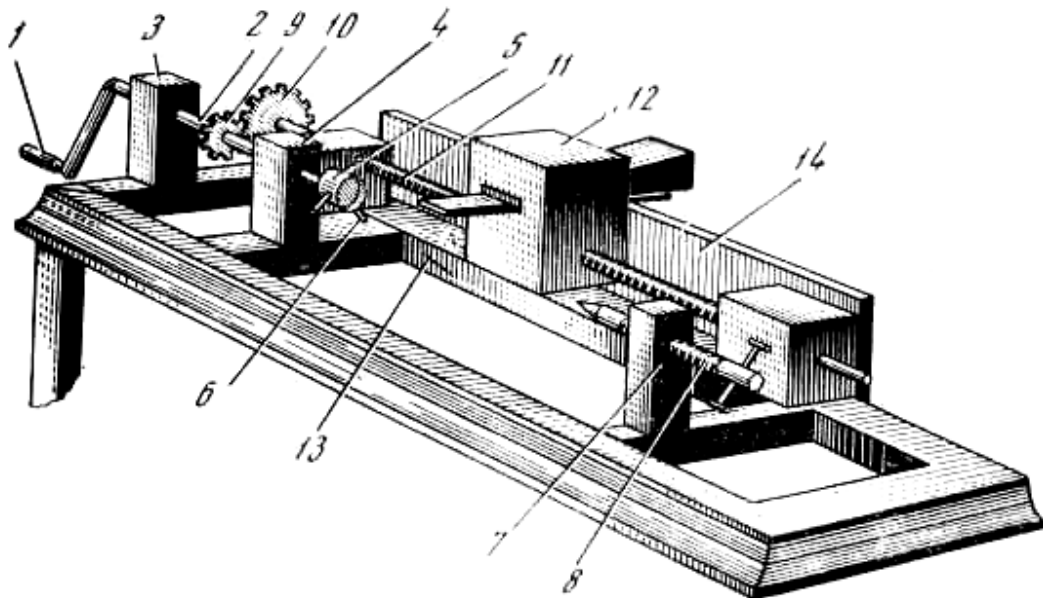


Рис. 4.30. Токарно-винторезный станок с суппортом.
Конструктор *О. О. Ботон*. 1749 г.

Движение подачи осуществлялось от главного движения через сменные зубчатые колеса 9 и 10. Зубчатое колесо 10 было закреплено на ходовом винте 11, который перемещал суппорт 12 («стойку», в описании Ботона) по горизонтальной направляющей 13. Кроме того, по-видимому, имелась еще и вертикальная направляющая 14. Эта направляющая не упоминается в «Описи» Ботона, но именно при таких направляющих суппорт приобретал форму, давшую Ботону основание назвать его «стойкой». Кроме того, при плоской направляющей суппорт, лишенный опоры в направлении действия горизонтальной составляющей силы резания, давил бы на ходовой винт, который не мог

быть слишком жестким и должен был сильно прогибаться. При этих условиях глубина резания была бы слишком мала, а процесс резания на станке – менее производительным, чем резание вручную. Призматические направляющие тогда еще не были известны, во всяком случае они нигде не упоминаются и не изображаются.

Закрепление резца в суппорте производилось с помощью клина, при каждом изменении глубины резания требовало его выколачивания и забивания. Винтовое закрепление резца в суппорте, широко распространенное к середине 18 в., было гораздо рациональнее.

4.2.3. Токарно-копировальные станки

Токарно-копировальные станки для изготовления художественных изделий, судя по дошедшим до нас образцам продукции, уже в 17 в. достигли большой сложности. В 18 в. они были значительно усовершенствованы. Ими почти не пользовались токари-ремесленники. Собственниками их были иногда «мастера токарного искусства», но чаще всего этими шедеврами станкостроения владели богатые и знатные любители. В их мастерских, или «лабораториях», работали «художники» токарного искусства, которые подготавливали работу для хозяев, помогали им во время ее исполнения, обучали их различным приемам и тонкостям токарного дела. Вместе с тем эти «художники» токарного искусства работали и над дальнейшим усовершенствованием конструкции станков. Жизненный успех токарного «художника» зависел от того, насколько хорошо токарю-любителю, хозяину, удавалось изготавливать затейливые вещицы, соответствовавшие тогдашней моде. Любители, естественно, никогда не были столь опытные, как «художники», а прилежания было у них еще меньше, чем опыта. Поэтому они не могли изготавливать сколько-нибудь сложные предметы вручную. Но при механизации станка их возможности в отношении изготовления сложных, затейливых изделий значительно повышались. Так возникал один из факторов механизации этого рода токарных станков.

Другим фактором был вызывавшийся модой спрос на особо затейливые предметы внутреннего убранства жилищ, выточенные из кости и твердой древесины (кубки, вазы, украшения для стола и т. п.).

Третьим фактором являлось широкое распространение в 18 в. табакерок – плотно закрывавшихся коробок для хранения нюхательного табака (порошка). Табакерки, выточенные на токарном станке, были лучше, чем изготовленные вручную, т. к. требовали меньших затрат труда (рис. 4.31).

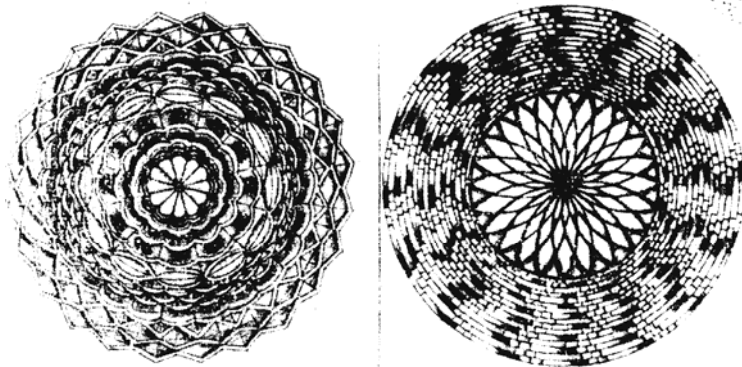


Рис. 4.31. Узоры, полученные на токарно-копировальных станках

Четвертым фактором был спрос на художественные барельефы из кости и древесины твердых пород, а иногда и из металлов, получившие большое распространение в 17 и первой половине 18 в.

Все эти четыре фактора, действовавшие в 17 и первой половине 18 в., вызывали расцвет работ по конструированию токарно-копировальных станков и их механизации. На эти работы хозяева токарных мастерских не жалели затрат времени и средств. Станки стали снабжаться копировальными механизированными суппортами, на них можно было получать сложные изделия без непосредственного участия рук работающего. Литературные данные, сохранившиеся изделия и, наконец, сами дошедшие до нас станки свидетельствуют о высоком мастерстве их создателей.

Но с середины 18 в. получает все более широкое распространение фарфор. Фарфоровые вазы, фигуры, посуда, табакерки, шахматы становятся модными и повсюду вытесняют предметы, изготовленные из кости и древесины. Курение табака распространяется все шире и вытесняет нюхание его, а вместе с этим сокращается изготовление табакерок. Точеные барельефы вытесняются фарфоровыми, а затем и фарфоровыми расписными тарелками.

Мода на точеные изделия проходит, вместе с ней проходит мода на упражнения в «токарном искусстве» у знатных любителей.

Токарно-копировальные станки той эпохи можно разделить на три основные группы. К первой группе относятся станки, предназначенные для нанесения сложных узоров на плоскость. Они имели устройства, позволявшие шпинделю перемещаться параллельно своей оси. Шпиндель совершал эти движения в результате соприкосновения периферии посаженной на него копировальной шайбы с копировальным пальцем, укрепленным на станине. Шайбы можно было заменять и этим разнообразить узоры.

Ко второй группе можно отнести станки, которые давали возможность получать рельефные изображения на плоскости (типа медалей).

Это достигалось тем, что шпиндель совершал колебательные движения вдоль своей оси под действием копирующего пальца. Движения передавались резцу, который вырезал изображение. Нередко оба типа описанных устройств объединялись на одной станине.

К третьей группе можно отнести станки, предназначенные для вытачивания объемных изделий сложной формы и нанесения на их поверхности узоров. Это достигалось при помощи устройств, заставлявших шпиндель двигаться также и по криволинейной траектории. Станки этой группы имели особенно сложные кинематические схемы.

Принцип работы одного из токарно-копировальных станков, описанных Ш. Плюмье (рис. 4.32, а), состоит в следующем.

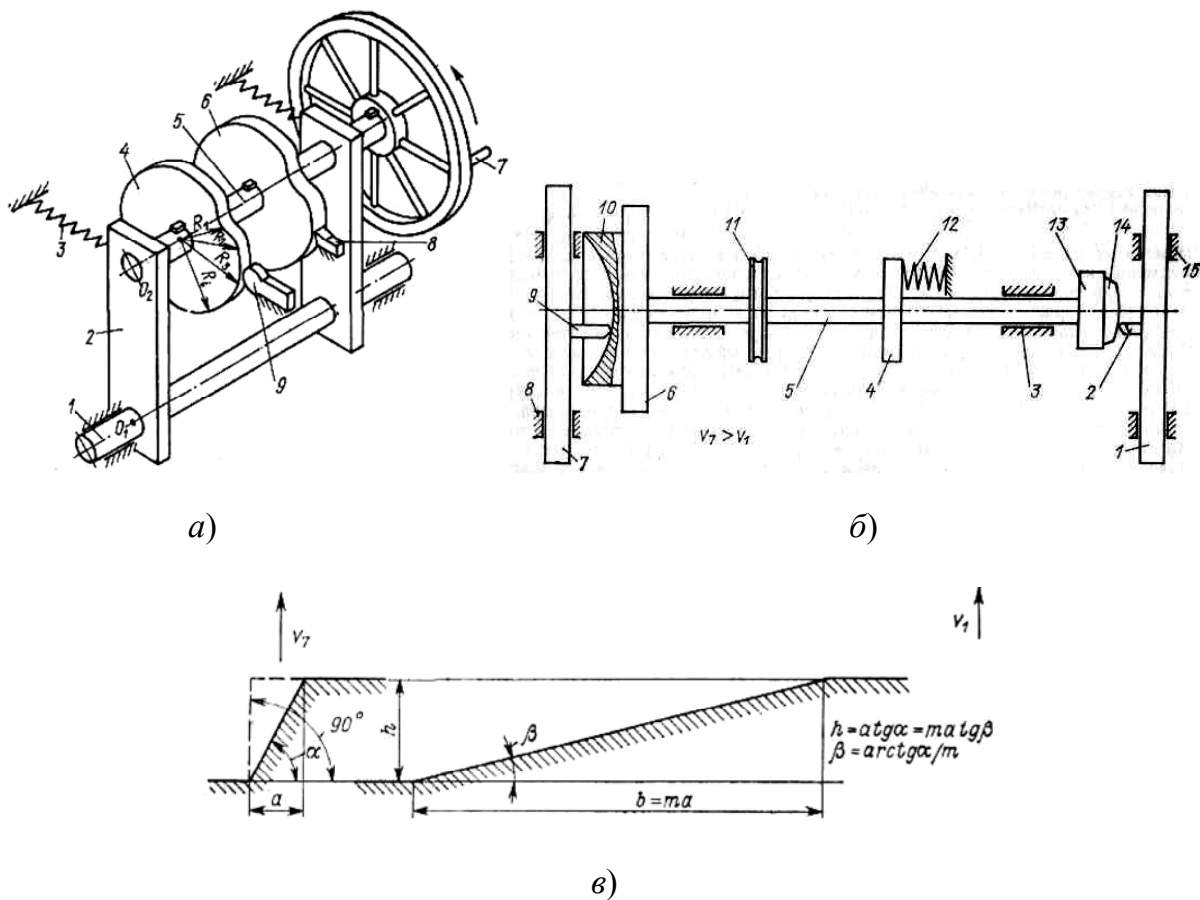


Рис. 4.32. Принципиальные схемы токарно-копировальных станков (по Ш. Плюмье). 1701 г.

Обрабатываемая заготовка 6, копир 4, маховик с рукояткой 7 закреплены на шпинделе 5, который свободно вращается в опорах коромысел 2. Оба коромысла жестко закреплены на оси 1; самостоятельный угловой поворот каждого коромысла исключается. Копир 4 представляет собой цилиндрическое тело с переменными радиусами-

векторами R_1, R_2, \dots, R_i . Боковая поверхность копира опирается на торец копирующего пальца 9 (стержня), который может быть выполнен в виде ролика. Пружины 3, действуя на раму 2–5–2–1, постоянно прижимают копир к стержню 9. Поворачивая рукояткой 7 маховик, а вместе с ним шпиндель 5 и копир 4, тем самым поворачивают коромысла 2 с радиусом $L = O_1O_2$ вокруг оси O_1 . Ось O_2 смещается по дуге на расстояния $R_1-R_2, R_2-R_3, R_3-R_i$ и т. д.

Значение ΔR_i соответствует смещению боковой поверхности копира. Если на шпинделе 5 закрепить заготовку будущего изделия 6, то резец 8 будет срезать излишки материала с заготовки, придавая ей форму копира. Если размеры заготовки соответствуют форме копира, то обработка ведется в масштабе 1 : 1, в любом другом случае обработка будет вестись в ином масштабе в соотношении r_i / R_i , где $r_i < R_i$.

Иным направлением развития токарно-копировальных станков явилась необходимость обработки торцов тел вращения, например объемное изображение рисунка на медали или монете, когда необходимо по крупному изображению воспроизвести в два–восемь раз меньшее изображение на матрице штампа или литейной форме при отливке. Шпиндель 5 таких станков (рис. 4.32, б) имеет опоры 3, в которых он вращается от шкива 11. На каждом из двух концов шпинделя закреплены планшайбы 6 и 13, к которым соответственно прикрепляют копир 10 и заготовку изделия 14. Перпендикулярно оси шпинделя 5 с каждой стороны в направляющих 8 и 15 перемещаются суппорт 7 со стержнем 9 и суппорт 1 с резцом 2. Для осуществления копирования шпиндель с закрепленными на нем планшайбами перемещается вдоль оси под действием пружины 12 через буртик 4, обеспечивая контакт между стержнем 9 и поверхностью копира 10. Ощупывая конфигурацию изменений копира, шпиндель передвигается вдоль оси и резец воспроизводит на заготовке изделия все изменения формы копира. На подобных станках для обработки торца возможны получения впадин на изделии 14 по выступам копира 10; поэтому изображение получается обратным, а по глубине выполняется в одном и том же масштабе. По диаметрам копира и изделия масштаб m соответствует скоростям перемещения суппортов 7 и 1: $v_7 > v_1$ или $v_7 = mv_1$.

Для того чтобы понять технологическую особенность обработки на токарно-копировальном станке, рассмотрим в крупном масштабе сечение элемента изделия. Переход от вертикальной к горизонтальной поверхности может выполнить гравер вручную под углом

$\alpha = 90^\circ$, но в 16 в. при желании механизировать подобную обработку такой переход поверхностей осуществить было невозможно из-за влияния трения на соотношение сил в ползунах суппортов, приводящего к заклиниванию их. В лучшем случае можно было выполнить переход под углом $\alpha = 30\text{--}45^\circ$ (рис. 4.32, в). С другой стороны, изготовить эталон (копир), по которому необходимо осуществить обработку в натуральных размерах, также было трудно, так как подробности изображения на небольшом изделии выполнить нелегко. В связи с этим естественно возникла необходимость в крупномасштабном копире, по которому можно изготовливать изделие требуемого размера. Таким образом, особенность обработки изделий резцом на первых токарно-копировальных станках – масштабная обработка, которая обеспечила два преимущества: позволила воспроизводить изделие в крупном масштабе (до 8 : 1) и создавать весьма качественное для того времени изделие; позволила выполнять углы наклона профиля поверхности при переходе от вертикальной к горизонтальной поверхности на копире значительно меньшими, что способствовало более легкому проходу копировального (ощупывающего) стержня, например, стержня 9 на рис. 4.32, б. На основании расчетов приведем данные об углах наклона поверхности на копире и на изделии при масштабной обработке: для получения угла наклона поверхности изделия на копире $\alpha = 45^\circ$ следует иметь угол наклона для масштаба $m = 1 : 1 \beta = 45^\circ$; для $m = 2 : 1 \beta = 26^\circ$; для $m = 3 : 1 \beta = 18^\circ$; для $m = 5 : 1 \beta = 11^\circ$; для $m = 8 : 1 \beta = 7^\circ$; для получения угла наклона поверхности изделия на копире $\alpha = 60^\circ$ следует иметь для масштаба $m = 1 : 1 \beta = 60^\circ$; для $m = 2 : 1 \beta = 45^\circ$; для $m = 3 : 1 \beta = 33^\circ$; для $m = 5 : 1 \beta = 22^\circ$; для $m = 8 : 1 \beta = 14^\circ$.

Особенно тяжелыми были условия обработки торцовых поверхностей потому, что через шкив 11 передается постоянное число оборотов и по мере перемещения резца от периферии к центру угловая скорость уменьшается пропорционально радиусу копира, поэтому к центру изделия шероховатость поверхности все время увеличивается. Надо полагать, что опытный мастер просил подсобного рабочего, который приводил во вращение шпиндель, увеличивать обороты по мере уменьшения диаметра обработки изделия. Условия резания боковой поверхности цилиндра были более благоприятными, т. к. диаметры копира и изделия в процессе резания оставались почти постоянными.

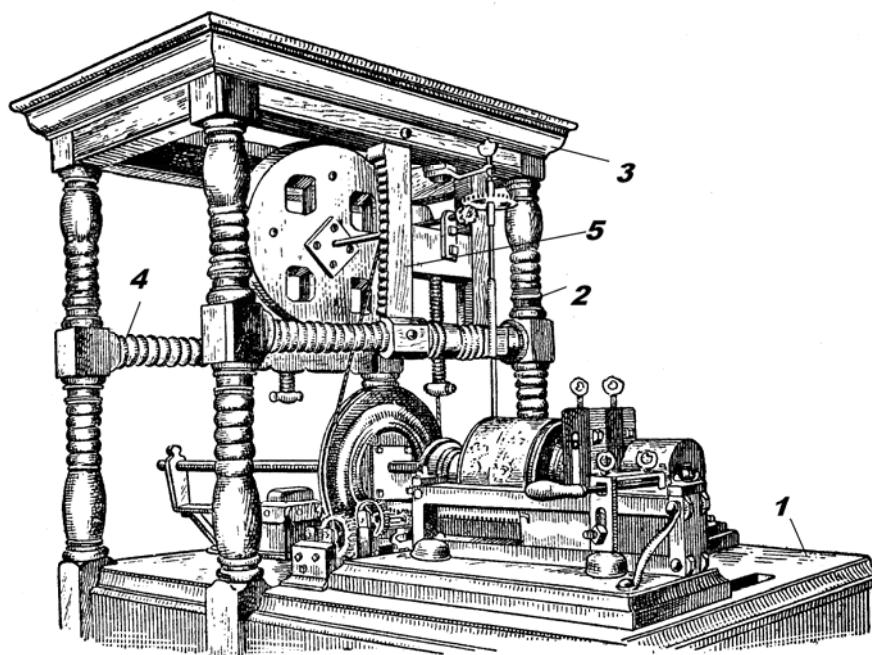


Рис. 4.33а. Токарно-копировальный станок (1712): общий вид

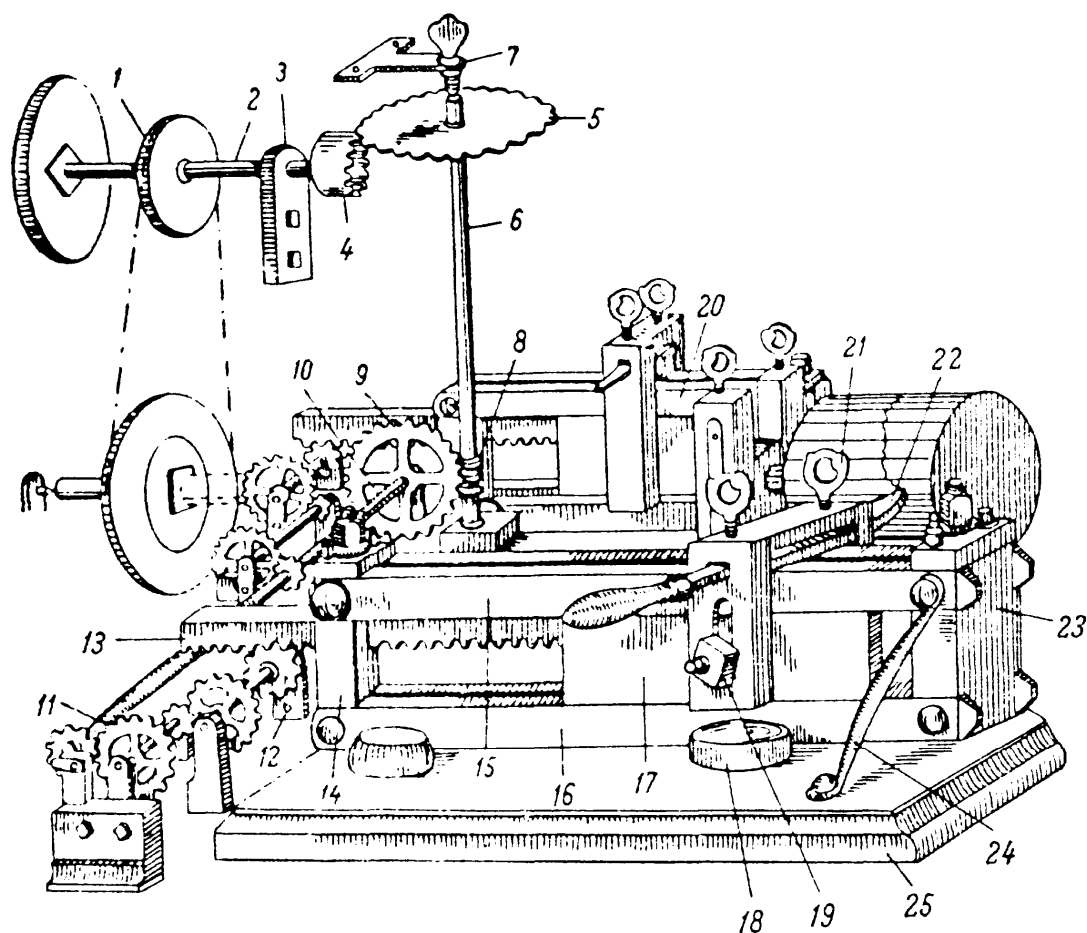


Рис. 4.33б. Токарно-копировальный станок (1712):
наглядная схема

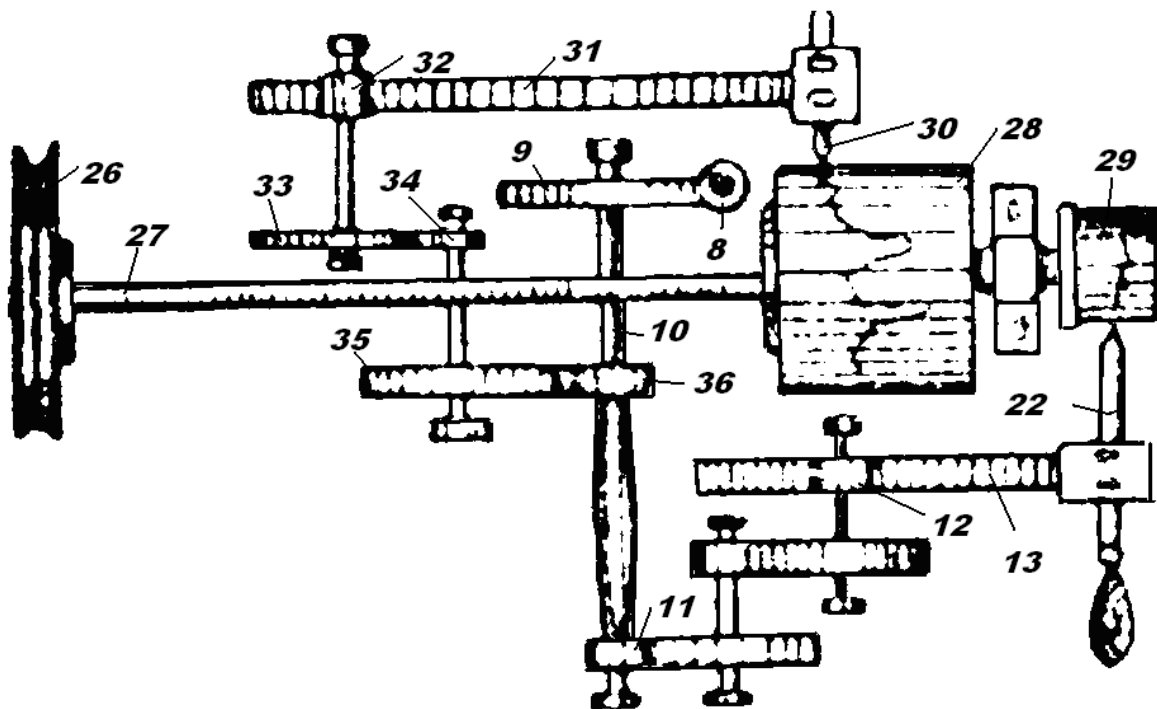


Рис. 4.33в. Токарно-копировальный станок (1712):
принципиальная схема

А. К. Нартов разрабатывает гамму станков. Привод главного движения осуществляется от шкива 1 на шкив 26 и шпиндель 27. На шпинделе закреплен копир 28 и заготовка 29 (рис. 4.33в). После установки заготовки на шпиндель производится ее предварительная обработка. Для этого копировальный палец 30 выводится из контакта с копиром 28. Суппорт станка 1712 г. (рис. 4.33б) получает движение подачи от привода главного движения, т. е. от верхнего вала 2 и шкива 1, вращающего шпиндель с копиром и заготовкой. За правым подшипником 3 на валу 2 закреплено колесо 4 с торцевыми зубьями, сцепляющимися с зубьями колеса 5, насаженного на вертикальный вал 6. Сверху последний имеет опору-центр 7. Внизу на вертикальном валу 6 закреплен червяк 8, сцепляющийся с зубьями колеса 9, вращающего поперечный горизонтальный вал 10 с зубчатой передачей к валу 11, от которого движение передается посредством зубчатой передачи на вал с закрепленной реечной шестерней 12, сцепляющейся с рейкой 13, проходящей через стойки 14 и скрепленной с ползунами копировального и резцового суппортов,двигающимися по верхним 15 и нижним 16 направляющим. Ползушка 17 скреплена болтом 19 с резцедержателем. В верхней части винтами 21 закреплен резец 22. При копировальной обработке палец 30 вводится в контакт с копиром 28 (рис. 4.33в). Движение от пальца 30 передается на рей-

ку 31, которая перемещаясь, вращает колесо 32. Движение от колеса 32 передается через зубчатые колеса 33–36, на зубчатое колесо 11 и по аналогичной цепи к резцовому суппорту и резцу 22.

Верстак станка (рис. 4.33а) выполнен в виде массивного дубового стола 1 с резными столбиками-ножками. Последние связаны внизу подножными брусками, а со столешницей раскреплены угловыми резными завитушками. С левой стороны верстак имеет точеные балясины-стойки 2, связанные сверху дубовой доской с карнизом 3. Эти стойки попарно соединены посредине точеными поперечинами 4, связанными вертикальными досками 5 с фестоном по бокам.

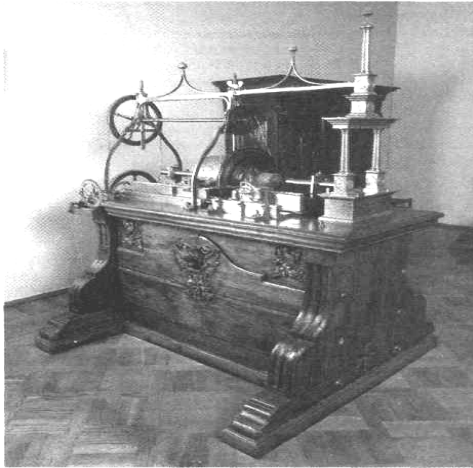
На рис. 4.34 приведена кинематическая схема токарно-копировального станка для обработки цилиндрических заготовок. Все движения станка осуществляются от рукоятки 25 через зубчатую передачу 26, 27. Главное движение происходит от шкива 4 на шкив 30, который закреплен на одном валу со шкивом 31. От него движение посредством ременной передачи 31–32 передается шпинделю, на котором закреплены копир 16 и заготовка 23. Движение подачи (рис. 4.34, в) производится от рукоятки 25 через колеса 26–28, двойной червячный редуктор ($i = 3/15 \times 1/36$), последние звенья которого 1 и 2 вращают вал 3 и через шестерни 5 и 6 – ходовой винт 7 в опорах 8 и 9 (рис. 4.34, б).

По направляющим 10 и 11 (рис. 4.34, б) двигается каретка копировального суппорта 12 с держателем 13, закрепляющим винтом 14 палец 15, скользящий по латунному копиру 16. По другим направляющим 17 и 18 двигается каретка 19 резцового суппорта с держателем 20, закрепляющим винтами 21 резец 22, обрабатывающий заготовку 23, зажатую в патроне шпинделя, вращающейся в подшипниках 24 задней бабки, помещенных на конце деревянного бруса квадратного сечения 110 x 110 мм. Другой конец этого бруса на расстоянии 1140 мм от центра закреплен на оси, поддерживающей брус 110 x 110 мм переднего подшипника шпинделя и брус 170 x 110 мм заднего подшипника. Брус соединены с концами заводных часовых пружин, прижимающих копир 16 к пальцу 15.

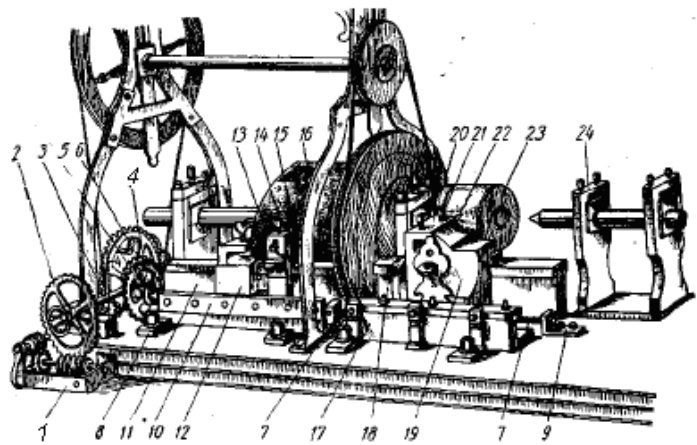
На рис. 4.36 представлен станок, предназначенный для изготовления объемных рельефов на осесимметричных заготовках. Он служил, во-первых, для изготовления медальонов, чаще всего с изображениями людей, и, во-вторых, для изготовления украшенных геометрическими узорами плоских предметов, например, крышек табакерок (рис. 4.35).

Все движения обеспечиваются вращением коленчатой рукоятки 1 (рис. 4.36, в), на одном валу с которой закреплено небольшое

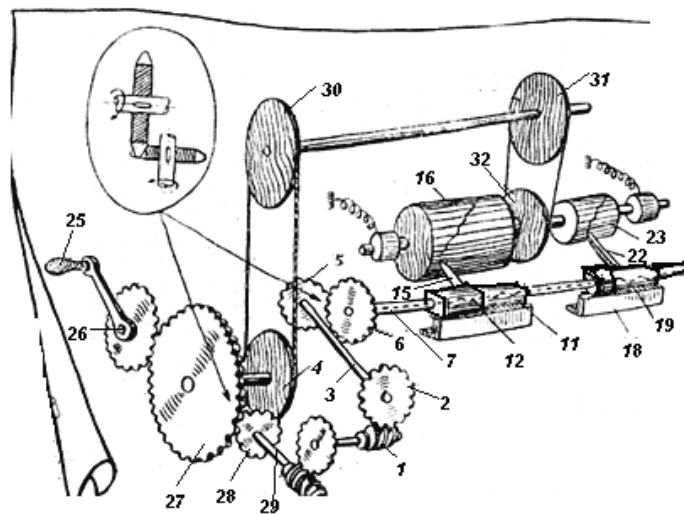
зубчатое колесо 2, находящееся в зацеплении с большим зубчатым колесом 3. На последнем закреплен желобчатый шкив 4, связанный перекрестным шнуром со шкивом 5, установленным на одном валу с меньшим желобчатым шкивом 6.



а)



б)



в)

Рис. 4.34. Токарно-копировальный станок: а – общий вид; б – принципиальная схема; в – принципиальная кинематическая схема. Конструктор А. К. Нартов. 1718 г.



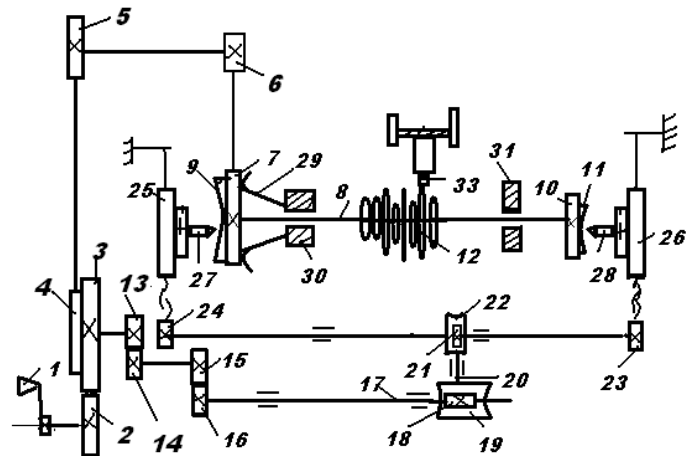
Рис. 4.35. Медальон, изготовленный на токарно-копировальном станке

Движение от шкива 6 передавалось на шкив 7. Шкив 7 установлен на шпинделе 8. К левому торцу шкива 7 шпинделя был прикреплен копир 9. На другом конце шпинделя 8 был закреплен диск 10. На диске 10 закреплялась обрабатываемая заготовка 11. Кроме того, на шпинделе был закреплен набор 12 из 8 копировальных шайб, служивших для нанесения геометрического орнамента.

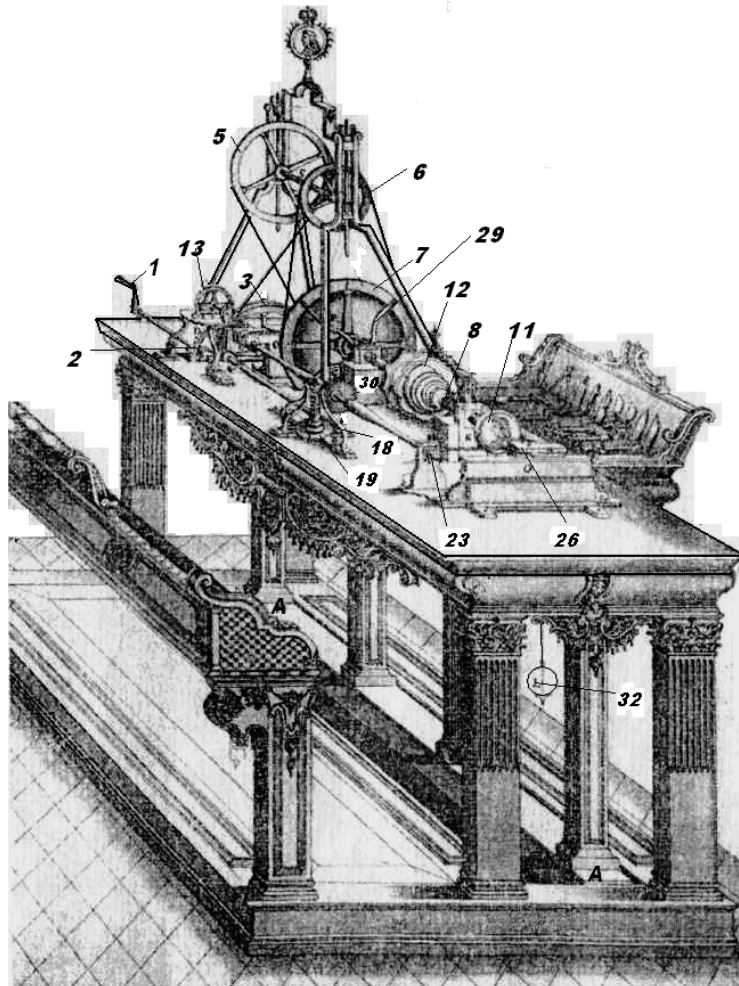
Движение подачи осуществлялось следующим образом. Зубчатое колесо 13 находилось в зацеплении с зубчатым колесом 14, установленным на одном валу с малым зубчатым колесом 15. Последнее находилось в зацеплении с зубчатым колесом 16, закрепленным на валике 17, конец которого имел червяк 18. С червяком 18 находилось в зацеплении червячное колесо 19, установленное на валике 20, на котором закреплен червяк 21, находящийся в зацеплении с червячным колесом 22. Валик, на котором установлено червячное колесо 22, имел по концам маленькие шкивы 23 и 24, к которым были прикреплены концы цепочек. Другие концы цепочек были прикреплены к суппортам (рис. 4.36, б, в) – копировальному 25 и резцовому 26. В суппортах были закреплены соответственно копировальный палец 27 с маленьким роликом на конце и резец 28. При вращении шкивов 23, 24 цепочки навивались на них и перемещали при этом суппорты 25 и 26. Ознакомившись со схемами главного движения и движения подачи, можно описать процессы изготовления изделий.



a)



б)



в)

Рис. 4.36. Токарно-копировальный станок: а – общий вид; б – кинематическая схема; в – рисунок. Конструктор А. К. Нартов

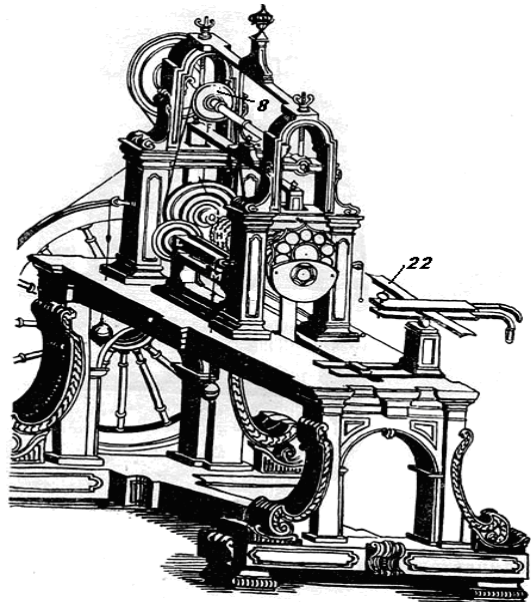
Шпиндель имел возможность перемещаться в своих подшипниках вдоль своей оси под действием листовой пружины 29. Благодаря действию пружины 29, копировальный палец 27 всегда был прижат к копиру 9. Так как копир имел выпуклости и впадины, то шпиндель перемещался, отклоняясь в обе стороны от нейтрального положения, вследствие чего изображения на копире и на заготовке получались обратными. Там, где на копире была выпуклость, на изделии образовывалась впадина.

Нанесение резцом геометрического орнамента осуществлялось следующим образом. Шпиндельные опоры 30 и 31 были установлены (рис. 4.36, в) на балансе, укрепленном в станине на цапфах, расположенных на линии АА. Он был оттянут постоянно в одну сторону с помощью груза 32 так, что одна из 8-ми копировальных шайб постоянно прижималась к копировальному пальцу 33, снабженному маленьким роликом на конце. При вращении шпинделя копировальная шайба постепенно всеми своими точками приходила в соприкосновение с копировальным пальцем. Вследствие этого баланс, а вместе с ним и шпиндель совершали сложные движения, соответствовавшие конфигурации копировальной шайбы. Одновременно сложные движения совершала и обрабатываемая заготовка, на поверхности которой резец наносил следы траектории ее движения, которые образовывали геометрический орнамент. На одну и ту же заготовку можно было нанести узор, получаемый в результате последовательного применения нескольких копировальных шайб.

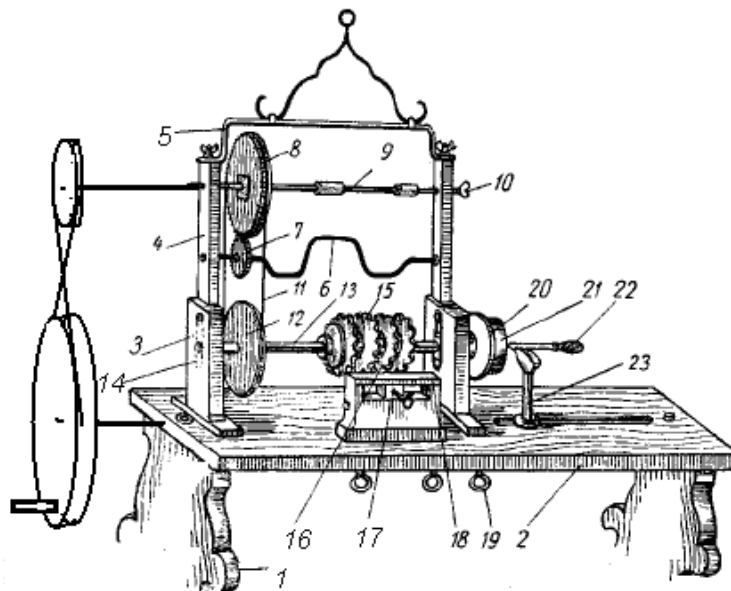
Гильоширный станок 1718 г. (рис. 4.37) отличается сравнительной простотой устройства. На верстаке, выполненном в виде станины с резными дубовыми ножками 1 и стола 2, привернуты винтами нижние призматические бронзовые стойки 3, служащие опорами для подшипников 14 шпинделя 13. На стойках 3 помещены более узкие верхние бронзовые стойки 4, скрепленные сверху изогнутой поперечиной 5. Портал станины выдержан в архитектурном стиле эпохи.

В подшипниках верхних стоек вращается вручную коленчатый изогнутый вал 6 с шестерней 7, сцепленной с большим зубчатым колесом 8. Последний скреплен с желобчатым шкивом, установленным на валу 9, который имел центровые опоры 10. Вращение от шкива передается ремнем 11 на шкив 12, закрепленный слева на шпинделе 13. Справа от шкива закреплен набор фестончатых шайб-копиров 15, имеющих фасонные выступы и впадины разной формы и шага. Спереди копира желаемой формы устанавливался копировальный палец 16, закрепляемый на держателе 17 в направляющей стойке 18. В патроне 20 закреплялась заготовка 21, к торцу которой подводился рукой токаря резец 22 в резцедержателе 23. Шпиндель 13 с подшип-

ником 14 в стойках 3 прижимается при помощи грузов поверхностью фестонов копировальных шайб 15 к неподвижному пальцу 16. При вращении шпинделя 13 он совершал радиальные колебания, соответствующие форме копиров. Резец 22 на торцевой поверхности заготовки 21 наносил орнамент в виде розеток и линий, повторяющихся на разных радиусах.



а)



б)

Рис. 4.37. Токарно-копировальный станок: а – общий вид; б – структурная схема. Конструктор А. К. Нартов. 1718 г.

Внешние формы медальерного станка 1721 г. выдержаны в архитектурном стиле того времени (рис. 4.38). Верстак *1* выполнен в виде резного четырехконечного основания с резными закругленными ножками, поддерживающими столешницу *2*. Внутри верстака – между основанием и столом – введены стойки *3* с направляющими для подшипников *4*, поджимаемых винтами *5*, и вала *6*, вращаемого рукояткой *7*. Вал *6* через шкив *8* и ремень *9* передает вращение шкиву *10* шпинделя *12*. Шкив имеет распорно-натяжные спицы *11* из стержней с гайками для регулировки точного перпендикулярного положения плоской планшайбы-диска *14* к оси шпинделя *12*. Последний вращается в подшипниках *13*, помещенных на стойках с подтяжными регулирующими винтами.

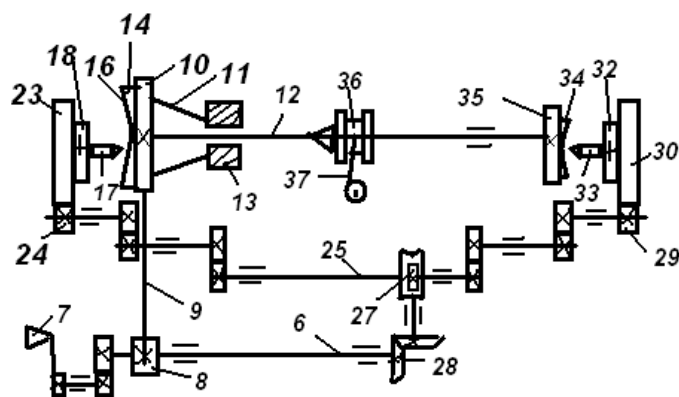
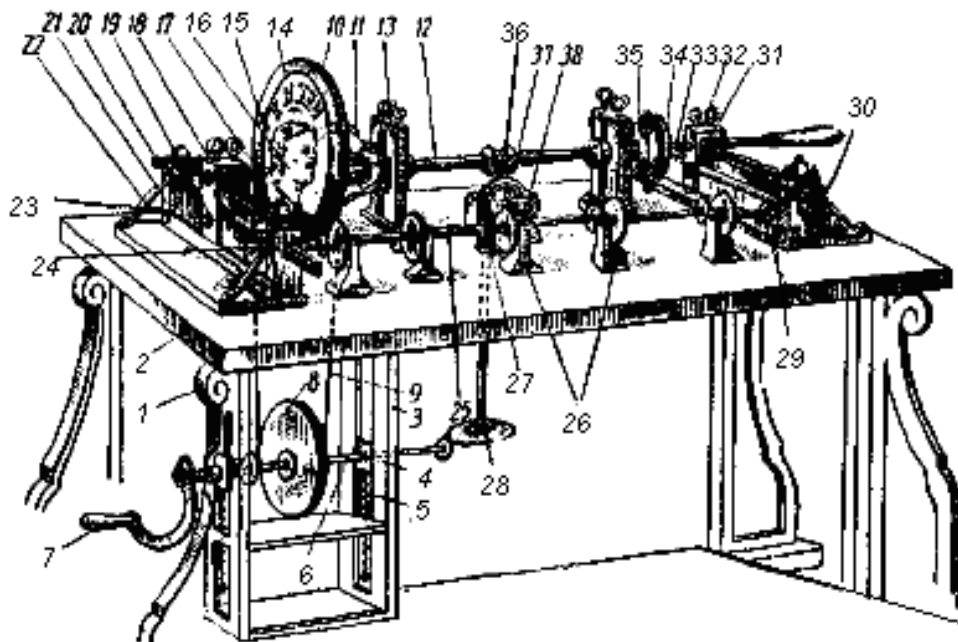


Рис. 4.38. Схема токарно-копировального станка.
Конструктор А. К. Нартов. 1721 г.

К диску 14 прикрепляется винтом 15 копир 16, по которому перемещается копирующий палец 17. Копир прижимается к пальцу при помощи муфты 36 со взводной пружины 37, помещенной в стойке 38. Копирный штифт закрепляется в держателе 18 суппорта 19, имевшего перемещения перпендикулярно оси шпинделя вдоль торца копира по направляющим 20 стойки 21, прикрепленной для жесткости распорками 22 к плите стола. С суппортом соединяется рейка 23, проходящая внутри стойки 21 и сцепляющаяся с шестерней 24, закрепленной на валу 25 (с опорами 26), связанному с промежуточным валом зубчатыми передачами. Последний соединен червячной передачей 27 с вертикальным валом, проходящим вниз и сцепленным зубчатым колесом 28 с шестерней нижнего привода. На правом конце горизонтального вала установлена реечная шестерня 29,двигающая при вращении рейку 30 вместе с резцовым суппортом 31. Внутри стойки имеются плоские направляющие для резцового суппорта 31, на котором в резцедержателе 32 винтами закреплялся резец 33. Резец двигается по торцевой поверхности заготовки изделия 34, закрепленной в патроне 35, и наносит на ней, копируя с большого копира, соответствующее рельефное изображение.

В своей книге «Театрум Махинарум» А. К. Нартов описал технологию изготовления и сборки нескольких десятков станков.

4.2.4. Сверлильные и расточные станки

Значительному совершенствованию подверглись также сверлильные станки, которые с первой половины 16 в. стали переводиться на привод от гидроколеса. Сначала на них в основном производили рассверливание (расточивание) ружейных и пушечных стволов, потом стали переходить и на выпуск гражданской продукции.

В 1649 г. в Москве на р. Яуза было создано предприятие мануфактурного типа для обработки пушечных стволов, называемое ствольной мельницей. Для рассверливания канала ствола применялись станки двух типов с приводом от гидроколеса. В станках первого типа рассверливание (расточивание) осуществлялось борштангой, которая вращалась от гидроколеса и подавалась сверху вниз канатной передачей. В станках второго типа вращалась борштанга, а подавался сверху вниз под действием собственного веса ствол.

В 1704 г. швейцарец Ж. Мориц-старший на станке просверлил канал в сплошной заготовке орудийного ствола, положив начало методу сплошного глубокого сверления, ставшего известным под названием «метод Морица». В 1740-х гг. его сын, Мориц-младший, работавший во Франции, вместе со своими коллегами применил для этой

же цели усовершенствованный горизонтально-сверлильный станок, предназначенный также для глубокого сверления.

В 1712–1714 гг. на Олонецком заводе в России мастер *В. И. Генин* на базе вододействующей установки создал комбинированный станок, состоящий из пилы для отрезки прибылей, горизонтально-сверлильного станка и станка для наружной обработки пушечных стволов. В это же время на Тульском оружейном заводе *Марк Сидоров* на той же базе создал 12-шпиндельные «вертельные» станки для сверления ружейных стволов, которые были улучшены *Яковом Батищевым* и могли одновременно обрабатывать по 24 ствола. Это были многшпиндельные станки полуавтоматического действия.

К концу 17 в. наряду со сверлильными и токарными появились и горизонтально-расточные станки, которые в отличие от специализированных горизонтально-сверлильных станков для ружейного и пушечного сверления были станками универсального назначения. В связи с широким распространением воздуходушных мехов, насосов, а позднее и паровых машин, появилась острая потребность в растачивании их цилиндров. Эту проблему и помог решить указанный тип станков, на которых в принципе можно было обрабатывать и пушечные стволы.

Широкое применение поршневых насосов привело в начале 18 в. к необходимости изыскания способов получения гладких внутренних поверхностей у цилиндров, диаметр которых был мал сравнительно с высотой. Поэтому в одном из лучших сочинений по водоподъемным машинам, книге *Якоба Лейпольда*, дается описание способов устранения шероховатостей и неправильностей профиля в подобных трубообразных цилиндрах. Для сравнительно коротких труб-цилиндров Лейпольд рекомендовал выточить из твердой древесины как бы борштангу, диаметр которой соответствовал бы диаметру цилиндра. На борштанге следовало укрепить закругленный стальной резец, слегка выступающий за пределы тела борштанги. Придавая этому орудью возвратно-поступательное движение и понемногу поворачивая его, можно было выровнять цилиндрическую поверхность. Предложенный Лейпольдом инструмент приводился в движение вручную.

Для очистки и выравнивания внутренней поверхности труб большой длины Лейпольд предлагал устройство вроде банника, применявшегося в современной ему артиллерии для очистки канала ствола орудий после стрельбы. На этом «баннике» укреплялся в виде резца напильник, не имеющий острых углов. Придавая ручную «баннику» возвратно-поступательное и вращательное движение, постепенно «выглаживали» цилиндрическую полость. Вгоняя клин в де-

ревянную головку «банника», регулировали прижатие напильника к трубе, т. е. «глубину резания».

На рис. 4.39 представлены две проекции изображения реконструированного *Н. Б. Баклановым* «анбара сверлишного». Эта работа произведена на основании чертежа 1677 г., дополненного материалами описей заводского оборудования. В «анбаре» имелись дисковая пила 2 для отрезания прибылей у отливок пушечных стволов 3 и вертикально-сверлильная машина, которые приводились гидроколесами. Таким образом, сооружение было передовым по конструкции. Подъем стволов производился, по мнению *Н. Б. Бакланова*, вручную.

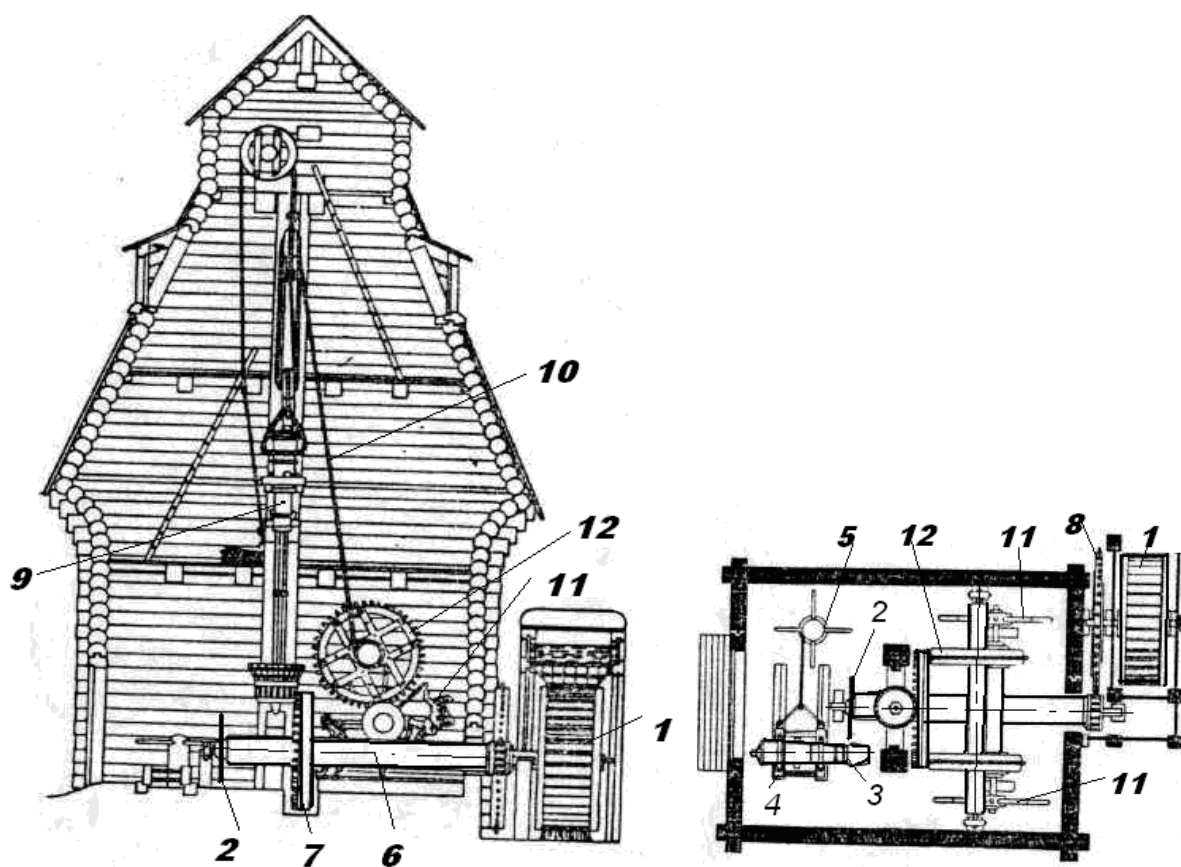


Рис. 4.39. Комбинированный сверлильно-отрезной станок.
Середина 17 в. Реконструкция *Н. Б. Бакланова*

Как видно на рисунках, главное движение дисковая пила 2 получала от гидроколеса 1 через повышающую цевочную передачу 8 на вал 6.

Ствол пушки 3, уложенный на салазки 4, надвигался на пилу с помощью ворота 5. От вала 6 действовала и установка для сверления канала ствола орудия. Вертикальный вал для сверления приводился в движение от горизонтального 6 с помощью конического цевочного зацепления 7. Направляющими для вертикально движущегося ствола 9 были деревянные вертикальные брусья.

Борштанги, «сверлаки», были стальными. Применение металлической борштанги значительно содействовало повышению качества обработки. Описи имущества заводов не оставляют сомнения в том, что борштанги оснащались съемными расточными головками.

Ствол орудия 9 был подвешен на канатах 10 и опускался вручную с помощью воротов 11 и цевочной передачи, на валу которой был закреплен канат.

Уже в первой четверти 18 в. наиболее передовые конструкторы снова вернулись к станкам для рассверливания канала ствола орудия при его горизонтальном расположении. Процесс внедрения этих конструкций в производство растянулся более чем на столетие.

В то же время использование станков в России сдерживалось тем, что было связано с пребыванием на территории завода, под «неласковым начальственным оком», тогда как ручные работы выполнялись в домашней мастерской, куда начальство заглядывало редко. Работа на дому была по существу бесконтрольной (хотя официально ее должны были проверять) и открывала возможности исполнения частных заказов и гражданской продукции и других занятий, более выгодных, чем поставка оружия в казну. Уменьшение размеров казенных заказов после смерти Петра I было причиной того, что начальство оружейного завода не стало препятствовать оружейникам в их стремлении возвратиться к ручному производству, т. к. нужное небольшое количество оружия они успевали сделать и вручную. Основные процессы его изготовления проводились в домашних мастерских оружейников.

Технологические процессы изготовления оружия в конце 18 в. немногим отличались от существовавших в начале века.

4.2.5. Строгальные станки

Как известно, резание древесины на станках вследствие особенностей ее строения может производиться только при скоростях, значительно превышающих скорости резания металлов. Строгание осуществляется при возвратно-поступательном движении больших масс, ввиду чего достижение скоростей строгания, достаточных для успешной обработки древесины, вряд ли возможно на том уровне техники. Поэтому, в отличие от токарных станков, на которых обработка древесины предшествовала резанию металлов, первые строгальные станки предназначались для резания кости и металлов.

Строгальный станок Ш. Плюмье изображен на рис. 4.40. Станок закреплялся на прочном столе 1. Коническая заготовка (например, черенка) 2 закреплялась в центрах и зажималась с помощью винта 3. Резец 4 был закреплен в суппорте 5, который мог перемещаться в направляющих 6 при вращении рукоятки 7 ходового винта 8 (в суппорте была укреплена маточная гайка). Направляющие 6 шарниром 9 были скреплены с нижней рамой и поэтому могли быть установлены под заданным углом к ней. Величина угла зависела от формы заготовки черенка и регулировалась закреплением барашков 10 на стойке. Таким образом, здесь было применено весьма совершенное устройство: суппорт, приводимый в движение по направляющим с помощью винтовой пары. Такое устройство суппорта строгального станка в принципе сохраняется до наших дней.

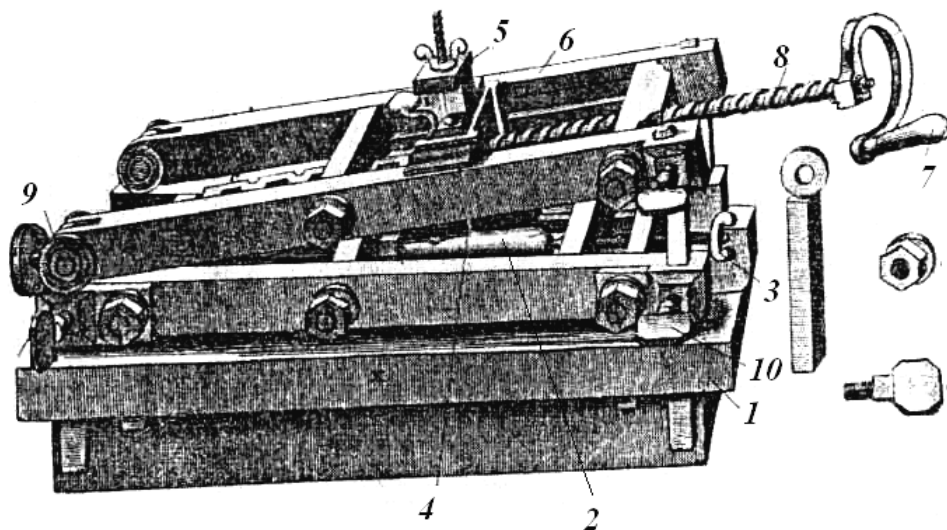


Рис. 4.40. Универсально-строгальный станок. Конструктор Ш. Плюмье. 1701 г.

В 1719 г. французский ученый *де ла Гир* предложил строгальный станок с вертикально движущимся столом. В станке *де ла Гира* приводная веревка была прикреплена к движущемуся возвратно-поступательно столу 1 (рис. 4.41). Нажимая и отпуская педаль, можно было получить возвратно-поступательное движение веревки и стола. Стол перемещался между угловыми направляющими 2, укрепленными на бабке 3. Обрабатываемое изделие 4 закреплялось на столе и двигалось вместе с ним мимо поддержки 5 и опертого на нее резца 6, снимавшего стружку.

Для получения изделий с заданным числом правильно выполненных граней на станке имелось специальное контрольно-

делительное устройство. Способа крепления обрабатываемого изделия к детали 7 де ла Гир не указывает. Сама деталь 7 крепилась к штырю, установленному в бабке с помощью четырех винтов 8. Деталь 7 имела неподвижно прикрепленную к ней стрелку 10. Последнюю можно было ориентировать при закреплении детали 7 на штыре на соответствующие отметки делительного диска 11. Переставляя для получения каждой новой грани деталь 7 с укрепленным на ней изделием и ориентируясь по делительному диску 11, можно было придавать изделию желательный вид.

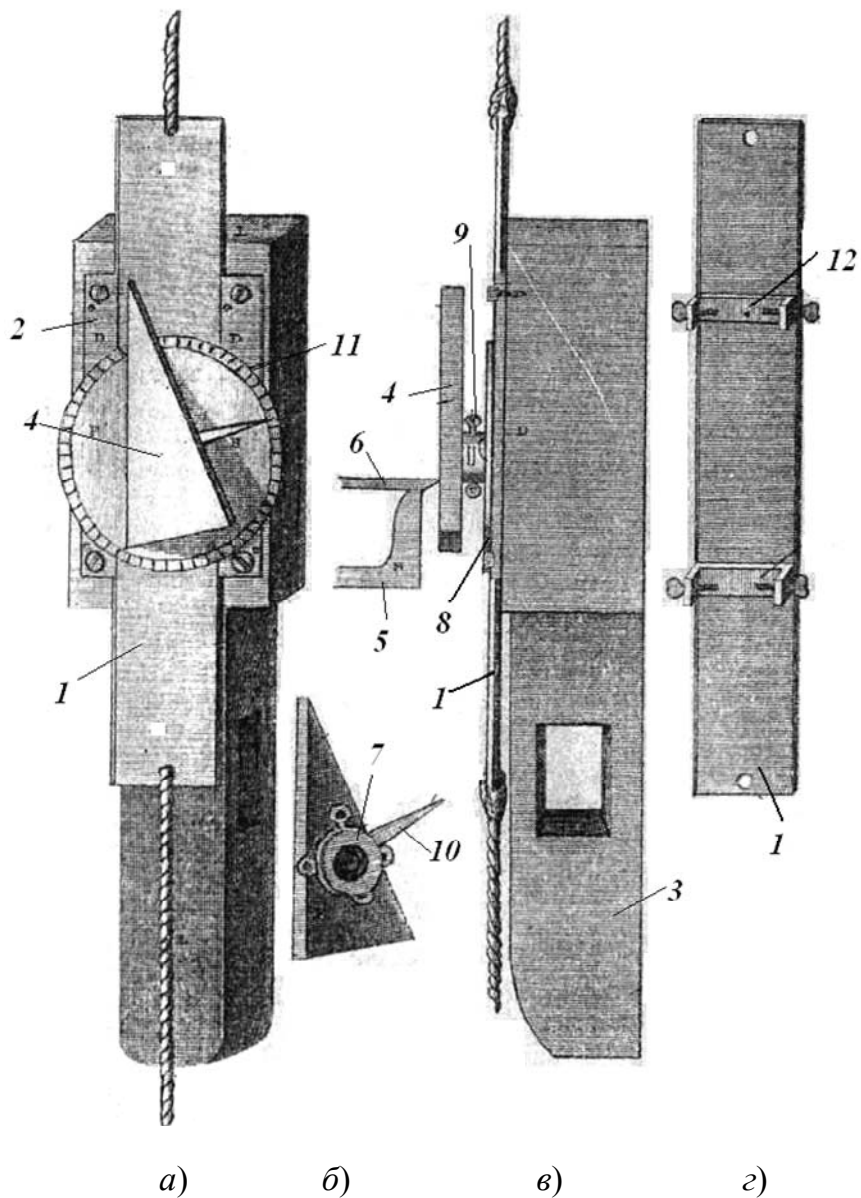


Рис. 4.41. Вертикально-строгальный станок.
 Конструктор де ла Гир. 1719 г.

На рис. 4.41, *г* изображены «станочные тиски» 12, установленные на «столе» строгального станка. Они были предназначены для закрепления обрабатываемых заготовок, имеющих вид линеек. Строгая взаимная параллельность их граней была обеспечена постоянным направлением движения «стола».

Разработанная де ла Гиром конструкция строгального станка, описанная им в 1719 г., на протяжении последующего столетия совершенствовалась и в конструкциях выдающихся станкостроителей приобрела все современные нам черты.

Строгальный станок *А. К. Нартова* (рис. 4.42) со столом, движущимся возвратно-поступательно, предназначался для выстругивания канавок и колонок на художественных изделиях цилиндрической формы. Схема станка представлена на рис. 4.42, *б*. Стол 1 станка располагался вертикально и мог перемещаться между направляющими 2. На нем закреплялась заготовка 3. В нижней части стола был прикреплен шнур 4, который соединял стол с педалью 5. К верхней части стола прикреплялся шнур 6, который обходил блок 7 и закреплялся на коленчатом валу махового колеса 8.

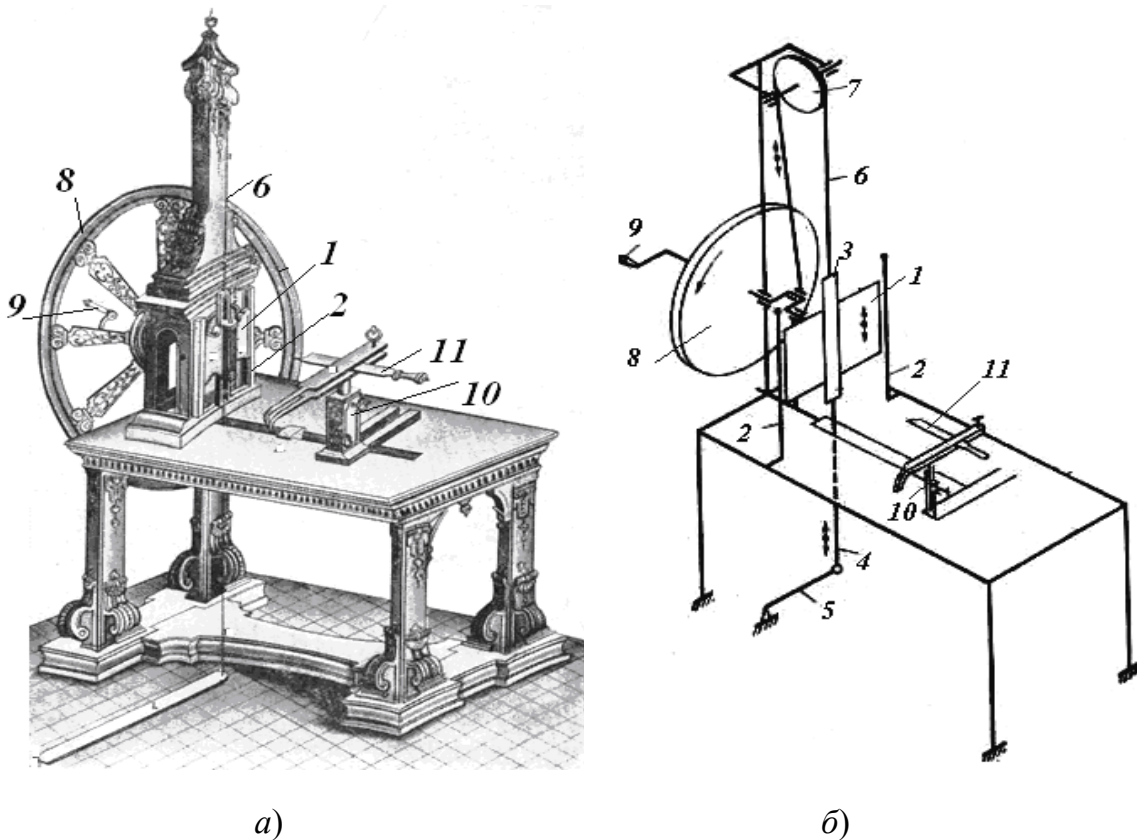
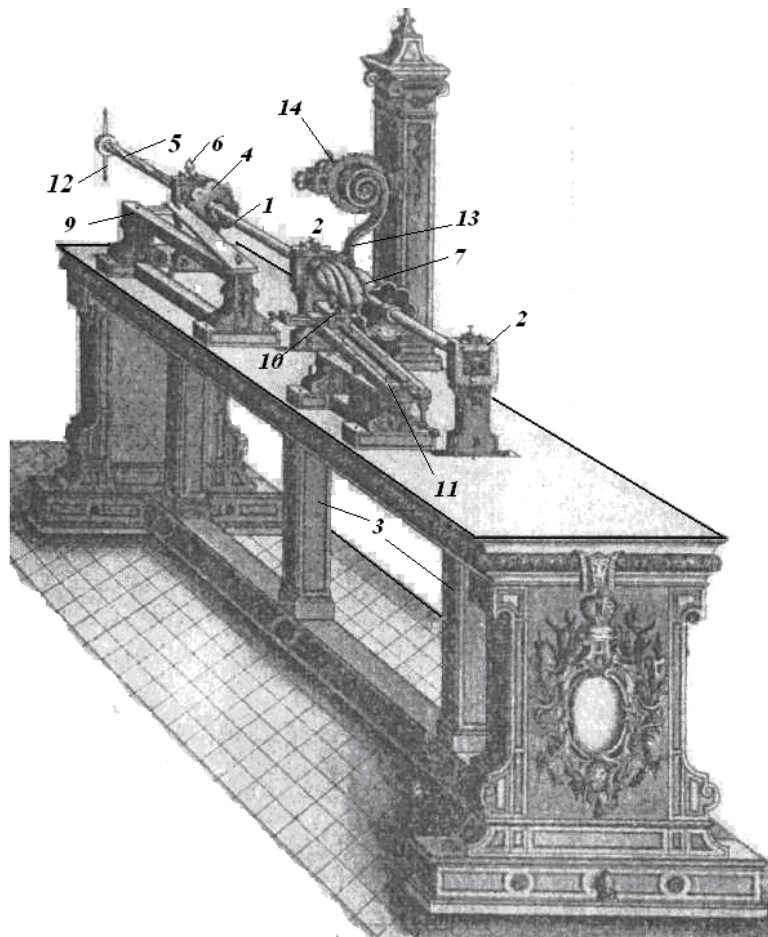


Рис. 4.42. Вертикально-строгальный станок: *а* – общий вид; *б* – структурная схема. Конструктор А. К. Нартов. Середина 18 в.

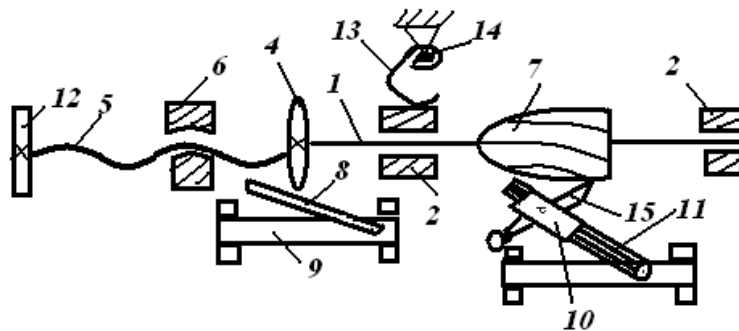
Работали на станке следующим образом. При вращении рукоятки 9 приходило в движение маховое колесо и коленчатый вал. Движение коленчатого вала посредством шнура 6 передавалось столу 1. Раскрутив маховое колесо, рабочий начинал нажимать на педаль. Руки его освобождались, и он перемещал суппорт 10 вдоль прорези так, чтобы установленный в нем резец 11 начинал снимать стружку с заготовки 3, закрепленной на столе. По обоим концам заготовки 3 перед ее установкой на стол укреплялись многогранные шайбы. Количество их граней соответствовало количеству канавок, которое следовало нанести на поверхность заготовки. Эти шайбы являлись прообразом установочных приспособлений.

На рис. 4.43 представлен эскиз станка из рукописи А. К. Нартова «Театрум Махинарум». Станок предназначался для изготовления сосудов, напомиавших по форме раковины. Он имел шпиндель 1, перемещавшийся параллельно своей оси благодаря тому, что опирался на стойки 2 «шатающегося баланса» 3, закрепленного, как обычно, внизу станины. По характеру работы режущего инструмента это был строгальный станок. С крайней левой стороны шпинделя была прикреплена копировальная шайба 4, по периферии которой вырезаны фестоны. Сквозь шайбу 4 проходил шпиндель, который мог перемещаться вдоль своей оси в подшипниках. Его перемещение и одновременно вращение осуществлялись при вращении связанного с ним винта 5, проходившего сквозь гайку 6, располагавшуюся в стойке. Заготовка 7 неподвижно закреплялась на шпинделе и повторяла все его движения. Копировальным пальцем служила горизонтальная линейка 8, установленная на специальной подставке 9. При движении шпинделя 1 вдоль своей оси копировальная шайба 4 контактировала с линейкой 8. Угол, который образовывала линейка 8 с осью шпинделя 1, определял степень конусности изготавливаемого на станке сосуда.

Резец закреплялся в резцедержателе 10 крестового поворотного суппорта 11. Изделие перемещалось, не утрачивая контакта с резцом, и постепенно принимало желательную форму. Работа была медленной, т. к. после каждого прохода резца необходимо было возвращать шпиндель 1 в исходное положение, вращая винт 12 в обратную сторону. Резец был установлен в суппорте, который можно было расположить параллельно линейке и, пользуясь его винтами, обрабатывать сосуд вручную. Это вызывалось, вероятнее всего, необходимостью зачисток и подправок на изделии, полученном автоматически. Для очередной подачи надо было повернуть на малый угол копировальную шайбу с маточной гайкой.



а)



б)

Рис. 4.43. Фасонно-строгальный станок: а – общий вид; б – структурная схема. Конструктор А. К. Нартов. Середина 18 в.

Как обычно в станках с «шатающимся балансом», копировальная шайба 4 прижималась к линейке 8 пружиной 13. Эта же пружина прижимала обрабатываемое изделие к резцу и регулировала глубину резания. Так как процесс резания на станке был прерывистым и шел медленно, то глубину резания было желательно регулировать с тем,

чтобы в начальных стадиях обработки снимать более крупную стружку. Поэтому нажатие пружины регулировалось закручиванием ее с помощью храпового механизма, установленного, также как и пружина, на стойке 14.

4.2.6. Зуборезные станки

Изготовление зубчатых колес требовало очень больших затрат труда. Сделанные вручную по разметке, даже выполненной со специальными приспособлениями, они не были точными. Потребность в изготовлении мелких зубчатых колес для карманных часов, получивших к концу 17 в. значительное распространение, вызвала настойчивую необходимость в механизации труда.

Устройство для накатки мелких зубьев на зубчатых колесах, а также на их частях (секторах) изображено на рис. 4.44. Корпус 5 был изготовлен из стальных пластин. Отверстия *e* позволяли накатывать зубчатые колеса 2 различных диаметров при соответствующей установке штыря 3, являвшегося осью вращения заготовки. Штырь 3 имел квадратное сечение по концам и круглое посередине. Квадратная форма отверстий *e* препятствовала вращению штыря 3. На червячный вал была насажена рукоятка 1. Прижим червячного вала к накатываемой заготовке осуществлялся с помощью винта 4. Так как на описываемом устройстве накатывались детали, по своей твердости значительно уступавшие материалу накатных червяков, то отсутствовала необходимость равномерности давления.

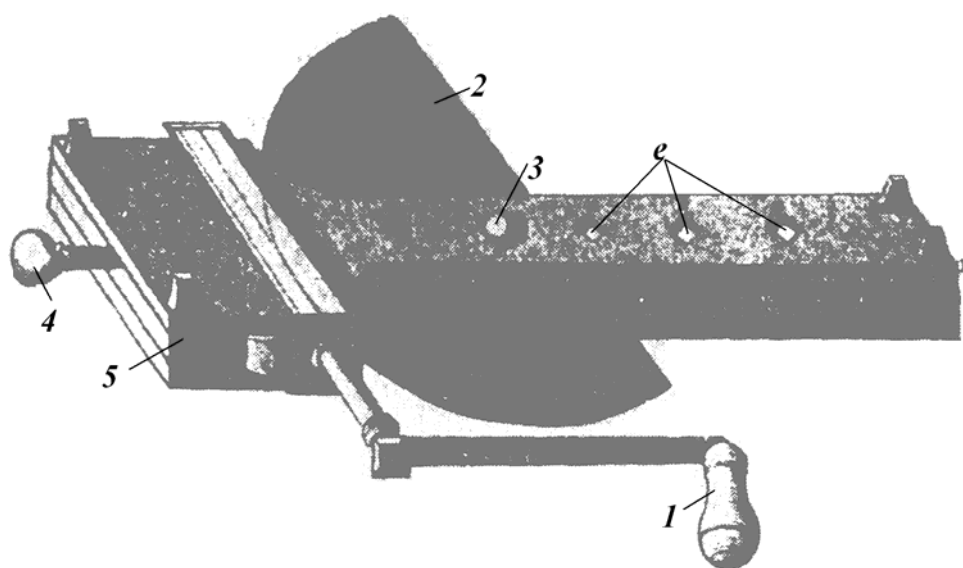


Рис. 4.44. Устройство для накатки зубчатых секторов

Первое устройство для механизации процесса разметки зубьев и их нарезания было описано крупнейшим французским инженером-приборостроителем *Николай Бионом* в 1709 г. под названием «устройство для делания и нарезания колес и шестерен для часов или платформа для часовщиков». Оно было предназначено для нарезания небольших зубчатых колес. Самой существенной частью устройства для деления являлся изготовленный из латуни делительный диск, имевший в диаметре 7–8 дюймов. На диск были нанесены концентрические окружности, разделенные на различное число частей, четных или нечетных. При делении всегда отыскивали делитель. Точки делений наносились острым кернером. Делительным диском можно было пользоваться при нарезании зубьев без приспособления для разметки. В этом случае заготовку колеса надевали на ось, проходившую через центр делительного диска, и разметку вели с помощью линейки, один конец которой ориентировали на центр диска, а другой – на очередное деление соответствующей концентрической окружности. На рис. 4.45, б представлен вид устройства сверху, а на рис. 4.45, а – сбоку, отдельно – вид устройства для фрезерования (рис. 4.45, в), а также узел фиксатора-указателя (рис. 4.45, з).

Делительный диск *1* помещался между двумя ветвями направляющей планки *2*, на верхней ветви которой могло быть в любом месте закреплено с помощью барашка *4* устройство для фрезерования. К корпусу устройства для фрезерования, которое могло перемещаться по направляющей планке *2*, шарнирами *5*, были прикреплены две стойки *6*, в которые жестко вмонтированы штыри с центрами *7*. Между последними был зажат квадратный валик *8*, на котором посажена фреза *9*, а рядом с ней установлен маленький шкив *10*. Валик и фреза могли свободно вращаться между центрами. На той же верхней ветви направляющей планки мог быть в любом месте закреплен винтом *11* указатель с фиксатором. Последний устанавливался в соответствующей лунке деления на заданной окружности делительного диска *1*.

Работа производилась следующим образом. Заготовка *12* устанавливалась на оси и с помощью шайб и гаек *13* скреплялась с делительным диском. На диске выбиралась окружность с требуемым числом делений, и соответственно этому на планке *2* закреплялся указатель *14* и фиксатор *15* устанавливался в лунку деления. После этого устройство для фрезерования подводилось к заготовке и фреза опускалась до контакта с ним (см. рис. 4.45, б). В этом положении устройство закреплялось барашками. Затем брался лучок, и его тетивой проводили 4–5 раз по шкивку, расположенному рядом с фрезой, в результате чего

углубление между зубьями оказывалось прорезанным. Повернув диск так, чтобы фиксатор встал на следующем делении, вновь проводили тетивой лучка по шкивку и получали следующее углубление и т. д. В конструкции, описанной Бионом, впервые для нужд обработки металлов были применены совместно делительный диск и фреза, что является весьма важным фактом в области создания металлорежущего оборудования. Никола Бион писал о том, что станок предназначен только для часовщиков. Его книга в целом была адресована различным специалистам по изготовлению научных инструментов.

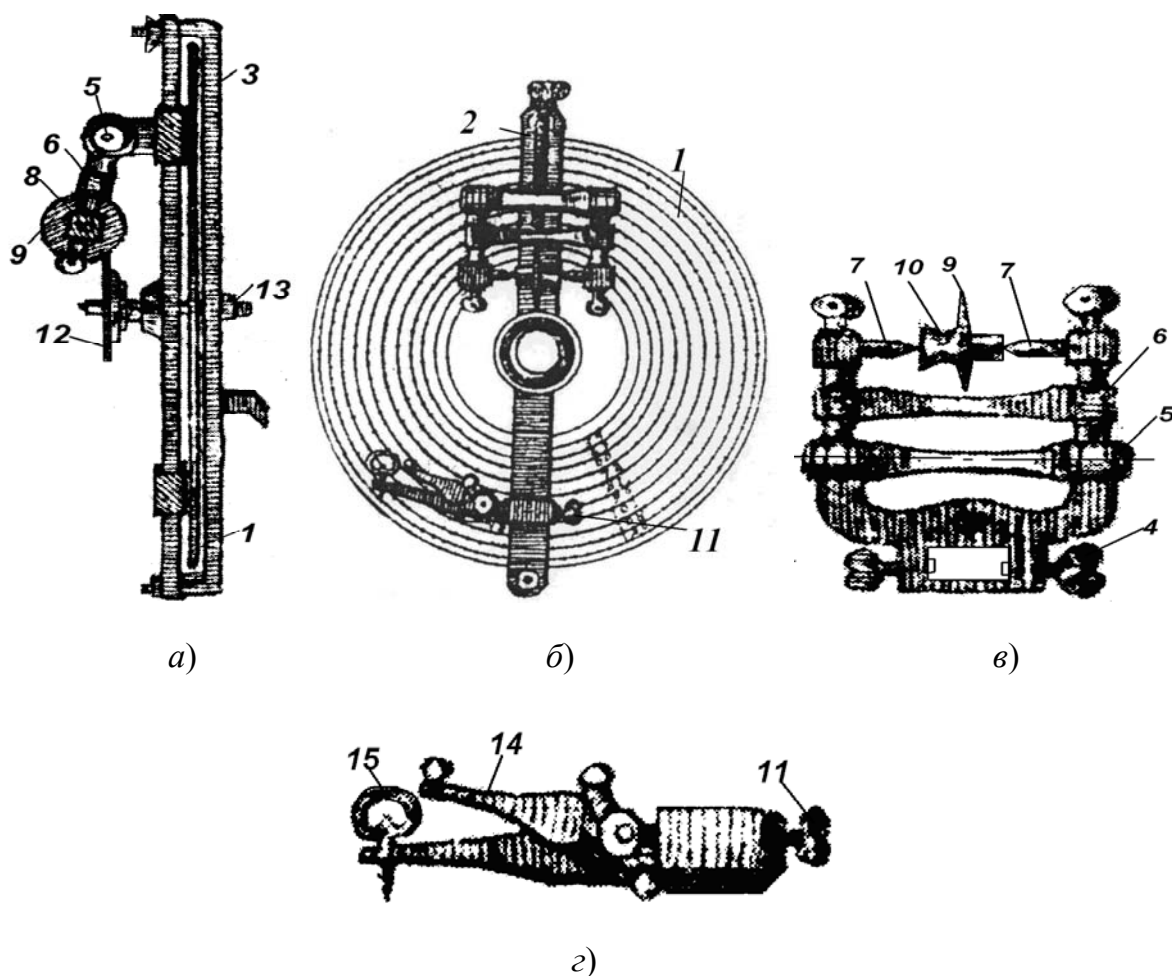
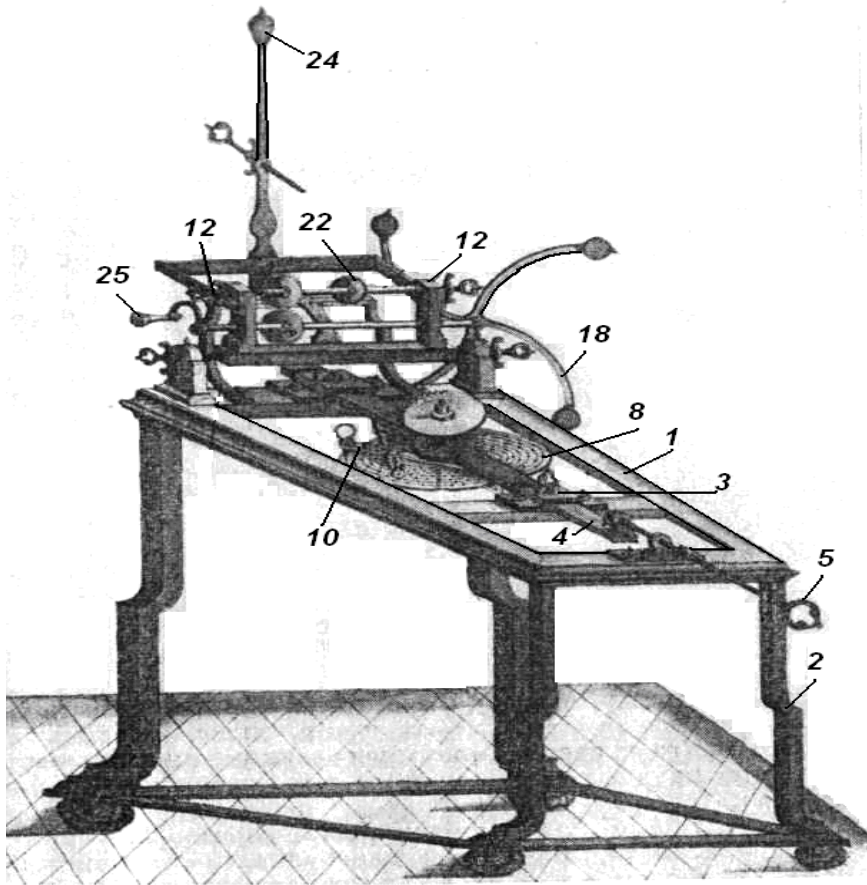


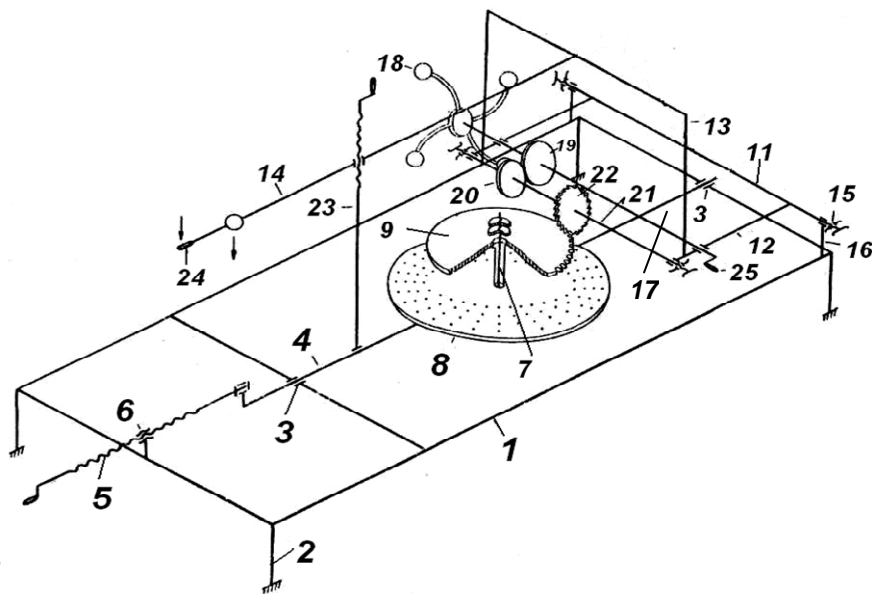
Рис. 4.45. Устройство для фрезерования часовых зубчатых колес (по Н. Биону). Начало 18 в.

А. К. Нартовым в 1724 г. был предложен зуборезный станок (рис. 4.46).

Станок имел три основных узла: станину, делительно-поворотное и закрепляющее устройство и механизм, служивший для подведения фрезы к обрабатываемой заготовке и ее вращения. Станина состояла из горизонтальной рамы 1, поддерживаемой стойками 2.



a)



б)

Рис. 4.46. Зубофрезерный станок: а – общий вид; б – принципиальная схема. Конструктор А. К. Нартов. 1724 г.

Устройство, на котором устанавливалась и поворачивалась фрезеруемая заготовка, опиралось на поперечные планки горизонтальной рамы 1 станины. На поперечных планках болтами были закреплены две направляющие скобы 3, в которых могла перемещаться массивная горизонтальная планка 4. Перемещение планки 4 осуществлялось с помощью винта 5, который проходил через гайку 6, неподвижно закрепленную на станине. Планка 4 посередине имела отверстие, через которое проходил вертикальный валик 7. Ослабление сечения планки 4 в месте прохода валика 7 компенсировалось ее уширением. На нижнем конце вертикального валика 7 был посажен делительный диск 8, а на верхнем устанавливалась и закреплялась гайкой заготовка 9, на которой предстояло нарезать зубья. Делительный диск 8 и планку 4 разделяли на валике 7 шайбы (на изображении не видны), вследствие чего между диском и планкой имелся значительный зазор. В нем могла перемещаться линейка 10, один конец которой был шарнирно закреплен в планке 4, а другой опирался на диск 8 с помощью иголки-конуса; линейку удерживала в определенном положении пружинящая планка. Последняя имела продольную прорезь перемещения барашка, закреплявшегося в положении, соответствующем месту установки линейки 10.

Третий узел станка, механизм для подведения и вращения фрезы, имел раму, состоявшую из бруска 11, двух стоек 12, П-образной планки 13 и планки 14. Вся рама могла свободно поворачиваться, т. к. планка оканчивалась осями 15, входившими в стойки 16. Последние были жестко закреплены на раме 1 станины. Через стойки 12 проходил вал 17, имевший на одном конце рукоятку, вращая которую приводили в движение фрезу, а на другом конце маховик 18. Между стойками 12 на валу 17 было посажено зубчатое колесо 19. Это колесо находилось в зацеплении с колесом 20, установленным на оправку 21 фрезы 22. Планка имела винт 23 с барашком. Винт 23 служил упором для всей конструкции в рабочем положении, когда его опускали до соприкосновения фрезы 22 с диском 9, на котором предстояло нарезать зубья. В этом положении конструкцию удерживали и уменьшали ее вибрацию, нажимая на рукоятку 24. Опорой конструкции в нерабочем положении являлась скобообразная стойка.

Нарезание зубьев производилось следующим образом. На вертикальном валике 7 устанавливалась заготовка 9, на которой должны были быть нарезаны зубья. Заготовка 9 прочно закреплялась гайкой и контргайкой, что обеспечивало сохранение ее неподвижности относительно валика 7 и делительного диска 8 в течение всего времени наре-

зания зубьев. Затем с помощью винта 5 планку 4 перемещали так, чтобы фреза 22 при опускании могла войти в контакт с обрабатываемым диском 9. Величина требуемого при этом перемещения зависела от размеров зубчатого колеса. Планку 4 прочно закрепляли в принятом положении с помощью винтов, проходивших через направляющие скобы 3.

В соответствии с количеством зубьев, которое было необходимо нарезать на колесе, выбирали одну из концентрических линий на делительном диске 8. Концентрические линии были разделены лунками на число частей, соответствовавшее числу зубьев. На рис. 4.46 показаны 7 окружностей, на которых обозначены цифры 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96 и 104. При повороте делительного диска 8 на одно деление одновременно на соответствующий ему угол поворачивалась и заготовка. Выбрав нужную линию на делительном диске 8, опускали фрезу 22 до упора в заготовку 9 и начинали вращать рукоятку 25, а следовательно, и фрезу 22. Собственный вес устройства для фрезерования дополнялся нажимом на рукоятку 24. Маховик 18 содействовал достижению равномерности и устойчивого характера режима резания, особенно необходимого при фрезеровании.

Немецкий машиностроитель *Лейпольд* рекомендовал станок Биона для нарезания мелких часовых колес. Для нарезания крупных зубчатых колес, в том числе деревянных, Лейпольд предлагал изобретенный им и успешно применявшийся, по его словам, станок, в котором режущим инструментом являлась не фреза, а фасонная пила или напильник, имевшие возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости.

На рис. 4.47 представлено изобретение станка Лейпольда. Для станка необходима специальная станина с направляющими, как указывал Лейпольд. На эти направляющие устанавливалась железная рама 7 с прорезью по всей ее длине. В прорези могло перемещаться в зависимости от величины нарезаемого колеса устройство, на котором были закреплены делительный диск 1, ось 2, служившая для установки нарезаемого колеса, делительная линейка 3 с пружиной и фиксатором 4. Для режущего инструмента использовалась деревянная рама, которая укреплялась между направляющими станка. К бабке прикреплялись железные кронштейны, снабженные направляющими, в которых мог перемещаться вверх и вниз плотно припасованный железный брусок 5. К бруску шурупами был привернут инструмент 6. Весь этот узел, т. е. бабка, кронштейн, брусок и режущий инструмент, был раз-

мещен в прорези делительного диска 5, который не вращался. Для приведения в движение режущего инструмента служил шнур, привязываемый к ушкам, имевшимся по концам бруска. Шнур двигался попеременно в одну и другую сторону с помощью обычного педального устройства с оцепом или лучком. Для ускорения работы Лейпольд рекомендовал применять привод от колеса, вращаемого отдельным рабочим и передающего движение через отдельный блок.

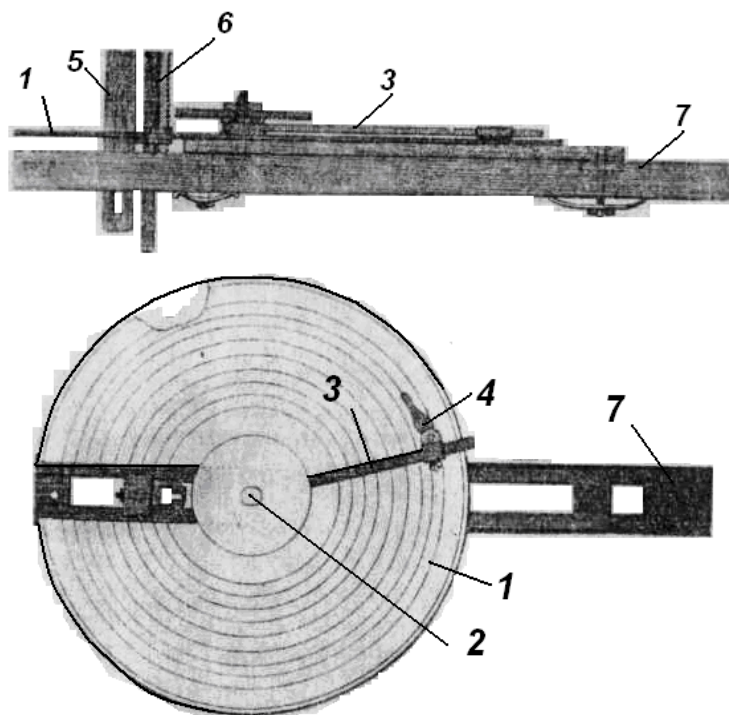
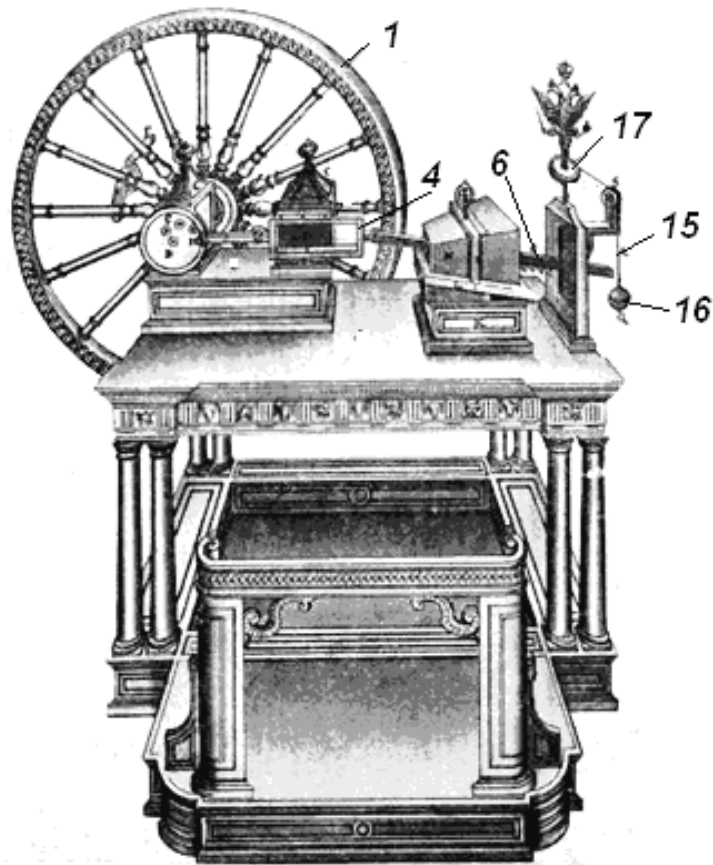


Рис. 4.47. Зубофрезерный станок. Конструктор Я. Лейпольд. 1724 г.

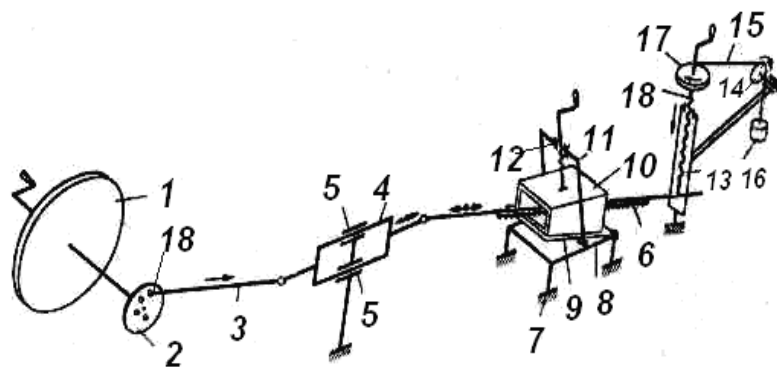
4.2.7. Прорезные станки

В рукописи А. К. Нартова «Театрум Махинарум» описана еще одна конструкция станка. Его схема представлена на рис. 4.48, б.

Привод главного движения осуществлялся маховым колесом 1, на одном валу с которым находился металлический диск 2, являвшийся кривошипом. С ним шарнирно соединен шатун 3, связанный также шарнирно с ползуном 4, двигавшимся возвратно-поступательно между направляющими 5. С ползуном 4 шарнирно была соединена пила 6. Укрепленный на общей станине 7 стол 8 имел связанную с ним шарнирно крышку 9, на которой устанавливалась обрабатываемая заготовка 10, имевшая вид усеченной пирамиды, полый внутри. Обработке подлежала ее внутренняя поверхность. К крышке 9 была шарнирно прикреплена скоба 11, в которой закреплялась винтом 12 заготовка 10.



a)



b)

Рис. 4.48. Прорезной станок: а – общий вид; б – принципиальная схема. Конструктор А. К. Нартов. 1724 г.

Для того чтобы в одном и том же установочно-зажимном приспособлении можно было закреплять пирамиды с различными углами наклона граней, между столом 8 и шарнирно с ним скрепленной крышкой 9 использовали клин. Двигая его, можно было придавать крышке 9 наклон, требовавшийся для данной формы заготовки. Дви-

жение режущего инструмента *б* направлялось и ограничивалось благодаря вертикальной прорези в колонке *10*. Устройство «автоматической подачи» осуществлялось так. На стойке имелся кронштейн, на котором был укреплен блок *14*. Шнур *15* одним своим концом был прикреплен к шкиву и обведен вокруг него несколько раз, затем – вокруг блока *14*, а на другом конце нагружен грузом *16*. Под действием груза *16* вращался блок *17* и винт *18*, который прижимал режущий инструмент к обрабатываемой заготовке и осуществлял таким образом движение подачи. Длину хода режущего инструмента можно было изменять, переставляя палец *18* шатуна в одно из пяти отверстий, расположенных в точках, лежащих на одной кривой (спирали).

4.3. Материалообрабатывающие и измерительные инструменты

Термин «метр» для обозначения длины впервые предложил *Т. Бураттини* в своей книге «Универсальная мера», которая была опубликована в 1675 г. в столице Великого княжества Литовского г. Вильно. Систему мер, построенную на десятичной основе, предложил астроном *Мутон* в 17 в. В 1631 г. директором Монетного двора во Франции *Вернье* изобретены нониусы (верньеры) – шкалы, позволяющие отсчитывать десятые доли измеряемых величин.

Для того чтобы представить весь перечень инструмента и оснастки 18 в. приведем выборку из описи, хранящейся в механической мастерской Российской АН (опись составлена А. К. Нартовым 10 марта 1741 г.).

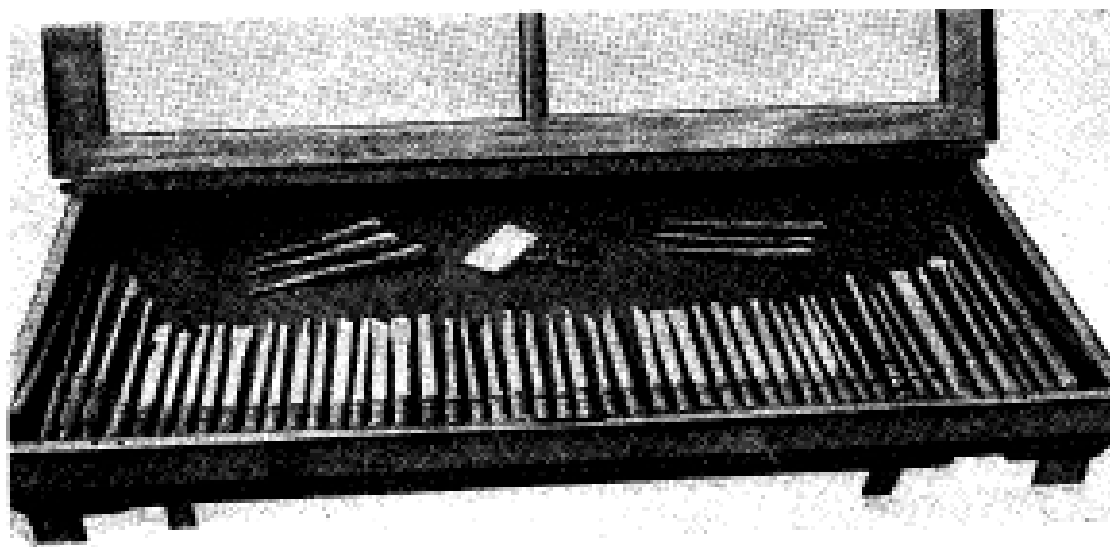


Рис. 4.49. Коллекция слесарных и станочных инструментов 18 в.

«Разное: коловоротов железных (два); наковальня маленькая стальная с двумя острыми носками; проходников, что вкладываются в коловорот для сверления на дереве скважин, больших и малых 23; форм или коков медных от токарных махин 11; винтов от токарной простой махины, больших и малых 5, колец медных (подшипников) от токарной махины 4; из красной меди передач 2; винтовальных досок больших и малых 7; да при них метчиков разных 6; тисков железных слесарных, больших и средних 8; тисков ручных 2; мелено железных, что сверлят 2; большой молот; домкрат; ступка каменная; малых дульных мехов 2; мехов больших дульных 2; клещей литейных больших 2; ножниц железных, больших и малых 3; опок железных больших и малых 10; ключей разных маниров 80; пил больших лучковых, что которыми кость режут 5; круглое медное колесо с нарезными зубцами; да при нем медных шестерень 2; кольцо медное от зажигательного стекла; пил одноручных широких, больших и малых, которыми дерево режут 11; скобелей двуручных, которыми делают гонт 4; корабельных топоров больших 7; шляхт корабельных 10; молотов корабельных 5; скребков корабельных 2; напарей долгих больших разных калибров 34; резцы с винтами и гайками 10; от большой боковой персонной махины резцов железных 16; колясочек разных сортов и фигурных резцов 26; без черенья с обеих сторон (т. е. для станков с суппортом. – *Авт.*) плоских отрезов 9; резцов полукруглых внутрь, больших и малых 7; резцов косых, плоских 5; резцов полукруглых, больших и малых 6; резцов круглых с откосом 12; плоских резцов с отмером, больших и малых 7; резцов внутрь в четверть циркуля 5; резцов двуконечных больших, которыми точат большую работу медную и железную 7; с череньями кизилковыми и гайками железными разных сортов по нумерам, а именно: резцов тупых, которыми медь точат, разных рук прямые и круглые 23; крючков, которыми медь точат, разных рук 33; плоских прямых резцов 16; крупных плоских резцов 4; резцов с откосом, круглых на одну сторону 2; резцов на одну сторону топорками 7; резцов лопаточками 4; крупных резцов в циркуль 3; круглых в полциркуля резцов 7; косых резцов 17; винтовальных резцов с череньями сандальными с гайками медными 16; в кленовых черепках винных и в гайках медных резцов прямых 5, отрезных 3; отрезов маленьких с гайками железными 13; резцов полукруглых внутрь, которыми шары точат 5; долота от токарных махин череньями кизилковыми и гайками железными отрезов: линейных и простых 41; круглых линейных, больших и малых 18; внутрь полукруглых больших и малых, числом линейных 23; змейками, на подобие жала, линейных 4; круглых линейных топорками 4; внутрь полукруглых ли-

нейных топорками 3; кривых круглых линейных 3; плоских линейных прямых 18; проходников маленьких с череньями ореховыми и гайками медными 21; резцов винтовальных разных рук 22.

Мерительный инструмент: циркуль медный большой, с разделением фута на дюймы для вымеривания внутренних цилиндров круглых; циркуль большой железный с гнутыми ногами, для вымеривания круглых цилиндров; медный делительный круг; циркулей медных плоских разводных, с дву сторон кривоногих 2; циркулей железных пяток разводных по линейке 2; наугольник медный; наугольник железный; линейка медная; линейка железная; циркуль железный и с гнутыми ножками: развод имеет по дуге; циркуль железный с прямыми ножками; циркуль железный с вострипыми лапками, развод имеет по винту; циркуль железный, у которого пятки загнуты крючком; циркулей больших деревянных, с пятками железными, раздвижных по дугам 3; циркуль железный, раздвижной по дуге, малым чем поменее тех; циркулей прямых железных, малых, с пружинами разводных по винтам, с гайками, числом 2; циркулей железных круглых, на обе стороны разводных 2; циркуль железный, которым вымеривают цилиндера толщину; циркулей железных односторонних простых, круглых, больших и малых 8; циркулей железных прямых разных рук 4; морских радиусов деревянных, пальмовых и по местам медною оправлены оправкою 14».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные особенности мануфактурного производства.
2. Назовите основные черты сближения техники с наукой и особенности развития технических наук.
3. Кем было открыто свойство несжимаемой жидкости и внедрено его применение?
4. Назовите основные этапы совершенствования привода оборудования.
5. Опишите устройство водяных двигателей.
6. Опишите устройство парового привода Д. Бранка.
7. Опишите устройство парового двигателя Д. Папена.
8. Опишите устройство парового насоса Т. Севери.
9. Опишите устройство парового двигателя Т. Ньюкомена.
10. Назовите основные этапы развития познаний об электричестве.
11. Назовите основные этапы совершенствования механизмов и приборов.
12. Опишите устройство часов.

13. Опишите устройство автоматических вычислительных приборов.
14. Опишите устройство андроидов.
15. Какова роль Казимира Семеновича в развитии военной техники?
16. Назовите основные этапы развития артиллерии.
17. Назовите основные этапы развития транспорта.
18. Назовите основные этапы развития техники текстильного производства.
19. Назовите основные этапы развития производства железа с использованием каменного угля.
20. Опишите устройство токарных станков часовщика.
21. Опишите устройство токарно-винторезного станка с неподвижным инструментом (конструктор А. К. Нартов).
22. Опишите устройство токарно-винторезного станка О. О. Ботона.
23. Назовите факторы механизации токарных станков.
24. Назовите основные группы токарно-копировальных станков.
25. Опишите устройство токарно-копировальных станков по Ш. Плюмье.
26. Опишите устройство токарно-копировального станка 1712 г.
27. Опишите устройство токарно-копировального станка 1718 г. А. К. Нартова.
28. Опишите устройство токарно-копировального станка А. К. Нартова 1721 г.
29. Опишите устройство сверлильных и расточных станков.
30. Опишите устройство комбинированного сверлильно-отрезного станка Н. Б. Бакланова.
31. Опишите устройство строгального станка Ш. Плюмье.
32. Опишите устройство вертикально-строгального станка де ла Гира 1719 г.
33. Опишите устройство вертикально-строгального станка А. К. Нартова.
34. Опишите устройство фасонно-строгального станка А. К. Нартова.
35. Опишите устройство станка для фрезерования часовых зубчатых колес Н. Биона.
36. Опишите устройство зубофрезерного станка А. К. Нартова.
37. Опишите устройство зубофрезерного станка Я. Лейпольда.
38. Опишите устройство прорезного станка А. К. Нартова.
39. Назовите особенности режущего и измерительного инструмента.

Глава 5. СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТЫ ПЕРИОДА ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ (1761–1870 гг.)

5.1. Условия развития станков и инструментов

5.1.1. Переход от мануфактуры к машинному производству

Промышленная революция означала резкий скачок в развитии производительных сил, заключающийся в переходе от мануфактуры к машинному производству. Она происходила в период разложения и крушения феодально-крепостнических и утверждения капиталистических производственных отношений. Этот исторический отрезок времени первой прошла Великобритания, затем США, Франция, Германия, Италия, Япония и Россия.

Переворот в промышленности стал возможен благодаря научно-техническому прогрессу (НТП), который заключался во взаимном стимулировании развития науки и техники и ускорении темпов этого развития. В этот период технические знания начинают приобретать теоретический характер, наступает время окончательного формирования научного технического знания, совершенствования его средств и обобщения в форме научной теории.

Развитие средств и способов осуществления технологических операций, накопление и комбинирование элементов, повышающих их эффективность, являлось одной из существенных сторон технического прогресса. Это постепенно вело к вытеснению ручных операций, созданию разнообразных машин и в конечном счете к возникновению машинного производства.

5.1.2. Развитие технической науки и образования

Смыкание науки с практикой и явилось той областью, в которой технические науки приобрели самостоятельное существование и развитие. В процессе соединения науки с производством и естествознания с техникой и происходило формирование технических наук.

Процесс становления технических наук начался с возникновения наук механического цикла, таких как теория механизмов, сопротивление материалов, детали машин. И это не случайно, поскольку механическая форма движения материи была наиболее широко вовлечена в человеческую практику и ее познание логично предшествовало познанию других, более сложных форм движения материи. Предшествовало этому становление экспериментального метода, проникновение науки в прикладную сферу, а также интенсивное развитие механики.

Важное значение для развития механики имели работы французского математика и механика *Ж. Лагранжа*, особенно его «Аналитическая механика» (1788). На рубеже 18–19 вв. возникает прикладная или, как ее тогда называли, практическая механика, занимающаяся непосредственно изучением работы машин, механизмов и сооружений, а также разработкой методов их расчета. В 1820-е гг. вышли в свет важнейшие труды французского математика и инженера *Ж. Понселе* «Курс механики в применении к машинам» и «Введение в промышленную, физическую и экспериментальную механику».

В 1781 г. была издана «Теория простых машин» французского инженера и физика *Ш. Кулона*, ознаменовавшая зарождение теории механизмов. Весомый вклад в ее разработку внесли и русские ученые: *С. Е. Гурьев*, который в 1806 г. издал работу «Общее правило равновесия с приложением оного к машинам», а также *П. Л. Чебышев*, опубликовавший в 1853 г. свой труд «Теория механизмов, известных под названием параллелограммов». Будучи не только знаменитым ученым, но и талантливым изобретателем, Чебышев изобрел, построил и исследовал целый ряд чрезвычайно важных для техники механизмов.

В рассматриваемый период происходит также становление технической химии, базирующейся на химической форме движения материи и электротехники, в основе которой лежат электрические и магнитные явления. Происходят окончательная достройка научного технического знания, кристаллизация его средств и придание ему статуса научной теории, что и создало предпосылки для окончательного утверждения технических наук.

Развитие производительных сил, породившее потребность в подготовке специалистов естественнонаучного профиля, способствовало усилению наметившейся тенденции к политехнизации обучения в университетах ведущих европейских государств.

Развитию технических знаний во многом способствовал выпуск технической литературы, из которой особенно выделяется труд французских ученых *Д. Дидро* и *Ж. Д'Аламбера* «Энциклопедия, или Толковый словарь наук, искусств и ремесел», вышедший в 1779 г. В нем описано состояние техники 18 в., ее материальные и научные основы.

Началась подготовка специалистов технического профиля и помимо университетов. Во Франции этим занималась учрежденная *Г. Монжем* и его соратниками в 1794 г. в Париже Политехническая школа, в которой впервые был введен курс теории механизмов. В следующем (1795) году к этой работе подключилась и Консервато-

рия технических искусств и ремесел, являющаяся своеобразным хранилищем собранных моделей, образцов, проектов и чертежей механизмов и машин. В России, еще до организации Академии и Университета, в 1701 г. была основана Школа математических и навигацких наук, а в 1712 г. – Инженерная школа, имевшие технический уклон.

Полиграфия, бумажное производство и письменные принадлежности. Быстрый рост производства и активизация общественно-политической жизни способствовали развитию техники полиграфии (греч. *poligraphia* – многописание) – отрасли промышленности, занятой изготовлением различных видов печатной продукции. Этому способствовал также целый ряд изобретений.

В 1798 г. немецкий изобретатель *Алоис Зенефельд* разработал литографический (от греч. *litos* – камень + *grapho* – пишу) способ плоской печати, при котором печатной формой служила поверхность камня (известняка). Первое сообщение о литографии в России сделал академик В. М. Севергин в 1803 г., а первое литографическое предприятие было открыто в Петербурге известным новатором техники П. Л. Шиллингом в 1816 г. была усовершенствована гравюра на дереве (ксилография), а в 1830–1840 гг. стала применяться гравюра на стали. Все это позволило воспроизводить тексты и рисунки любой степени сложности и выполнять оттиски большими тиражами.

Важным моментом в производстве печатной продукции явилось изобретение фотографии (от греч. *photos* – свет + *grapho* – пишу). Первый практически пригодный способ фотографии – дагеротипию, в которой светочувствительным слоем служил йодид серебра, разработал в 1830-е гг. французский изобретатель *Л. Дагер*, используя опыты своего соотечественника Ж. Ньепса. Но этот метод позволял получать снимок лишь в одном экземпляре, требовал большой выдержки при съемке (до получаса) и громоздкой аппаратуры, вес которой достигал 50 кг, поэтому не получил распространения.

Широкое распространение фотография получила после 1840-х гг., когда освоили способ получения негатива на стеклянной пластинке, с которого можно было получить любое количество позитивных отпечатков на светочувствительной бумаге. Одновременно разрабатывались различные конструкции объективов для фотокамеры, из которых наиболее совершенным оказался портретный объектив, разработанный в 1840 г. австрийским ученым *И. Пецвалем*. В 1868 г. француз *Л. Дюко де Орон* изобрел цветную фотографию. С этого времени фотография начинает использоваться не только в полиграфии, но также в науке, технике и в быту.

С начала 18 в. начинается интенсивная разработка различных типов наборных машин и типографских печатных станков. В период с 1810 по 1814 г. немецкие изобретатели *Ф. Кениг* и *Бауэр* создали первую пригодную для работы плоскочечатную машину, а 1815 г. англичанин *Б. Фостер* создал наборную машину. Позднее появились наборные машины *Черча* (1822) и других изобретателей, был усовершенствован и сам типографский станок, превратившийся в скоропечатающую машину.

Очередным прогрессивным шагом была разработка в 1850–1860-х гг. ротационных печатных машин. Они обеспечивали скоростное непрерывное печатание одновременно на обеих сторонах бумажной ленты, разматываемой с рулона с помощью печатных форм, закрепляемых на поверхности прижимаемых друг к другу вращающихся барабанов. Предпосылками применения ротационных машин были успехи стереотипии (греч. stereos – твердый + typos – отпечаток) – техники изготовления копий (клише) с типографского набора, которая, в свою очередь, базировалась на достижениях гальванопластики и фотографии.

Развитие полиграфической промышленности стимулировало бурный рост бумажного производства, переход от ручной выделки бумаги к машинной. В 1799 г. француз *Л. Роберт* запатентовал созданную им бумагоделательную машину («самочерпалку»), за которой последовал целый ряд других изобретений, в которых проявилась четкая тенденция к непрерывному и автоматизированному технологическому производству. В 1844 г. *Ф. Келлером* в Германии была предложена технология выделки бумаги из целлюлозы (древесной массы), что позволило уйти от традиционного применения тряпья, разборка которого являлась наиболее вредной ручной операцией.

Требовала своего совершенствования и техника ручного письма и прежде всего замена птичьего (гусиного) пера металлическим. Первым предложил делать стальные перья, которые начали изготавливаться в 1780 г. в Бирмингеме, *И. Янсен* из г. Аахена. Изготовление стальных перьев было запатентовано англичанином *Б. Донкином* в 1808 г.

Поначалу они стоили чрезвычайно дорого, пока в 1828 г. *Д. Гиллотом* в Бирмингеме не было налажено их массовое фабричное производство. В Западной Европе в то время было выдано также много патентов на авторучки, называемые тогда «вечными», или «дорожными», перьями, внутрь полого корпуса которых наливались чернила. Однако в тот период времени они не получили широкого распространения.

В 1784 г. француз *Ж. Контэ* предложил вместо цельнографитового стержня выполнять его из смеси графитового порошка, что можно считать моментом создания современного карандаша.

Принципиально новым в развитии ручного письма стала замена его печатанием на пишущей машинке. Первый патент на способ печатания букв с помощью специального аппарата был выдан в 1714 г. англичанину *Г. Миллю*. После него было предложено много типов подобных аппаратов, большая часть которых предназначалась для слепых, к тому же все они были сложны, громоздки и не обеспечивали достаточной скорости печатания. Наиболее удачной оказалась конструкция, предложенная в 1867 г. американским топографом *К. Шоулзом*, который, не имея средств на реализацию своего изобретения, продал его предпринимателю Ремингтону. Последний и наладил в 1870-е гг. промышленный выпуск пишущих машинок под своим именем – «Ремингтон».

Техника передачи информации на расстояние. Еще в 16 в., вначале во Франции, для осуществления регулярной связи возникла почтовая (польск. *poczta*) служба, занимающаяся пересылкой всякого рода корреспонденции. Сам термин «почта», очевидно, произошел от слова «пост», которое на Руси означало ямской двор. Для осуществления регулярных почтовых перевозок были введены особые виды почтовых карет, а также почтовые ящики. Вплоть до конца 18 в. наибольшая быстрота передачи даже самых экстренных сообщений определялась на суше скоростью конных курьеров, а на море – скоростных парусных судов. Исключение составляла «голубиная почта», не получившая широкого распространения. Поэтому развитие и совершенствование техники связи стало одной из важнейших проблем, требующих своего разрешения.

Резкий рост почтовых отправок потребовал коренной реформы почтового дела и прежде всего упрощение оплаты почтовых услуг. С этой целью главой британского почтового ведомства *Роулэндом Хиллом* в 1840 г. были введены в употребление приклеиваемые марки, первыми из которых были известные среди филателистов «черный пенни» (марка в 1 пенни) и марка в 2 пенса. В 1843 г. к выпуску марок приступили Бразилия и Швейцария, в 1845 г. – США, затем Франция и другие страны, в том числе и Россия (1858).

Важнейшее место принадлежит телеграфной (от греч. *tele* – вдале, далеко + *граф*) связи – передачи на расстояние дискретных (буквенно-цифровых) сообщений с записью их в пункте приема.

В первой четверти 19 в. в Европе, включая Россию, значительное распространение получил оптический телеграф, который зародился еще в древности в виде сигнальных костров и развился в систему визуальной связи с использованием семафорной азбуки. Его изобретателем считается французский механик *Клод Шанн* (1793), по проекту которого в 1794 г. была построена первая телеграфная линия Париж–Лилль, а в 1798 г. – Париж–Брест. Совершенствованием оптического телеграфа занимался И. П. Кулибин, который разработал свой код и сконструировал остроумный механизм для его передачи.

Передающее устройство оптического телеграфа представляло собой систему подвижных крыльев или реек и фонарей, зажигаемых ночью или в пасмурную погоду. Линия оптического телеграфа состояла из цепочки станций (башен), отстоящих друг от друга на расстоянии прямой видимости (до 30–40 км). Каждая такая станция с помощью специального кода принимала депешу (фр. *dépêche* – спешное уведомление, телеграмма) и передавала ее дальше.

Другой французский инженер *Ж. П. Шато*, приглашенный в Россию, создал свою, более совершенную по сравнению с «шапповской» систему, благодаря которой на передачу одного сигнала затрачивалось в среднем по 0,35 мин. По системе Шато в 1839 г. была создана самая длинная (1200 км) в Европе линия телеграфа между Петербургом и Варшавой. Но оптический телеграф стал лишь первым этапом развития этого вида связи – будущее было за электрическим телеграфом.

Создание электрического телеграфа началось в 1802 г. с предложения испанского инженера *Ф. Сальва* и опытов *С. Т. Земмеринга* (1809) по созданию электрохимического (электролитического) телеграфа, который не оставил заметного следа в телеграфии. Больше распространение получил электромагнитный (стрелочный) телеграф, основы которого заложил русский изобретатель *П. Л. Шиллинг*, продемонстрировавший свой аппарат в 1832 г.

Передача знаков в системе Шиллинга производилась за счет изменения положения стрелок в аппарате приемной станции. По его системе в 1833 г. в Геттингене немецкими учеными *К. Ф. Гауссом* и *В. Э. Вебером* была построена экспериментальная линия, а в Англии с небольшими изменениями была применена *У. Ф. Куком* и *Ч. Уитстоном*. Основным недостатком стрелочных телеграфных приемных аппаратов было отсутствие фиксации передаваемых знаков.

Б. С. Якоби, занимавшийся стрелочным телеграфом с 1839 г., применил самописец для фиксации передачи в виде ломаной линии с

последующей ее расшифровкой. В 1843 г. по его проекту была проложена подземная телеграфная линия между Петербургом и Царским Селом. В Германии устройством подобных самоотмечающих стрелочных систем занимался инженер *К. А. Штейнгель*, в США – *С. Морзе*.

В 1837 г. американский изобретатель *С. Морзе* разработал электромеханический телеграфный аппарат, включающий передатчик – телеграфный ключ и приемник – электромагнит, управляющий работой пишущего механизма. Годом позже он же разработал «азбуку Морзе» – код, в котором каждый знак (буква) представлялся в виде комбинаций тире и точек с помощью посылок электрического тока разной продолжительности.

Уже упоминавшийся *Якоби*, разработавший систему вертикального стрелочного телеграфа и несколько типов телеграфных аппаратов, в 1850 г. изобрел первый буквопечатающий аппарат. Правда, широкое распространение получил аппарат американского конструктора, выходца из Англии, *Дэйвида Юза*, который был создан пятью годами позже.

Наряду с воздушными начинают сооружаться и подземные кабельные телеграфные линии, протяженность которых непрерывно возрастала. В 1840-х гг. встал вопрос о прокладке межконтинентальных подводных кабельных линий, вступили в строй две трансатлантические кабельные линии между Англией и США, потом кабельная линия соединила Америку с Индией.

Для передачи корреспонденции на короткие расстояния начинает применяться пневмопочта. Корреспонденция в этом случае закупоривалась в легкие алюминиевые цилиндры, которые за счет напора или разряжения воздуха перемещались по металлическим трубам. Первая такая установка была пущена в 1854 г. в Лондоне, затем в Париже, Вене и других крупных городах Европы. В настоящее время наибольшее применение пневмопочта получила в больших библиотеках, крупных научных учреждениях и т. п.

Изобретательство и защита прав изобретателей. Настоящими «двигателями технического прогресса» стали изобретатели. Особенно большой всплеск изобретательской мысли вызвал социальный заказ на универсальный двигатель, на который лишь в Англии во второй половине 18 в. было выдано более десятка патентов. Выдающимися изобретателями являлись создатели паровой машины *И. И. Ползунов* и *Д. Уатт*.

Рост количества изобретений потребовал защиты прав изобретателей с помощью патентования (от лат. *patens* – свидетельство, грамота) изобретений и открытий, которое было впервые в 1623 г. введено в Англии, затем в США, в 1791 г. во Франции, в 1812 г. в России, в 1817 г. в Голландии, а позже и в других странах.

5.1.3. Совершенствование приводов машин и развитие транспорта

Гидродвигатель в рассматриваемый период, с одной стороны, достиг своего совершенства, с другой – наиболее четко выявилось и его несовершенство.

Наиболее ярким образцом триумфа гидроэнергетики являлась уникальная Змеиногорская гидравлическая система на Алтае, созданная в 1780-х гг. *К. Д. Фроловым*. Им были применены самые мощные верхнебойные (верхненаливные) колеса, по своим размерам не имевшие аналогов в мире. Применена была наиболее совершенная каскадно-деривационная система (от лат. *derivatio* – отведение) с длиной отводных каналов 2740 м и тремя каскадами, так что вода последовательно проходила через три колеса. При этом подводные каналы и камеры были вырублены внутри горы и таким образом было устранено промерзание. С помощью сложной трансмиссионной системы гидроколеса приводили в действие рудоподъемные, рудодробительные, рудопромывающие и водоотливные машины, а также лесопилки и кузницу.

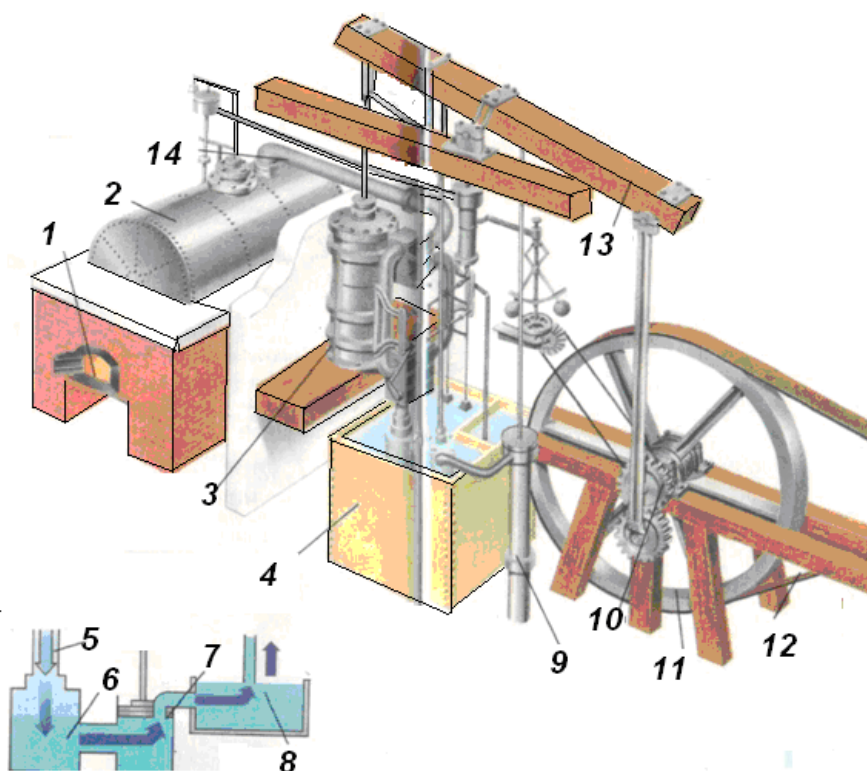
Еще большими недостатками страдали ветряные двигатели, которые использовались там, где был недостаток в гидроресурсах. Нужен был источник энергии, не зависящий от местных условий, который можно было использовать везде и обеспечивать мощность, определяемую потребностями производства.

Зарождение и развитие теплоэнергетики. Социальный заказ на универсальный паровой двигатель предопределил как состояние и потребности производства, так и развитие науки и всплеск изобретательской мысли во второй половине 18 в.

Решающая стадия создания универсальной паровой машины непосредственно связана с промышленным переворотом в Англии, и главную роль в этом сыграл английский изобретатель *Д. Уатт* (рис. 5.1, *а*). Он начал с того, что в 1769 г. получил патент на одноцилиндровую паровую машину простого действия, в которой рабочий ход осуществлялся под давлением пара, отводимого в конденсатор. Но эта машина не была универсальной, она выполняла узкие функции насоса для откачки воды.



a)



б)

Рис. 5.1. Джемс Уатт (а) и его паровая машина (б): 1 – топка; 2 – котел; 3 – рабочий цилиндр; 4 – бак-конденсатор; 5 – направляющая труба подачи пара в конденсатор; 6 – конденсированная вода; 7 – бак; 8 – труба подачи воды в котел 2; 9 – насос подачи воды в конденсатор; 10 – зубчатая передача; 11 – маховик; 12 – ремень, передающий движение к рабочим машинам; 13 – коромысло; 14 – труба подачи пара из котла в цилиндр

Успех пришел к Уатту в 1774–1784 гг., когда он создал свою знаменитую паровую машину с цилиндром двойного действия и запатентовал с целым рядом важных усовершенствований. К ним относятся прежде всего центробежный регулятор и механизмы преобразования поступательного движения штока во вращательное движение вала. Обеспечив Уатту приоритет в изобретении универсального теплового двигателя, его машина сыграла большую роль в переходе к машинному производству.

Изобретение паровой машины означало наступление второго этапа промышленной революции. Первый, как известно, начался с создания и применения машин в текстильном производстве. Развитие машинного производства на теплоэнергетической базе вызвало существенное расширение производства, с другой стороны, эта база сама нуждалась в совершенствовании техники, технологии и организации производства.

Дальнейшее совершенствование машины Уатта состояло в наращивании давления, которое в первых его образцах лишь незначительно превышало атмосферное. В 1800 г. американский изобретатель *О. Эванс* построил паросиловую установку с повышенным начальным давлением, обосновав повышение давления до 8–10 атм. Два годами позже английский изобретатель *Ричард Тревитик* совместно с *Вивьеном* получил патент на усовершенствованную паровую машину, в которой давление уже превышало 3 атм.

В 1804 г. соотечественник Тревитика инженер *А. Вульф* запатентовал машину повышенного давления в 3–4 атм. Используя расширение пара последовательно в двух цилиндрах, он добился повышения коэффициента полезного действия (КПД) более чем в 3 раза. *Д. Перкинсом* в 1822 г. в США и *Э. Альбаном* в 1828 г. в Германии были проведены опыты по созданию паросиловых установок, работающих при давлении 45–50 атм., но они опередили уровень техники того времени и не имели практического осуществления. После экспериментов, проведенных в 1850-х гг. *Г. А. Гирном* во Франции, началось применение перегретого пара в паросиловых установках, обеспечивающее существенное повышение их КПД.

До конца рассматриваемого периода паровая машина двойного действия Уатта, продолжая оставаться основным двигателем силовой установки, подвергалась непрерывному совершенствованию с целью повышения его мощности и экономичности. Усовершенствовались котел, непосредственно паровой двигатель, а также передаточный ме-

ханизм; повышалось начальное давление пара, применялись перегрев пара и его многократное расширение, наращивались скоростные характеристики. От балансирного механизма, характерного для первых машин Уатта, перешли к кривошипно-шатунному, от золотникового парораспределения – к клапанному.

Успеху становления парового двигателя способствовало развитие и становление теплотехники как науки и особенно труды *Ж. Б. Фурье* и *Н. Л. С. Карно*. Первый установил общие законы теплопроводности (1822), применив специальные математические методы (ряды и интеграл Фурье), второй сформулировал второй закон термодинамики и ввел (1824) свой знаменитый «цикл Карно», обеспечив практику мощным средством совершенствования тепловых двигателей.

К концу рассматриваемого периода мощность паросиловых установок стала достигать 1000 л. с. и более и под них стали отводить специальные здания для размещения котельной и машинного отделения. От паровых двигателей с помощью трансмиссионного вала и шкивно-ременных передач приводились в действие самые разнообразные производственные машины.

Кроме стационарных с 1830-х гг. стали широко использоваться, особенно в сельском хозяйстве, передвижные несамоходные паросиловые установки – локомобили (фр. *locomobile*, от лат. *locus* – место, *mobilis* – подвижный), в которых котел и паросиловая установка были объединены в один агрегат. Локомобиль был изобретен американским инженером *О. Эвансом* в 1805 г. и просуществовал в некоторых отраслях до середины 20 в.

Зарождение и развитие электротехники. Первые шаги в исследовании электричества вплоть до конца 18 в. были связаны с электростатикой.

Начало было положено французским физиком *Ш. Кулоном*, открывшим в 1785 г. закон электростатики, названный его именем, и исследовавшим взаимодействие зарядов с помощью им же изобретенных (1784) крутильных весов. В 1791 г. вышла работа итальянского физиолога *Л. Гальвани* «О животном электричестве», где впервые стало фигурировать понятие разности потенциалов. От фамилии Гальвани произошло множество терминов в электротехнике: гальванометр, гальванотехника, гальванопластика и т. п.

Большое значение имело создание в 1800 г. итальянским физиком *А. Вольты* первого химического источника тока под названием

«вольтов столб». С его помощью русский электротехник *В. В. Петров* в 1802 г. открыл электрическую дугу и указал на возможность ее практического использования. Он же первый наблюдал плазму – явление электрического разряда в вакууме, исследовал химическое действие тока, электрические явления в газах, электропроводность и люминесценцию. В 1807–1809 гг. английский ученый, основатель электрохимии *Г. Дэви* также исследовал электрическую дугу и с помощью электролиза получил целый ряд химических элементов.

В 1821 г. немецкий физик *Т. Зеебек* открыл явление возникновения термо-ЭДС в замкнутой электрической цепи, составленной из последовательно соединенных разнородных проводников тока, спаи которых находятся при разных температурах. «Эффект Зеебека» впоследствии стал использоваться в термоэлементах, применяющихся в измерительной и холодильной технике, термогенераторах и т. п.

Период 1830–1870 гг. выделяется как время зарождения и развития электротехники, появления электрических машин постоянного тока и заложения основ электромеханики. Начало электротехнике положил английский физик *М. Фарадей*, открывший (1831) явление электромагнитной индукции, пара- и диамагнетизм, а также законы электролиза (1833–1834). *Д. Максвелл*, развивая в 1860–1870 гг. идеи Фарадея, создал теорию электромагнитного поля, предсказал существование электромагнитных волн, разработал электромагнитную теорию света и установил статистическое распределение, названное его именем.

В первой половине 19 в. наибольшее распространение в качестве источников постоянного тока получили гальванические элементы различных систем и аккумуляторы, в которых химическая энергия превращалась в электрическую. Первоначально их практическое использование ограничивалось телеграфной связью, гальванопластикой и электровзрывателями для подрывных работ. Поэтому такие источники тока скоро перестали удовлетворять непрерывно растущее производство.

Параллельно с усовершенствованием источников тока шла разработка конструкций электродвигателей – машин для превращения электрической энергии в механическую. Открытие Фарадея подсказало новый способ получения электрического тока посредством магнитоэлектрического генератора. На этих проблемах и сосредоточились усилия ученых и изобретателей в области электротехники.

Величайшим техническим достижением конца 19 в. стало изобретение промышленного электродвигателя. Этот компактный, экономичный, удобный мотор вскоре сделался одним из важнейших элементов производства, вытеснив другие виды двигателей отовсюду, куда только можно было доставить электрический ток. Большими недостатками прежней паровой машины всегда оставались низкий КПД, а также трудность передачи и «дробления» полученной от нее энергии. Обычно одна большая машина обслуживала несколько десятков станков. Движение от нее подводилось к каждому рабочему месту механическим путем с помощью шкивов и бесконечных ремней. При этом происходили огромные неоправданные потери энергии. Электрический привод не имел этих изъянов: он обладал высоким КПД, поскольку с его вала можно было прямо получать вращательное движение (тогда как в паровом двигателе его преобразовывали из возвратно-поступательного), да и «дробить» электрическую энергию было намного проще. Потери при этом оказывались минимальными, а производительность труда возрастала. Кроме того, с внедрением электромоторов впервые появилась возможность не только снабдить любой станок своим собственным двигателем, но и поставить отдельный привод на каждый его узел.

Один из первых совершенных электродвигателей, работавших от батареи постоянного тока, создал в 1834 г. русский электротехник Якоби (рис. 5.2). Этот двигатель имел две группы П-образных электромагнитов, из которых одна группа (четыре П-образных электромагнита) располагалась на неподвижной раме. Их полюсные наконечники были устроены асимметрично – удлинены в одну сторону. Вал двигателя представлял собой два параллельных латунных диска, соединенных четырьмя электромагнитами, поставленными на равном расстоянии один от другого. При вращении вала подвижные электромагниты проходили против полюсов неподвижных. У последних полярности шли попеременно: то положительная, то отрицательная. К электромагнитам вращающегося диска отходили проводники, укрепленные на валу машины. На вал двигателя был насажен коммутатор, который менял направление тока в движущихся электромагнитах в течение каждой четверти оборота вала. Обмотки всех электромагнитов неподвижной рамы были соединены последовательно и обтекались током батареи в одном направлении. Обмотки электромагнитов вращающегося диска были также соединены последовательно, но направление тока в них изменялось восемь раз за один оборот вала.

Следовательно, полярность этих электромагнитов также менялась восемь раз за один оборот вала, и эти электромагниты поочередно притягивались и отталкивались электромагнитами неподвижной рамы. Принцип работы этого двигателя поясняет приведенная ниже схема. (Для простоты количество полюсов – подвижных и неподвижных – здесь уменьшено вдвое. Суть от этого не меняется.)

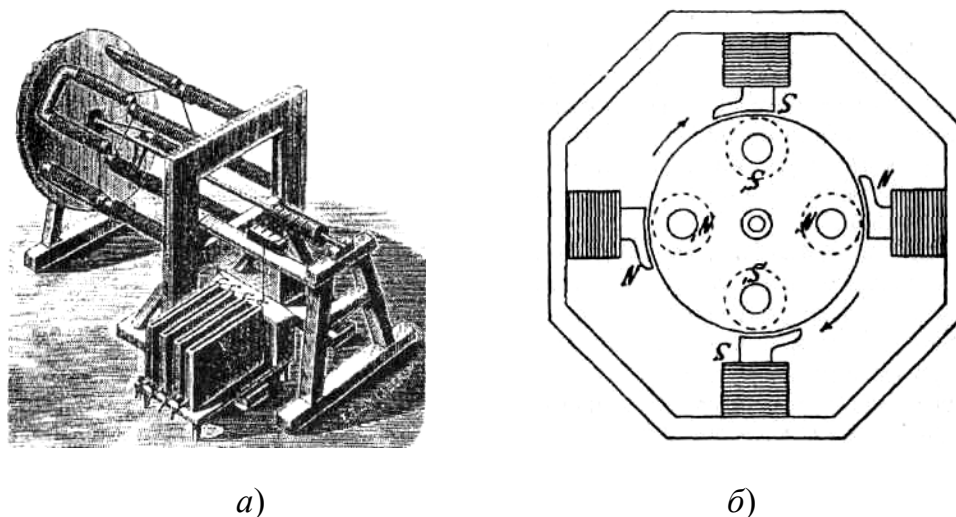


Рис. 5.2. Электродвигатель Якоби: *a* – общий вид; *б* – схема его работы

Положим, что в данный момент подвижные электромагниты занимают положение, указанное на рисунке, т. е. против каждого полюса неподвижных магнитов стоит одноименный полюс подвижного; при этом каждый неподвижный электромагнит будет отталкивать противоположный магнит барабана и притягивать близлежащий с противоположным полюсом. Если бы полюса неподвижных магнитов не были асимметричны, такое устройство не могло бы работать, т. к. действие различных магнитов уравнивало бы друг друга. Но благодаря форме выступов полюсных наконечников неподвижных магнитов каждый из них притягивает ближайший по направлению вращения часовой стрелки слабее, чем другой, из-за этого первый приближается к нему, а последний удаляется. Через $1/4$ оборота (в двигателе Якоби – через $1/8$ оборота) один против другого будут находиться разноименные полюса, но в этот момент коммутатор меняет направление тока в подвижных магнитах, и один против другого будут опять одноименные полюса, как и в начале движения. Вследствие этого подвижные магниты опять получают толчок к тому же направлению, и так до тех пор, пока остается замкнутым ток.

Коммутатор представлял собой очень важную и глубоко продуманную часть двигателя (рис. 5.3). Он состоял из четырех металлических колец, установленных на валу и изолированных от него; каждое кольцо имело четыре выреза, которые соответствовали 1/8 части окружности. Вырезы были заполнены изолирующими деревянными вкладышами; каждое кольцо было смещено на 45° по отношению к предыдущему. По окружности кольца скользил рычаг, представлявший собой своеобразную щетку; второй конец рычага был погружен в соответствующий сосуд с ртутью, к которому подводились проводники от батареи (соединения с ртутью были наиболее распространенными в то время контактными устройствами).

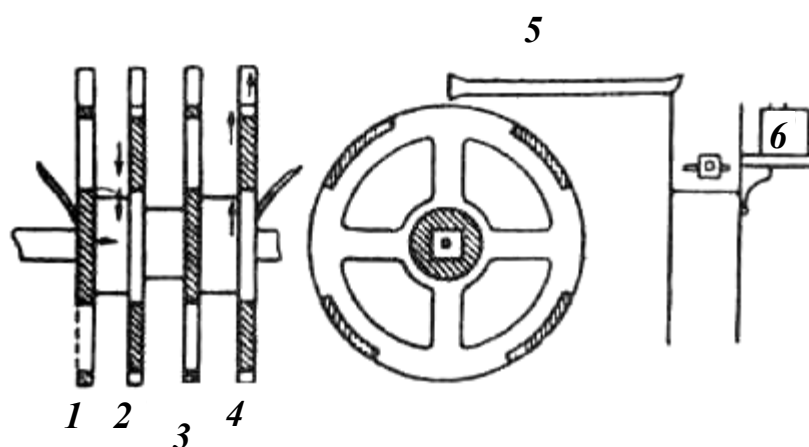


Рис. 5.3. Коммутатор Якоби: 1–4 – металлические кольца; 5 – скользящий контактный рычаг; 6 – батарея

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

Как уже отмечалось, двигатель Якоби для своего времени был самым совершенным электротехническим устройством. В том же 1834 г. подробное сообщение о принципах его работы было представлено Парижской АН. В 1838 г. Якоби усовершенствовал свой электромотор и, установив его на гребном боте, с десятью спутниками совершил небольшое плавание по Неве со скоростью 4,5 км/ч. Источником тока ему служила мощная батарея гальванических эле-

ментов. Понятно, впрочем, что все эти опыты имели чисто демонстрационный характер – до тех пор, пока не был изобретен и внедрен в производство совершенный электрический генератор, электродвигатели не могли найти широкого применения, т. к. питать их от батареи было слишком дорого и невыгодно. Кроме того, в силу разных причин двигатели постоянного тока получили лишь ограниченное применение. Гораздо более важную роль играют в производстве электромоторы, работающие на переменном токе.

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

Устройство синхронного двигателя можно пояснить рисунком (рис. 5.4). Предположим, что неподвижная часть двигателя (статор) выполнена в виде восьмиполюсного венцеобразного электромагнита, расположенные попеременно полюса которого обозначаются по их полярности буквами *N* и *S*. Между ними вращается якорь (или ротор) в виде звездообразного колеса, восемь спиц которого пред-

ставляют собой постоянные магниты. Их неизменные полюса обозначим буквами n и s . Положим, что через электромагнит пропускается переменный ток.

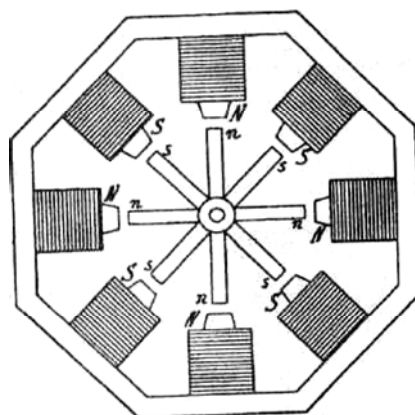


Рис. 5.4. Принцип синхронного двигателя переменного тока

Тогда концы сердечников электромагнита будут попеременно менять свою полярность. Представим себе, что в какой-то момент против каждого полюса электромагнита статора расположен одноименный полюс ротора. Толкнем колесо и сообщим ему такую скорость, при которой каждая спица n пройдет расстояние между двумя соседними сердечниками N и S в промежуток времени, равный тому, в течение которого эти сердечники сохраняют свою полярность неизменной, то есть в период времени, равный половине периода переменного тока, питающего электромагниты. При таких условиях во все время движения спицы от сердечника N до сердечника S все сердечники перемагнитятся, отчего при дальнейшем своем движении спица опять будет испытывать отталкивание со стороны сердечника, оставшегося позади, и притяжение со стороны сердечника, к которому она приближается. Работавший по этому принципу синхронный двигатель состоял из кольцеобразного многополюсного магнита, полярность которого менялась под действием переменного тока, и из звездообразного постоянного электромагнита, который был насажен на вал и вращался описанным выше образом. Для возбуждения этого постоянного электромагнита требовался постоянный ток, который преобразовывался посредством коммутатора из рабочего переменного. У коммутатора было и другое назначение: он использовался для пуска двигателя, ведь для поддержания вращения ротора синхронного двигателя ему требовалось сообщить определенную начальную скорость. При включении через цепь сначала пускался постоянный ток, благодаря чему двигатель начинал работать как двигатель постоянного тока и

приходил в движение. До тех пор пока двигатель не набрал требуемой скорости, коммутатор переменял направление в движущихся электромагнитах. При достижении скорости, соответствовавшей синхронному ходу, у подвижного магнита полюса уже не менялись, и двигатель начинал работать как синхронный двигатель переменного тока.

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

Действие асинхронного двигателя будет понятно из следующей демонстрации, которую провел в 1824 г. известный французский физик *Арго* (рис. 5.5).

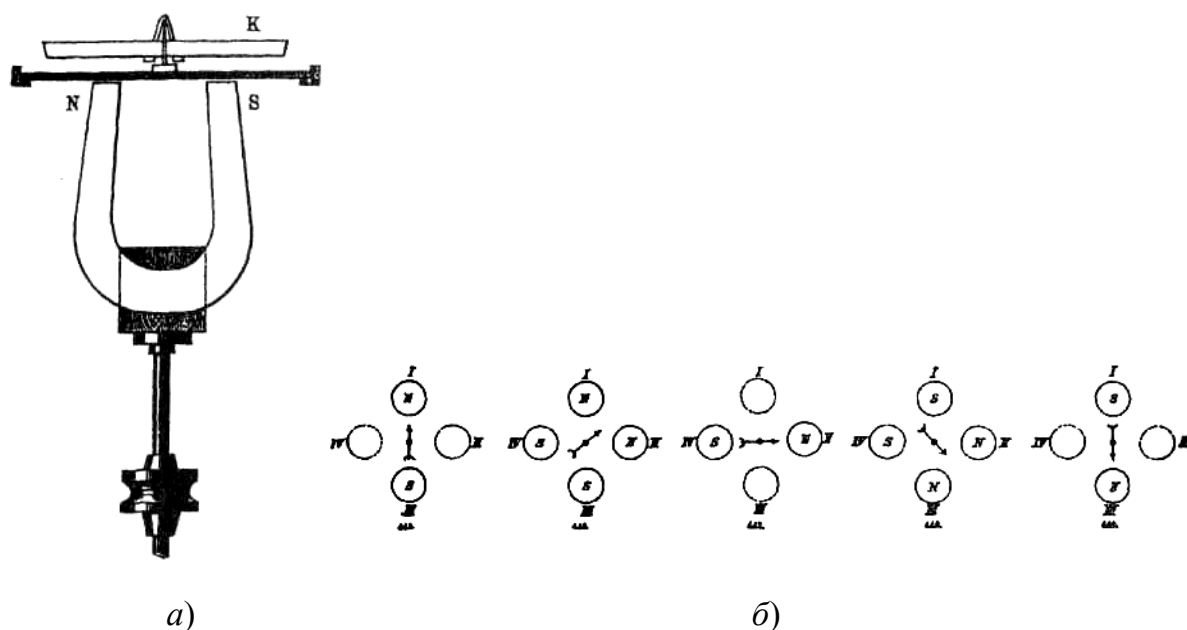


Рис. 5.5. Кружок Арго (а) и схема его действия (б)

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

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

Предположим, что I, II, III и IV (на рис. 5.5, б) – это четыре полюса двух электромагнитов, между которыми помещена металлическая стрелка. Под действием магнитного поля она намагничивается и становится вдоль линий магнитного поля электромагнитов, выходящих, как известно, из их северного полюса и входящих в южный. Все четыре полюса расположены по окружности на одном расстоянии друг от друга. Сперва ток подводится к II и III. Стрелка остается неподвижной по средней оси магнитных силовых линий. Затем подводится ток ко второму электромагниту. При этом одноименные полюса будут находиться рядом. Теперь средняя направляющая силовых линий магнитов пройдет от середины расстояния между I и II к середине между III и IV и стрелка повернется на 45° . Отключим первый электромагнит и оставим активными только полюса II и IV. Силовые линии будут направлены от III к IV, вследствие чего стрелка повернется еще на 45° . Снова включим первый электромагнит, но поменяем при этом движение тока, так что полярность первого магнита изменится – стрелка повернется еще на 45° . После отключения второго электромагнита, как это видно на рис. 5.5, б, стрелка переместится еще на 45° , т. е. совершит полуоборот. Легко понять, как заставить ее совершить вторую половину круга.

Одновременно Якоби создал гальванопластику, совместно с Э. Х. Ленцем исследовал электромагниты и установил обратимость электромагнитного цикла. Последнее открытие и позволило создать практически пригодный электродвигатель, т. к. первые его образцы в принципе преобразования прямолинейно-возвратного движения во вращательное полностью копировали паровую машину. В 1854 г. датчанин *Хиорт* создал генератор с самовозбуждением, а в 1869 г. бельгиец *З. Грамм* разработал во Франции первый практически пригодный генератор постоянного тока с кольцевым якорем и основал промышленное производство электрических машин.

Но в отличие от теплоэнергетики, прочно занявшей свое место в сфере производства, электроэнергетика делала в этом направлении лишь первые шаги. Предпосылками широкого применения этого нового вида энергии явилось создание динамо-машины на основе само-

возбуждения, надежного электродвигателя и освоение способов передачи сильных токов по проводам.

К рассматриваемому периоду относится зарождение гальванотехники – области прикладной электрохимии, включающей гальваностегию (от гальвано и греч. *stego* – покрываю) и гальванопластику (от гальвано и греч. *plastike* – ваяние). Средства гальванотехники позволяли, используя электролитическое осаждение металлов на поверхность металлических и неметаллических изделий, производить точные клише для изготовления денежных знаков и ценных бумаг, статуи и барельефы.

Широко распространенный теперь теперь индивидуальный привод имеет большие преимущества перед трансмиссионным (рис. 5.6). Применение его дает возможность более свободно расположить станочное оборудование в цехе, улучшить освещение цеха, удалив загромаждающие его ремни, уменьшить шум. Заметно снижается также расход электроэнергии, упрощается и становится более безопасным управление станком.

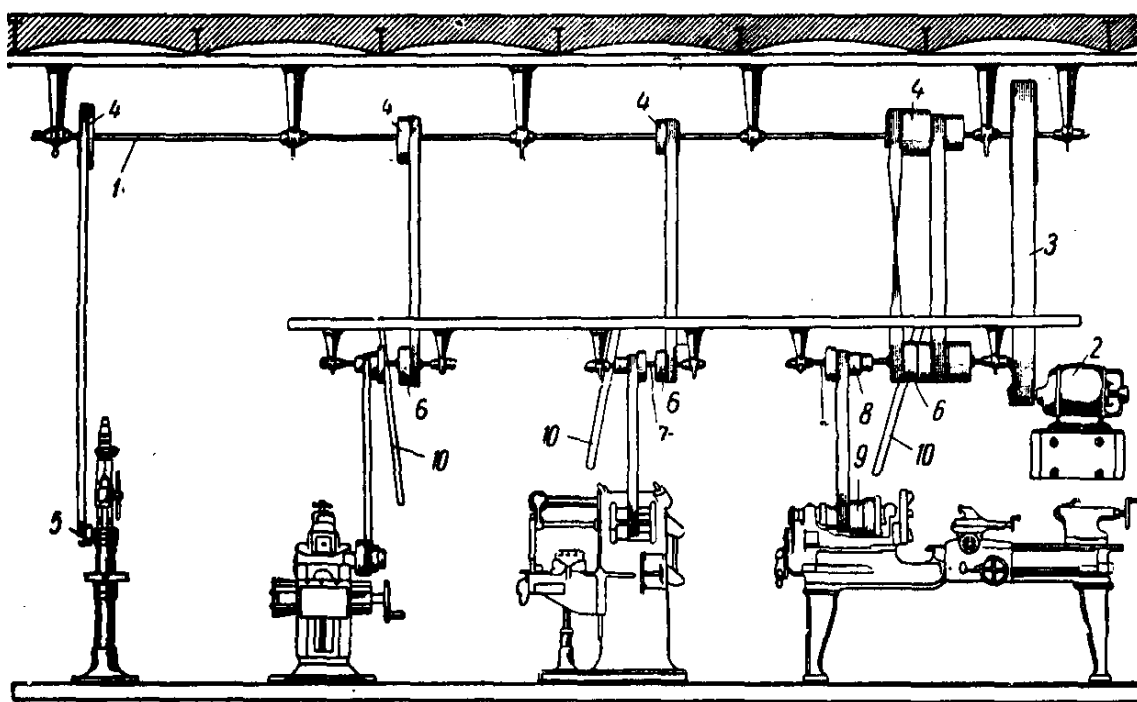


Рис. 5.6. Трансмиссионный привод к станкам:

- 1 – трансмиссионный вал; 2 – электродвигатель; 3 – ременная передача;
4 – шкив ременной; 5 – станок; 6 – приемный шкив промежуточного вала; 7 – муфта; 8 – приводной шкив; 9 – приемный шкив станка;
10 – рукоятка включения муфты привода

Переход от парусного флота к паровому. Подготовка переворота на транспорте началась в 1760–1770-е гг. и заключалась в дальнейшем развитии путей и средств сообщения, появившихся на последнем этапе предшествующего периода (быстроходные парусные суда и шоссейные дороги), а также в первых опытах по созданию паровых судов и повозок.

Первым видом сообщения, где регулярно стала использоваться сила пара, стал водный транспорт. Наступление эпохи пара и железа совпало с периодом наивысшего развития деревянного парусного флота. Кораблестроение в основном продолжало сохранять характер ручного производства, характерного для мануфактурного периода. Совершенствование прежде всего касалось конструкции судов, увеличения их грузоподъемности и скорости хода. Улучшалась форма корпуса и совершенствовалось парусное оснащение, подводную часть корпуса стали обшивать медными листами, пеньковые якорные канаты заменялись железными цепями.

Широкое распространение получили легкие трехмачтовые шлюпы грузоподъемностью 450–550 т с экипажем около полусотни человек и большие четырехмачтовые барки грузоподъемностью до 1500 т и экипажем до сотни человек, почти всегда двухпалубные. Для повышения быстроходности корпус стали заострять, увеличивать длину мачт и число парусов.

Под влиянием растущей конкуренции со стороны парусных судов был выработан особый тип скоростного грузового судна, клипера – промежуточного между шлюпом и барком, с увеличенным парусным оснащением. Клиперы могли развивать скорость до 18 узлов (35 км/ч), вдвое превышающую максимальную скорость грузовых парусных судов. Но с увеличением высоты мачт и площади парусов уменьшалась устойчивость судов, для восстановления которой приходилось увеличивать вес балласта, который стал достигать 25–28 % водоизмещения. А это в свою очередь снижало полезное водоизмещение, запас плавучести и ухудшало ходовые качества. Наступил кризис парусного флота, и, хотя его эпоха еще не закончилась, он постепенно начал сдавать свои позиции паровому.

Переход к машинной ступени начался почти одновременно как на сухопутном, так и водном транспорте, но организация рейсов паровых судов требовала меньших капиталовложений, поэтому их производство и началось раньше. Работы, завершившиеся созданием парохода, заключались прежде всего в переходе от парусного

двигателя к паровому и замене деревянной обшивки корпуса судна на металлическую. Первую попытку оснащения судна паровой машиной предпринял англичанин *Д. Хулл* еще в 1736 г., за ним француз *Жоффруа* в 1781 г.

Увеличение размеров корпусов и грузоподъемности судов привело к тому, что возможности дерева как конструкционного материала оказались полностью исчерпанными. Первым удалось реализовать идею цельнометаллических корпусов судов *Д. Вилкинсон* лишь в 1787 г., после того как научились прокатывать стальной лист. Систематически же стальными стали делать корпуса пароходов с 1840-х гг.

В 1802 г. англичанин *У. Саймингтон* построил буксирный катер с машиной Уатта мощностью 10 л. с. и гребным колесом в качестве двигателя, как и у предыдущих образцов. Среди зрителей, наблюдавших за испытанием судна Саймингтона, находился и Р. Фултон – будущий создатель первого парохода. Другой француз, Ж. Б. де Оксирон, с компаньонами в 1774 г. пробовал использовать паровую машину в парусном судне.

Фултон, в отличие от своих предшественников, не просто применил паровую машину на железном судне, а сделал его надежным и пригодным для повседневной эксплуатации. В 1807 г. он построил колесный пароход «Катарина Клермонт», совершивший первый рейс по р. Гудзон в США. Всего Фултоном было построено 15 пароходов. Первые паровые суда обычно повторяли установившиеся формы парусных и даже сохраняли поначалу парусное оснащение. Второй страной после США, вступившей на путь сооружения паровых судов, была Канада (1809), за ней последовала Англия (1812) и, наконец, Россия (1815). Первый пароход в Англии построил шотландец Белль в 1812 г. Первый в России пароход «Елизавета», построенный петербургским заводчиком Бердом в 1815 г., открыл регулярные пассажирские рейсы между Петербургом и Кронштадтом. А первый межконтинентальный рейс из Америки в Англию совершил пароход «Саванна» в 1819 г.

Однако для того чтобы окончательно выиграть конкуренцию с парусниками, более экономичными и быстроходными при попутном ветре, пароход кроме паровой машины и металлического корпуса должен был получить еще и новый вид двигателя – гребной винт. Это гениальное изобретение Архимеда было поистине интернациональным, т. к. в разработке его конструкции принимали участие чешский изобретатель *И. Рессель* (1826–1827 гг.), швед *Д. Эрикссон* (1830-е гг.) и англичанин *Д. Смит*. По сравнению с гребным колесом гребной винт

имел небольшие размеры, более простую и надежную конструкцию, высокий КПД, а также хорошо встраивался в корпус. Применение гребного винта и обеспечило в конечном счете полное господство парового флота к концу рассматриваемого периода.

В первой половине 19 в. пароходы стали делать из металла и оснащать гребными винтами – первое железное паровое судно было построено в Англии в 1822 г., а первый пароход с гребным винтом построил англичанин Д. Смит в 1838 г. И уже в 1842 г. такой пароход совершил свое первое кругосветное путешествие.

Кронштадтский судовладелец *М. О. Бритнев* на базе грузопассажирского судна «Пайлот» построил первый в мире ледокол, курсировавший между Кронштадтом и Ораниенбаумом. Началось также строительство высокоскоростных маломерных судов. В 1867 г. французский изобретатель *К. Адлер* построил первый быстроходный катер-глиссер (от фр. *glisser* – скользить).

Интенсификация судоходства потребовала создания системы каналов и других искусственных гидротехнических сооружений, а также регулирования и исправления естественных судоходных путей. Сооружение каналов, как известно, имело место и в древности, но постройка каналов совершенного типа, удовлетворяющих новым запросам судоходства, началась со второй половины 18 в. Для подъема и перемещения судов кроме шлюзов стали применяться мощные гидравлические подъемные краны и рельсовые пути с платформами. На гидротехнических работах начали использоваться землечерпалки, краны и другие механизмы с паровым приводом.

В первой четверти 19 в. в России уже функционировало три искусственных водных системы, связывающих Балтийское море с Волгой (Вышневолоцкая, Мариинская – 1810 г. и Тихвинская – 1811 г.); Березинская система, соединяющая Днепр с Западной Двиной; Кирилловский канал между Шексней и Северной Двиной и др. В 1869 г. состоялось открытие крупнейшего бесшлюзового Суэцкого канала, протяженностью 16 км, шириной (по дну) 22 м и глубиной 7,5 м. На его строительстве было занято 36 тыс. египетских земледельцев (феллахов). Вслед за гражданскими паровая машина появилась на военных судах, среди которых было и первое военное паровое судно «Демологос», построенное Фултоном. Первое военное судно в Англии было построено в 1814 г. А в 1797–1806 гг. тот же Фултон разработал проект деревянной подводной лодки, приводимой в движение мускульной силой экипажа, название которой «Наутилус» использовал писатель-фантаст Жюль Верн в своем известном романе.

Зарождение и развитие железнодорожного транспорта. Развитие железнодорожного транспорта шло в направлении развития железных дорог и совершенствования паровых машин для их использования в качестве средств тяги.

После начала промышленного переворота в Англии лежневые дороги (лежневки) стали заменяться рельсовыми путями. Чтобы тяжелые вагоны (от англ. *waggon* – повозка) не ломали хрупкие чугунные рельсы, английский предприниматель *Р. Л. Эджоурт* (Эджворт) предложил в 1786 г. составы из нескольких тележек. Они и явились предшественниками будущих поездов. В 1801–1803 гг. в Англии была построена первая Сэррийская конная чугунная дорога общего пользования.

Возможность использовать паровой двигатель на сухопутном транспорте появилась после того, как удалось повысить его КПД и снизить удельную массу. Первый шаг в этом направлении сделал американский изобретатель *О. Эванс*, который в 1794 г. построил, а в 1797 г. запатентовал паровую машину высокого давления, КПД которой ему удалось повысить на 10 %.

Попытки применения паровой машины на транспорте начали производиться в Англии и длительное время не выходили из стадии экспериментов. В 1802 г. англичанин *Р. Тревитик* построил паровую машину высокого давления и установил ее на дорожный экипаж, а в 1804 г. им же был построен и испытан первый паровоз с реечной передачей на колеса для перемещения вагонеток с углем. Однако реечный привод был несовершенным и вскоре вышел из строя, а паровоз был превращен в локомобиль.

В 1808 г. Тревитик построил более совершенный паровоз с гладкими ведущими колесами и другими усовершенствованиями, который мог развивать скорость до 30 км/ч. В том же году им была построена в Лондоне первая опытная кольцевая дорога, а в 1810 г. была пущена в эксплуатацию (от фр. *exploitation* – использование, извлечение выгоды) первая в мире пассажирская железнодорожная линия Ливерпуль–Манчестер протяженностью 40 км.

Но наиболее плодотворной оказалась деятельность другого английского изобретателя, *Д. Стефенсона*, который постарался учесть как положительный, так и отрицательный опыт своих предшественников. За период 1813–1829 гг. он создал несколько конструкций паровозов, из которых наиболее удачным оказался последний, построенный в 1829 г., под названием «Ракета» (рис. 5.7).

Основной же заслугой Стефенсона было понимание необходимости одновременного совершенствования как самого паровоза,

так и вагонов и рельсового пути. Он отказался от хрупких чугунных рельсов и перешел на железные, которые были впервые предложены в 1803 г. английским инженером Никсоном. Сначала Стефенсон переводил на паровую тягу уже существующие конные дороги, а затем приступил к постройке новых линий. В 1825 г. была открыта построенная им первая междугородная железная дорога между Дарлингтоном и Стоктоном протяженностью 61 км.

В дальнейшем конструкции паровозов непрерывно совершенствовались, и в 1850 г. английский машинист *Д. Никольсон* предложил новый проект паровоза системы «Компаунд» (от англ. compound – составной) на основе паровой машины двойного действия с параллельным расположением цилиндров. В России первые паровозы ввозились из Англии. В 1835 г. Е. А. и М. Е. Черепановы (отец и сын) построили на Нижнетагильских заводах два паровоза с трубными котлами собственной конструкции и проложили заводскую «чугунку», однако не получили поддержки в попытках наладить отечественное производство паровозов.

Совершенствовалась также и конструкция вагонов. В 1840-х гг. были введены закрытые товарные вагоны, в 50-х гг. – спальные пассажирские вагоны, в 60-х гг. – пульмановские вагоны, вагоны-люкс, специальные вагоны для перевозки скота и др. С 1840 г. для сцепки вагонов стала использоваться винтовая стяжка, а в 1859 г. американец *Вестингауз* изобрел действующий от сжатого воздуха пневматический тормоз для одновременного торможения всех вагонов.

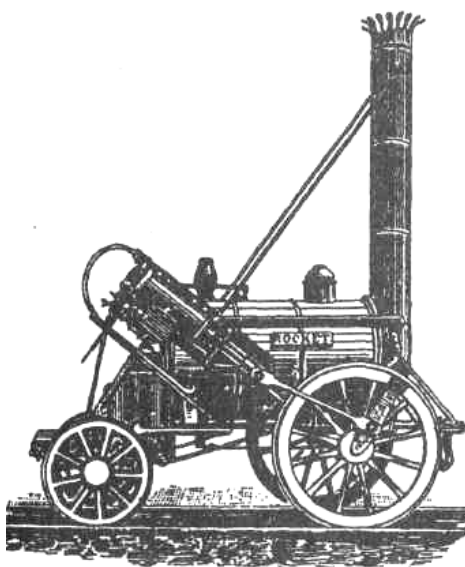


Рис. 5.7. Паровоз Стефенсона «Ракета». 1829 г.

Строительство железных дорог развертывалось возрастающими темпами. В 1830 г. в Англии была открыта вторая железная дорога между Ливерпулем и Манчестером и первая в США – Чарльстон–Огаста; в 1835 г. – в Бельгии и Германии, в 1837 г. – в Австрии и России (Петербург–Царское Село). В России в 1851 г. было завершено строительство дороги Петербург–Москва протяженностью 650 км. Если в 1840 г. мировая сеть железных дорог составляла 9 тыс. км, то через каждые 10 лет она увеличивалась соответственно до 40, 110 и 210 тыс. км. Одновременно велось и строительство станционных зданий для пассажиров – вокзалов (от англ. Vauxhall – увеселительное заведение близ Лондона). В наиболее крупных городах началось строительство подземных железных дорог – метро, или метрополитенов (от фр. metropolitain – столичный). Первая «подземка» была пущена в Лондоне в 1863 г.

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

Зарождение автомобильного транспорта. Многовековое безраздельное господство конной тяги для перемещения повозок давно стало тормозом для развития сухопутных перевозок. Поэтому одновременно с железнодорожным стали искать возможность оснащения паровой машиной и обычный безрельсовый транспорт.

В первых автомобилях привод от двигателя к ведущим колесам осуществлялся при помощи цепной передачи, которая получила широкое распространение в велосипедах. Цепь давала необходимую

гибкость и обладала многими достоинствами, но она очень быстро загрязнялась и требовала почти ежедневного ухода. Поэтому очень скоро ей на смену пришел карданный вал (рис. 5.8). (Эта передача между двумя валами была изобретена итальянцем Кардано еще в 16 в.)

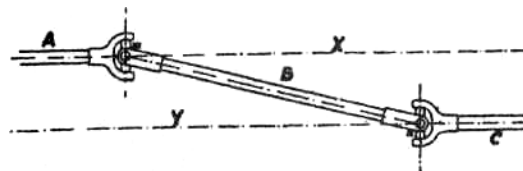


Рис. 5.8. Карданная передача: *A* – ведущий вал мотора с карданными сочленениями (шарнирами); *B* – карданный вал; *C* – вал дифференциала

Соединение задних колес с осью тоже представляет определенную трудность. При движении экипажа по неровной дороге или на поворотах его колеса проходят разные пути, т. е. вращаются с разной частотой. Для ведомых колес, не связанных жестко с осью, это требование выполняется автоматически. Но ведущие колеса нельзя свободно посадить на ось, поскольку через ось к ним передается вращение мотора. Однако и жестко их соединить нельзя, т. к. в процессе движения будет происходить проскальзывание одного колеса или пробуксовка другого, что резко ухудшает управляемость машиной – она не слушается руля и на большой скорости может не вписаться в поворот. Самыми замечательными можно считать два изобретения: в 1834 г. американский инженер *Робертс* изобрел дифференциал, а в 1843 г. *Хилль* придумал коробку передач.

Дифференциал служит для соединения задних колес, который и дает возможность ведущим колесам вращаться независимо, не теряя связи с мотором. Чтобы понять принцип действия дифференциала, мысленно разрежем заднюю ось на две полуоси. На внешние концы этих полуосей будут насажены колеса, а на внутренние – две конических шестерни, расположенные параллельно одна против другой. Эти шестерни соединены между собой двумя коническими шестернями-сателлитами и заключены внутри прочного кольца, которое служит корпусом всему механизму (рис. 5.9, *a*).

Движение от мотора *M* через сцепление *1*, передаточный вал *2* и коническую передачу *3, 4* передается на корпус дифференциала *5*, который прикручен болтами к шестерне *4* и вращается вместе с ней. Внутри корпуса установлены два конических зубчатых колеса-сателлита *б*, от которых приводятся в движение конические зубчатые

колеса 7, закрепленные на концах полуосей 8 и 9, связанных с задними колесами 10 и 11.

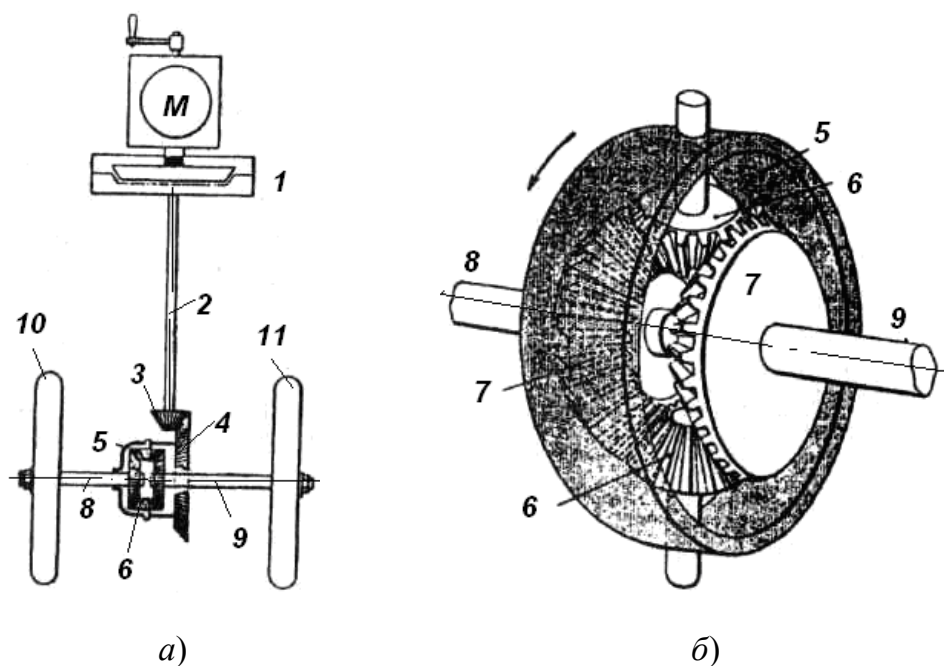


Рис. 5.9. Привод колес с дифференциалом:
а – схема привода; б – эскиз дифференциала

Когда автомобиль едет прямо, задние колеса вращаются с одной и той же скоростью, следовательно, сателлиты б испытывают одинаковое давление и потому остаются неподвижными. При этом вся коробка дифференциала может рассматриваться как монолитная система, действующая так, как будто полуоси 8 и 9 жестко связаны между собой. Но если автомобиль делает поворот, то колесо, обращенное внутрь, оказывает большее сопротивление движущей силе. В этом случае одна шестерня (например, правая) 7 начинает вращаться медленнее, чем другая (левая) шестерня 7, связанная с внешним колесом, вследствие этого сателлиты начинают вращаться вокруг своей оси и передают усилие с внутреннего колеса на внешнее. К примеру, если шестерня 4 (и связанная с ней коробка дифференциала) делает 100 об/мин, то колесо 11 начинает делать 80 об/мин, а колесо 10–120 об/мин.

Все описанные устройства имели уже первые автомобили (точно так же, как и многие другие атрибуты современных автомашин: систему подвески, рулевые тяги, тормоза, шарикоподшипники и т. д.). Так, например, подвески, рессоры, рулевое приспособление и тормоза достались автомобилю от карет и конных экипажей. Еще в 1640 г. англичанин *Блаунт* построил первый экипаж со стальными

С-образными рессорами, а в 1804 г. английский мастер *Эллот* изобрел так называемые эллиптические, или «лежачие», рессоры. В 1818 г. *Акерман* придумал устройство для управления экипажем (рис. 5.10). В конструкции Акермана передняя ось состояла из трех частей – средней, неподвижной 1, закрепленной с помощью рессор на раме или на корпусе экипажа, и двух крайних частей (цапф) 2 и 3, связанных со средней частью шарнирами А и Б. При повороте колеса вместе с цапфами, на которых они вращались, поворачивались вокруг вертикальной оси шарниров. Точно так же устроена передняя ось автомобиля.

Монолитные резиновые шины также впервые были установлены на каретах – их в 1847 г. изобрел англичанин *Хэнк*.

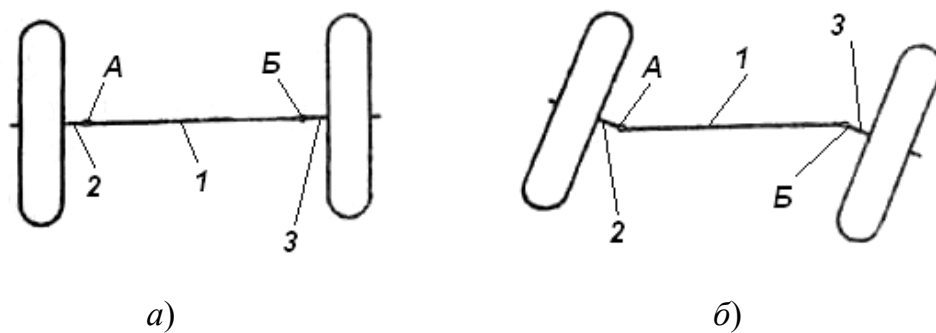


Рис. 5.10. Схема поворотного устройства

Первый автомобиль (от греч. autos – сам + лат. mobilis – подвижной), а точнее, паровую повозку, хранящуюся в Парижском музее искусств и ремесел, создал в 1769–1770 гг. французский изобретатель *Н. Кюньо*. Это была повозка с паровым двигателем для перевозки артиллерийских снарядов. После него над созданием автомобиля с паровым двигателем работали многие изобретатели.

В конце 1780-х гг. свою паровую повозку построил английский изобретатель *У. Мердок*, занимавшийся совершенствованием двигателя Уатта. «Паровую тележку» в 1815 г. создал чешский механик *И. Божек*, а десять лет спустя французский изобретатель *Пеке* построил грузовик с паровым двигателем и механизмом дифференциала. В то же самое время английский изобретатель *Джеймс* предложил конструкцию четырехколесного парового тягача со всеми ведущими колесами и передачами через карданные валы.

В 1830 г. в Англии и Франции появились первые колесные тракторы (от лат. traĥo – тащу) с паровым двигателем, а в 1837 г. *Д. А. Загряжским* в России был запатентован гусеничный ход, давший толчок к созданию гусеничных тракторов. В 1831 г. на линии Лондон–

Стратфорд было впервые организовано движение паровых омнибусов (дилижансов) в качестве общественного транспорта по обычным дорогам. Однако на обычном транспорте, в отличие от железнодорожного, паровой двигатель так и не прижился вследствие громоздкости и низкого КПД, а двигатель внутреннего сгорания (д. в. с.) находился еще в стадии разработки.

В 1860 г. французский изобретатель *Э. Ленуар* создал газовый двигатель, который был признан как первый практически пригодный д. в. с. Пару лет спустя его соотечественник *Д. Роша* выдвинул идею использования д. в. с. для безрельсового транспорта, которая была осуществлена несколькими годами позже.

Создание велосипеда. Принципиально новым видом транспорта, ориентированным на мускульную энергию человека и оказавшимся на редкость перспективным, стал велосипед (от лат. *velox* – быстрый + *pes* – нога).

Идея самоката, витавшая еще в глубокой древности, была реализована во времена Римской империи. Уже в те времена дети катались, стоя одной ногой на доске, под которой были установлены два колесика, одно из которых управлялось вертикальным рулем. Знаменитый художник *А. Дюрер* вычертил десяток вариантов повозок для императора Максимилиана.

Ближайшим прототипом велосипеда считается примитивный самокат конца 17 в., представлявший брус на двух колесах, переднем и заднем, нередко украшенный бутафорскими головами лошади или других животных. Сидя на бресе и отталкиваясь ногами, можно было, балансируя, ехать по инерции. Приняв такой селерифер (быстроход) за основу, немецкий изобретатель *К. Дрейзе* в 1817 г. убрал всякую бутафорию, снабдил его седлом и рулем для переднего колеса, назвав «дрезиной». Это название потом закрепилось за изобретенной Дрейзе железнодорожной тележкой с мускульным приводом.

Француз *Динер* в 1818 г. первый получил патент на «дрезину» в своей стране и назвал его велосипедом (фр. *velocipede*). Первыми его взяли на вооружение сельские почтальоны для доставки корреспонденции. Но близким к современному детскому велосипеду он стал после того, как немецкий изобретатель *Миниус* в 1845 г. приделал ему педали. Одновременно француз *Мишо* поставил тормоз и он же в 1868 г. первый организовал фабричное производство велосипедов.

Вначале велосипеды делались из дерева, металлическими были только шины и крепежные элементы, поэтому были тяжелыми как по

весу, так и на ходу и назывались в простонародье «костотрясами». Но они быстро совершенствовались: с 1867 г. появились металлические спицы, через год – рама, а еще через год – шарикоподшипники на колесах. В 1868 г. француз Тевенон изготовил шины из каучука, в 1890 г. английский ветеринар *Денлон* изобрел пневматические шины, в 1884 г. была введена цепная ускоряющая передача, а в 1897 г., он был снабжен обгонной муфтой (механизмом свободного хода). В 1896 г. в Англии из 30 тысяч патентов на изобретения 5 тысяч касались велосипеда, продолжают активно «изобретать велосипед» и в наше время.

Зарождение воздухоплавания. Началось освоение воздушного пространства. Французы, братья *Жозеф* и *Этьенн Монгольфье* в 1783 г. совершили первый длительный (на расстояние 8 км) полет на воздушном шаре-аэростате собственной конструкции. Именно водородные аэростаты стали в этот период основным видом летательных аппаратов, а их широкое распространение имело место благодаря достижениям химической технологии, позволившей производить в большом количестве водород.

Реализуется идея управляемых полетов и интенсивно разрабатывается идея полетов на аппаратах тяжелее воздуха. В 1852 г. француз *А. Жиффар* впервые совершил полет на аэростате с паровым двигателем, названном дирижаблем (от фр. *dirigeable* – управляемый). А в 1842 г. английский механик *У. Хенсон* подал заявку (и получил патент) на летательный аппарат для перевозки пассажиров и почты, представляющий моноплан с фюзеляжем, верхнерасположенным крылом и двумя толкающими винтами.

Получила практическое осуществление и выдвинутая еще Леонардо да Винчи идея полета и спуска с помощью парашюта (от фр. *parer* – предотвращать + *chute* – падение). В 1785 г. француз *Блانشар* первым изобрел парашют, а его соотечественник *Ж. Гарнерен* два года спустя совершил первый прыжок.

5.1.4. Совершенствование стрелкового оружия и артиллерии, проблемы обработки

Вплоть до 1820-х гг. в употреблении были в основном гладкоствольные ружья, пистолеты и другие виды ручного оружия, заряжавшиеся с дула. Процесс заряжания был сложным, медленным и ненадежным. Такое оружие было снабжено замком с кремневым курком, требовавшим замены после каждых трех десятков выстрелов.

Новым этапом совершенствования стрелкового оружия стало вытеснение гладкоствольного оружия нарезным, которое происходило на протяжении многих десятилетий. Первым нарезной штуцер изготовил француз *А. Дальвиль* в 1826 г., но его распространение сдерживалось заряданием с дула, поэтому гладкоствольное оружие преобладало до конца века. В 1827 г. немецкий изобретатель *И. Дрейзе* сконструировал «игольчатое ружье», в котором использовался ударно-капсюльный принцип зажигания пороха, как в современном оружии. Впоследствии он изобрел казенно-зарядную, нарезную винтовку с трубчатым затвором, которая была в 1867 г. принята на вооружение в России. В 1832 г. француз *Лефаше* ввел в употребление охотничьи ружья, заряжавшиеся с казенной части.

Параллельно с винтовкой совершенствовался и патрон. Применение унитарных патронов, которые содержали в себе в качестве единого целого все элементы выстрела, обеспечили игольчатому ружью высокую скорострельность и устранение опасности прорыва газов через щели в казенной части. Вначале использовалась бумажная гильза, а капсюль располагался в доньшке пули, поэтому для его поражения игла должна была прежде пронизать весь пороховой заряд. Этот недостаток удалось устранить в 1861 г. француз *Потте*, который изобрел первый центрально-воспламеняемый патрон. В 1849 г. француз *Л. Флобер* предложил латунную гильзу, которую в 1856 г. улучшил Берингер, а американец *Д. Вессон* наладил их машинное производство.

В 1849–1854 гг. *С. Кольт* совместно с *Э. Рутон* основали фабрику ручного автоматического оружия, работающую на принципах взаимозаменяемости и использования полуавтоматического оборудования. И заключительным аккордом на данном этапе было создание в 1860 г. американцем *К. Спенсером* магазинной многозарядной винтовки. Кстати, многозарядные револьверы с вращающимся барабаном на 5–6 патронов усовершенствованной конструкции *С. Кольта* появились намного раньше – в 1836 г. Дальнейшее совершенствование винтовок было связано с изменением конструкции затворов – появились системы *Х. Бердана*, *В.* и *П. Маузеров*, *Гра* и др.

С самого начала развития ручного огнестрельного оружия, с момента его отделения от артиллерии прослеживалась тенденция снижения калибра, которое обеспечивало существенное снижение веса оружия, отдачи при выстреле, затрат на боеприпасы и увеличение дальности стрельбы. Однако реализация этой тенденции была связана с уровнем развития техники и технологии глубокого сверления, со-

вершением конструкции ружейных сверл и станков для глубокого сверления.

В период наполеоновских войн и позже применялись гладкоствольные пушки, заряжавшиеся с дула сплошными или разрывными снарядами (ядрами). Материалом для стволов морской артиллерии служил чугун, полевой – бронза, а в качестве взрывчатого вещества применялся черный (дымный) порох. Подлинным переворотом в артиллерии явилась замена бронзовых и чугунных орудий стальными, что стало возможным по мере расширения производства стали, особенно после появления способа Бессемера.

Совершенствование конструкции артиллерийских систем было связано также с успехами машиностроения и металлообработки, в частности с развитием способов глубокого сверления стволов пушечными сверлами. Русский ученый-металлург *П. М. Обухов* в 1856 г. разработал способ получения высококачественной литой стали для артиллерийских стволов и наладил ее производство. Им же был построен пушечный завод, на котором в 1867 г. была создана знаменитая 9-дюймовая пушка системы *Маиевского*, положившая конец крупновской монополии. В 1850-е гг. появляется нарезная артиллерия.

Наиболее знаменательным в военном деле является создание с 1817 г. боевых ракет, начатое русским ученым-артиллеристом *А. Д. Засядко*, создавшим несколько их типов, разработавшим тактику применения и организовавшим их производство. В артиллерии английский генерал *Х. Шрапнел* (1803) ввел новый вид разрывных снарядов, начавших применяться еще со второй половины 16 в. «Шрапнельный» снаряд, начиненный картечью, взрывался в заданной точке траектории и отличался большим поражающим действием. В 1820 г. француз *Пексан* изобрел взрывную бомбу, прототип современной гранаты.

Одновременно с совершенствованием огнестрельного оружия разрабатываются и вводятся новые взрывчатые вещества. Возможности этого обеспечивались быстрым развитием химической промышленности.

В 1830 г. был изобретен огнепроводный (бикфордов) шнур, в 1845–1846 гг. был получен пироксилин, являющийся основным компонентом бездымного пироксилинового пороха; а через год итальянский химик *А. Собrero* изобрел нитроглицерин, применяющийся для изготовления нитроглицериновых взрывчатых веществ, бездымных порохов и в медицине. Но, бесспорно, наиболее важным было изобретение в 1863 г. шведским изобретателем и промышленником, учредителем Нобелевской премии *А. Нобелем* динамита, получившего на не-

го патент в 1867 г. Им же были изобретены в качестве взрывчатого вещества глицерин (1862), ртутный капсюль-детонатор (1867), а позднее (1890) и взрывчатая желатина, ставшая основным компонентом желатиновых динамитов.

5.1.5. Механизация основных технологических процессов

Совершенствование конструкций замков. Коллекция старинных замков, выдержанная в хронологическом порядке, подтверждает известное высказывание: «Новое – это хорошо забытое старое». В начале 18 в. в Европе на дверях домов стали появляться французские замки (рис. 5.11). Их принципиальная конструкция, в которой пружинное устройство блокировало плоский засов, удивительно напоминала римские замки. Через много столетий возродилось древнее устройство, но уже в новом виде. Французский замок стал первой конструкцией, которая выдержала испытание фабричным, т. е. серийным производством. До тех пор замки производились кустарно. Ни один секрет не повторялся дважды – каждый замок был уникальным, единственным в своем роде произведением. Во французском замке секретность достигалась простыми в изготовлении блокирующими механизмами – сувальдами, которые одновременно и независимо друг от друга ввели в конструкцию англичанин Чубб и итальянец Тосси. В середине 19 в. в Англии ежедневно производили тысячу таких замков.

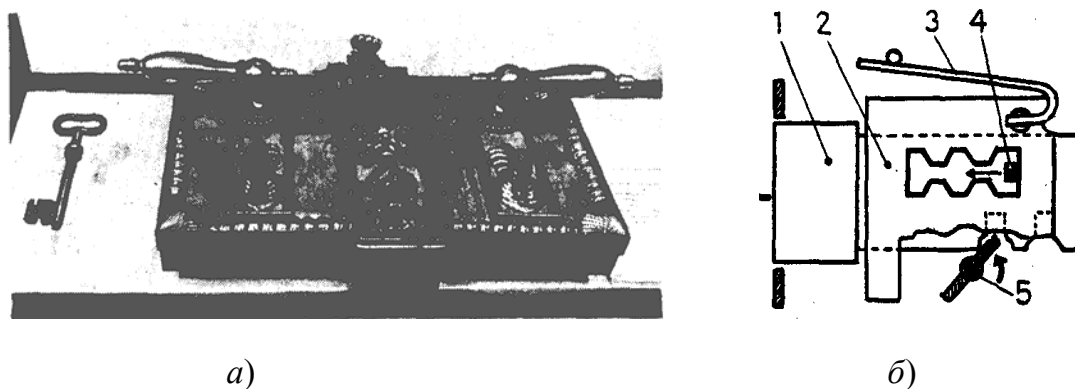


Рис. 5.11. Французский замок: а – общий вид; б – структурная схема: 1 – засов; 2 – сувальда; 3 – пружина; 4 – упорный штифт; 5 – ключ

Современный французский замок, почти не изменившийся за столетие, иначе называется сувальдным. Как устроен такой замок? Сувальда – это плоская металлическая пластинка с вырезом сложной формы посередине. Отпирается такой замок следующим образом:

ключ входит в скважину, главной бородкой цепляется за ригель (засов) и начинает двигать его. Остальные выступы и впадины на бородке ключа отжимают каждую из сувальд на определенную глубину. Внутренние вырезы сувальд образуют при этом лабиринт своеобразной формы. По нему-то и должен пройти солдатик – штифт, укрепленный на движущемся ригеле. Секрет замка состоит в том, что бородка ключей, вырезы в сувальдах и траектория движения солдатика точно подобраны друг к другу. Отпереть и запереть дверь можно только своим ключом.

Сувальды выполняют ту же роль, что и барьеры в средневековых замках. В замке бывает от пяти до десяти сувальд. Комбинациями сувальд можно достичь огромного разнообразия – до пяти тысяч секретов в серии замков. Почти каждый из нас носит с собой ключ от английского замка. Рисунок у него нарезан не на выступающей бородке, как у французского ключа, а на самом плоском стержне.

В корпус английского замка вставлен цилиндр. Внутри цилиндра – ряд штифтов, закрепленных на пружинках. Прочные латунные штифты, или, как их называют по аналогии с французским замком, сувальды, не дают цилиндру вращаться, прикрепляя его к корпусу. Когда в замок вставляется ключ, каждый штифт попадает в свою бороздку, отжимая пружину. Длина штифтов рассчитана так, что поверхность соприкосновения цилиндра с корпусом оказывается при этом свободной. Цилиндр вращается и отодвигает засов. Кстати, английским этот замок можно назвать только условно. Во-первых, замок с блокировочным устройством из клиньев был известен еще в Древнем Египте. (На глиняном сосуде, найденном при раскопках, изображены Озирис и Изида, которые держат в руках замок такой конструкции.) Во-вторых, своим вторым рождением он обязан американцу *Лайнусу Йейлу*, который в 1847 г. запатентовал конструкцию замка цилиндрической формы (рис. 5.12).



Рис. 5.12. Схема английского замка. Конструктор Л. Йейл

Современный английский замок действует по тому же принципу, что и предложенный Л. Йейлом.

Разработка механических прядильных и ткацких станков.

С создания и распространения новых рабочих машин в текстильном производстве начался в 1760-х гг. первый этап промышленной революции.

К этому времени в английском текстильном производстве возникла резкая диспропорция между ткачеством и прядением, которую заложило изобретение в 1733 г. английским механиком *Д. Коем* «самолетного» челнока. Резкий подъем производительности ткачества вызвал отставание прядильного производства, проблемы которого не смогла решить прядильная машина *Д. Уаетта*.

В 1765 г. рабочий-механик *Д. Харгривс* из Ланкашира изготовил «самопрялку», которую он назвал именем своей дочери «Дженни» и запатентовал пять лет спустя. Вся сущность изобретения состояла в том, что вращающееся веретено устанавливалось на каретке, совершающей возвратно-поступательные движения. Отдаляясь от пучка пряжи, веретено вытягивало нить, приближаясь – скручивало и наматывало. Таким образом, удалось механизировать основные операции вытягивания и скручивания нити.

Поскольку на каретку можно было поставить сразу несколько веретен, сначала их было 8, а затем количество веретен довели до 18, производительность труда резко возросла. Благодаря простоте конструкции, дешевизне изготовления и применению ручного двигателя «Дженни» получила широкое распространение, и уже в 1788 г. в Англии количество таких машин составляло 20 тысяч.

В 1769 г. английский предприниматель *Р. Аркрайт*, используя принцип машины Уаетта и изобретения механика-часовщика *Т. Хайса*, запатентовал свою машину, рассчитанную на использование гидроколеса, потому она и называлась «ватерной» (от англ. water – вода). Машина Аркрайта была предназначена для применения в крупном производстве при выработке грубой и крепкой пряжи. Такое крупное производство в виде первой фабрики (прядильни) и было им организовано в 1771 г. в Кромфорде.

Машины Уаетта, Харгривса и Аркрайта завоевали мировую славу, но мало кому было известно, что в 1760 г. русский механик *Р. Глинков* построил 30-веретенную «самопрялочную машину» с приводом от гидроколеса, в которой были полностью механизированы операции прядения и перемотки льняной пряжи.

В дальнейшем прядильные машины продолжали совершенствоваться в направлении их механизации и повышения производительности. В 1779 г. английский изобретатель *С. Кромптон* сконструировал свою прядильную «мюль-машину», которая в дальнейшем была улучшена Келли и стала пригодной для выработки тонкой и прочной пряжи. Дальнейшее совершенствование мюль-машин шло за счет увеличения количества веретен, число которых к 1800 г. было доведено до 400. Позднее, в 1825–1830 гг., англичанин *Р. Робертс* изобрел сельфактор-автомат «мюль-машину», а в 1834 г. его соотечественник *Джеймс Смит* внес существенные изменения в автоматизацию прядильных машин. В 1810 г. француз *Жирар* создал машину для механического прядения льна. В результате была полностью решена проблема производства пряжи.

Появилась острая нужда в высокопроизводительном ткацком станке и в 1785 г. английский изобретатель *Э. Картрайт* создал механический ткацкий станок с ножным приводом. В 1801 г. французский изобретатель *Ж. Жаккар* в ткацком станке собственной конструкции («машине Жаккара») использовал механизм с перфокартами для настройки на различные узоры на тканях при производстве ковров, скатертей, декора и т. п. В 1804 г. станок Жаккара демонстрировался на промышленной выставке в Париже.

Совершенствовались также машины для производства трикотажа и очистки сырья. В 1769 г. в Англии была создана первая механическая трикотажная машина для вязания трикотажного полотна и штучных изделий. В 1793 г. американец *Э. Уитни* изобрел хлопкоочистительную машину.

В 1785 г. французский химик *К. А. Бертолле* предложил способ отбеливания тканей хлором, а в 1798 г. англичанин *С. Теннант* разработал способ приготовления белильной извести для крашения тканей.

Механизация сельскохозяйственного производства. Механизация в сельском хозяйстве проходила значительно медленнее, чем в промышленности и на транспорте, и вначале затрагивала лишь наиболее трудоемкие работы. Прежде всего усовершенствовались рабочие машины (плуги, культиваторы, сеялки, жатки и сноповязалки и др.), которые применялись не на всех операциях и были рассчитаны в основном на конную тягу.

Совершенствованию подверглись прежде всего металлические плуги, пришедшие на смену деревянным сохам. В 1802 г. англичанин *Р. Рансор* сделал цельный плуг из чугуна, а в 1819 г. американский

фермер *П. Вуд* сконструировал чугунный плуг разборного типа. В 1833 г. шотландский кузнец *Д. Дир* создал цельнометаллический плуг с лемехом и отвалом, заменивший конный деревянный однолемешный плуг, изобретенный в Голландии в конце 17 в. В 1850-х гг. русский инженер *Э. П. Шуман* сделал так называемый южно-российский цельнометаллический плуг с широким полувинтовым отвалом.

Для механизации посевных работ стали применять сеялки, одна из первых была создана англичанином *Куком* в 1785 г. Еще большую проблему представляла механизация уборочных работ. Первая жатвенная машина, работающая по принципу ножниц, была построена англичанином *Г. Оглем* в 1822 г., а в 1826 г. появилась «жнея» шотландца *Белля*.

Первую практически пригодную молотилку, рабочим органом которой являлся барабан с билами, построили в 1785 г. в Шотландии. В 1840 г. *Тернер* в США предложил вместо выбивания современный принцип вычесывания зерна, который и получил преимущественное распространение. А русский изобретатель *А. Р. Власенко* создал свою жнею-молотилку на конной тяге, которая являлась первым комбайном (анг. combine – соединение) – агрегатом или совокупностью нескольких машин для выполнения нескольких производственных операций. В 1850 г. в США был выдан патент на первую хлопкоуборочную машину.

С 1830-х гг. начался перевод сельскохозяйственных машин с конной на механическую тягу. С начала указанного десятилетия в Англии и Франции появились первые паровые колесные тракторы, а в 1832 г. англичанин *Дж. Хиткоут* получил патент на плуг, который перемещался с помощью троса, наматываемого на ворот стационарной паровой машины. Аналогичные «паровые плуги», перемещаемые с помощью троса от локомотива, в середине 19 в. предлагали и другие изобретатели, но они не нашли широкого распространения для вспашки. Еще менее перспективным оказалось применение паровых тягачей (тракторов) из-за их большого веса и плохой проходимости.

Более перспективным оказался локомотив в качестве привода стационарных сельскохозяйственных машин: молотилок, веялок и др. С середины 19 в. в связи с увеличением запасов зерна для хранения потребовалось строительство специальных хранилищ – элеваторов (от лат. elevator – поднимающий). Один из первых элеваторов был построен в США в 1846 г.

Зарождение и развитие химической промышленности. Среди новых отраслей производства, достигших наибольших успехов в эпо-

ху промышленного переворота, следует прежде всего назвать химическую промышленность.

Значительные успехи химической технологии были непосредственно связаны с достижениями химической науки. В первую очередь получили развитие отрасли химической промышленности для производства кислоты, соды, хлора и других химических веществ, которые необходимы для получения удобрений, красителей, фармацевтических препаратов, взрывчатых веществ и др.

Наибольший вклад в химическую науку и развитие химической промышленности, безусловно, внес выдающийся русский ученый *Д. И. Менделеев*, открывший в 1869 г. свой периодический закон химических элементов, являющийся основополагающим законом естествознания. Он непосредственно разработал основы теории растворов, изобрел один из видов бездымного пороха и предложил крекинг-процесс – промышленный способ фракционного разделения нефти. Как выдающийся научный и общественный деятель он активно пропагандировал применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве и орошение засушливых земель.

В 1780–1790 гг. *Н. Леблан* основал заводское производство соды из поваренной соли, которые непрерывно совершенствовались, пока в 1860-е гг. ему на смену не пришел более производительный аммиачный способ бельгийского изобретателя *Э. Сольве*. Совершенствовалась также технология производства серной кислоты, в которой в качестве исходного сырья вместо серы стали использовать колчеданные (пиритные) огарки.

Получила развитие и технология производства соляной и азотной кислот. Соляная кислота, которая вначале являлась отходом при выработке соды, стала важнейшим компонентом при производстве хлора и хлорной извести.

В 1842 г. выдающийся русский химик *Н. Н. Зелинский* получил синтетическим путем красящее вещество анилин из нитробензола, добываемого из каменноугольного дегтя. В 1850-е гг. англичанином *У. Перкином* был открыт мовеин, немецким химиком *А. Гофманом* – розанилин, поляком *Натансоном* и французом *Бергенем* – фуксин. В результате были заложены основы анилокрасочной промышленности, получившей наибольшее развитие в Германии.

Основы целлюлозно-бумажной промышленности заложил английский химик *Ф. Хаутон*, разработавший в 1857 г. химический способ получения целлюлозы путем обработки древесной массы горячим

раствором каустической соды. Немного позже, в 1869 г., *Д. Хайет* в США получил на основе нитрата целлюлозы и пластификатора самый первый вид пластмассы – целлулоид, который из-за горючести позднее был вытеснен другими, несгораемыми видами пластмасс.

К рассматриваемому периоду относится также зарождение прикладной электрохимии, основы которой заложил русский ученый *Б. С. Якоби*. В 1840 г. вышла его знаменитая книга «Гальванопластика, или способ по данным образцам производить медные изделия из медных растворов с помощью гальванизма». В 1864 г. на Международной выставке в Париже демонстрировались его достижения, принесшие ему всеобщее признание и заслуженную славу.

В гальванотехнической мастерской, организованной *Якоби*, было изготовлено много замечательных произведений искусства, таких, как статуи и барельефы *Исаакиевского* и *Петропавловского соборов*, *Эрмитажа* и *Зимнего дворца*, *Большого театра* в Москве и др.

Развитие строительства. Рост городов и концентрации населения потребовал коренного изменения в качестве и технологии его обслуживания в соответствии с резко возросшими бытовыми запросами человека. Возросли требования к технике сооружения жилых, производственных и торговых зданий и иных сооружений, к санитарной технике, технике отопления, освещения и прочим видам благоустройства.

В эпоху промышленной революции объем строительства по сравнению с мануфактурным периодом вырос в десятки раз, резко увеличилось производство строительных материалов. Значительно возросшее производство кирпича потребовало совершенствования машин по его формовке и печей для обжига, начали создаваться мощные кирпичные заводы.

В 1824 г. английский каменщик *Д. Аспдин* изобрел романский (от лат. *romanus* – римский), а через несколько лет – портландский (по названию полуострова *Портленд* в Англии) цемент. Портландцемент, систематическое применение которого началось с середины 19 в., и по сей день является основным видом цемента, отличающимся способностью к быстрому схватыванию и просыханию.

С 1830-х гг. началось использование металлов в качестве строительных материалов, вначале при возведении промышленных и торговых зданий, а потом и жилых. Приверженцем применения металлических конструкций в сочетании со стеклом и бетоном был английский инженер *У. Ферберн*. В 1840-х гг. такие здания начали сооружаться в России, а в 1851 г. в Лондоне был построен Хрусталь-

ный дворец, ставший образцом сооружений нового типа. Но преобладающими стали сталь и бетон при переходе на многоэтажное строительство, при возведении «небоскребов» в последующие периоды.

Тормозом к повышению этажности строительства был недостаток в подъемных кранах для высотного строительства, а также несовершенство лифтов. Гидравлические лифты были тихоходными, а паровые к середине 19 в. еще не получили широкого распространения. Поэтому жилые дома обычно строились не выше 4–5 этажей.

В больших городах началось устройство централизованных систем водоснабжения и канализации. В Москве в 1805 г. была пущена в эксплуатацию Мытищинская система водоснабжения. Были созданы системы канализации в Гамбурге – в 1842 г., в Лондоне – в 1853 г., в Париже – в 1856 г., затем в Брюсселе, Берлине и других городах.

Совершенствование способов освещения. Освещение жилищ и мест общественного пользования в рассматриваемый период отличалось большим разнообразием и определялось уровнем достатка.

Многие деревенские избы по-прежнему освещались лучиной из смолистой древесины, вставленной в светец – деревянную или металлическую стойку, под которой устанавливалось корытце с водой или песком. Широко использовались также каганцы – глиняные плошки с фитилем, заполненные жиром в качестве горючего. В зажиточных домах использовались дорогие тогда восковые свечи, устанавливаемые в подсвечниках на одну свечу – шандалах и на несколько – канделябрах и люстрах. Их ценность, художественные достоинства, а также число зажженных свечей определялось уровнем достатка хозяев. В затрапезных помещениях и дворницких жгли сальные свечи в дешевых подсвечниках и фонарях.

Восковые свечи («церей») и сальные («фебацей») были известны еще в Византии. Производством свечей вначале занимались мыловары и пекари, первые получали жир или воск, вторые – делали из них свечи. В начале 19 в. после многочисленных опытов по расщеплению жиров французскими химиками был получен стеарин (греч. *stear* – жир, сало). А вскоре (с 1817 г.) появились лучше и дольше горевшие, более прочные и дешевые стеариновые свечи, фабричное производство которых было налажено в 1830-е гг. во Франции Милли и Мотаром. Позже, в 1837 г., появились также парафиновые свечи. Наряду со свечами широко использовались масляные лампы, горючим для которых служили дешевые сорта растительных масел: оливковое («деревянное»), сурепковое, маковое и т. п. Усовершенствованием ламп занимался еще Леонардо да Винчи, который предложил «лампу с дымовой трубой»,

улучшавшей тягу и, соответственно, процессы горения и свечения. А для получения ровного и мягкого света к ламповому стеклу сверху он приставлял стеклянный шар, заполненный водой.

Совершенствованием масляных ламп занимался уже упоминавшийся ранее Д. Кардано. Но важнейшие улучшения внес швейцарский изобретатель *А. Арган*, воплотивший в жизнь идею да Винчи с ламповым стеклом и применивший в горелке круглый плетеный, а не крученный, как раньше, фитиль. Его светильники в 1785 г. были установлены в Гранд-опера в Париже и поразили публику ярким свечением. Но наибольший успех выпал на долю француза *Кенкэ*, который, по предложению *Л. Пру*, отделил горелку от резервуара с маслом и соединил их резиновой трубкой, позволяющей изменением положения горелки по высоте регулировать ее пламя. Он же и наладил производство своих светильников, которые под названием «кенкет» были хорошо известны в России.

В 1840-х гг. английские исследователи, занимавшиеся разложением нефти и сухой перегонкой каменного угля, получили новый вид горючего, которое *Э. Геснером* было названо керосином (англ. kerosene от греч. kerosе – воск). Раньше греки называли нефть «воском земли». По другой версии, изобретателем керосина и керосиновой лампы (1853) является польский аптекарь *И. Лукасевич*, двумя годами позже которого подобный осветительный прибор создал Б. Силеман.

Промышленное производство керосина началось в США и Канаде в 1850-е гг. и там же стали изготавливать дешевые и удобные керосиновые лампы со стеклами («пузырями»). Керосиновые лампы, которыми пользуются и в настоящее время там, где отсутствует электричество, различаются шириной фитиля, которая измеряется в «линиях». Наиболее распространены 6–10-линейные лампы, но есть и с большей шириной фитиля (до 30-ти линий). Такие лампы с несколькими широкими фитилями, называемые керосинками, также используются и сейчас в качестве бытовых приборов.

Уличное освещение зародилось еще в Древней Греции, но было большой редкостью не только в средние века, но и в начале рассматриваемого периода. Первые уличные фонари зажглись на улицах Парижа в 1558 г., а в Санкт-Петербурге у Зимнего дворца и Адмиралтейства – в 1723 г. Но с самого начала несовершенство свечного и керосинового освещения заставляло искать новые источники света.

В 1783–1789 гг. голландский аптекарь *Я. Минкеларе* провел первые опыты по использованию для освещения светильного газа, добываемого из угля или дерева. Первым применил газовое освещение

в 1792 г. У. Мердок, сотрудник Д. Уатта, а шестью годами позже его изобретение было реализовано в мастерских Уатта. В 1806 г. английский предприниматель *Ф. Уинзор* с компаньонами создали национальную компанию газового освещения и отопления и с 1808 г. приступили к устройству уличного освещения Лондона. Вырабатываемый светильный газ по трубам стал направляться в специальные хранилища (газгольдеры), а оттуда через регулятор давления – в городскую сеть к рожкам и горелкам.

В 1805 г. рабочий *Stone* изобрел «мотыльковую» горелку для сжигания газа, которая в 1820 г. была усовершенствована англичанином *Д. Нильсоном*. С этого времени и вплоть до 1870-х гг. газовая горелка стала основным видом освещения улиц, площадей и квартир европейских городов до прихода электричества. В 1814 г. газовые фонари зажглись на улицах Лондона, в 1825 г. – в Петербурге перед зданием генерального штаба. В 1836 г. был открыт ацетилен, но газ был еще дорог и не мог полностью вытеснить свечи, масляные и керосиновые лампы.

Принципиально новым решением проблемы освещения стало применение электричества, приоритет которого, бесспорно, принадлежит русскому ученому-электротехнику *В. В. Петрову*, обнаружившему в 1802 г. явление электрической дуги при помощи созданной им мощнейшей гальванической батареи. Сущность этого явления состояла в том, что между двумя угольными электродами при их сближении возникает высокотемпературное пламя, названное им электрической дугой. Английский физик *Гэмфри Дэви*, наблюдавший электрическую дугу в 1808–1809 гг., назвал ее вольтовой, в честь итальянского ученого Вольты.

В. В. Петров также обнаружил, что древесный уголь, помещенный в безвоздушное пространство, при прохождении электрического тока раскаляется и начинает ярко светиться. Эти открытия положили начало многочисленным опытам, проводившимся как в России, так и в Англии и во Франции по устройству и совершенствованию дуговых ламп и фонарей, которые для нормальной работы требовали постоянного регулирования зазора между электродами. Это устройство было изобретено в 1878 г. чешским инженером *Франтишеком Критиком*. Проводились также опыты по созданию ламп накаливания и замене в них ненадежного угольного стержня платиновой нитью. Первым предложил эту идею в 1820 г. англичанин *У. Деларю*, а первая лампа с платиновой нитью была создана в 1860-х гг. *В. Г. Сергеевым*. Однако ни

одна из предложенных ламп не нашла широкого и систематического применения в рассматриваемый период. И дело было не только в несовершенстве самого осветительного устройства, а в отсутствии надежных источников тока и средств его передачи, недостаточном уровне развития электротехники. Изобретения А. Н. Лодыгина и Томаса Эдисона появились в следующем периоде.

Требовала своего разрешения не только проблема освещения, но и проблема «добывания огня», зародившаяся с момента его овладения человеком еще в глубокой древности. На протяжении многих веков основным средством добывания огня было высекание искр путем удара огнива (кресала) в виде закаленной стальной пластинки о кремь и поджигание трута. Трутом назывался фитиль или высушенный гриб-трутник, зажигающийся от искры при высекании огня. Этот принцип, как известно, был заложен в основе ружейного кремневого замка и современной зажигалки. Потом в России появились серные спички (серянки), которые зажигались с помощью тлеющего угля или трута.

В 1825 г. в Англии *Д. Купер* начал производство «каменных спичек» с головками из примесей серы и белого фосфора, которые зажигались от трения («чирканья») о твердую поверхность. Два года спустя его соотечественник, аптекарь *Д. Валкер* предложил изготавливать головки из смеси сернистой сурьмы с хлористым натрием. В 1833 г. немецкий предприниматель *И. Камерер* начал изготовление спичек с головками из желтого фосфора, которые, как и предыдущие, были вредными и небезопасными. Тем не менее в Англии в 1840-х гг. производство фосфорных спичек получило широкое распространение.

И лишь в 1845–1850 гг. братья *Лундстрем* в Швеции наладили производство близких к современным, безопасных спичек, названных «шведскими». Их головки выполняются из безвредного и безопасного состава, включающего серу, бертолетову соль, клей, а покрытие на коробке – красный фосфор, сульфид сурьмы, песок, клей – также полностью безвредно.

5.1.6. Совершенствование горного дела и материалобработки

Механизация горных работ. Машинизация труда на новой технологической основе захватила и горнодобывающую промышленность. На базе механизации горных работ более успешно стали решаться проблемы безопасности и улучшения условий труда горняков. Было изобретено несколько видов машин для проходки глубоких скважин, созданы установки для канатного бурения.

В середине 19 в. в шахтах и на рудниках появились первые перфораторы для бурения шпуров. Первый американский паровой перфоратор, изобретенный инженером *Коучем* в 1849 г., оказался чрезвычайно тяжелым и неудобным в работе, поэтому традиционный пар стали заменять сжатым воздухом.

В 1857 г. французским инженером *Соммелье* был изобретен первый пневматический перфоратор ударного действия – бурильный молоток. С 1814 г. начинается применение «мокрого» бурения шпуров и скважин. Подача воды под давлением не только повысила производительность бурения и улучшила отвод породы из шпура, но и существенно уменьшила запыленность забоев и улучшила условия труда горняков.

Еще в конце 18 в. начались работы по созданию врубовых машин, призванных облегчить тяжелый труд шахтеров. Так, в 1761 г. англичанин *М. Мензис* создал машину для подрубки угля. В следующем столетии уже существовало несколько систем врубовых машин. Так, в 50-е гг. в Англии была создана первая штанговая врубовая машина, в 1859 г. горный инженер *Г. Д. Романовский* в России предложил паровую машину для бурения, получившую широкое распространение и особенно эффективную для роторного способа. С 1870-х гг. для привода врубовых машин также стал применяться сжатый воздух.

Совершенствовались методы разработки грунта и разрабатывались новые способы добычи полезных ископаемых. В 1814 г. русский механик *Л. И. Брусницын* изобрел машину для промывки золотосодержащих песков, а на Урале вскоре заработал прииск с использованием таких машин. Позднее (в 1840 г.) свою машину, получившую широкое распространение на приисках Алтая, предложил известный металлург *П. Аносов*.

В 1839 г. французский инженер *Триже* впервые предложил кессонный (от фр. *kaisson* – ящик) метод проходки шахтных стволов. В 1864 г. другой французский инженер, *Кувре*, построил первый многоковшовый экскаватор (от лат. *excavo* – долблю) на железнодорожном ходу, который использовался при проходке Суэцкого канала.

В 20-е гг. 19 в. начинается широкое применение паровых машин в рудничных подъемниках. В 1827 г. впервые на руднике «Каролина» в Рурском бассейне начали применяться проволочные канаты, изобретенные немецким инженером *В. Альбертом*. Механизируются не только основные (проходческие), но и вспомогательные работы в горном производстве. В 1832 г. русским изобретателем *А. А. Саблуко-*

вым был изобретен центробежный вентилятор, впервые примененный в 1835 г. на Алтае, на Чигирском руднике. В этом же году он изобрел и центробежный водяной насос.

Для добычи нефти вместо желонки инженером *Иваницким*, тоже в России, был применен глубинный поршневой насос, который в зависимости от производительности приводился в действие вручную, конной тягой или паровой машиной.

Несмотря на большой поток изобретений к концу 19 в. механизация подземных работ оставалась чрезвычайно низкой. Это объяснялось дешевизной ручного труда, невысокими темпами развития горной промышленности, косностью и боязнью новизны. Аналогичное отношение к машинам наблюдалось и во многих других отраслях.

Совершенствование способов переработки чугуна. В истории металлургии железа было три революционных переворота, оказавших глубочайшее влияние на весь ход человеческой истории: первый имел место еще в глубокой древности, когда появились сыродутные горны; второй произошел в средние века, после открытия переделочного процесса; третий пришелся на вторую половину 19 в. и был связан с началом производства литой стали. Сталь во все времена оставалась самым необходимым и желанным продуктом металлургии железа, потому что только она обладала той твердостью и прочностью, какие требовались для изготовления инструментов, оружия и деталей машин. Но прежде чем превратиться в стальное изделие, металл должен был подвергнуться целому ряду трудоемких операций. Сначала из руды выплавляли чугун. Уже известный доменный процесс получил дальнейшее развитие, и в первую очередь за счет перевода доменных печей на минеральное топливо (кокс), увеличения их размеров и совершенствования конструкции. К концу 18 в. подавляющая часть чугуна уже выплавлялась на коксе, была усовершенствована система загрузки домен, стали применяться системы водяного охлаждения сводов печей. В 1850 г. англичанин Парри изобрел загрузочное устройство для доменной печи. Огромное значение имело введение цилиндрических воздуходувок, приводимых в движение паровыми машинами. Впервые такая воздуходувка была предложена в 1769 г. английским изобретателем *Д. Омом* и установлена в 1776 г. на заводе Вилкинсона.

Получила свое успешное разрешение проблема горячего дутья и связанная с ней возможность использования колошниковых газов, образующихся в доменной печи, которые раньше уходили в атмосферу. Первое исследование по вопросу использования доменных газов опубликовал в 1814 г. французский исследователь *П. Бертье*.

В 1828 г. *Д. Нилсону* был выдан патент на первый доменный воздушнонагреватель. В 1857 г. англичанин *Э. Каупер* изобрел способ подогрева воздуха отходящими газами доменной печи в устройствах, названных его именем, – кауперах. С этого времени кауперы стали постоянными спутниками доменных печей.

Потом чугуны восстанавливали в мягкое железо. Наконец путем длительной проковки железной крицы получали из нее необходимую стальную деталь (или только заготовку к ней, которую затем подвергали окончательной отделке на металлорежущих станках). Производство мягкого железа, и в особенностиковка, долгое время оставались самыми узкими местами в процессе обработки железа. На них уходило больше всего сил и времени, а результаты далеко не всегда оказывались удовлетворительными. Особенно остро эта проблема стала ощущаться в 19 в., когда резко возрос спрос на дешевую сталь.

До конца 18 в. передел чугуна в мягкое ковкое железо происходил только в кричных горнах. Этот способ, однако, был неудобен во многих отношениях. Получавшийся в ходе него металл был неоднородным – местами приближался по своим качествам к ковкому железу, местами – к стали. Кроме того, работа требовала больших затрат времени и физических сил. Так как топливо (уголь) находилось в непосредственном соприкосновении с железом, к нему предъявлялись очень высокие требования, ведь любые примеси влияли на качество конечного продукта. Расход угля был очень велик (в среднем, на восстановление 1 кг железа уходило до 4 кг угля). В самых крупных горнах можно было за 24 часа получить не более 400 кг железа.

Между тем рынок требовал все больше железа и стали. Для удовлетворения этих запросов необходимо было найти более совершенный способ переделки чугуна.

Только в 1766 г. англичане братья *Кранеджи* переконструировали кричной горн в газопламенную печь, а их соотечественник мастер *П. Онъен* предложил в 1783 г. способ передела чугуна в железо, напоминающий пудлингование.

Год спустя, в 1784 г., другой английский металлург, *Г. Корт*, запатентовал пудлинговую печь, на поду которой осуществлялось пудлингование (от англ. puddle – перемешивать), которое окончательно вытеснило «кричной передел». Пудлингование – это передел чугуна в железо в пламени пудлинговой печи, в которой топливо сгорает в топке, отделенной от загруженного в нее чугуна порогом и потому с ним не соприкасается (рис. 5.13).

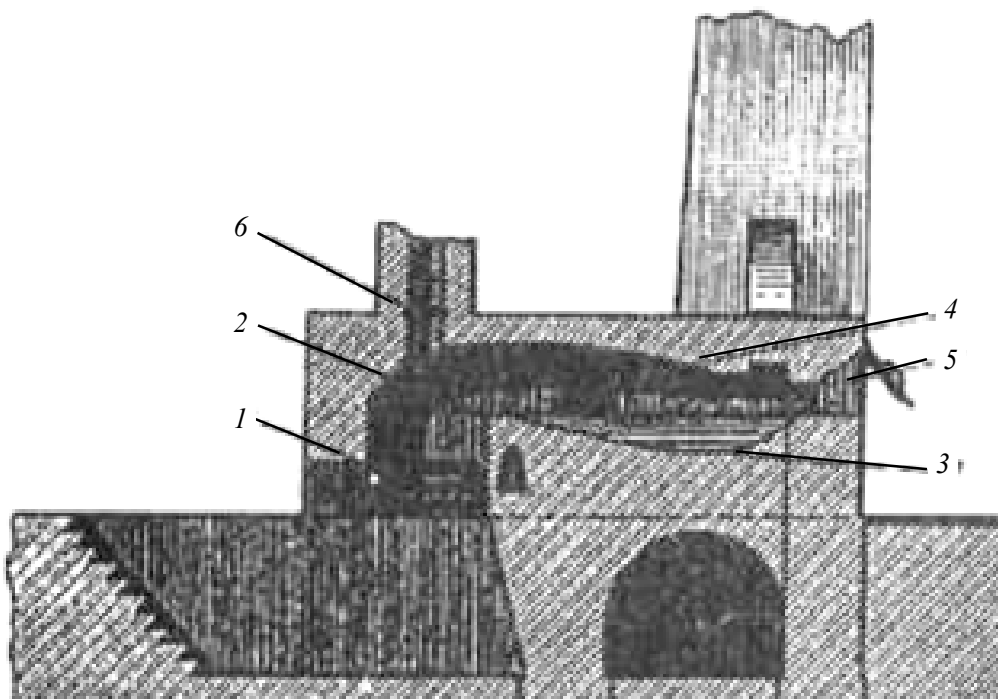


Рис. 5.13. Пудлинговая печь конца 19 в.: 1 – топка; 2 – пламенный порог; 3 – под печи; 4 – рабочее пространство печи; 5, 6 – трубы

Принципиальное устройство пудлинговой печи состояло в следующем. В топке сжигали топливо. Продукты горения через пламенный порог попадали в рабочее пространство печи, где на поду находился загруженный чугуны с железистыми шлаками.

Шлаки под действием пламени переходили в тестообразное состояние и частично расплавлились. С повышением температуры чугун начинал плавиться и примеси его выгорали за счет кислорода, заключенного в шлаках. Таким образом чугун обезуглероживался, т. е. превращался в крицу губчатого железа. Отличие пудлинговой печи от кричного горна заключалось в том, что она допускала возможность использовать в качестве горючего любое топливо, в том числе и дешевый неочищенный каменный уголь, а объем ее был значительно больше. Благодаря пудлинговым печам железо стало дешевле. Вместе с тем в отличие от кричных горнов печь Корта не требовала принудительного вдувания. Доступ воздуха и хорошая тяга достигались благодаря высокой трубе. Это была одна из причин, почему пудлинговые печи получили широкое распространение во всем мире. Однако существенным недостатком этих печей было то, что воздух обдувал только верхнюю часть чугуна. Для того чтобы восстановление железа шло равномерно и по всему объему, приходилось периодически открывать печь и перемешивать чугун. Это был тяжелый ручной труд. Кроме то-

го, поскольку силы и возможности рабочего были ограничены, печь не могла быть слишком большой. (Чтобы допустить помешивание, Корт предусмотрел две трубы, из которых одна находилась под топкой, а вторая – в конце печи. Ее открывали в тот момент, когда требовалось снизить температуру.)

Уже к середине 19 в. пудлинговые печи перестали удовлетворять новым потребностям промышленности. Чтобы поспевать за спросом, приходилось строить на каждую большую домну несколько печей (в среднем одну домну обслуживало десять пудлинговых печей). Это удорожало и усложняло производство. Многие изобретатели думали над тем, как заменить пудлингование более совершенным способом восстановления железа. Раньше других эту задачу удалось разрешить английскому инженеру *Бессемеру*. К занятиям металлургией Бессемер пришел после многих лет работы над усовершенствованием артиллерийских орудий и снарядов. Он поставил перед собой цель найти способ производства высококачественной литой стали, из которой можно было бы отливать пушки. Наблюдая много раз за плавкой чугуна, он заметил, что твердое восстановленное железо образуется раньше всего у воздуховудных труб. Это навело его на мысль получать сталь путем усиленной продувки через расплавленный чугун воздуха. Первые свои опыты Бессемер провел в закрытом тигле, который он нагревал в горне с коксом. Результат превзошел самые смелые ожидания. Менее чем за час продувки он получал из чугуна первосортную сталь. Кроме того, дальнейшие опыты показали, что нет никакой необходимости вводить в металлургический процесс тепло извне. Дело в том, что чугун содержит собственный горючий материал в качестве примесей: кремний, марганец, углерод – всего около 45 кг горючих материалов на каждую тонну чугуна. Своим горением они позволяли значительно повысить температуру плавки и получать сталь в жидком состоянии.

В 1856 г. Бессемер публично демонстрировал изобретенный им неподвижный конвертер (от лат. *converto* – изменяю, превращаю). Конвертер имел вид невысокой вертикальной печки, закрытой сверху сводом с отверстием для выхода газов (рис. 5.14, *a*). Сбоку в печи было второе отверстие для заливки чугуна. Готовую сталь выпускали через отверстие в нижней части печи (во время работы конвертера его забивали глиной). Воздуховудные трубки (фурмы) находились возле самого пода печи. Так как конвертер был неподвижным, продувку начинали раньше, чем вливали чугун, в противном случае металл залил бы фурмы. По той же причине надо было вести продувку до тех пор, пока весь металл не был выпущен. Весь процесс длился не более

20 мин. Малейшая задержка в выпуске давала брак. Это неудобство, а также ряд других недостатков неподвижного конвертера заставили Бессемера перейти к вращающейся печи (рис. 5.14, б). В 1860 г. он взял патент на новую конструкцию конвертера, сохранившуюся в общих чертах до наших дней.

Способ Бессемера был настоящей революцией в области металлургии. За 8–10 мин его конвертер превращал 10–15 т чугуна в ковкое железо или сталь, на что прежде потребовалось бы несколько дней работы пудлинговой печи или несколько месяцев работы прежнего кричного горна.

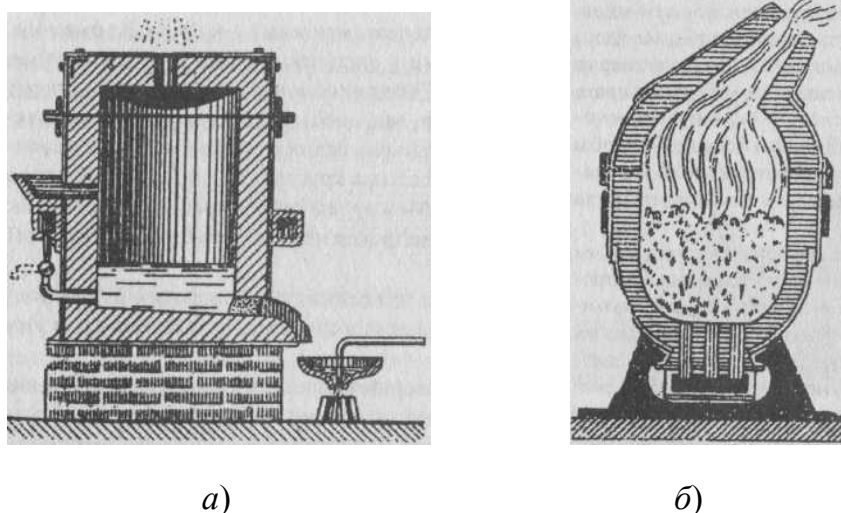


Рис. 5.14. Схема опыта получения Бессемером литой стали в 1856 г. продувкой воздуха через металл, находившийся в тигле и помещенный в печь (а) и поворотный конвертер (б)

Однако после того как бессемеров метод стал применяться в промышленных условиях, результаты его оказались хуже, чем в лаборатории, и сталь выходила очень низкого качества. Два года Бессемер пытался разрешить эту проблему и наконец выяснил, что в его опытах чугун содержал мало фосфора, в то время как в Англии широко использовался чугун, выплавленный из железных руд с высоким содержанием фосфора. Между тем фосфор и сера не выгорали вместе с другими примесями; из чугуна они попадали в сталь и существенно снижали ее качество. Это, а кроме того высокая стоимость конвертера, привело к тому, что бессемеровский способ очень медленно внедрялся в производство. И 15 лет спустя в Англии большая часть чугуна переплавлялась в пудлинговых печах. Гораздо более широкое применение конвертеры получили в Германии и США.

Наряду с бессемеровским способом производства стали вскоре огромную роль приобрел мартеновский способ. Суть его заключалась в том, что чугун сплавляли с железным ломом в специальной регенеративной печи. Эта печь была придумана и построена в 1861 г. немецкими инженерами *Фридрихом* и *Вильямом Сименсами* для нужд стекольной промышленности, но наибольшее распространение получила в металлургии. В состав печи входили газопроизводители (или генераторы газа), сама печь с возобновителями теплоты (или регенераторами) для подогрева газа и воздуха и литейного отделения (двора). Генераторы и регенераторы были связаны между собой особой системой каналов для газа, воздуха и продуктов горения. Последние отводились в дымовую трубу высотой до 40 м, дававшей необходимую тягу. Генераторы располагались под подом или по бокам печи. Регенераторы представляли собой особые камеры для нагрева газа и воздуха. Специальные переменные клапаны направляли газ и воздух то в одну камеру, то в другую, а продукты горения отводили в трубу (рис. 5.15). Горение происходило следующим образом. Газ и воздух нагревались каждый в своей камере, а затем поступали в плавильное пространство, где происходило горение. Продукты горения, пройдя над подом печи, устремлялись в регенераторы и отдавали здесь большую часть своей теплоты кладке регенераторов, а затем уходили в трубу. Чтобы процесс происходил непрерывно, с помощью клапанов направляли воздух и газ то в одну пару регенераторов, то в другую. В результате такого продуманного теплообмена температура в печи достигала 1600 градусов, т. е. превышала температуру плавки чистого безуглеродистого железа. Создание высокотемпературных печей открыло новые горизонты перед металлургией. К середине 19 в. во всех промышленных странах имелись огромные запасы железного лома.

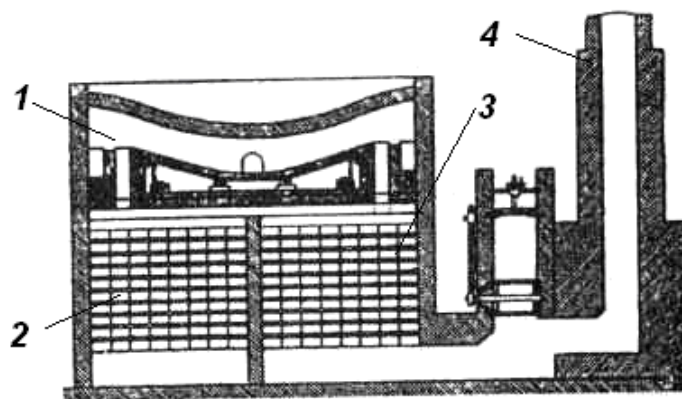


Рис. 5.15. Регенеративная печь: 1 – плавильное пространство; 2, 3 – генератор и регенератор; 4 – труба

Из-за высокой тугоплавкости его не могли использовать в производстве. Французские инженеры *Эмиль* и *Пьер Мартены* (отец и сын) предложили сплавлять этот железный лом с чугуном в регенеративной печи и таким образом получать сталь. В 1864 г. на заводе Сирейль они под руководством Сименса осуществили первую успешную плавку. Затем этот способ стал применяться повсюду.

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

В целом введение бессемеровского и мартеновского процессов дало возможность производить сталь в неограниченных количествах. Литая сталь быстро завоевала себе место в промышленности, и, начиная с 70-х гг. 19 в., сварочное железо почти совершенно выходит из употребления. Уже в первые пять лет после введения мартеновского и бессемеровского производств мировой выпуск стали увеличился на 60 %. В разработку научных основ металлургии железа и стали большой вклад внесли русские ученые. Особого внимания заслуживают работы *А. С. Лаврова* и *Н. В. Калакуцкого*, открывших в 1866 г. явление ликвации в стали и установивших зависимость ликвации от размеров слитка. В результате были объяснены процессы кристаллизации и внутренних напряжений в слитках и намечены пути к повышению качества отливок. В 1868 г. *Д. К. Чернов* открыл фазовые превращения в стали при ее нагревании, установив критические точки, т. е. температуры, при которых в стали происходят полиморфные превращения, определяющие ее структуру и свойства. Это открытие и последующие работы *Д. К. Чернова* заложили основы современного металловедения и термической обработки стали. Развитие капиталистического производства глубоко затронуло и цветную металлургию. Прогресс машиностроения, паровой энергетики, транспорта, приборостроения, развитие химической, текстильной, бумажной промыш-

ленности, военной и других областей техники резко повысили спрос на цветные металлы. Возникла необходимость в техническом перевооружении металлургических предприятий, строительстве новых заводов, разработке и практическом использовании новых методов выплавки и обработки металлов и сплавов с целью получения необходимых конструкционных материалов и изделий из них.

В развитии цветной металлургии рассматриваемого периода необходимо отметить две характерные особенности: первая – непрерывный рост выплавки и совершенствование способов производства ранее известных цветных и благородных металлов (меди, олова, свинца, цинка, ртути, сурьмы, золота, серебра), вторая – открытие и разработка методов получения новых металлов.

Производство меди (второго после железа металла), ранее широко используемой в виде сплавов с оловом (бронзы) в декоративно-художественных работах и для отливки пушек и колоколов, ко второй половине 18 в. и особенно после промышленной революции конца 18 – начала 19 в. стало заметно расти в связи с применением меди в новых отраслях техники. Мировая выплавка меди, составлявшая в 1800 г. 20 тыс. т, возросла к концу 19 в. до 500 тыс. Производство меди издавна представляло собой трудоемкий многоступенчатый процесс, в котором медные сернистые руды (они широко распространены в природе) после обжига частично переводились в окиси. Обожженную руду плавил в шахтных печах с добавлением кокса (немецкий способ) или в отражательных печах (английский способ). В результате получался штейн – продукт, содержащий до 25–45 % меди в виде сульфидов. Дальнейшей переработкой штейна в пламенных печах получали черновую медь.

Этот процесс металлургии меди в 60-х гг. 19 в. подвергся коренному усовершенствованию. В 1866 г. русский металлург *В. А. Семенов* впервые осуществил бессемерование медного штейна для передела его в черновую медь. Медный штейн поступал из шахтных печей непосредственно в конвертор с круглым сечением. Через фурмы пропускали воздух (проводили опыты и с водяным паром), что позволило более чем в 5 раз ускорить процесс передела штейна в черновую медь. В. А. Семенов доказал возможность доведения меди в штейне до 76 %.

Расплавленный в отражательной печи штейн продували в конверторе на белый штейн, содержащий 76–80 % меди. Затем в той же отражательной печи расплавляли белый штейн и продували его в конверторе на черновую медь с содержанием до 99 % основного металла.

Возросший спрос на медь и ее сплавы вызвал увеличение **производства олова и цинка**, входящих в состав бронз и латуней. Кроме того, цинк и олово нашли новые области применения, в частности в технологии горячего покрытия других металлов с целью защиты их от коррозии.

С середины 17 в. в Германии началось промышленное производство белой жести, для чего железные листы погружали в расплавленное олово, в 18 в. это производство было организовано в Англии.

Цинк почти до конца 18 в. был еще большой редкостью в Европе. Правда, в 40-х гг. 18 в. был построен первый цинковый завод в Бристоле (Англия). В 1798 г. началось производство цинка в Силезии, а в 1807 г. – в Бельгии. Создание промышленного производства цинка способствовало использованию этого металла в качестве защитного покрытия железа. Сведения о цинковых покрытиях железа относятся ко второй половине 18 в. Однако промышленное применение процесс горячего оцинкования получил с 1836 г., когда появилось изобретение *М. Сореля*, предложившего перед погружением железа в жидкий цинк протравливать его в кислоте и применять в качестве флюса хлорид аммония. В 1860 г. *Дж. Бедсон* изобрел установку для непрерывного отжига и оцинкования железной и стальной проволоки, нашедшую также большое применение для изготовления оград.

Возрос спрос также на свинец, потребление которого вызывалось развитием сернокислотного производства. В 1746 г. *Дж. Робук* из Бирмингема (Великобритания) применял свинцовую обшивку при сооружении сернокислотных камер. С историей благородных металлов связано другое выдающееся научно-техническое достижение первой половины 19 в. – открытие процесса порошковой металлургии (металлокерамики). Зарождение и развитие **порошковой металлургии** стимулировалось необходимостью получения тугоплавких металлов, выплавка которых обычными методами и в существующих типах плавильных печей не представлялась возможной. Таким металлом, вызвавшим большой интерес, была **платина**, температура плавления которой составляет 1773 °С. Добыча сырой платины в первой половине 19 в. приняла в некоторых странах значительные масштабы. Возникла необходимость очистки сырой платины и технологического ее использования. Вначале для очистки платины ее спекали с белым мышьяком при длительном прокаливании. Это был очень сложный процесс с тяжелыми условиями труда вследствие сильной ядовитости мышьяка.

Методом порошковой металлургии из платины тогда изготавливали монеты, медали, жетоны, полосы, проволоку, чаши, тигли и круж-

ки для питья. Изготовление платиновых изделий методом порошковой металлургии было прекращено после того, как *Сент-Клер Девиль* (Франция) применил в 1859 г. к платине кислородную сварку водородным пламенем. Этот метод был восстановлен в начале 20 в. применительно к получению нитей накала из вольфрама и молибдена для электрических ламп накаливания.

Качественные сдвиги в металлургии в рассматриваемый период характеризуются открытием и получением в свободном состоянии большого числа новых металлов. Достаточно отметить, что за период с 50-х гг. 18 в. до 70-х гг. 19 в. усилиями ученых разных стран было получено 28 ранее неизвестных металлов. Среди них цветные, благородные и редкие металлы: никель (1751), марганец (1774), молибден (1781), вольфрам (1783), родий, палладий, осмий, иридий (1803–1804), калий (1807), стронций (1807), магний, кальций, барий (1808), кадмий (1817), литий (1818), цирконий (1824), титан (1825), алюминий (1825), иттрий (1828), бериллий (1829), уран (1841), рубидий (1863), индий (1867), ванадий (1869) и др.

Однако большинство открытых и полученных впервые металлов в рассматриваемый период не нашли широкого промышленного использования ввиду их дороговизны, связанной с несовершенством технологии. Области применения некоторых из них ограничивались преимущественно ювелирными работами, изготовлением металлических денежных знаков, медалей и т. п. Так, **никель**, полученный впервые в свободном состоянии в 1751 г., еще в первой половине 19 в. рассматривался как ювелирный металл, который частично использовали также в сплавах для изготовления монет. С 1850 г. монеты из сплава никеля, меди и цинка стали чеканить в Швейцарии, с 1873 г. – в Германии. К концу 19 в. относится применение никеля в качестве легирующего металла.

Примером длительного освоения некоторых металлов может служить история **алюминия**. Датский физик *Г. Х. Эрстед* впервые получил его в 1825 г. в виде небольших металлических комочков, восстанавливая хлористый алюминий амальгамой калия.

В 1827 г. немецкий химик *Ф. Вёлер* извлек небольшие количества порошкообразного алюминия, применив в качестве восстановителя парообразный металлический калий. Работая в области исследования алюминия в общей сложности 17 лет, Ф. Вёлер с достаточной точностью определил основные его свойства, но вплоть до 1845 г. смог получать металл лишь в виде зерен величиной с булавочную головку. Через девять лет, в 1854 г., *Сент-Клер Девиль*, продолжая работы

Ф. Вёлера, разработал способ получения металлического алюминия, положенный в основу первого промышленного его производства. Вместо калия в качестве восстановителя он применил более дешевый натрий, а также установил оптимальные температурные режимы процесса восстановления хлористого алюминия. На Всемирной Парижской выставке 1855 г. алюминий фигурировал уже как промышленный продукт, однако производство его было тогда ничтожно: в 1854–1855 гг. изготовили всего 25 кг алюминия. Тем не менее химический способ Сент-Клер Девиля сыграл большую роль в развитии алюминиевой промышленности. Усовершенствование способа сопровождалось постепенным увеличением производства алюминия, в результате чего его выпуск к 1890 г. достиг около 200 т, одновременно в 20–25 раз была снижена стоимость металла.

Освоение производства цветных металлов стало претерпевать быстрые и радикальные изменения лишь в конце 19 в., когда в результате новых успехов химии, физики и металловедения, а также в связи с общим развитием техники и применения дешевой электроэнергии традиционные пирометаллургические способы получения и очистки металлов пополнились принципиально новыми методами. Большую роль в металлургии цветных и редких металлов стали играть электрометаллургические процессы.

В рассматриваемый период были заложены основы таких электрометаллургических процессов, как электролиз водных растворов и электролиз расплавленных солей, обеспечивший прогресс в области открытия и получения в свободном состоянии многих из указанных выше металлов. В результате совершенствования электролиза уже в первой половине 19 в. появилась новая область прикладной электрохимии – гальванотехника, охватывающая процессы электролитического осаждения металлов на поверхность металлических и неметаллических изделий.

Наибольших успехов в первый период гальванотехника достигла в технологии электроосаждения на металлические предметы золота и серебра из их растворов. В 1840 г. *Д. Р. Элькингтон* (Англия) получил привилегию на способ гальванического золочения с применением синеродистых щелочей и хлорного золота. В том же году швейцарский физик *Де-ла Рив* опубликовал также новый метод покрытия металлических предметов золотом. Заслуга *Д. Р. Элькингтона* состояла в том, что он добился получения блестящих золотых покрытий, прибавляя к электролиту несколько капель сероуглерода. При этом осадки золота получались не матовыми, а блестящими и более плотными.

В 1842 г. *Дж. С. Вульрич* получил патент на использование магнитно-электрических машин в технологии электроосаждения металлов. Наряду с использованием золочения и серебрения к 60–70-м гг. 19 в. в практику металлургического и металлообрабатывающего производства вошли электролитическое железнение, меднение, никелирование и ряд других процессов.

Гальванотехника к концу 19 в. прочно вошла в металлургические процессы, связанные с рафинированием меди, спрос на которую быстро возрастал с развитием электротехнической промышленности. Производство рафинированной меди за рубежом возникло в Германии на заводе «Сименс-Гальске» в 1878 г. Производительность этого завода составляла 500–600 т электролитической меди в год.

Совершенствование технологии обработки металлов давлением. Уже упоминавшийся *Г. Корт* одновременно с изобретением пудлинговой печи запатентовал и способ прокатки железа с помощью валков (вальцов), который заменил трудоемкую операциюковки криц под молотом. Корт первый сообразил, что при изготовлении некоторых изделий рациональнее поручить молоту только отжимку шлаков, а окончательную форму придавать путем прокатки. В 1783 г. он получил патент на изобретенный им способ проката фасонного железа с помощью особых вальцов. Из пудлинговой печи крица поступала под молот, здесь она проковывалась и получала первоначальную форму, а затем пропусклась через вальцы. Этот способ получил потом большое распространение. Но только в 19 в. техника проката была поставлена на должную высоту, что во многом было связано с интенсивным строительством железных дорог. Тогда были изобретены прокатные станы для производства рельсов. В 1885 г. братья *Меннесманы* изобрели способ прокатки бесшовных железных труб (рис. 5.16). До этого трубы приходилось изготавливать из железного листа – их сгибали и сваривали. Это было и долго, и дорого. На стане Меннесманов круглую болванку пропускали между двумя косо друг к другу поставленными валками, действовавшими на нее двояким образом. Во-первых, вследствие сил трения между валками и заготовкой последняя начинала вращаться. Во-вторых, форма валков точки средней их поверхности способствовала вращению более быстрому крайних. Поэтому из-за косоного расположения валков заготовка как бы ввинчивалась в пространство между ними. Если бы болванка была твердой, она бы не смогла пройти. Но так как ее предварительно сильно разогревали до белого каления, металл заготовки начинал скручиваться и вытягиваться, а в осевой зоне проходило его разрыхление – возникала полость, которая постепенно распространялась по всей длине заготовки. Пройдя через

валки, заготовка насаживалась на специальный стержень (оправку), благодаря чему внутренней полости придавалось правильное круглое сечение. В результате выходила толстостенная труба.

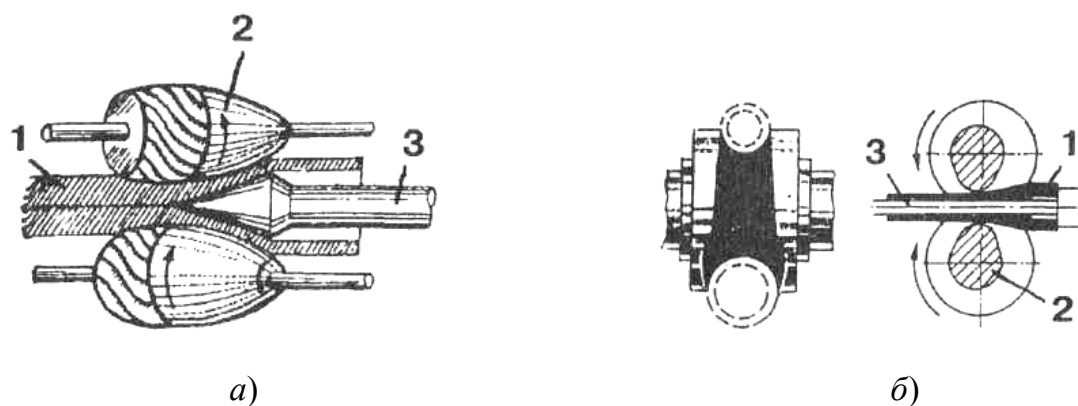


Рис. 5.16. Прокатка труб: а – предварительная на стане Меннесманов; б – в раскатном стане: 1 – заготовка; 2 – валок; 3 – оправка

Чтобы уменьшить толщину стенок, трубу пропускали через второй так называемый пилигримный прокатный стан. Он имел два валка переменного профиля. При прокатке трубы расстояние между валками сначала постепенно уменьшалось, а затем делалось больше диаметра трубы. Цикл прокатки состоял из двух периодов – рабочего и холостого. Во время рабочего периода труба, в которую была введена спиральная оправка, захватывалась валками и обжималась до диаметра готовой трубы (рис. 5.16, б). При этом стенки ее делались тоньше, а сама она вытягивалась (валки как бы снимали слой кольцевого металла и раскатывали его до заданной толщины). Затем начинался холостой период, когда диаметр калибра превышал диаметр трубы. Первую практически пригодную конструкцию универсального прокатного стана создал, как считают, немецкий инженер Дэлен в 1848 г. По другим сведениям, еще в 1830–1840 гг. в Европе уже была налажена прокатка железнодорожных рельсов. В дальнейшем методом прокатки стало перерабатываться до 80 % всей выплавляемой стали. Эволюция прокатного стана с калиброванными валками неразрывно связана с появлением так называемых резательных станков, хорошо известных уже в 17 в. Резательные станки представляли пару валков, снабженных пазами с острыми кромками и применявшимися для получения пруткового железа из листа. В 1728 г. появляются работы Флюера (Франция), прокатывавшего прутки в валках с ручьями (калибрами). Для этого он отковывал заготовки овального профиля, пропускал их попеременно через валки с ромбическими и овальными ручьями и получал прутки диаметром 6,3 мм.

Прокатка как самостоятельный процесс металлургического производства утвердилась к концу 18 – началу 19 в., что было неразрывно связано с общим развитием машиностроения и использованием для привода прокатных станов паровых двигателей. На протяжении 19 в. появились разнообразные прокатные станы, которые можно подразделить на три основные группы: обжимные, листовые и сортовые. В 30–40-е гг. 19 в. в промышленно развитых странах начинается прокатка рельсов. В 50-х гг. в Германии появились первые прокатные станы, предназначенные для прокатки крупных балок, бандажных полос для колес железнодорожного транспорта.

В 1857 г. *Дж. Фритц* (США) построил мощный трехвалковый стан для прокатки. В 1859 г. мастер В. С. Пятов (Россия) построил первый прокатный стан для изготовления корабельной брони.

Большим достижением в области прокатки явилось создание и практическое использование в 60-х гг. 19 в. непрерывных прокатных станов.

Не смог добиться положительных результатов и В. Хезлидэнн, получивший в 1798 г. в Англии патент на прокатный стан непрерывного действия. Лишь в 60-х гг. 19 в. это удалось реализовать английским механикам из Манчестера *Дж. Бедсону* и *Ч. Уайлю*. В 1862 г. Дж. Бедсон построил непрерывный проволочно-прокатный стан, отличающийся большой производительностью благодаря автоматической подаче металла от одной пары валков к другой и большой скорости их вращения (рис. 5.17).

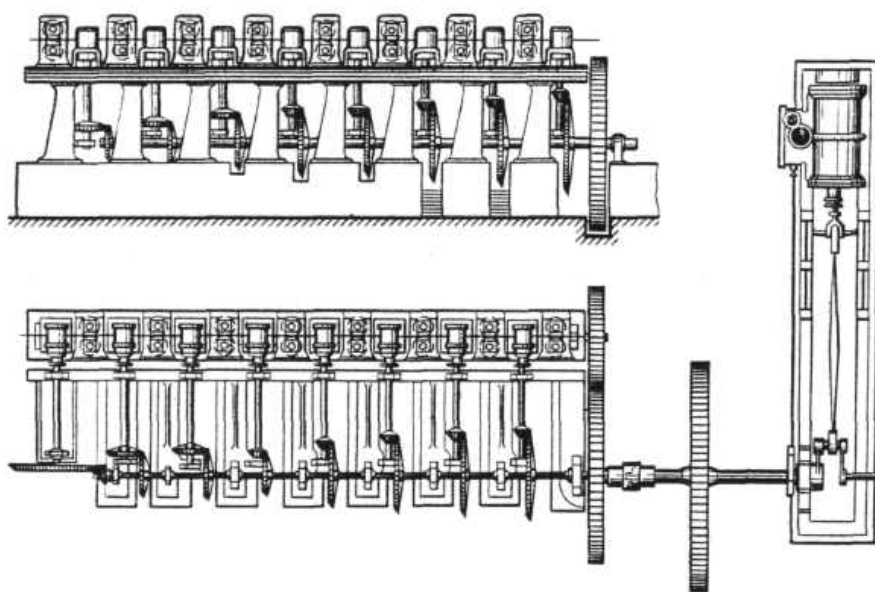


Рис. 5.17. Непрерывный прокатный стан Дж. Бедсона. 1862 г.

Непрерывный стан Бедсона имел 16 пар попеременно расположенных один за другим горизонтальных и вертикальных валков. Наряду с техникой прокатки весьма интенсивно развивался процесс волочения металлов. До 70-х гг. 19 в. проволоку получали на машинах однократного действия, отличающихся низкой скоростью и производительностью. В 1871 г. был запатентован первый непрерывный волоочно-волочительный стан, изобретателями которого были братья *Дж. и И. Вуудз* (Англия).

В первой половине 19 в. начала усиленно развиваться техника волочения труб и крупногабаритных профилей, для чего были сконструированы и получили практическое применение волочительные гидравлические прессы и цепные волочительные станы. Потребность в трубах и полосовых тянутых изделиях стимулировалась быстрым развитием машиностроения и транспорта. Крупные изменения претерпела техникаковки. С развитием прокатных станов, как было показано выше, использованиековки несколько сократилось. Однако процессковки продолжал совершенствоваться, находя новые области применения в различных отраслях металлургической и особенно машиностроительной промышленности. На более высокий уровень поднялась практика конструирования кузнечного оборудования, возросли его мощности. Маломощные и тихоходные вододействующие молоты (хвостовой, лобовой и среднебойный) в условиях быстро прогрессирующего пудлингового производства железа и связанного с ним увеличения веса и размеров поковок для крупногабаритных деталей и частей машин уже не соответствовали возросшим требованиям промышленности. На смену вододействующим пришли паровые молоты, обладающие большой мощностью и производительностью.

В 1784 г. *Дж. Уатт*, сразу же после получения патента на свой универсальный паровой двигатель, запатентовал и молот с приводом от балансира паровой машины.

Однако коренной переворот в техникековки наступил лишь с 1839 г., когда английский изобретатель *Дж. Несмит* (рис. 5.18) предложил паровой молот, в котором подвижные части с рабочим бойком поднимались между двумя направляющими, а для перемещения рабочего органа был использован поршневой цилиндр паровой машины (рис. 5.19). Молот Несмита выгодно отличался от применявшихся до того рычажных молотов с большой высотой подъема бойка и высокой мощностью, позволяющими обрабатывать крупные поковки металла. В 1842 г. *Дж. Несмит* получил патент на изобретение, в котором была воплощена идея молота простого действия. В нем сила

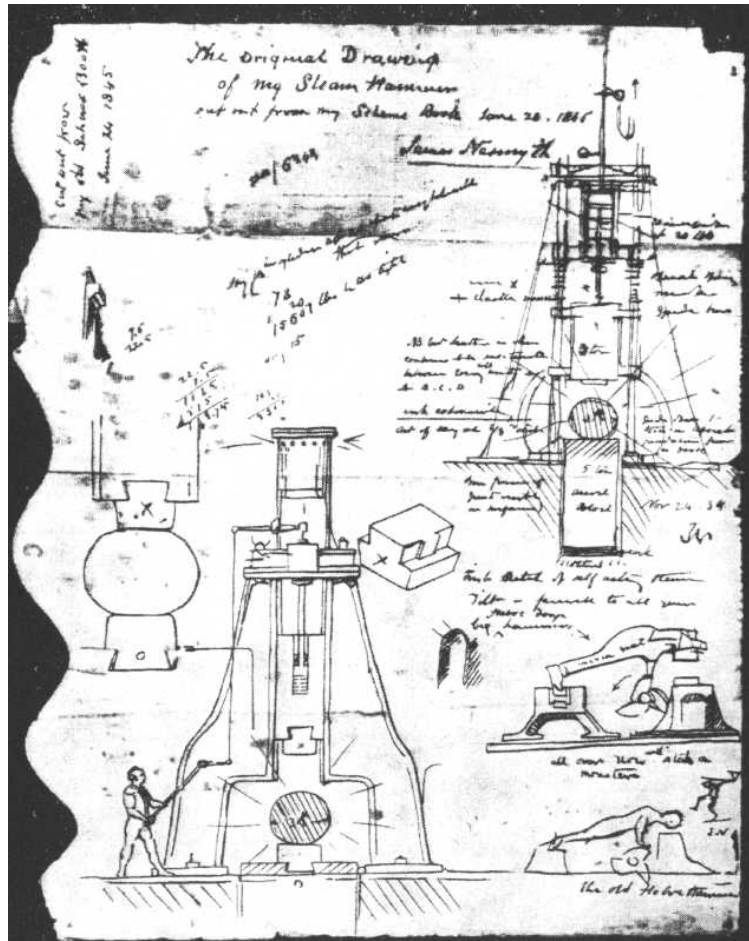
удара определялась массой падающих частей (поршня, штока и бабы с бойком) и высотой их падения. Вскоре в конструкцию парового молота были внесены существенные усовершенствования: автоматическое парораспределение с помощью специального золотника (1843) и подача пара в верхнюю часть цилиндра. Последнее нововведение положило начало паровым молотам двойного действия: пар не только поднимал рабочий орган молота, но и увеличивал скорость его падения благодаря действию парового давления на поршень в верхней части цилиндра, повышая тем самым силу удара.



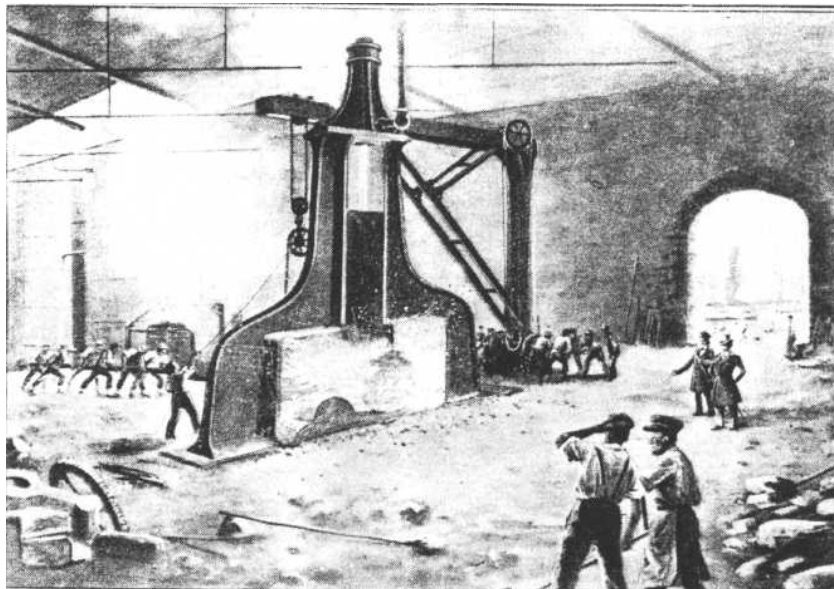
Рис. 5.18. Джеймс Несмит (1808–1890). Гравюра Поля Рейона с портрета, выполненного художником Джоржем Рейдом (ок. 1883 г.)

В 1841 г. паровой молот системы Несмита был построен во Франции и применен на заводах акционерного общества «Шнейдер и К^о». В 1842 г. Дж. Несмит создал паровой молот на своем заводе в Манчестере. С этих пор паровые молоты стали быстро внедряться на предприятиях многих стран мира, причем в промышленности наряду с молотами двойного действия а применяли и молоты простого действия, как правило, большой мощности для отковки особо крупных поковок и деталей машин.

В 70-х гг. 19 в. в промышленности использовали паровые молоты с весом падающих частей от 50–100 т и более. Так, на заводе Круппа в Эссене (Германия) был изготовлен 75-тонный паровой молот.



a)



б)

Рис. 5.19. Паровой молот Дж. Несмита (по патенту 1839 г.):
а – рисунок автора; б – молот в действии

Однако развитие крупных паровых молотов выявило ряд их недостатков, заставивших инженеров и конструкторов работать над созданием кузнечных машин нового типа – гидравлических прессов. Недостатки паровых молотов проявились прежде всего в сильных ударах, сотрясающих почву в окрестностях цехов и заводов, что стало опасным для окружающих построек и сооружений. Кроме того, эти сотрясения могли разрушить сами молоты, эксплуатация которых была весьма сложна и дорога.

Прессы оказались свободными от указанных недостатков, в результате чего они быстро вытеснили паровые молоты, особенно большой мощности.

В 1820 г. *Т. Бурр* построил первый практически пригодный гидравлический пресс (рис. 5.20).

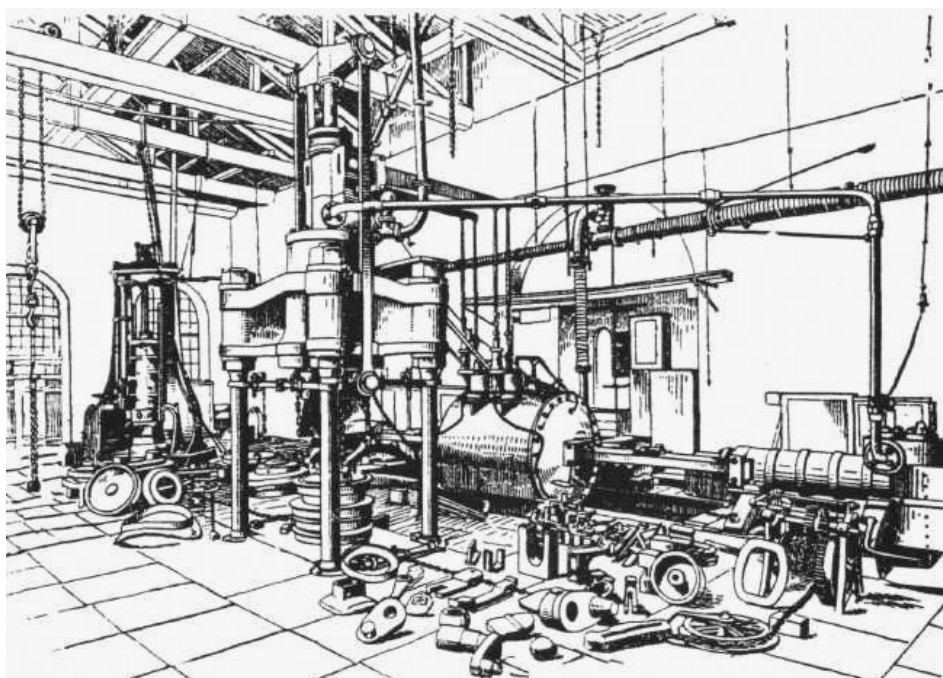


Рис. 5.20. Участок обработки деталей прессованием

С созданием гидравлических прессов наметились два основных направления их использования: в технологии прессования (выдавливания) металла через отверстие матрицы и в ковочно-штамповочных производствах (ковка, объемная и листовая штамповка). К 60-м гг. 19 в. относится применение первых гидравлических прессов для волочения крупногабаритных труб и профилей, для испытаний материалов и др.

В 1859–1861 гг. *Дж. Газвелл* построил в железнодорожных мастерских Вены свой первый пресс для штамповки паровозных деталей: поршней, крейцкопф, рессор, хомутов, кривошипов и др. Рабочий ци-

линдр этого пресса получал воду под давлением 400 атм. Первые прессы, построенные Дж. Газвеллом, имели мощность 700, 1000 и 1200 т.

Пресс Газвелла, давая большие возможности для производства паровозных и других крупных деталей, однако не был приспособлен для обработки литых слитков. Первую попытку применить гидравлический пресс дляковки слитков предпринял в 1861 г. Гледхилл (Англия), но промышленное использование началось с работ английского инженера *Дж. Витворта*, который в 1884 г. в Манчестере успешно применил пресс дляковки стали, изготавливая из слитков стволы орудий. Насколько прогрессивным оказался способ прессования, показывают следующие данные. На одном из шеффилдских заводов в Англии для расковки слитка весом 36,5 т, предназначенного для ствола орудия, под 50-тонным молотом требовалось 3 недели и 33 промежуточных нагрева, в то время как слиток весом в 37,5 т под 4000-тонным прессом обрабатывался всего за 4 дня, для чего требовалось 15 нагревов. Широкое распространение гидравлических прессов в производстве относится к 80–90-м гг. 19 в. и затрагивает хронологические рамки, выходящие за пределы рассматриваемого периода.

Развитие паровой энергетики и машиностроения существенно повлияло на технику *чеканки*, широко распространенную в металлообрабатывающих производствах, монетных дворах, а также в ювелирно-художественных ремеслах. Техника чеканки, особенно на монетных дворах, так же как и применявшиеся в их производствах станки, всегда привлекали к себе внимание лучших мастеров-изобретателей, инженеров и ученых. Это объясняется, во-первых, спецификой монетного производства, в котором большой удельный вес в качестве исходных материалов составляли благородные металлы (золото и серебро), выполнявшие функции валютных металлов, и, во-вторых, сложностью самого технологического процесса, предъявлявшего высокие требования к получению необходимых металлов и сплавов, их механической обработке, особенно к чеканке. Чеканка – один из главных и завершающих процессов монетного производства, отличающийся большой трудоемкостью и высокими требованиями к точности работы чеканных прессов и стойкости инструмента (штемпелей).

Вот почему изобретательская мысль мастеров и инженеров непрерывно работала над усовершенствованием чеканной техники. Не случайно ранние образцы винтовых чеканных прессов, применявшихся на монетных дворах в 17 – начале 18 в., обычно изготавливали цельнометаллическими – из чугуна или бронзы, в то время как при конструировании большинства других станков широко использовали дерево, и лишь отдельные ведущие их элементы были металлическими.

Первые чеканные прессы приводились в движение вручную. В 1786 г. в технике чеканки произошли серьезные изменения, вызванные изобретением усовершенствованного монетопечатающего прессы системы *П. Дро*. Пресс был снабжен автоматическим приспособлением для подачи кружков и сбрасывания готовых монет, для чего служил специальный механизм, использующий силу отдачи винта при ударе. Кроме того, в станке было предусмотрено разъемное кольцо, которое с печатанием рельефа автоматически обжимало монетный кружок, нанося насечку или отпечатывая буквы на кромке монеты. Важной заслугой Дро является перевод технологии чеканки с ручного на механический привод. Для этого изобретатель использовал принцип откачивающего насоса Ньюкомена, решив проблему пневматической передачи с помощью «воздушного снаряда» – насоса простого действия, приводящего в движение несколько поршней, соединенных с соответствующими рабочими органами прессов.

Механические чеканные прессы системы *П. Дро* с пароатмосферной машиной Ньюкомена распространились на монетных дворах многих стран. В 1808 г. *Д. Уатт* и *М. Болтон* применили на Лондонском монетном дворе для привода чеканных прессов универсальную паровую машину.

Получили широкое развитие гильотинные ножницы для резки листового металла, создание которых непосредственно связано с разработкой гильотины. Гильотина была введена во Франции в 1861 г. по предложению врача *Ж. Гильотена* в качестве гуманного оружия для обезглавливания, но вначале работала ненадежно, пока король *Людовик XVI* ее не усовершенствовал, предложив ставить падающий нож под углом. По иронии судьбы его собственная голова была отсечена с помощью такой усовершенствованной гильотины. И это не единственный пример двойного применения, когда орудия убийства впоследствии приобретали вполне мирные профессии.

Начало производства инструментальных, легированных сталей и алюминия. Резкое расширение производства стали потребовало замены существовавших в то время чисто эмпирических методов исследования научными.

Появилась новая наука – металлведение, тесно связанная с металлофизикой и представляющая научную основу для получения металлов с заданными свойствами. Ее основоположником был *П. П. Аносов*, который с 1847 г. и до конца жизни являлся начальником известных тогда Алтайских заводов.

В 1820–1840 гг. Аносов создал новый метод получения высококачественной стали, объединив процессы плавления и науглероживания. Он же раскрыл и научно обосновал утерянный в средние века секрет получения булатной стали, который изложил в своей книге «О булатах». Успеху во многом способствовал разработанный Аносовым металлографический метод исследования с применением металлографического микроскопа, изобретенного им в 1831 г.

Растущие потребности машиностроения, оружейной и инструментальной промышленности требовали расширения производства специальных и легированных сталей и разработки их новых видов. Для раскисления и легирования сталей с 1860 г., вначале во Франции, начинается производство ферросплавов.

В 1856 г. англичанин *Р. Мешет*, добавив к железу довольно много вольфрама и марганца и поменьше хрома, получил сплав, который по твердости оказался лишь чуть выше углеродистой стали, но мог резать металл со скоростью 8 м/мин – в полтора раза больше существовавшей. Это была большая победа и несколько десятилетий инструменты из стали «мешет» считались лучшими и использовались преимущественно для обработки изделий из самых твердых металлов. Только одна улучшенная марка инструментальной стали, выпущенная фирмой «Мидвель», могла успешно конкурировать со сталью Мешета.

5.2. Расширение номенклатуры металлообрабатывающего оборудования и зарождение станкостроения

Резкое расширение применения машин, увеличение их мощности и быстроходности, а также различных механизмов, изготавливаемых все в большей мере из металла, требовало соответствующего развития машиностроения и металлообработки. И в первую очередь нужны были станки – машины, создающие машины. Одним из важных достижений механики являлось конструирование замков с «секретами», которое началось еще в средние века.

Чрезвычайно плодотворной в этом направлении была деятельность известного английского механика и промышленника *Г. Модсли* (Модслей) (рис. 5.21), который изобрел и запатентовал самоходный крестовый суппорт. В 1797 г. он создал токарно-винторезный станок на чугунной станине с самоходным суппортом и сменными шестернями, являющийся наиболее близким прототипом современного. В это же время он изобрел дыропробивной пресс для пробивки отверстий в листах котельного железа и сконструировал микролитический штангенциркуль.



Рис. 5.21. Портрет Г. Модсли

Все эти нововведения и изобретения позволили ему первым организовать массовое, механизированное производство винтов и гаек на своем машиностроительном заводе. Деятельность Модсли в этой области очень высоко ценилась современниками. «Он перешел к распространению важнейшего дела единообразия винтов, – писал Несмит, – можно назвать это усовершенствованием, но вернее будет назвать это переворотом, произведенным Модсли в машиностроении.

До него не было никакой системы в соотношении между числом витков нарезки винтов и их диаметром. Каждые болт и гайка были пригодны только друг для друга и не имели ничего общего с болтами соседних размеров. Поэтому все болты и соответствующие им гайки получали специальные маркировки, обозначавшие принадлежность их друг другу. Любое смещение их вело к бесконечным затруднениям и расходам, неэффективности и неразберихе – часть машинного парка должна была постоянно использоваться для ремонта».

Продолжает расширяться номенклатура и увеличиваться парк металлообрабатывающего оборудования. Кроме сверлильных, токарных и расточных начинают появляться станки и для других видов обработки (рис. 5.22).

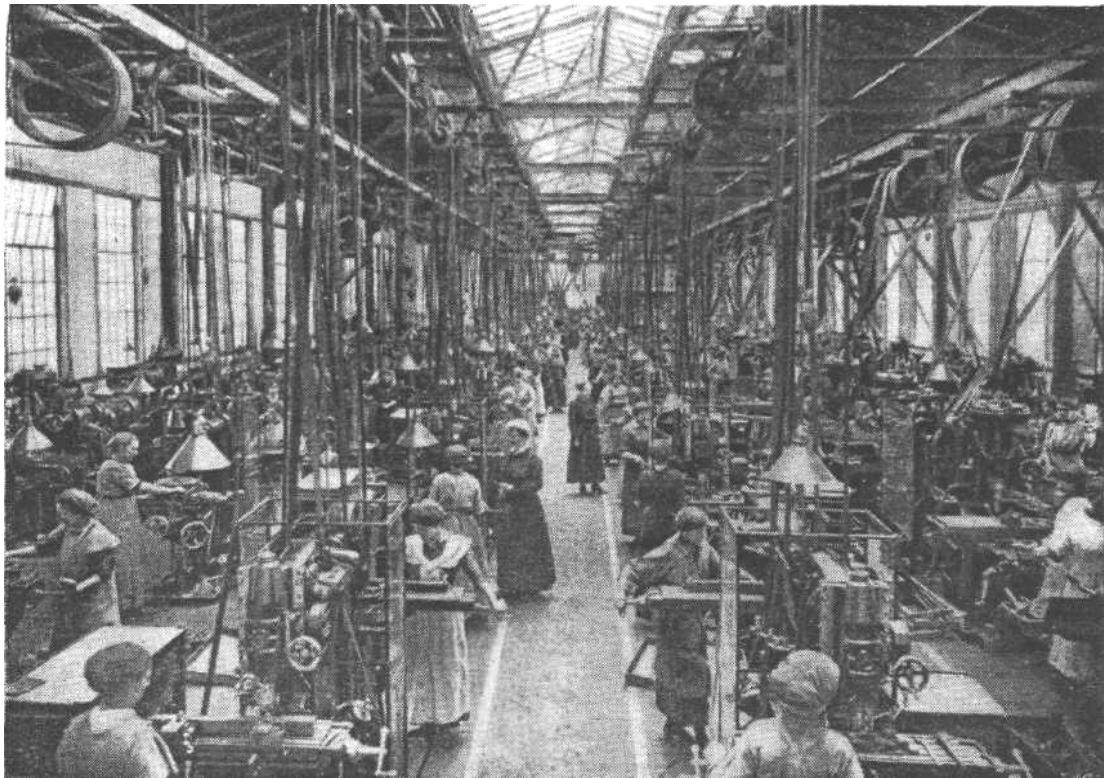


Рис. 5.22. Цех машиностроительного завода конца 19 в.

5.2.1. Универсальные токарные станки и автоматы

Накопленный опыт позволил к концу 18 в. создать универсальный токарный станок, ставший основой машиностроения. Другой бывший сотрудник Модсли – *Д. Клемент* создал лоботокарный станок для обработки деталей большого диаметра. Он учел, что при постоянной скорости вращения детали и постоянной скорости подачи по мере движения резца от периферии к центру скорость резания будет падать, и создал систему увеличения скорости.

В 1839 г. швейцарский изобретатель *И. Г. Бодмер* получил патент на карусельный станок, представляющий токарный с вертикальной осью для обработки крупных деталей небольшой длины. Как и продольно-строгальный станок, он стал незаменимым в тяжелом машиностроении.

Наступила эра автоматических станков, первым из которых был токарный автомат, запатентованный английским инженером и предпринимателем *Д. Витвортом* в 1835 г.

Изучение металлорежущего оборудования завода Модсли позволяет обнаружить еще ряд машин, созданных или усовершенствованных им самим. Среди них обращают на себя внимание тяжелые лоботокарные станки. Такие станки, созданные в первой четверти 19 в.

главным образом для обработки крышек цилиндров воздуходувных машин для металлургического производства, насосов и паровых машин, в середине века начали вытесняться карусельными станками. На рис. 5.23 изображен тяжелый лоботокарный станок, изготовленный Г. Модсли и находившийся в эксплуатации на его заводе до ликвидации фирмы. У этого станка планшайба, на которой укреплялась обрабатываемая деталь, и суппорт совершенно отделены друг от друга. Планшайба 1 закреплена на шпинделе, установленном на обычной в то время литой станине с колонками. Планшайба имела две системы получения различных частот вращения.

Первая система воспринимала движение от пятиступенчатого шкива при помощи ремня, надетого на приемный шкив 2. На валу приемного шкива 2 установлено зубчатое колесо, которое сцеплялось с колесом 3 большего диаметра. Колесо 3 закреплено на одном валу с колесом меньшего диаметра, а это последнее сцеплялось с колесом 4, которое сцеплялось с венечным зубчатым колесом 5, укрепленным непосредственно на планшайбе 1. Вторая система включалась при перенесении приводного ремня на второй приемный шкив 6. На одном валу с ним установлено зубчатое колесо (на рисунке его не видно). Оно могло входить в зацепление с одним из трех зубчатых колес 7, закрепленных на шпинделе. Для осуществления контакта между зубчатыми колесами приемного шкива и шпинделя следовало переместить вал приемного шкива вместе с опорами в пазах стола 8 и закрепить в требуемом положении с помощью болтов. Планшайба 1 имела множество крепежных отверстий.

Суппорт 9 установлен на траверсе 10, которая могла перемещаться по мощным направляющим 11. Опоры 12 можно было перемещать вдоль линии шпинделя благодаря наличию пазов в фундаментной плите. Для закрепления их в нужном положении использовались болты.

Во второй половине 19 в. были введены элементы, обеспечивающие полную механизацию обработки – блок автоматической подачи по обеим координатам, совершенную систему крепления резца и детали. Режимы резания и подачи изменялись быстро и без значительных усилий. В токарных станках имелись элементы автоматики – автоматический останов станка при достижении определенного размера, система автоматического регулирования скорости лобового точения и т. д.

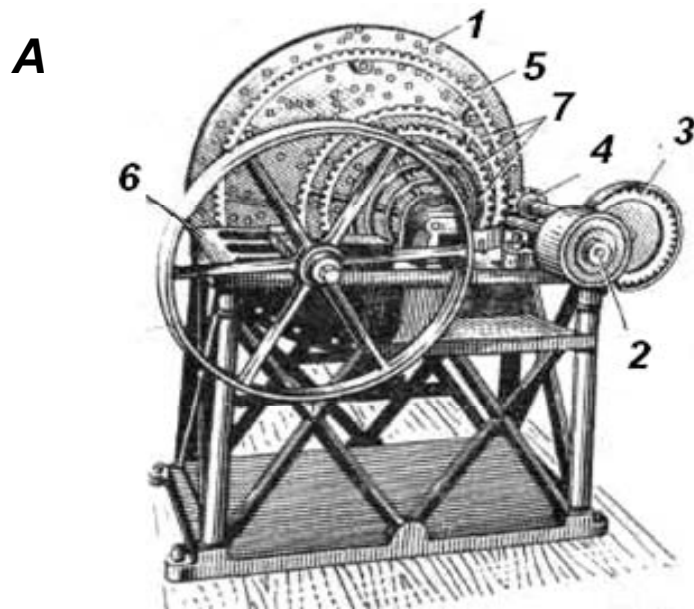
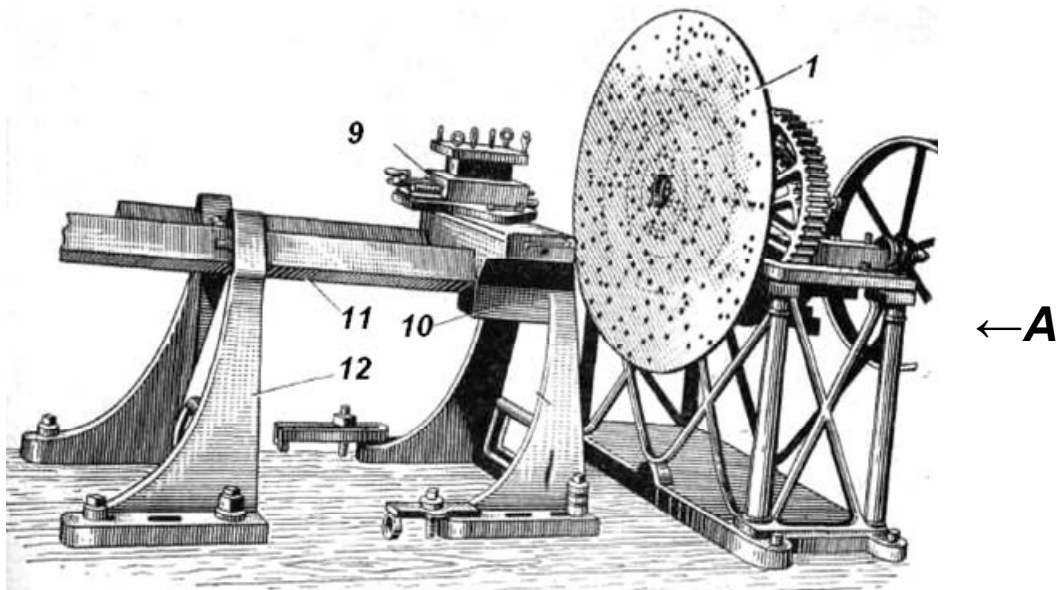


Рис. 5.23. Тяжелый лоботокарный станок. Конструктор Г. Модсли.
Первая четверть 19 в.

Однако основным достижением американского станкостроения было не развитие традиционного токарного станка, а создание его модификации – револьверного станка (рис. 5.24). В связи с необходимостью изготовления нового стрелкового оружия (револьверов) С. Фитч в 1845 г. разработал и построил револьверный станок с восемью режущими инструментами в револьверной головке. Быстрота смены инструмента резко повысила производительность станка при изготовлении серийной продукции. Это был серьезный шаг к созданию станков-автоматов.

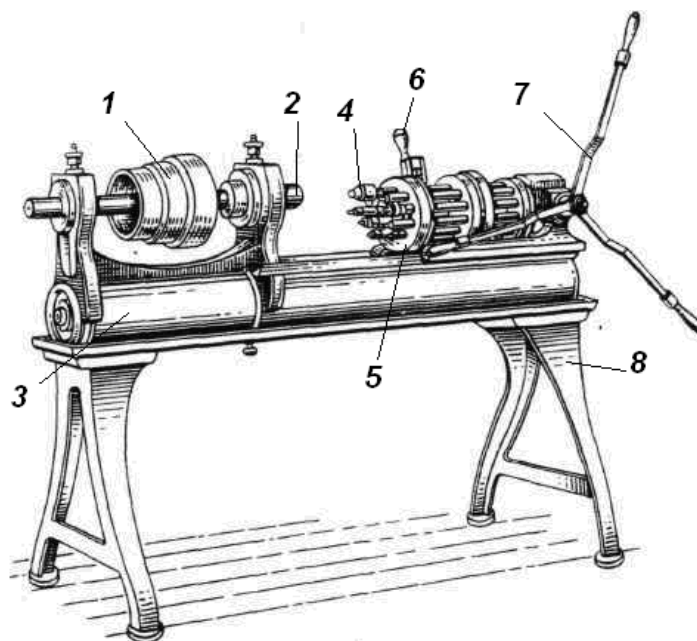


Рис. 5.24. Токарно-револьверный станок (США). 1850 г.:
 1 – ступенчатый приводной шкив; 2 – шпиндель; 3 – станина;
 4 – режущие инструменты; 5 – револьверная головка; 6 – фиксатор
 револьверной головки; 7 – рукоятка перемещения револьверного
 суппорта; 8 – основание

В 1858 г. *Г. Стоун* предложил другую схему револьверного станка. Отметим, что это оборудование позволяло обходиться небольшим числом опытных наладчиков и использовать неквалифицированную рабочую силу при сохранении высокой производительности.

Основным преимуществом револьверных станков явилось резкое уменьшение времени, необходимого для смены режущего инструмента. Револьверные станки 19 в. имели обычно два суппорта – один отрезной, имевший одну только поперечную подачу, а второй – проходной, имевший только продольную подачу. На втором крепился револьверный патрон, несущий (в то время) до 10 инструментов. После одной операции резания и отвода резца в исходное положение револьверный диск необходимо было повернуть для ввода в действие нового инструмента. В общем случае в функцию рабочего входит поворот револьверного диска, подача и крепление материала и режущего инструмента. Передвижение продольного суппорта обычно ограничивалось упорами и поэтому не требовало высокой квалификации рабочего. Все технологические операции здесь несложны и легко могли быть заменены автоматизированными узлами. Следовательно, револьверный станок относительно легко мог быть превращен в станок-автомат.

Передняя бабка револьверного станка американского производства второй половины 19 в. не представляет интереса, за исключением шпинделя и патрона, почти всегда сверленных (для подачи пруткового материала). Патрон оснащен механизмом зажима заготовки. Работа этих механизмов блокировалась с механизмом автоматической подачи обрабатываемого изделия. В 1871 г. Э. Пархурст запатентовал цанговый патрон и зажимной механизм подобного рода. Прототипом этого цангового патрона была цанга *Витворта*. Впоследствии были применены различные модели патронов с кулачками, зажимавшими и отпускавшими прутки во время работы станка (без его останова). Подача материала обеспечивалась вначале (с 1861 г.) просто грузом, который через блок крепился к прутку и продвигал его до упора, укрепленного в револьверном диске, в момент разжимания кулачков. При большой массе прутка, однако, происходил сильный удар, что нарушало настройку станка. Для того чтобы избежать такого удара, применялся тормоз типа дросселя или другое приспособление.

В США в револьверных станках чаще всего использовалась храповая рейка. При диаметре заготовки большем, чем 2–3 дюйма, на мощных станках использовали методы подачи специальными механизмами. Поворот револьверной головки при окончании операции и необходимости смены инструмента тоже был автоматизирован (с 1861 г.).

Следовательно, на различных револьверных и токарных станках можно было автоматически, без останова станка, осуществить продвижение заготовки и ее зажим, обработку (при механической продольной и поперечной подаче), удаление готовой детали и последующее повторение цикла. Однако до 70-х гг. 19 в. использовались только некоторые из этих устройств, т. е. автоматизировались отдельные технологические операции, выполняемые на станках. Тенденции автоматизации металлорежущего оборудования в США стимулировались рядом факторов. Среди них экономические факторы занимали главенствующее место. Простота управления этими станками позволяла использовать неквалифицированную и дешевую рабочую силу – женщин и подростков, которые могли обслуживать несколько станков одновременно. Немаловажным было также то, что в период гражданской войны 1861–1865 гг. возрос спрос на огнестрельное оружие, а нехватка квалифицированных рабочих сдерживала рост его производства. Выходом из этого положения было создание станков-автоматов.

Первый универсальный токарный автомат изобрел в 1873 г. *Хр. Спенсер*.

5.2.2. Токарно-копировальные станки

В 1763 г. в Париже была напечатана книга *Ф. Берта*, посвященная часовому производству. В ней приведены две схемы станков часовых мастеров. Оба станка выполнены на весьма высоком техническом уровне, изготовлены из металла, их отличает высокая точность и простота управления.

При работе на фузейном станке, описанном *Ф. Берту*, квалификация рабочего не имеет большого значения, так как в его функцию входит только привести станок в движение и прижать резец к копиру (одна фузея нарезается в несколько заходов из необработанной болванки) (рис. 5.25). Форма фузеи соответствует форме сменного копира, шаг нарезки определяется углом наклона падающего бруса 5. Передвижение суппорта с резцедержателем в продольном направлении механическое. Эти станки интересны тем, что они предназначались в основном для обработки металлов и отличались значительной точностью. Кроме того, на них уже обрабатывали серийные детали.

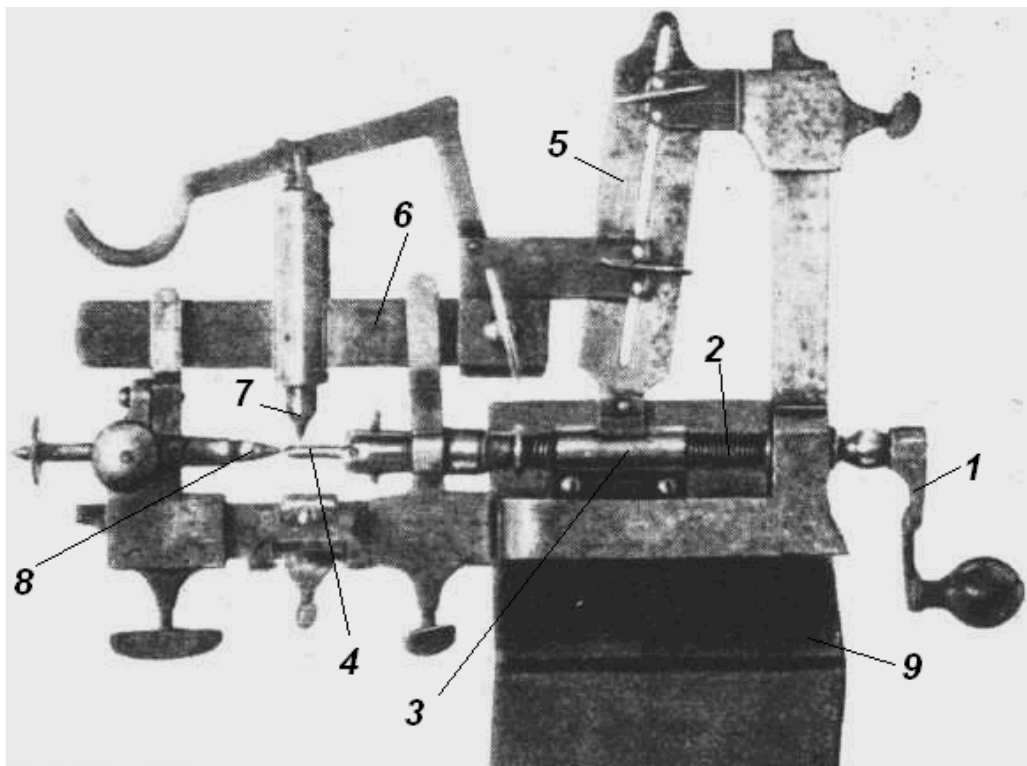


Рис. 5.25. Токарный (фузейный) станок (по Берту, Франция). 1763 г.:
1 – рукоятка; 2 – винт; 3 – гайка; 4 – передний центр;
5 – падающий брус; 6 – направляющая; 7 – резец;
8 – задний центр; 9 – станина

Рассмотрим еще один станок из «Иллюстраций» к «Энциклопедии» *Дидро* и *Даламбера*, замечательный тем, что он имел механиз-

рованный суппорт, который был первым описан в печатном издании. Он показан на рис. 5.26. Машина названа: гильоширный станок с маховиком и подвижное орудие.

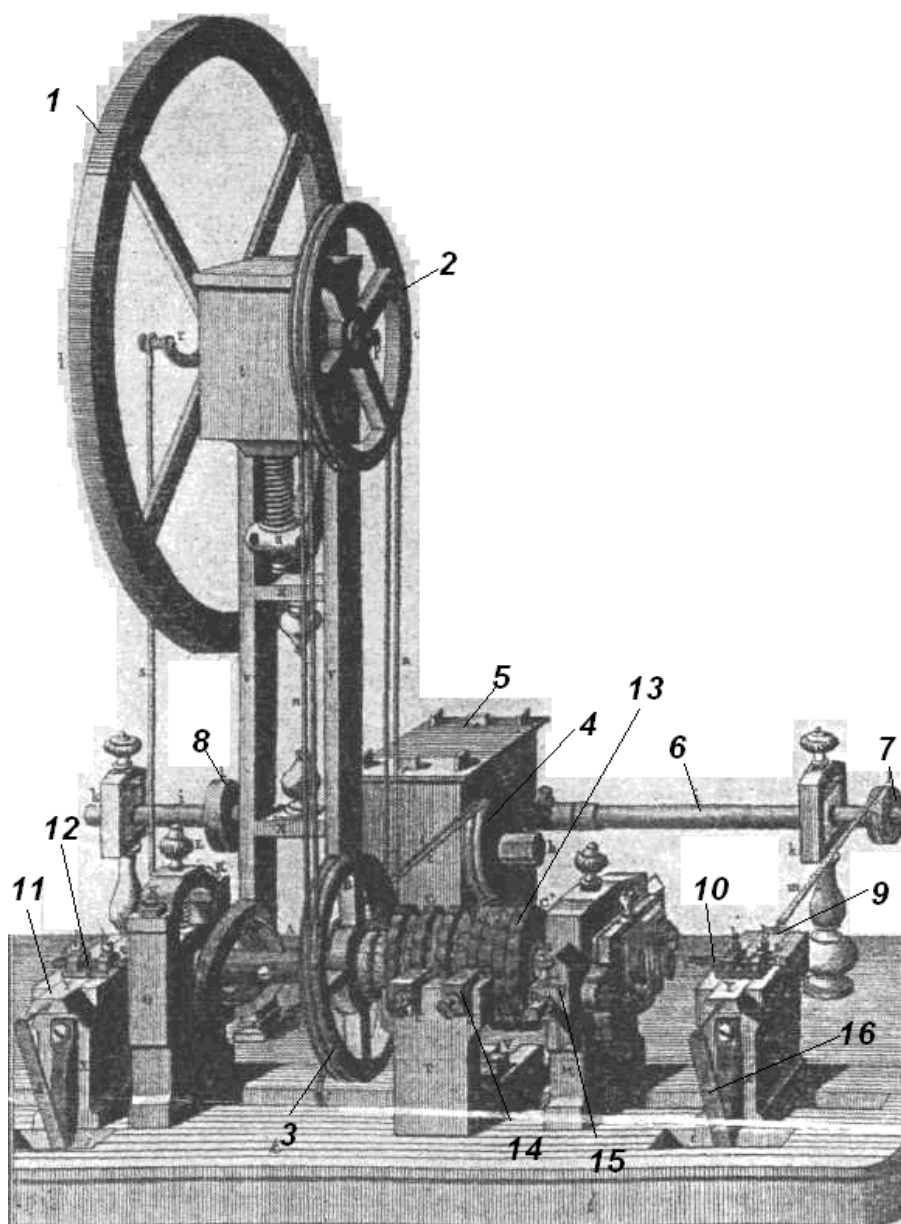


Рис. 5.26. Изображение механизированного суппорта токарно-копировального станка 1772 г. в печатном издании (по «Иллюстрациям» к «Энциклопедии» Дидро и Даламбера): 1 – маховик; 2 – шкив; 3 – шкив шпинделя; 4 – приемный шкив редуктора 5; 6 – вал; 7, 8 – приводные шкивы суппортов 9, 11; 10, 12 – резцы; 13 – копирные диски; 14 – копировальные пальцы; 15 – направляющие шпинделя

Резец 10 был пропущен сквозь отверстия скоб и зажат винтами. Скобы были неподвижно скреплены с пластиной, которая в свою оче-

редь прикреплена к суппорту 9. Последний имел направляющие в виде ласточкиного хвоста и мог под действием сравнительно небольшого усилия перемещаться в пазах стойки, неподвижно установленной на станине станка.

Суппорт имел на обоих торцах крючки. С одной стороны суппорт был присоединен к листовой пружине 16, которая обеспечивала постоянное равномерное натяжение в одну сторону. Прикрепленный ремешком с другой стороны суппорт, периодически преодолевая натяжение пружины 16, перемещался в радиальном направлении, а ремешок навивался на шкив 7. Сматываясь с него, он отпускал суппорт, который мог вернуться в исходное положение под действием пружины 16. Таким образом, обеспечивалось возвратно-поступательное движение суппорта.

Рассмотрим систему передачи движения подачи от главного привода. На шпинделе имелся шкив 3, который двухрядным веревочным приводом соединялся со шкивом 4 редуктора, из которого выходил вал 6. На последнем был посажен уже упоминавшийся ранее шкив 7 с прикрепленным к нему ремешком.

Внутреннее устройство редуктора отдельно показано на рис. 5.27. Здесь имелись две червячные пары. Двухручьевый шки 1 – приемный. Вал 5, обозначенный на рис. 5.27, уже показан выше, на рис. 5.26, как валик 6. Наличие маховика, соединенного с педальным приводом, обеспечивало постоянство направления вращения шпинделя. Механических суппортов на станке было два, по одному у каждого из двух концов шпинделя.

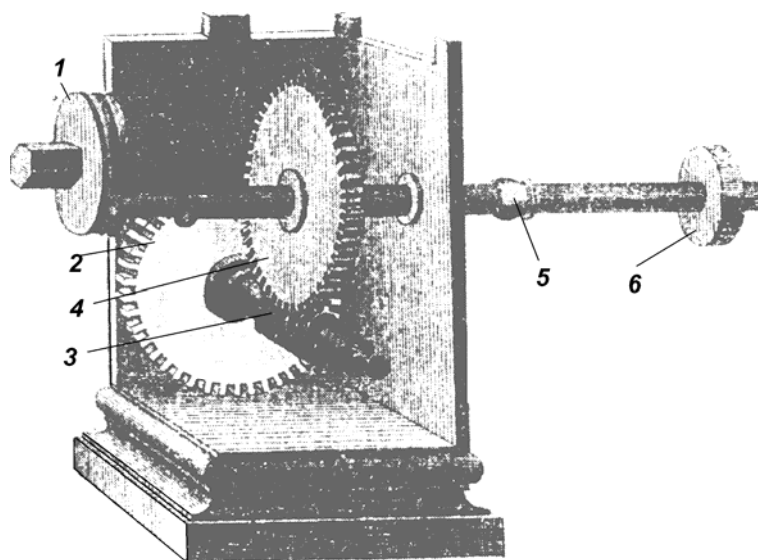


Рис. 5.27. Редуктор станка 1772 г. с механизированным суппортом (по «Иллюстрациям» к «Энциклопедии» Дидро и Даламбера):

1 – приемный шкив; 2 – червячное колесо; 3 – червяк;
4 – червячное колесо; 5 – вал; 6 – шкив

5.2.3. Токарно-винторезные станки

Устойчивость и прочность станка были повышены за счет применения чугунной станины (рис. 5.28). Она состояла из двух параллельных трехгранных чугунных брусьев трех футов длины, скрепленных болтами с массивными чугунными ногами-опорами. Продольные брусья рамы служили одновременно направляющими. Шпиндель передней бабки был соединен с ходовым винтом парой зубчатых колес, закрытых металлическим ограждением, которое предусмотрено для предотвращения захвата колесами рабочего и является, по-видимому, первым стационарным защитным устройством в конструкции станка. Суппорт получал движение от ходового винта с помощью пары зубчатых колес. Ходовой винт имел квадратную нарезку, применение которой в ходовых винтах других машин и механизмов было к тому времени общепринятым. Число ниток на дюйм ходового винта равнялось четырем. Для нарезания винтов с различным шагом при станке имелся запас сменных ходовых винтов. Их смена облегчалась устройством разъемных подшипниковых опор.

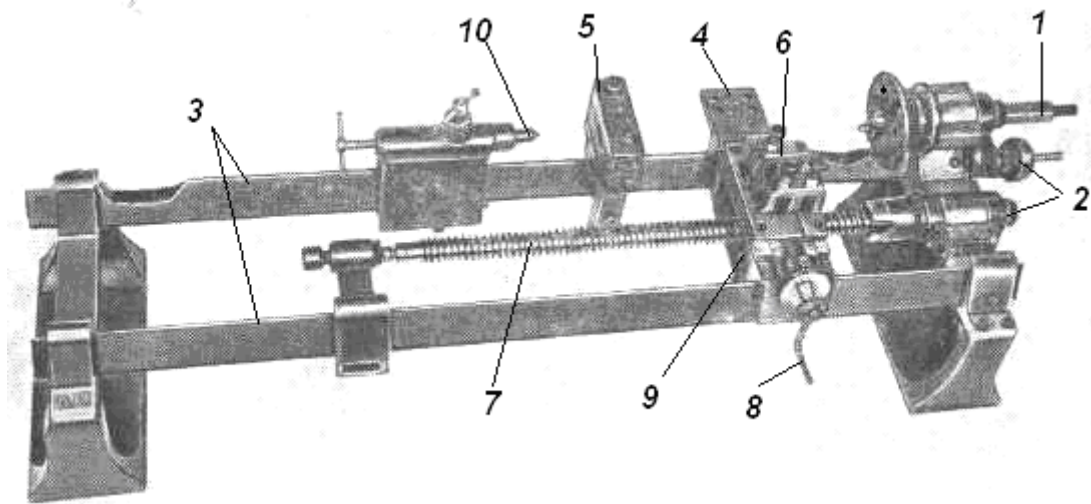


Рис. 5.28. Токарно-винторезный станок с суппортом. Конструктор Г. Модсли. 1797 г. Хранится в Кенсингтонском музее истории науки и техники (г. Лондон): 1 – шпиндель; 2 – приводные колеса; 3 – направляющие; 4 – поперечный суппорт; 5 – люнет; 6 – резцедержатель; 7 – ходовой винт; 8 – рукоятка поперечных подач; 9 – продольный суппорт; 10 – центр задней бабки

Его автором стал Г. Модсли. В 1794 г. он создал конструкцию суппорта, довольно несовершенную. В 1798 г., основав собственную мастерскую по производству станков, он значительно улучшил суппорт, что позволило создать вариант универсального токарного стан-

ка. Для того чтобы заставить суппорт перемещаться на нижних салазках вдоль станка, Модсли соединил с помощью двух зубчатых колес шпиндель передней бабки с ходовым винтом суппорта. Вращающийся винт вкручивался в гайку, которая тянула за собой салазки суппорта и заставляла их скользить вдоль станины. Поскольку ходовой винт вращался с той же скоростью, что и шпиндель, то на заготовке нарезалась резьба с тем же шагом, что была на этом винте.

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

В 1800 г. Модсли внес замечательное усовершенствование в свой станок – взамен набора сменных ходовых винтов он применил набор сменных зубчатых колес, которые соединяли шпиндель и ходовой винт (их было 28 с числом зубьев от 15 до 50). Среди конструкций, разработанных Модсли на основе использования винта, по мнению Несмита, привлекает внимание также двухкулачковый патрон, который получил широкое распространение в машиностроении и был вытеснен трехкулачковым патроном лишь спустя полвека после изобретения. Для суждения о точности исполнения станочных и слесарных работ он создал большой стационарный микрометр, назвав его «Верховный судья». В России в период 1810–1818 гг. механик Тульского оружейного завода (ТОЗ) *П. Д. Захава* создал целый ряд станков для обработки ружейных стволов, отличающихся высокой степенью механизации, применением стружколомов и смазочно-охлаждающей жидкости для интенсификации процесса резания. Среди них были станки для наружной обточки, сверления, отрезки, нарезки, обработки казенной части, протягивания и др. Следует отметить также выдающиеся успехи ТОЗа в области взаимозаменяемости ружейных деталей, которая благодаря прекрасно налаженному калибровому хозяйству начала применяться на 36 лет раньше, чем была создана Уитни в США.

Привод главного движения станка осуществлялся от трансмиссионного вала на шкив 4, установленный на шпинделе станка

(рис. 5.29). Суппорт приводился в движение с помощью маточной гайки, передвигавшейся по ходовому винту 3. Гайка была вынесена в сторону от суппорта. Это следует отнести к недостаткам устройства, поскольку такое конструктивное решение снижает жесткость. Ходовой винт, осуществлявший движение подачи, был связан с приводным шкивом зубчатой передачей 2.

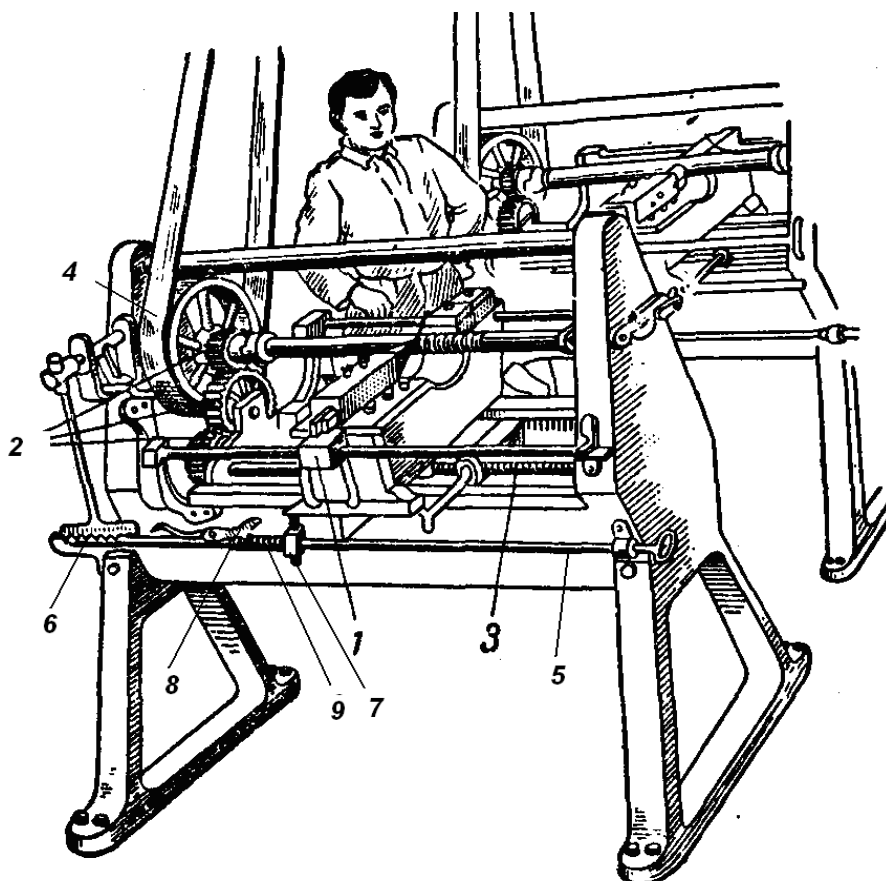


Рис. 5.29. Токарно-винторезный станок, изготовленный на заводе Берда. Конструктор П. Д. Захаво. 1813 г.

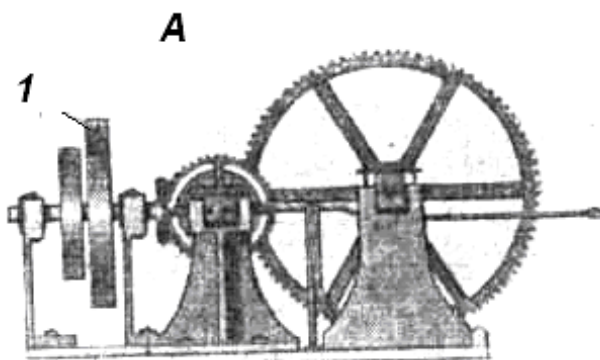
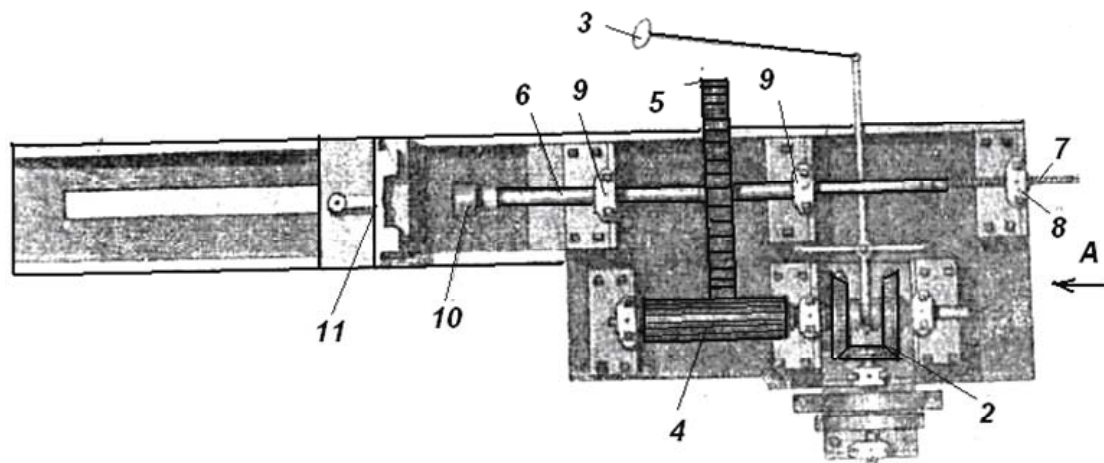
На корпусе 1 суппорта перпендикулярно линии центров были прорезаны пазы, в которых могли перемещаться туго пригнанные салазки с установленными на них симметрично резцедержателем (слева от ствола) и упором – скользящим люнетом, предотвращавшим изгиб ствола под действием сил резания (справа от ствола). Устройство салазок было вызвано необходимостью получения конической формы наружной поверхности ружейного ствола. Салазки были снабжены фиксирующими пружинами.

В резцедержателе рядом с резцом зажимался стружколоматель. Это первый стружколоматель во всей истории резания металлов.

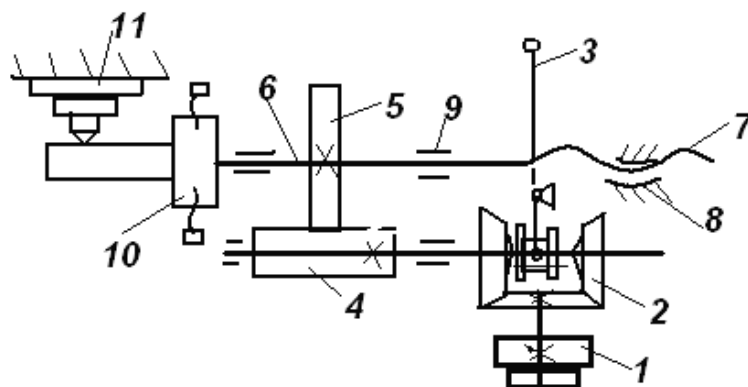
Включение и выключение механического суппорта осуществлялись при соединении и отсоединении зубчатого колеса 2 от приводного шкива 4. Зубчатое колесо 2 было выполнено как одно целое с муфтой, которая с помощью соединения в форме ласточкина хвоста могла подключаться к шкиву 4. Последний работал в холостую до тех пор, пока к нему не подключалась муфта с зубчатым колесом 2.

Для включения механического суппорта и одновременно приведения во вращение обрабатываемой детали служила тяга 5 с рукояткой в виде петли. При движении тяги 5 перемещалась короткая зубчатая рейка и сцеплявшийся с нею зубчатый сектор 6. Качания последнего вызывали включения-выключения муфты с зубчатым колесом 2. Автоматическое выключение станка наступало тогда, когда палец 7, укрепленный на механическом суппорте, сталкивался с собачкой 8 и приподнимал ее. При этом пружина 9 освобождалась и перемещала тягу 5 в направлении, обратном тому, в котором она перемещалась при включении станка. Отвод суппорта осуществлялся вручную.

На рис. 5.30 представлен чертеж винторезного станка *Черепановых*. Станок воспринимал крутящий момент на приемный ступенчатый шкив 1, с которым было связано реверсивное устройство, состоявшее из трех конических зубчатых колес 2 и кулачковой муфты, включавшейся рукояткой 3. Реверсивное устройство передавало крутящий момент широкому зубчатому колесу 4, сцеплявшемуся с зубчатым колесом 5, закрепленном на шпинделе 6. Шпиндель 6 являлся продолжением ходового винта 7, перемещавшегося при вращении в неподвижной гайке 8. Он мог свободно вращаться и перемещаться вдоль своей оси в подшипниках 9. Ширина зубчатого колеса 4 соответствовала длине винта 7. На конце шпинделя 6 был укреплен патрон 10, предназначавшийся для зажимания заготовки винта. Цифрой 11 обозначен не вычерченный подробно суппорт. В нем закреплялись неподвижно резцы (обычно два), которые выбирали в обрабатываемой детали за несколько проходов винтообразное углубление. Суппорт мог быть установлен и закреплен в любом месте станины, в зависимости от длины нарезаемого винта. Понятно, что при наличии одного образцового ходового винта мог нарезаться только один соответствующий ему винт. Вероятно, надобности в большом разнообразии винтов не имелось. В том же случае, если она возникала, требовалось устанавливать другие ходовые винты.



a)



б)

Рис. 5.30. Эскиз токарно-винторезного станка Черепановых (а) и его структурная схема (б). Выйское механическое заведение, Россия. Первая половина 19 в.

Д. Витворт изобрел автоматическую подачу в поперечном направлении, которая была связана с механизмом продольной подачи токарного станка. Этим было завершено принципиальное совершенствование токарного оборудования. Он же предложил конструкцию «резьбы Витворта», получившую широкое распространение и просу-

ществовавшую многие десятилетия, благодаря разработанной им же системе ее стандартизации. Созданная Витвортом точная измерительная машина и система калибров для измерения деталей в массовом производстве способствовала широкому внедрению стандартизации.

Большой вклад в развитие станков внес английский машиностроитель Дж. Несмит.

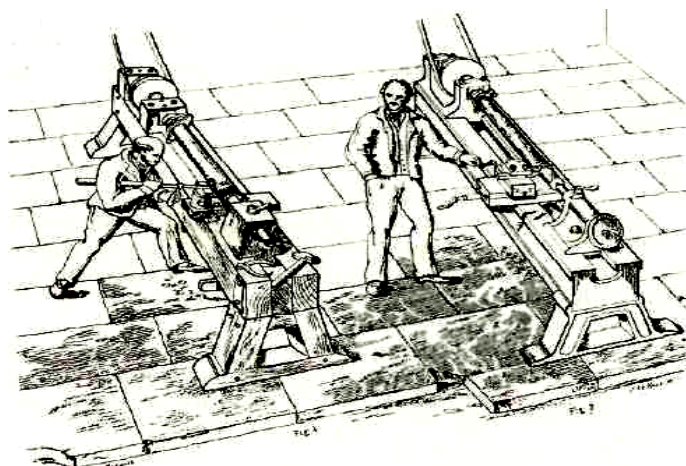


Рис. 5.31. Иллюстрация работы токаря на токарном станке без суппорта и с механизированным суппортом.
Рисунок Дж. Несмита. 1841 г.

Так как механизм изображенного Несмитом токарно-винторезного станка скрыт станиной (рис. 5.31), то, чтобы познакомить читателей с основным принципом работы механического суппорта, показать, как обеспечивается взаимодействие между главным движением и движением подачи, Несмит привел символическую схему (рис. 5.32).

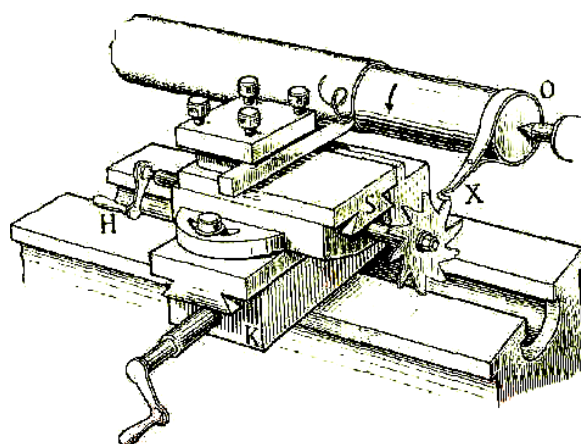


Рис. 5.32. Символическое изображение связи главного движения и движения подачи токарного станка с механизированным суппортом.
Рисунок Дж. Несмита. 1841 г.

Связь между движением обрабатываемой детали и суппортом, на которую обращает внимание Несмит, в действительности осуществлялась не с помощью пальца, поворачивающего звездочку на один зуб при каждом обороте шпинделя, хотя подобный способ сохранился до наших дней на некоторых тяжелых расточных станках. Несмит показал это устройство только в качестве наглядной иллюстрации, позволяющей читателю легко понять основу «принципа механического суппорта».

Для пояснения механизма взаимодействия между главным движением и движением подачи, который был скрыт от обозрения станиной (рис. 5.33), Несмит ввел условную пару цилиндрических зубчатых колес *W*. Для современного специалиста этот рисунок не требует пояснений, которые дает Несмит.

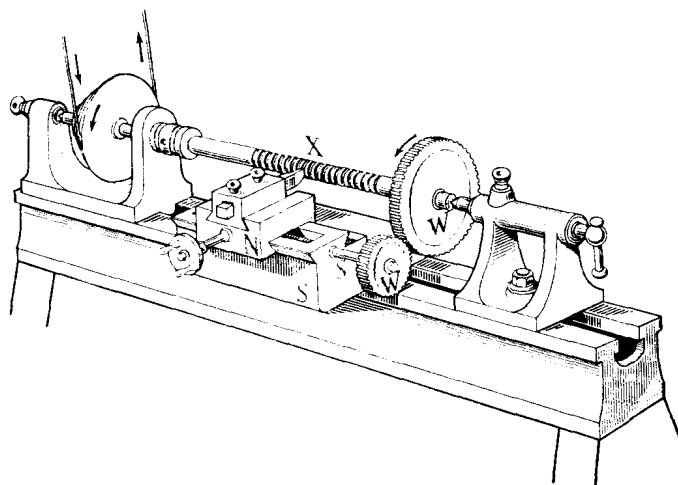


Рис. 5.33. Принципиальное устройство токарно-винторезного станка.
Рисунок Дж. Несмита. 1841 г.

Одним из учеников и продолжателей дела Модсли был *Р. Робертс*. Он улучшил токарный станок тем, что расположил ходовой винт перед станиной, добавил зубчатый перебор, ручки управления вынес на переднюю панель станка, что сделало более удобным управление станком (рис. 5.34). Этот станок работал до 1909 г.

В 1830 г. *Д. Фокс*, чтобы не снижать точность ходового винта вследствие срабатывания его в процессе точения, ввел в конструкцию токарного станка рейку для подачи суппорта, сохранив ходовой винт, который теперь использовали только при нарезании резьбы (рис. 5.35). Длина станка была 22 фута, на нем могли обрабатываться детали до 27 дюймов диаметром. Станки Фокса экспортировались в Германию, Францию, Польшу.

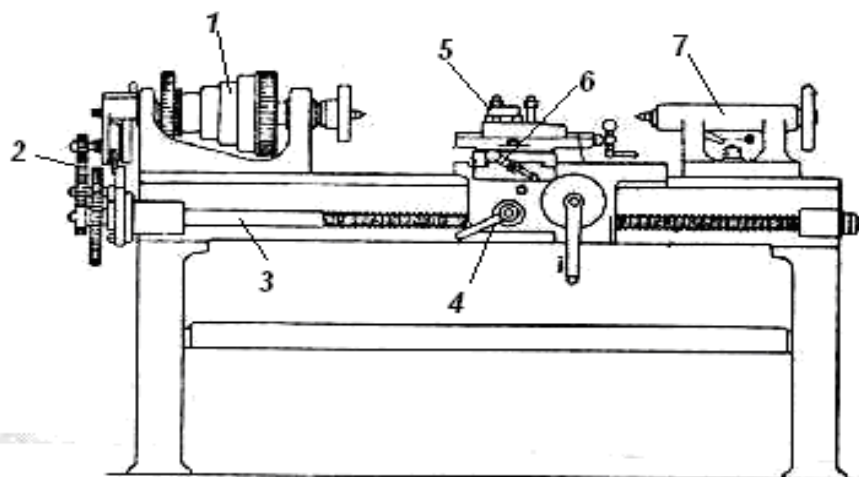


Рис. 5.34. Эскиз токарного станка. Конструктор Р. Робертс:
 1 – приемный шкив; 2 – сменные зубчатые колеса; 3 – ходовой винт;
 4 – рукоятка включения передачи винт-гайка; 5 – резцедержатель;
 6 – рукоятка поперечных подач; 7 – задняя бабка

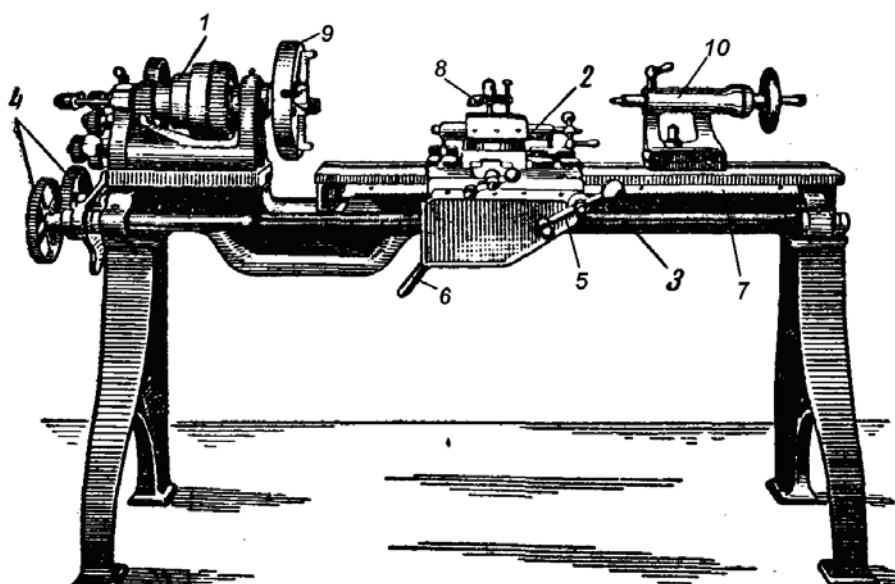


Рис. 5.35. Промышленный токарный станок середины 19 в.:
 1 – приемный ступенчатый шкив; 2 – салазки; 3 – ходовой винт;
 4 – гитара сменных зубчатых колес; 5 – рукоятка продольных подач;
 6 – рукоятка включения передачи винт-гайка; 7 – рейка;
 8 – резцедержатель; 9 – кулачковый патрон; 10 – задняя бабка

5.2.4. Зуборезные станки

Дж. Несмит описал также принципы конструирования станков для фрезерования зубьев колес в том виде, как они сложились к середине 19 в. В частности, он привел схему немеханизированного суппорта и делительного устройства на зубофрезерном станке (рис. 5.36).

Как видно на рисунке, заготовка 4 закреплялась между центрами станка на оправке. На шпинделе был закреплен делительный диск 1 с фиксатором, установленным на станине. Оправка поворачивалась на требуемый угол вручную, нарезание же велось механической фрезой. Перемещение фрезы в направлении, перпендикулярном оси вращения заготовки, и ее подача осуществлялись вращением рукояток суппорта.

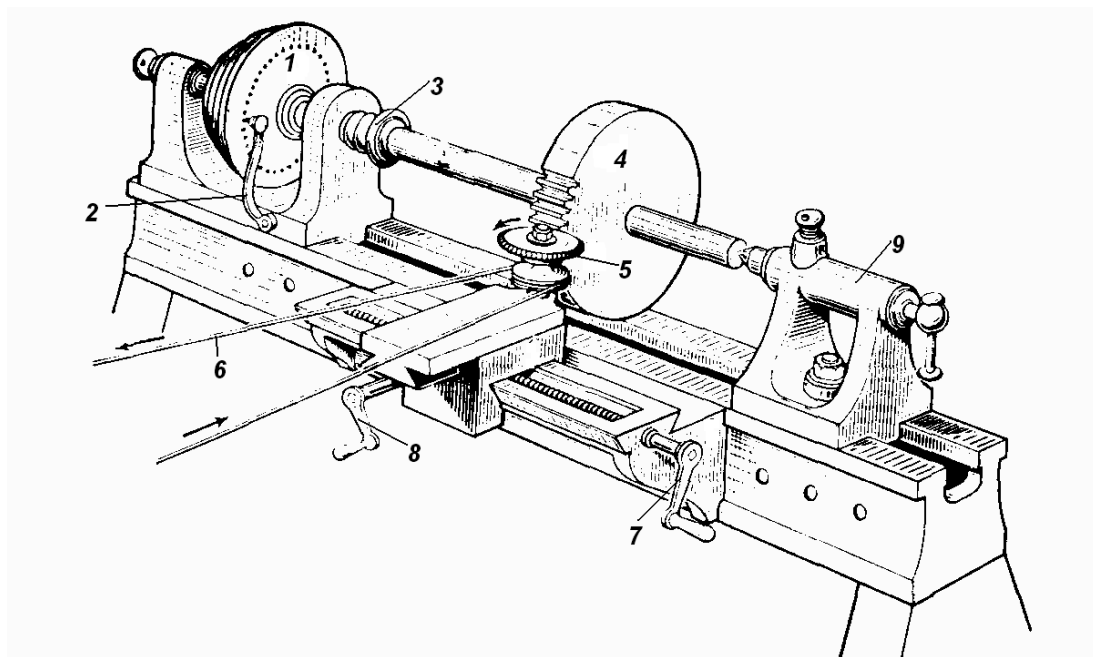


Рис. 5.36. Схема немеханизированного суппорта и делительного устройства зубофрезерного станка. Рисунок Дж. Несмита. 1841 г.:
 1 – делительный диск; 2 – фиксатор; 3 – приемный шкив;
 4 – заготовка; 5 – фреза; 6 – приводные ремни; 7 – рукоятка продольных подач; 8 – рукоятка поперечных подач; 9 – задняя бабка

Зубья конических колес изготавливались также выпиливанием по предварительно нанесенной разметке. Эта работа требовала высшей квалификации и была очень трудоемкой. В статье Бенсона имеется фотография (рис. 5.37), на которой представлен небольшой станок для нарезания мелких конических зубчатых колес. Задняя бабка зуборезного станка снабжена большим делительным кольцом и остановом. Делительное кольцо было, видимо, заимствовано у токарного станка, на котором в те времена нередко нарезали зубья колес, перемещая суппорт вручную. У зуборезного станка Модсли заготовка закреплялась на консольном конце шпинделя. Режущий инструмент в державке скользил по горизонтальной направляющей 2. Возвратно-поступательное движение резца осуществлялось кривошипно-шатунным механизмом, приводимым в движение с помощью плоско-

ременной передачи 1. Внутренний конец направляющей был шарнирно укреплен на шпинделе, а другой конец снабжен копировальным пальцем, входившим в контакт с полым копиром, укрепленным в регулируемом кронштейне.

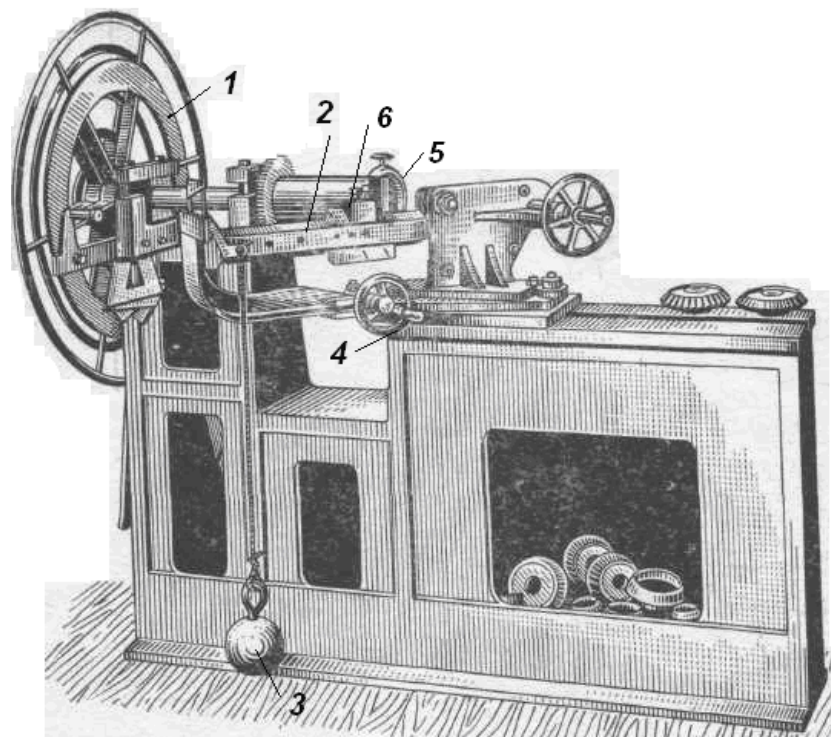


Рис. 5.37. Зубострогальный станок для нарезания зубьев конических колес. Конструктор Г. Модсли. Первая четверть 19 в.:
1 – приводной шкив; 2 – направляющие резцового суппорта;
3 – груз возврата суппорта; 4 – рукоятка; 5 – заготовка; 6 – резец

Профиль копира соответствовал профилю зуба, который нужно было получить на зубчатом колесе. Для обеспечения непрерывности контакта между копиром и копировальным пальцем к последнему подвешивался груз.

Этот станок по точности обработки мог конкурировать в течение последующих трех четвертей века со всеми другими, построенными после.

5.2.5. Строгальные и долбежные станки

В 1817 г. Р. Робертс создал один из первых строгальных станков для обработки деталей с плоскими поверхностями.

Как видно на рис. 5.38, на литой чугунной станине укреплены неподвижно две вертикальные стойки, по направляющим которых могла перемещаться вверх и вниз резцовая головка. Это осуществлялось при

вращении рукоятки. Кроме того, вертикальные направляющие были и на самой резцовой головке. По ним при вращении той же рукоятки мог перемещаться вверх и вниз резцедержатель 3 вместе с закрепленным на нем резцом 1. Резцедержатель мог быть поставлен под углом и закреплен в этом положении. Таким образом достигалась большая точность и маневренность в регулировании подачи по вертикали.

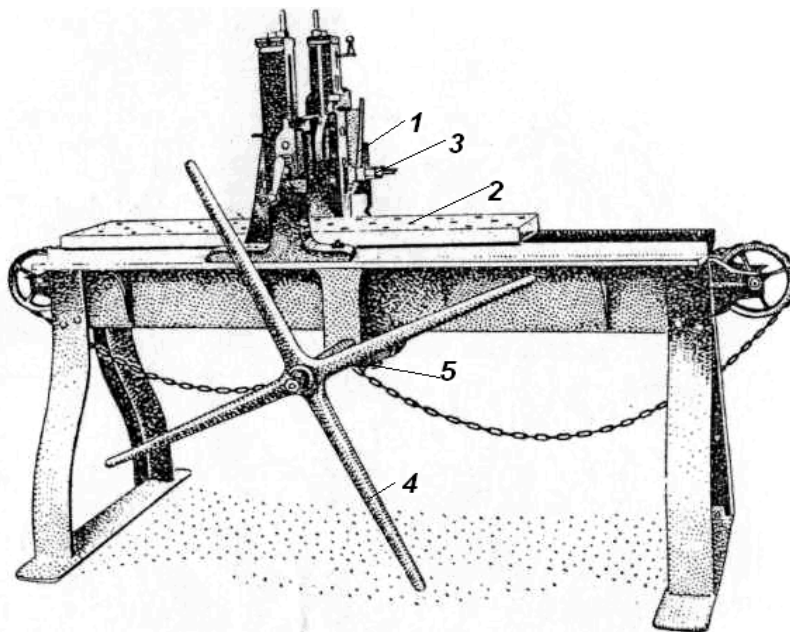


Рис. 5.38. Продольно-строгальный станок Р. Робертса. 1817 г. (фотография с натуры): 1 – резец; 2 – стол; 3 – резцедержатель; 4 – приводной ворот; 5 – цепь привода стола

Подача по горизонтали осуществлялась вручную, с помощью рукоятки, насаженной на ходовой винт. Резец откидывался при обратном ходе стола станка. Стол приводился в движение вручную с помощью приводного ворота 4. Передача на станке цепная. Оба конца цепи были прикреплены к торцам стола 2, на торцах станины они обходили цепные звездочки. Середина цепи была обведена вокруг цепного барабана, на оси которого насажен упоминавшийся выше приводной ворот 4. Вращением его в ту или другую сторону достигался прямой и обратный ход стола.

В 1825 г. Дж. Клемент предложил конструкцию продольно-строгального станка (рис. 5.39а–5.39г).

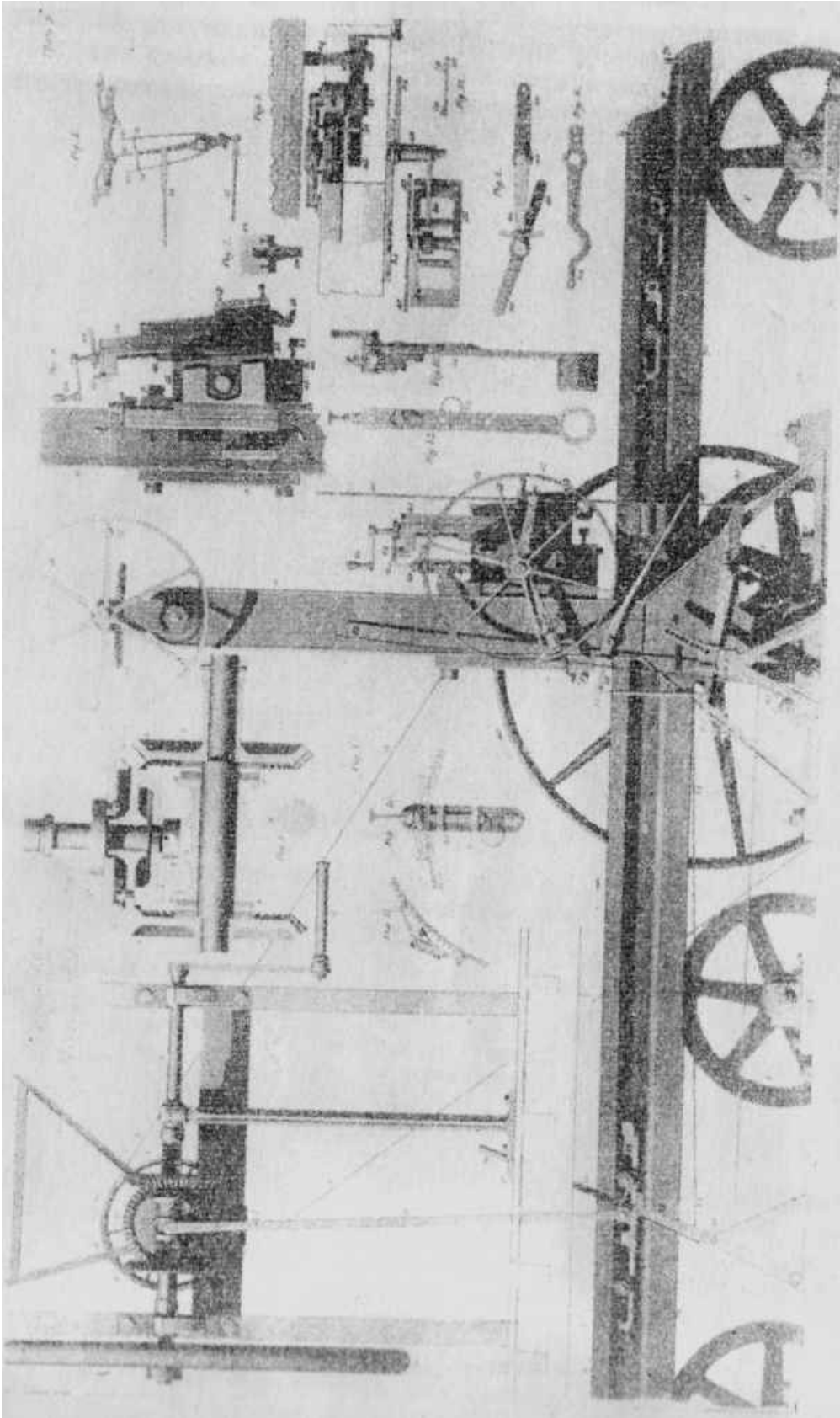


Рис. 5.39а. Продольно-строгальный станок Дж. Клементя. 1825 г.:
продольный вид с механизмами реверса и суппорта

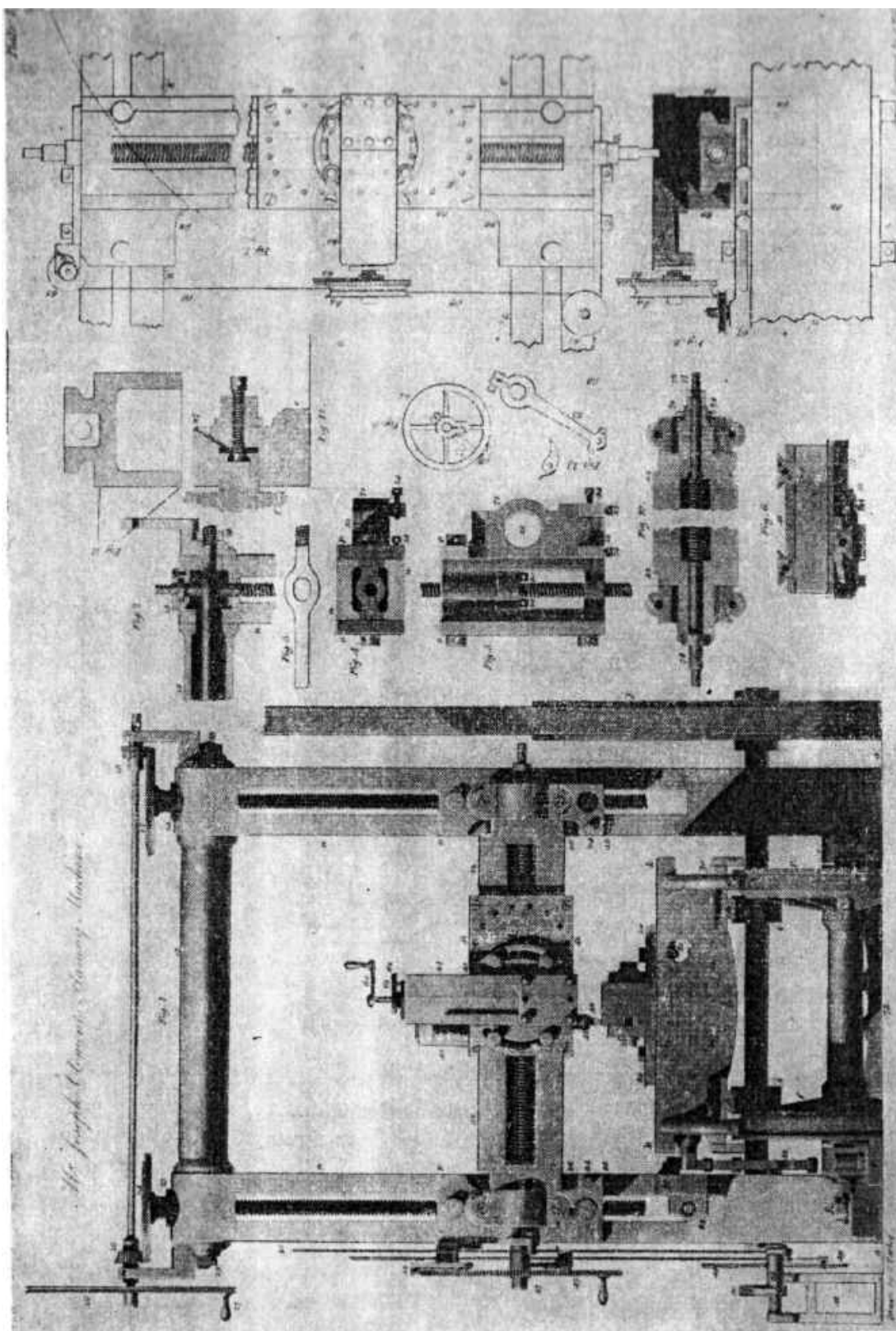


Рис. 5.39б. Продольно-строгальный станок Дж. Клементя. 1825 г.:
вид спереди с элементами передач

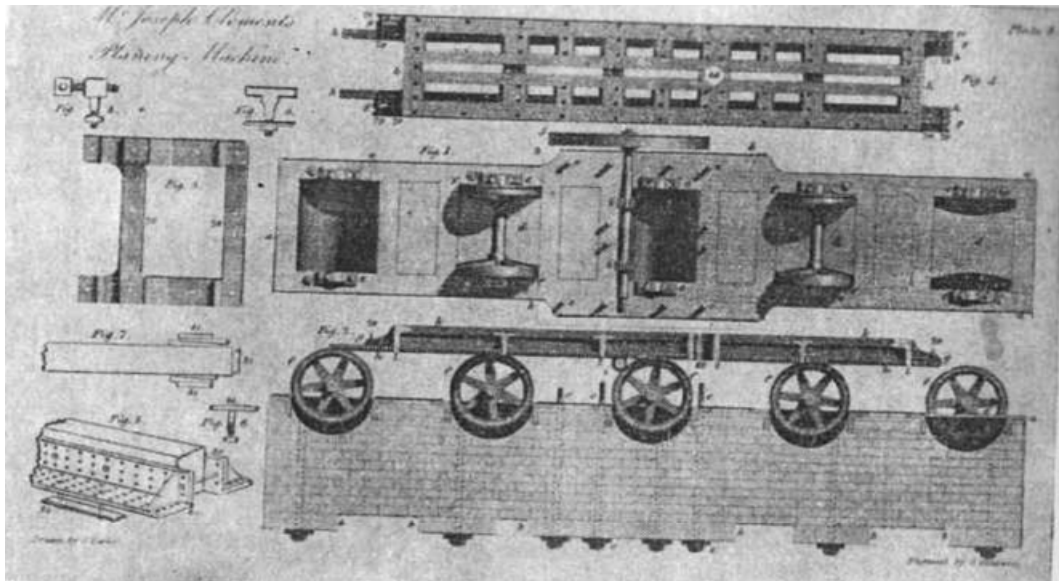


Рис. 5.39в. Продольно-строгальный станок Дж. Клемента. 1825 г.:
конструкция катковых направляющих

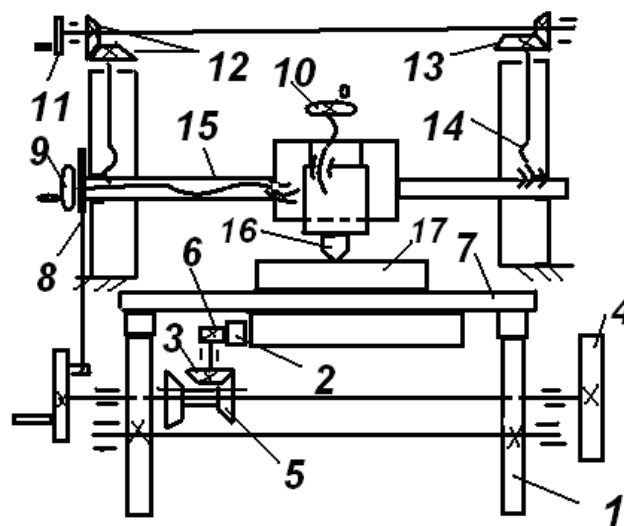


Рис. 5.39г. Продольно-строгальный станок Дж. Клемента. 1825 г.:
кинематическая схема

Станок Дж. Клемента был описан его племянником в статье, помещенной в «Записках общества поощрения искусств и ремесел». Эта статья снабжена гравюрами, воспроизводящими подлинные чертежи Клемента (который считался лучшим чертежником Англии) и представленными на рис. 5.39а–5.39в. На основании описания и из рассмотрения чертежей можно получить довольно полное представление о станке.

Важной частью станка являлся особо прочно и тщательно выложенный каменный фундамент. На нем были установлены пять пар подшипников, поддерживавших пять колесных пар 1, свободно вра-

щавшихся в выемках фундамента. Подшипники и колесные пары были изготовлены и установлены с большой точностью так, чтобы лежащий на колесах стол 7 с заготовкой 17 станка всегда находился в строго горизонтальном положении. Тщательность установки была столь велика, что Клемент, по утверждению Смайлса, не раз сам говорил: «Если вы положите хотя бы отрезок бумаги под один из валиков, то вся машина тотчас остановится».

Стол имел по всей длине зубчатую рейку 2, с которой сцеплялась шестерня 6, связанная с маховым колесом 4, вращавшимся рабочим вручную. Перемена направления движения стола осуществлялась с помощью муфты, неподвижно соединенной с коническим зубчатым колесом 5 (образующей конический реверсивный механизм). Последнее, перемещаясь вправо и влево, входило в зацепление с зубчатым коническим колесом 3, обеспечивавшим вращение реечной шестерни 6 в ту или другую сторону. Переключение муфты осуществлялось с помощью рычажного устройства. Рукоятка 11 посредством конических колес 12, 13 передавала вращательное движение на винты 14, перемещающие вертикально траверсу 15.

Суппорт мог перемещаться горизонтально вручную от рукоятки 9, кроме того, он имел также храповой механизм 8, осуществлявший перемещение резца после каждого прохода стола. Глубина резания регулировалась вручную рукояткой 10. Наличие на суппорте дугообразных прорезей позволяло в случае надобности устанавливать резец под углом (рис. 5.39б). Резец 16 имел весьма целесообразную форму, он был изогнутым. Первые десять лет эксплуатации этот станок был единственный в Англии и Клемент был перегружен заказами. В этом станке Клемент впервые применил направляющие качения, которые найдут распространение только через полтора века.

Полностью механизированный строгальный станок изготовил в 1842 г. *Д. Витворт* (по патенту 1835 г.). Несмит подчеркивал, что установка механического суппорта на строгальном станке открыла перед последним широкие возможности применения. По словам изобретателя, за последние десять лет (т. е. в течение 30-х гг. 19 в.) строгальный станок получил всеобщее распространение на машиностроительных предприятиях. Несмит приводит схему устройства продольно-строгальных станков (рис. 5.40). Легко заметить, что это схематическое изображение, относящееся к 1841 г., уже содержит в себе все важнейшие элементы современного нам продольно-строгального станка, который в дальнейшем на протяжении более чем ста лет совершенствовался лишь в деталях. Несмит не только изобретал новые станки и усовершенствовал уже существовавшие, но и

строил их сотнями на своем заводе. Благодаря этому обеспечивалось широкое внедрение его достижений в промышленность стран Европы и США, которые закупали у него металлорежущее оборудование.

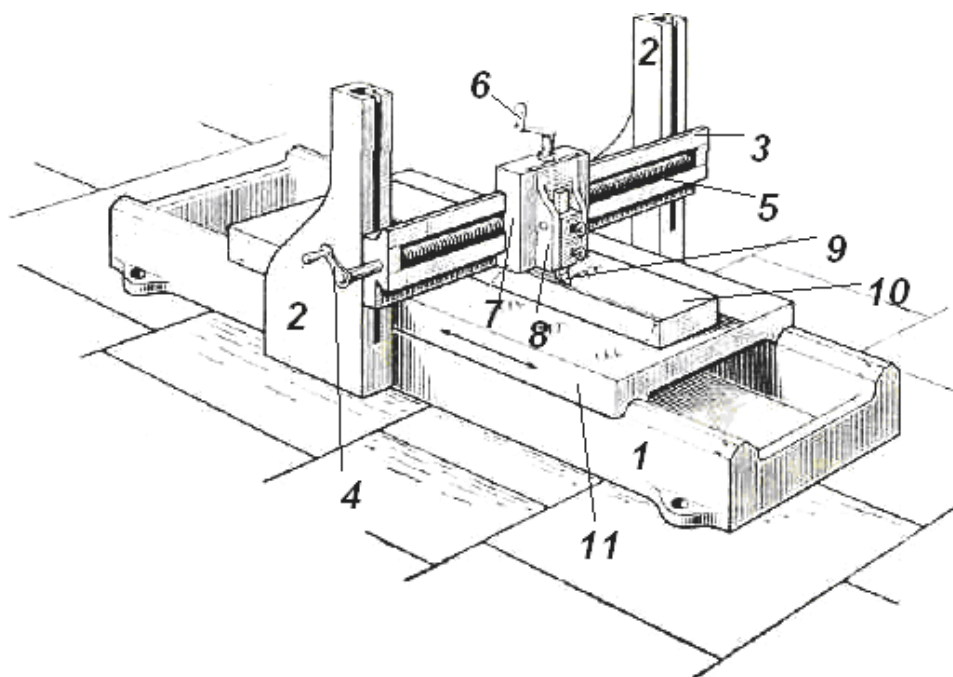


Рис. 5.40. Схема устройства продольно-строгального станка. Рисунок Дж. Несмита. 1841 г.: 1 – станина; 2 – стойки; 3 – траверса; 4 – рукоятка перемещения суппорта 7 по траверсе; 5 – винт; 6 – рукоятка вертикальных перемещений суппорта 8; 9 – резец; 10 – заготовка; 11 – стол

Несмотря на большие размеры стола 12 (рис. 5.41), его возвратно-поступательное движение, так же как и в станке Робертса, конструктивно обеспечивалось цепью, концами прикрепленной к торцам стола и обходящей блоки, неподвижно закрепленные на станине, и большим колесом, приводящим цепь в движение. При этом резец перемещался под действием храпового механизма.

В своей статье Бенсон помещает фотографию более позднего поперечно-строгального станка, построенного на заводе Модсли во второй четверти 19 в. (рис. 5.42). Станок имел конструкцию, близкую к современной. Это особенно относится к устройству стола и приспособлению для установки резца на ползуне, позволявшему легко регулировать глубину резания, а также высоту резца над столом. Приемный ступенчатый шкив 1 и маховик 2 находились на одном валу с регулировочным эксцентриком, обеспечивавшим возвратно-поступательное движение ползуна 3.

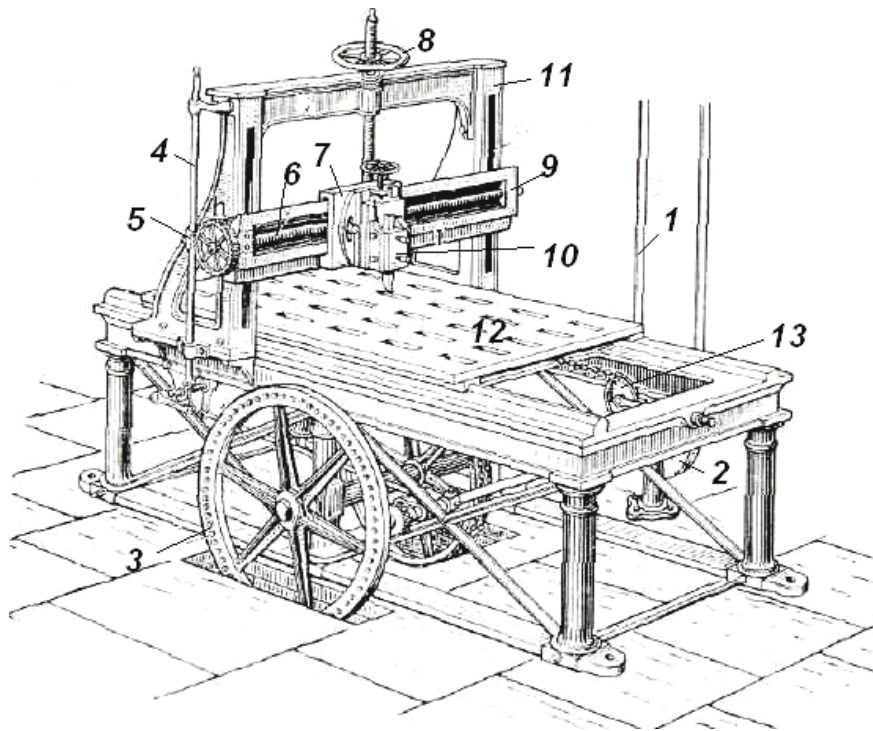


Рис. 5.41. Продольно-строгальный станок.

Конструктор Дж. Несмит. 1840 г.: 1 – приводной ремень; 2 – шкив; 3 – маховик; 4 – вал; 5 – зубчатое колесо привода продольных подач суппорта 7; 6 – винт; 8 – маховичок привода вертикальных подач траверсы 9; 10 – поворотный резцедержатель; 11 – портал; 12 – стол; 13 – звездочка

Устройство для механизации подачи уже имелось. Оно было расположено фронтально и, как ясно видно на рисунке, состояло из обычной в таких случаях винтовой пары 5. Винт вращался с помощью храпового механизма 6. Величина подачи регулировалась перемещением камня в кулисной прорези рычага, приводившего в действие храповой механизм. Установленные на столе станочные тиски 4, видимо, более позднего происхождения.

Кривошипно-шатунный механизм, впервые введенный Модсли в кинематическую схему поперечно-строгального станка, вскоре был применен и для других металлорежущих станков. Поперечно-строгальный станок заменил слесаря, который при опиловке небольших металлических плоскостей совершал напильником возвратно-поступательные движения.

Около 1840 г. *Несмит* начал строить и экспортировать поперечно-строгальные станки («шейпинги»), которые стали образцами для многих европейских фирм. Один из таких станков (рис. 5.43), сконструированный по типу, разработанному Несмитом, был построен около 1848 г. на заводе Берда в Петербурге для петербургского «Арсенала».

Ход ползуна *1* у него регулировался перемещением кулисного камня *2*, резцовая головка имела вполне современный вид, также как и стол станка. Кроме того, станок был снабжен дополнительными устройствами для того, чтобы строгать не только плоскости, но и цилиндрические поверхности.

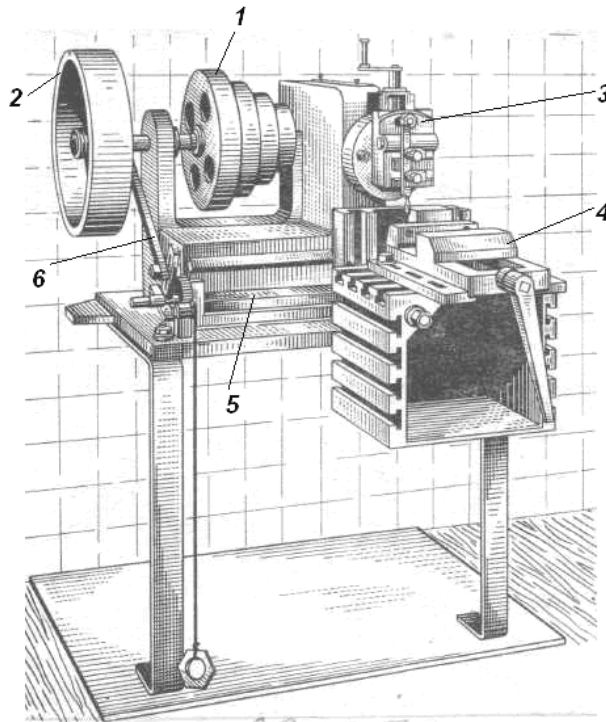


Рис. 5.42. Поперечно-строгальный станок.
Конструктор Г. Модсли. Вторая четверть 19 в.

Для обработки шпоночных пазов в отверстиях зубчатых колес использовались долбежные станки. Конструкция такого станка представлена на рис. 5.44. Привод главного движения осуществлялся от ременной передачи на многоступенчатый шкив *2*, который был закреплен на одном валу с кривошипом *4*, от него на шатун *3*, ползун и резец *1*. Резец совершал вертикальное возвратно-поступательное движение. Стол *8* перемещался по призматическим направляющим в продольном и поперечном направлениях, а также по направляющим стоек – в вертикальном направлении, от рукояток *6*, *9*, *10*. Кроме того, стол мог поворачиваться при помощи рукоятки *7*.

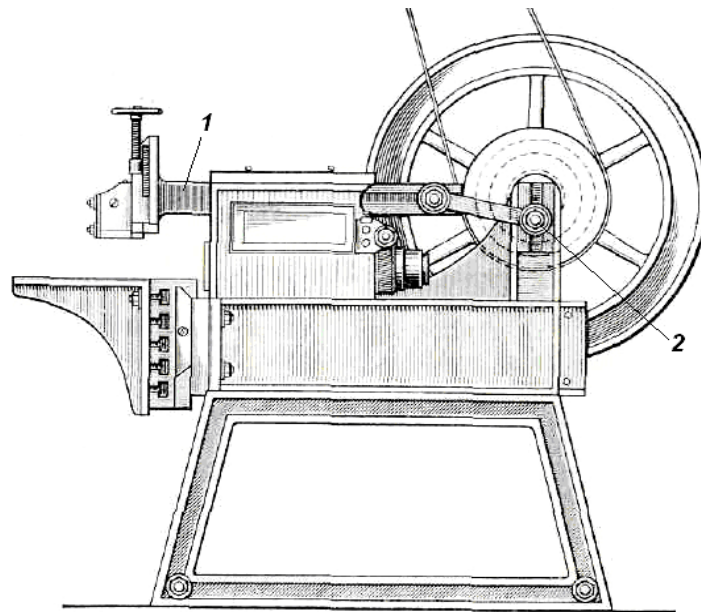


Рис. 5.43. Заводской чертеж поперечно-строгального станка.
Схема Дж. Несмита

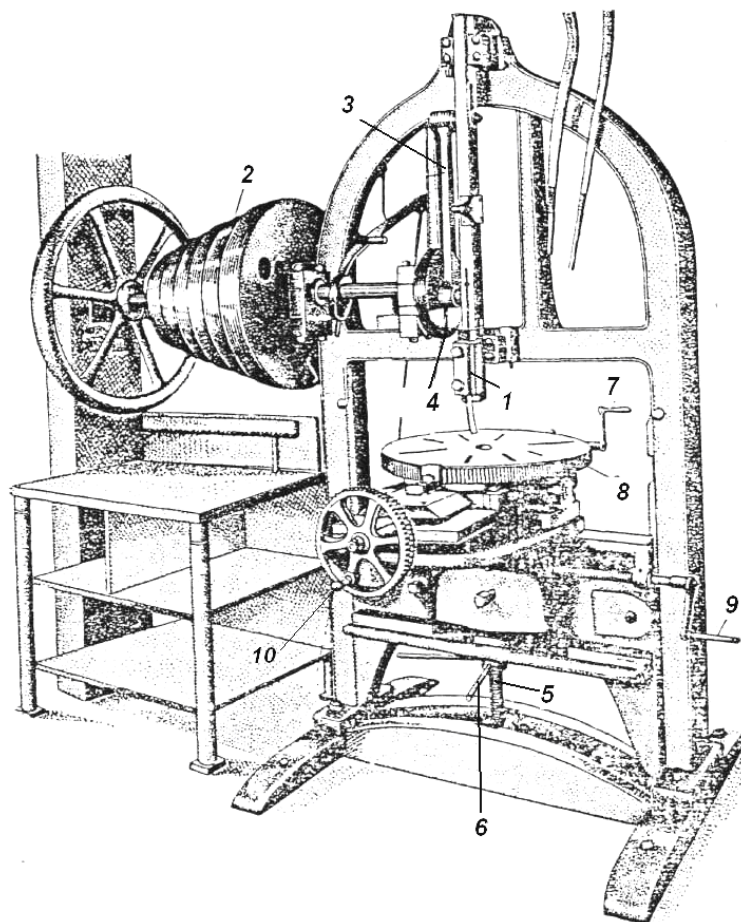


Рис. 5.44. Долбежный станок из оборудования завода Г. Модсли.
Первая половина 19 в. (фотография с натуры)

5.2.6. Фрезерные станки

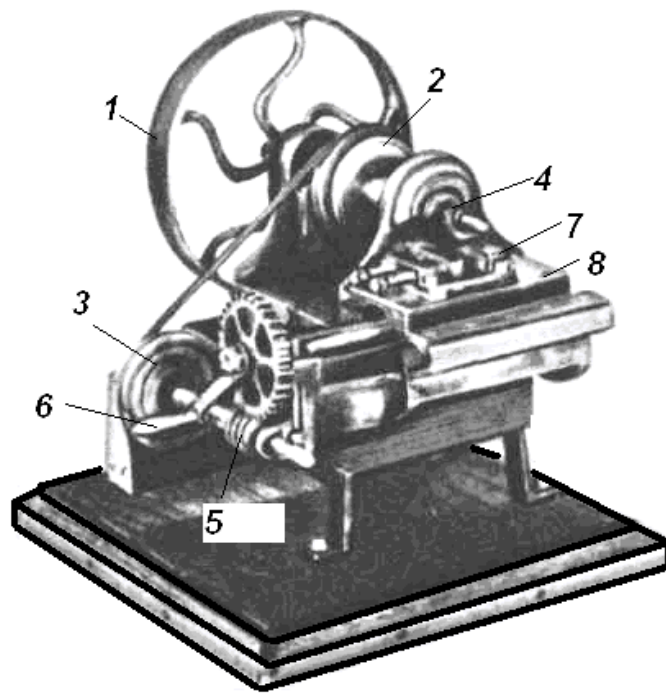
Американский изобретатель Э. Уитни сконструировал первый фрезерный станок и разработал для него специальный многолезцовый инструмент – фрезу. Уитни и его соотечественник С. Норт, занимавшиеся изготовлением мушкетов для американской армии (1798–1812), заложили также основы стандартизации и взаимозаменяемости в оружейном производстве. Это позволило в дальнейшем осуществлять специализацию и широкое кооперирование производства.

В станке на рис. 5.45, *а* главное движение передавалось ременной передачей на приемный шкив 1, который выполнял роль маховика и был установлен на шпинделе 4 станка. Движение подачи столу 8 передавалось от шпинделя посредством ступенчатых шкивов 2, 3 и червячной передачи 5. Кроме того, стол 8 можно было перемещать вручную от рукоятки 6. На столе были установлены тиски 7 для закрепления заготовки.

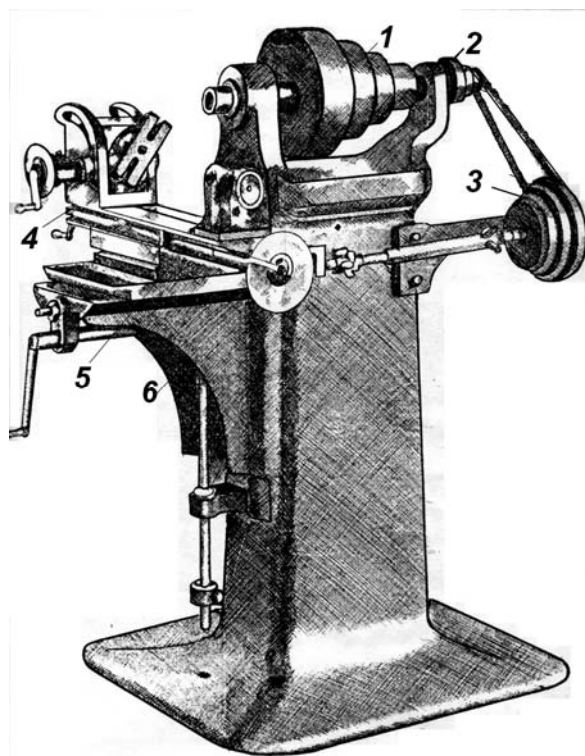
Главное вращательное движение фрезы на станке, изображенном на рис. 5.45, *б*, обеспечивалось ременной передачей посредством ступенчатого шкива 1, установленного на шпинделе станка. Движение продольной подачи стола обеспечивалось через ременную передачу 2, 3 на ходовой винт 4. Кроме того, стол вместе с салазками 5 мог перемещаться в поперечном направлении.

Позднее, в 1829 г., Дж. Несмит разработал свои конструкции фрезерных станков. Среди них представляет интерес станок для фрезерования граней гаек (рис. 5.46). После первых шагов в этом направлении, сделанных еще в лаборатории Г. Модсли, Дж. Несмит продолжал совершенствовать свое изобретение, создав специализированный станок для массового производства деталей машин невоенного характера. Заметим лишь, что в этом станке Несмита отсутствует надобность в точном соответствии между главным движением и движением подачи.

Главное движение обеспечивалось от трансмиссионного вала на ступенчатый шкив 1. Движение подачи осуществлялось от шпинделя, посредством ременной передачи 2, 3 и храповым механизмом 4, 5. Торцовая фреза 6 закреплялась на шпинделе, который устанавливался в опорах 11, 12. Заготовки 7 устанавливались на оправке и зажимались в патроне 8. Под патроном был установлен диск 10, который фиксировался в определенном положении поворотным фиксатором 9.



a)



б)

Рис. 5.45. Общие виды горизонтально-фрезерных станков Э. Уитни:
 а – настольного; б – напольного

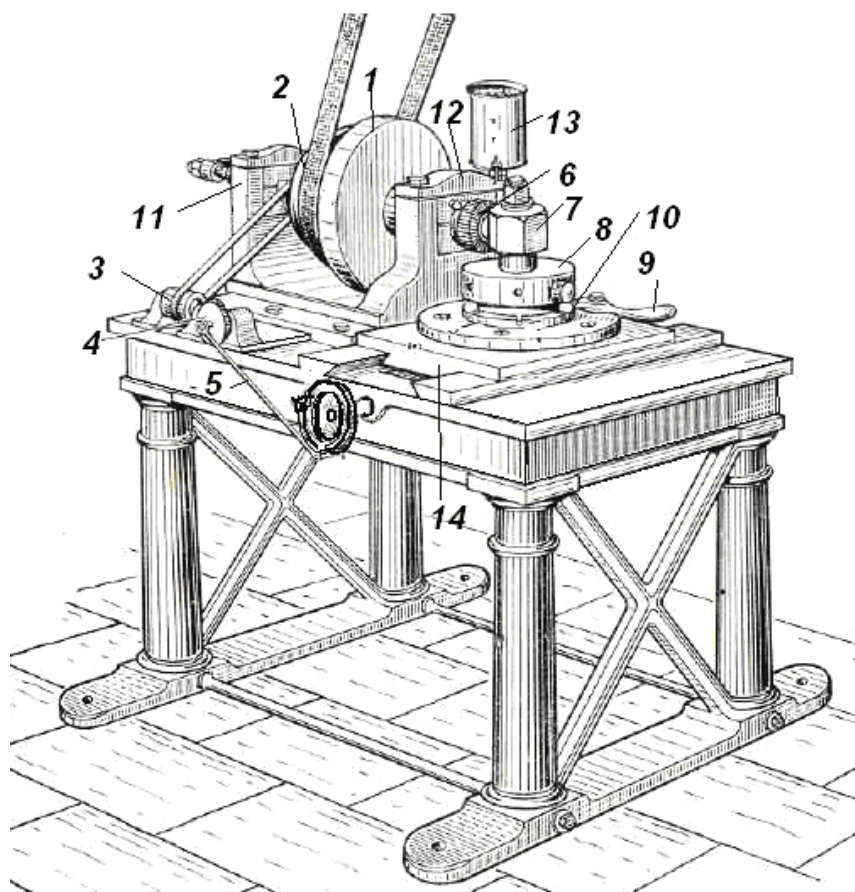


Рис. 5.46. Фрезерный станок, специализированный на обработке граней гаек. Конструктор Дж. Несмит. 1840 г.

В своем установочно-зажимном приспособлении Несмит предусмотрел даже возможность объединения на одной оправке нескольких мелких гаек 7 с последующей одновременной их обработкой. Это вполне соответствует современным методам конструирования приспособлений металлорежущих станков.

5.2.7. Сверлильные и расточные станки

Потребность в расточке цилиндров паровых машин, насосов, воздуходувок и других механизмов потребовала создания необходимого станка. Таким стал горизонтально-расточной станок, созданный английским изобретателем *Д. Вилкинсоном* в 1775 г., который усовершенствовал существовавшие до него устройства для расточки. Так, десятью годами раньше *И. И. Ползунов* производил расточку цилиндра своей паровой машины на им же специально изготовленном для этого станке. Позже, в 1769 г., аналогичные операции на станке собственной конструкции осуществлял англичанин *Д. Смитон*, кому некоторые отдают приоритет в изобретении горизонтально-

расточного станка. Когда в 1760 г. известному английскому машиностроителю *Рейнольдсу* потребовалось обработать цилиндр диаметром 28 дюймов (около 711 мм), то он заменил деревянную расточную борштангу свинцовой отливкой. Однако разность перпендикулярных диаметров, замеренных после такой обработки, составила, по выражению Рейнольдса, характеризовавшему способы измерения и их точность, «полмизинца».

Такие результаты обработки никак не соответствовали новым потребностям машиностроения, так же как и громадные затраты труда. Поэтому начались попытки применения станков для расточки цилиндров. Наиболее подходящим и хорошо освоенным был станок для расточки каналов стволов орудий. Эта конструкция и была использована прежде всего. На ней издавна применялись борштанги с насаженными на конце режущими головками. Диаметр последних соответствовал диаметру обрабатываемого отверстия. Отверстие ствола обычно не имело больших диаметров при большой длине и соответственно большой длины при большом диаметре. Поэтому при обработке ствола на горизонтальном станке вес режущей головки не оказывал заметного влияния на точность обработки.

При использовании горизонтально-сверлильного станка для расточки цилиндров насосов, воздушных мехов и паровых машин положение изменилось. Здесь диаметр режущих головок оказался весьма большим и сами они – весьма тяжелыми. Борштанги, являясь консольными балками, нагруженными на конце, оказывались достаточно длинными и, несмотря на значительный диаметр, подверженными заметному изгибу под действием большого веса головок и значительных усилий резания. Поэтому обрабатываемые ими цилиндрические полости приобретали в сечении вертикальной плоскостью овальную форму. Для того чтобы это несколько исправить, цилиндры после каждого прохода режущей головки поворачивали на 90° . В результате сечение цилиндра получало форму, удовлетворяющую требованиям, предъявляемым при изготовлении цилиндров водяных насосов и паровых атмосферных машин.

В 1769 г. английский машиностроитель Смитон усовершенствовал горизонтально-расточной станок (рис. 5.47). Главное движение совершала борштанга 3 от гидроколеса 1 посредством зубчатых передач 2. Цилиндр 4 был закреплен с помощью цепей 5 на тележке 6. Тележка перемещалась по рельсам посредством ворота 7. В станке Смитона борштанга 3 получала опору на свободном конце (как это

показано на рис. 5.47, б) в виде дополнительной тележки 12. На тележке установлен домкрат 8, 9, на верхний конец которого опирался рычаг 10. На правом конце рычага размещался противовес, а на левом – серьга 11, подвешивающая борштангу 3. Тележка могла свободно перемещаться внутри обрабатываемого цилиндра 4. Такое конструктивное решение не могло обеспечить необходимой точности обработки. При передвижении тележки ее части занимали различное положение относительно друг друга. Вследствие всех этих обстоятельств станок Смитона не внес большого улучшения в качество обработки цилиндров и проблема оставалась нерешенной.

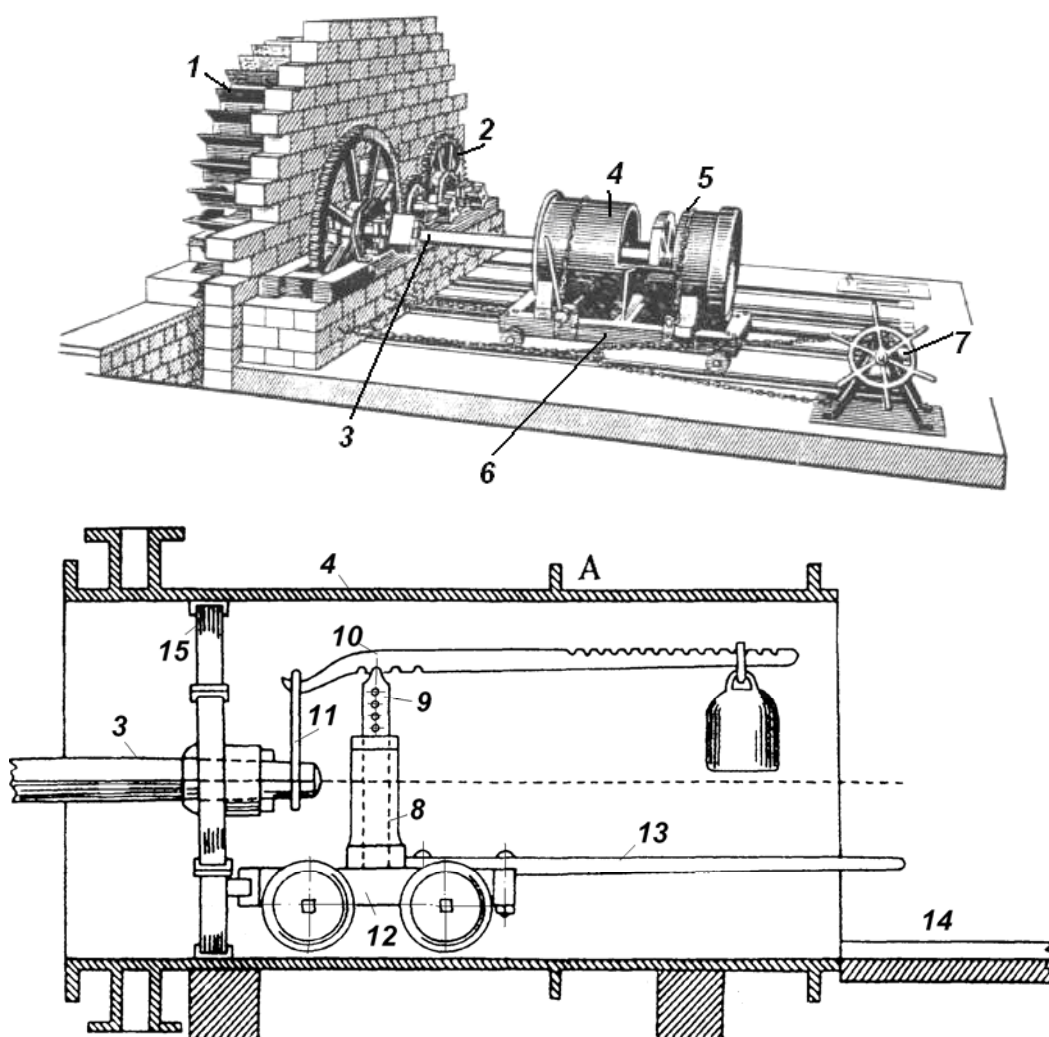


Рис. 5.47. Устройство для расточки цилиндра паровой машины.
Конструктор Смитон. 1769 г.

Потребность в точной обработке цилиндров стала особенно настоятельной в последней четверти 18 в., когда получили распространение цилиндрические воздуходувные меха, а затем паровые машины

Уатта. В Англии, постепенно превращавшейся в «кузницу Европы», эти работы велись шире.

Первым станком, обеспечившим высокую точность расточки цилиндров паровых машин, конструктивные особенности которого сохранились на протяжении длительного времени, был станок Джона Вилкинсона, построенный около 1775 г. на Бершемских заводах в Англии. На нем был обработан цилиндр машины Уатта. Последний испытал множество трудностей в отношении доброкачественной расточки и, осмотрев работу Вилкинсона, в восторге писал своему компаньону Болтону о том, что разница перпендикулярных диаметров цилиндра диаметром 72 дюйма (около 1829 мм) в любой его части не превышает толщины шестипенсовой монеты (~1/16 дюйма – 1,6 мм). Результаты же обработки на станке Смитона давали разность, равную «толщине пальца». Отсюда явствует, что Вилкинсон достиг подлинного прогресса, и это было одним из важных обстоятельств, содействовавших широкому распространению машины Уатта. Известно, что машиностроительная фирма «Болтон и Уатт» на протяжении многих лет была связана с Вилкинсоном и в известной мере зависела от него.

Чертеж станка Вилкинсона (рис. 5.48б), изготовленный не позднее 1795 г., а также и сама борштанга, относящаяся к тому же периоду, сохранились до наших дней. В станке Вилкинсона борштанга (рис. 5.48а) была выполнена в виде балки 3, опертой по концам. Опорами борштанги являлись мощные подшипники скольжения. Таким образом, вопрос о доведении прогиба борштанги до допустимых пределов был решен. Этому содействовало также то, что борштанга, опертая по концам, могла быть изготовлена достаточно большого диаметра. Борштанга станка Вилкинсона была снабжена оригинальным устройством для механического передвижения режущей головки 5 вдоль образующей обрабатываемого цилиндра. Для этого вдоль всей борштанги был сделан глубокий паз, в котором помещен по всей длине ходовой винт 4. Режущая головка могла свободно скользить вдоль борштанги, т. к. она была глухо скреплена с маточной гайкой, перемещавшейся при вращении винта. Последний, осуществляя движение подачи, был связан с движением самой борштанги с помощью пары зубчатых колес 1, 2. Причем зубчатая передача 1 вращала винт 4, а передача 2 обеспечивала главное вращательное движение борштанге 3 (рис. 5.48а).

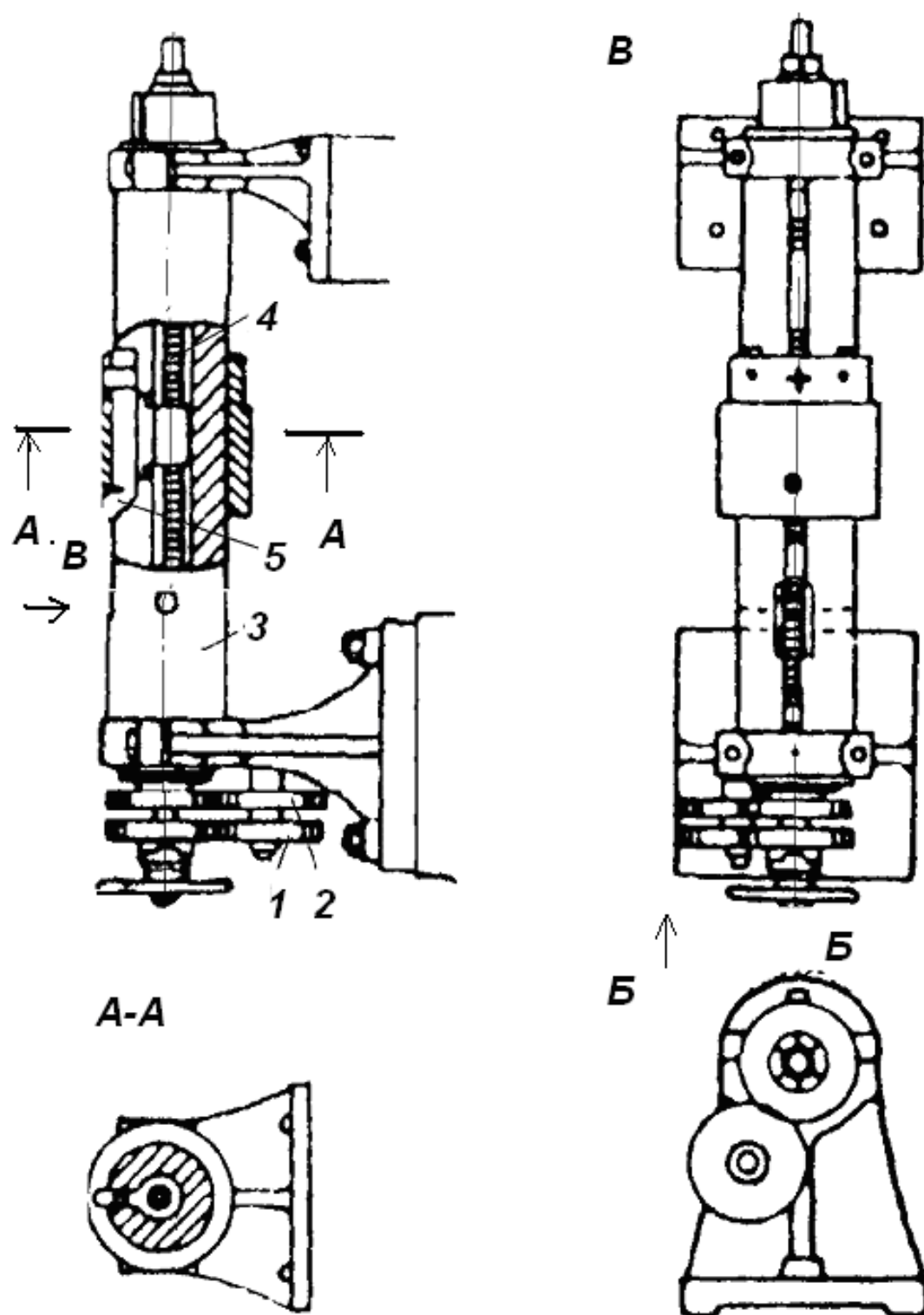


Рис. 5.48а. Эскиз станка Вилкинсона: борштанга. 1775 г.

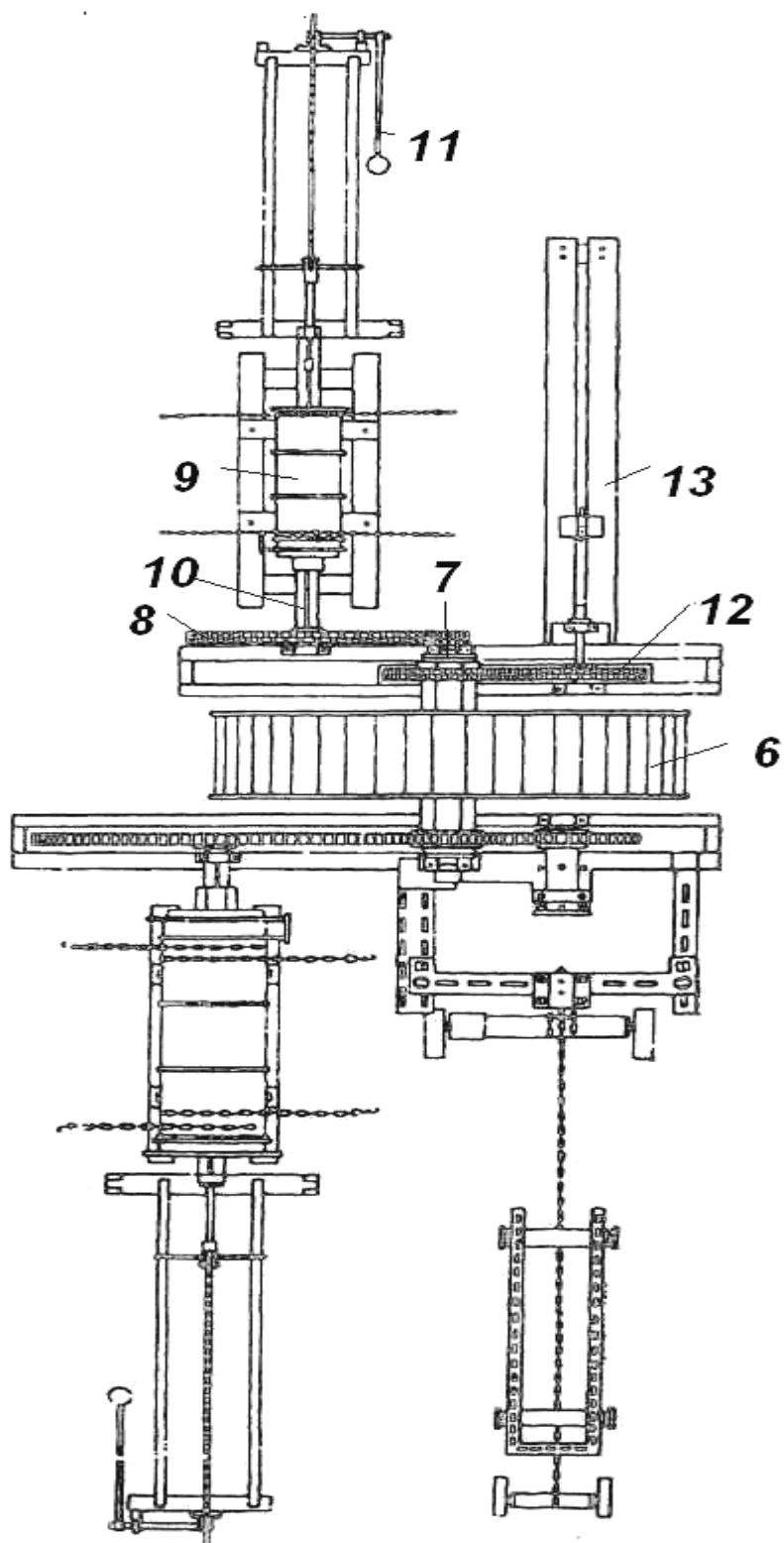


Рис. 5.48б. Эскиз станка Вилкинсона. 1775 г.

Сам станок был комбинированным, т. к. позволял растачивать на четырех рабочих позициях от одного приводного колеса 6 (рис. 5.48б). Затем движение передавалось через зубчатые передачи 7,

8, 12 на борштанги 10, 13. На первой позиции показан растачиваемый цилиндр 9, который перемещался с помощью ворота 11. На этой позиции происходила предварительная обработка. Борштанга 13 производила окончательное растачивание цилиндра.

В конструкции станка Дж. Несмита (рис. 5.49) главное движение совершал цилиндр 1 от ступенчатого шкива 2 через зубчатые передачи 3, 4. Борштанга 5 перемещалась вверх вдоль образующей цилиндра посредством винтовой передачи 6.

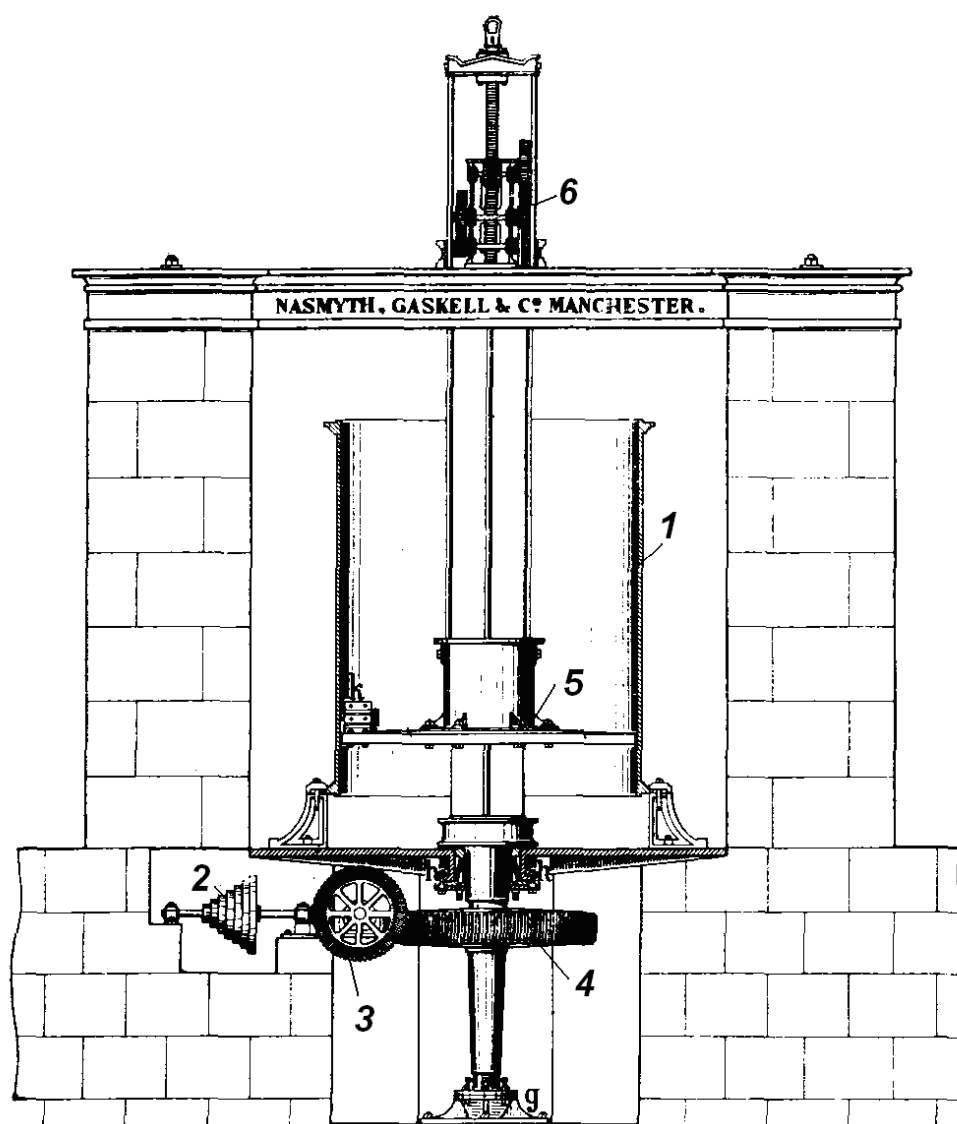


Рис. 5.49. Тяжелый станок для расточки уникальных цилиндров паровых машин. Конструктор Дж. Несмит. 1841 г.

Для сверления небольших заготовок использовались вертикально-сверлильные станки. Один из первых вертикально-сверлильных станков спроектировал Э. Уитни (рис. 5.50). Привод главного движения осуществлялся от трансмиссионного вала на шкив 1, а от него через ступенчатую ременную передачу 2, 3, коническую передачу 4, на шпиндель 8. Вертикальная подача производилась от шкива 5 на зубчатые передачи 6, 7. Стол станка имел вертикальное перемещение от рукоятки 9 посредством реечной передачи по цилиндрическим направляющим колонны 8.

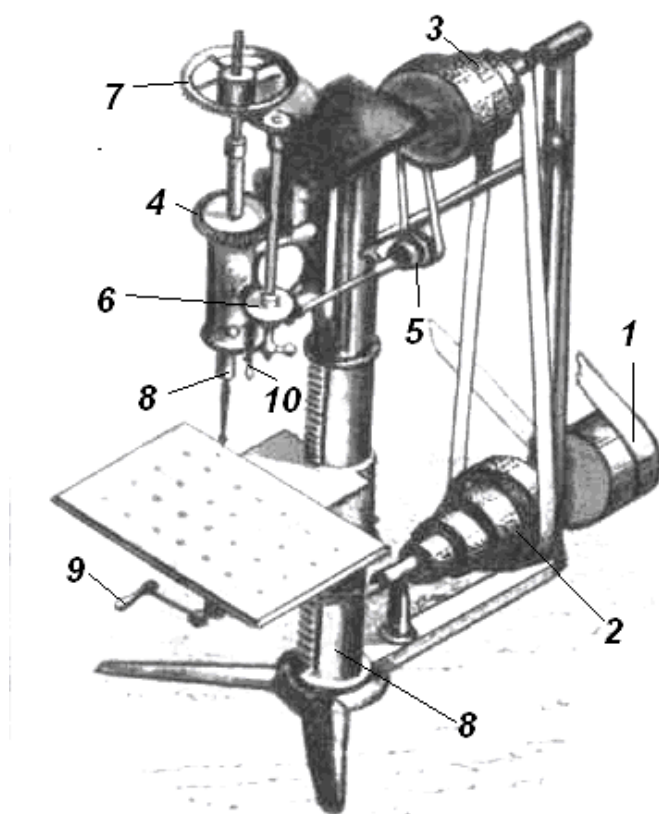


Рис. 5.50. Вертикально-сверлильный станок.
Конструктор Э. Уитни

Подача сверла часто осуществлялась с помощью педали (рис. 5.51). Станок мало отличался от тех, которые еще и сейчас можно встретить на небольших предприятиях, в индивидуальном производстве, особенно в различных ремонтных мастерских и цехах. На станке Несмита имелись холостой и рабочий приемные шкивы 1, четырехступенчатые шкивы 2 для изменения скоростей, коническая передача 3 к шпинделю 4, педальное устройство 5 с противовесом 6 для подачи шпинделя и, наконец, подъемный на винте 7 стол 8.

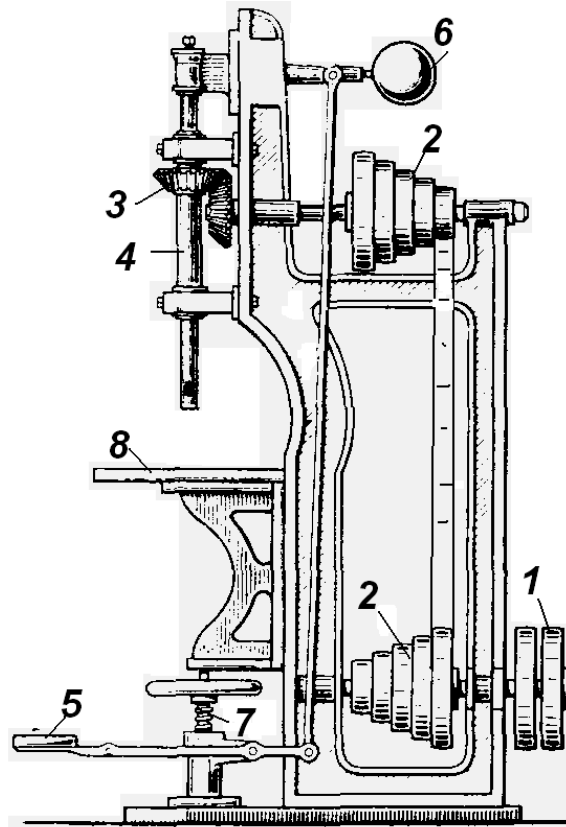


Рис. 5.51. Универсальный вертикально-сверлильный станок.
Конструктор Дж. Несмит. 1840 г.

Станок (рис. 5.52) не имел холостого шкива и воспринимал движение на одну из ступеней двухступенчатого шкива *1*. Включение и выключение станка осуществлялось кулачковой муфтой при повороте двуплечей рукоятки *2*, на одном плече которой был подвешен в качестве противовеса груз. Пара конических зубчатых колес *3* передавала движение шпинделю *4*. Последний имел канавки в верхней части, на которой закреплено коническое зубчатое колесо *3*. Поэтому при вращении рукоятки *5* шпиндель мог подниматься и опускаться.

Станок для обработки стволов ружей (рис. 5.53) имел литую станину, удачно оформленные направляющие и даже устройство для охлаждения. Ствол ружья зажимался в двух прижимах *1* (отдельно показаны сверху на рис. 5.53), соединенных стержнем с зубчатой рейкой. С помощью рукоятки *2*, закрепленной на одном валу с зубчатым колесом *3*, ствол вместе с установочно-зажимным приспособлением подавался к торцевому зенкеру *4* (цековке). Зенкер укреплялся на шпинделе станка с помощью оригинального устройства типа байонетного замка *5*.

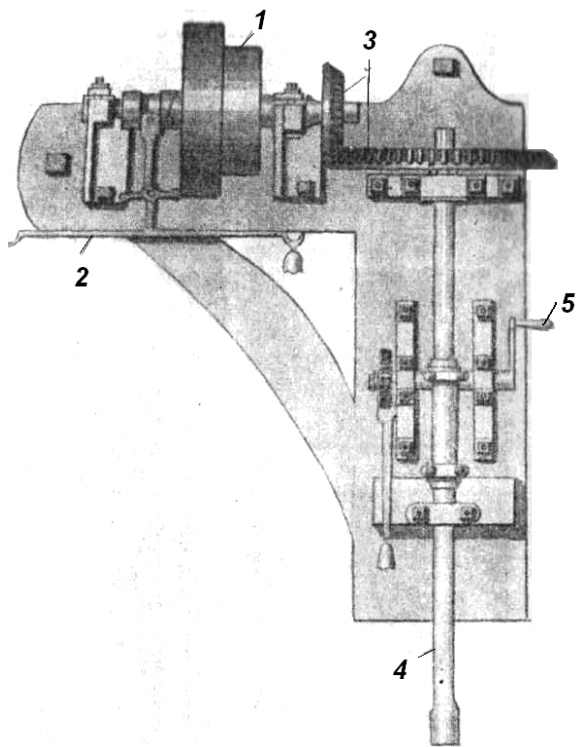


Рис. 5.52. Универсальный сверлильный станок Черепановых. Первая половина 19 в. (альбом Выйского механического заведения)

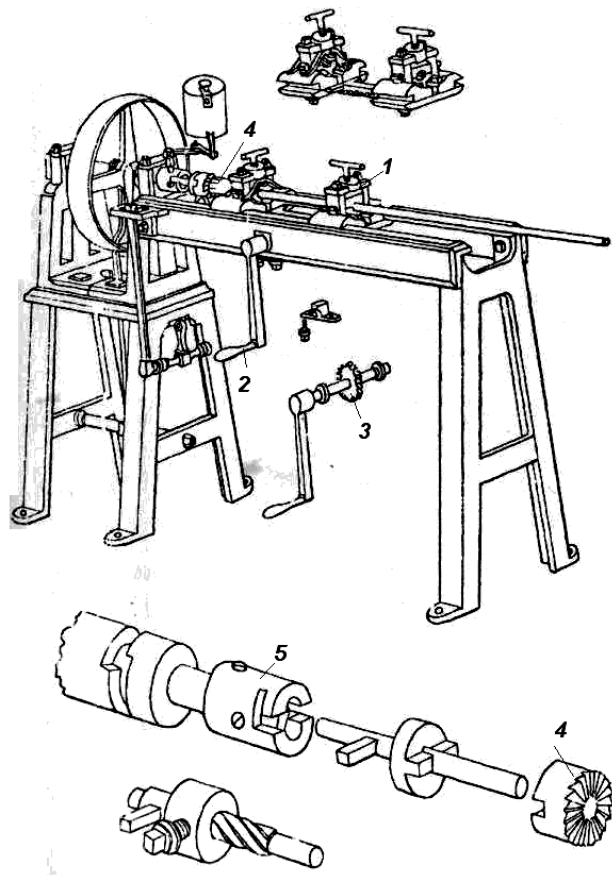


Рис. 5.53. Специализированный станок для обработки стволов ружей. Тульский завод. 1826 г.

5.2.8. Абразивные станки

На российских оружейных заводах припуски на обработку стволов орудий и цилиндров паровых машин предусматривались очень значительными. Для цилиндра, подлежащего только шлифовке внутри, толщина стенок отливки должна была превышать на 30 % заданную в изделии. В том случае, если предстояла расточка внутри и обточка снаружи, толщина стенки отливки должна была превышать на 60 % данную чертежом. Необходимость в столь больших припусках на обработку показывает, что на описываемых станках нельзя было добиться точной установки обрабатываемой детали. Величина припусков характеризовала не только ошибки литья, но в известной мере также и качество станка.

Режущий инструмент состоял «из шеста, головки и брусков», т. е. борштанги и режущей головки. Борштанга представляла собой достаточно прочный и жесткий металлический стержень. Головка была чугунной, т. к. указывается, что она литая и имела вид диска. Бруски были «из весьма хорошей стали». Они закреплялись в специально предусмотренные при отливке отверстия головки с помощью «чугунных клинышков».

Шлифование внутренней поверхности цилиндров производилось при помощи деревянных брусков, устанавливаемых в головке взамен стальных зубьев и смазываемых растительным маслом с порошкообразным абразивом. Для того чтобы получить достаточно отшлифованную поверхность, требовалось два прохода деревянных брусков.

Наружная обработка цилиндров была вполне аналогична описанной выше шлифовке стволов орудий. Она осуществлялась также с помощью досок, соответствовавших по своей форме контурам цилиндров, и абразивных брусков, размещаемых по краям досок и прижимаемых к цилиндру вручную. Для того чтобы резание происходило интенсивнее, доски размещали несколько ниже горизонтальной плоскости, проходящей через ось цилиндра.

Для обдирочных работ предполагалось применить пружинные колодки, производящие шлифование с помощью воды с наждачным порошком или толченым кремнем. Такое решение было вполне правильным, т. к. лезвийный режущий инструмент в то время плохо выдерживал снятие литейной корки и легко ломался, а в лучшем случае быстро тупился.

5.2.9. Зарождение станкостроения

Крупная машинная индустрия Англии потребляла большое количество металла, что вызывало рост объемов его обработки. Возникла необходимость увеличения числа металлообрабатывающих станков. Однако промышленный выпуск такого оборудования приводил к противоречию между методами его изготовления и целями его выпуска, ибо станки, предназначенные для механизации производства, выпускались еще вручную. Это противоречие могло быть разрешено созданием таких станков, которые были в состоянии механизировать обработку всех видов поверхностей, которые практически встречаются при конструировании машин. Примером такого решения служит создание продольно-строгальных станков, применявшихся для обработки деталей, – типа направляющих токарных станков. Таким образом, начало промышленного производства одного вида металлообрабатывающего

оборудования влекло за собой создание других типов станков промышленного назначения. В первой половине 19 в. в Англии были созданы лоботокарные, токарно-карусельные, фрезерные, продольно- и поперечно-строгальные, сверлильные (включая радиально-сверлильные), резбонарезные станки, паровой молот и другие машины. Это послужило основой для развития станкостроения.

5.3. Материалообрабатывающие инструменты

В 1782 г. *Вокансон* использовал фрезерный станок, фреза которого походила на круглый напильник. Это был прообраз режущего инструмента, называемого цековками.

В середине 18 в. в Голландии были изобретены спиралеобразные буровые головки, применявшиеся для бурения грунта. Через век они были использованы для обработки металлов (рис. 5.54).

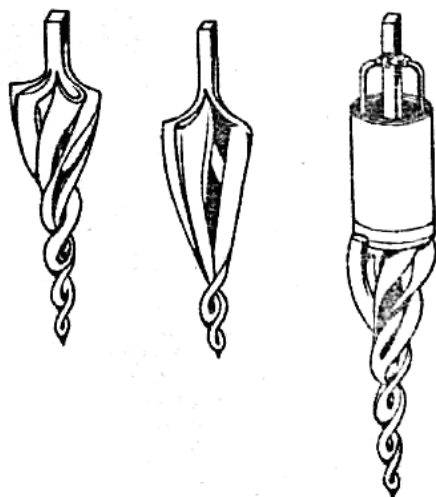


Рис. 5.54. Буровые сверла. Середина 18 в.

В 1848 г. *Кокилья* (Франция) провел исследования сопротивления металла резанию при работе сверла на токарном станке. В 1864 г. *Жессель* (Франция), а в 1873 г. *Гартич* и *Гарт* (Германия) исследовали процесс резания токарными резцами, определяли КПД станка. В 1868–1877 гг. *И. Тиме* (Россия) изучал процесс образования стружки при резании металлов, давление ее на резец.

Г. Модсли понял необходимость унификации некоторых видов деталей и первым стал внедрять стандартизацию резьбы на винтах и гайках. Он начал выпускать наборы метчиков и плашек для нарезки резьбы.

В 1817 г. *Д. Клемент* усовершенствовал метчик, нарезав на нем стружечные канавки желобообразной формы на специальном приспособлении.

соблении своей конструкции. В таком виде метчики используются до настоящего времени. В 1824 г. он проектирует и изготавливает проходные строгальные резцы с изогнутыми державками, форма которых используется и в настоящее время.

В 1863 г. *Джованни Мартиньони* (по происхождению швейцарец) изобрел винтовое сверло (рис. 5.55).

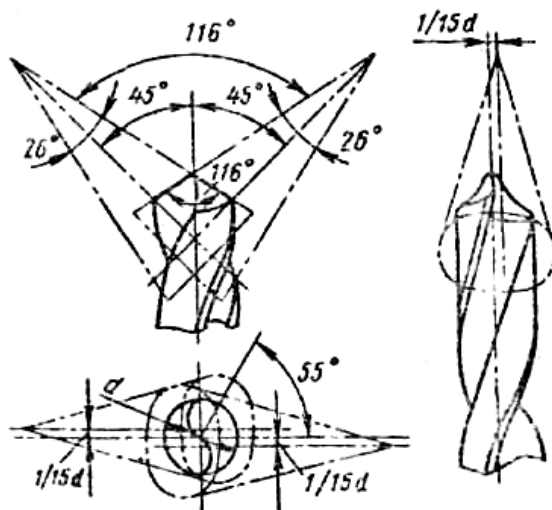


Рис. 5.55. Схема образования режущих кромок винтового сверла.
Конструктор Мартиньони. 1863 г.

В материалах Тульского оружейного завода приведена конструкция инструментальной наладки (рис. 5.56), которая состояла из насадной цековки 1, сухаря 2, оправки 3, державки 4 и кулачковой муфты 5. Оправка служила направляющей для инструмента и обеспечивала перпендикулярность поверхностей обработанного торца по отношению к предварительно обработанному отверстию.

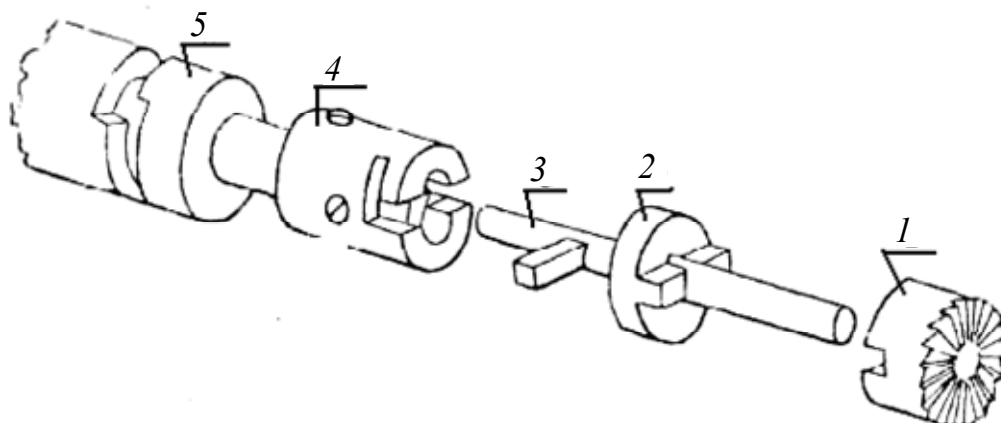


Рис. 5.56. Эскиз конструкции насадной цековки. Тульский завод. 1826 г.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем характеризовался переход от мануфактуры к машинному производству?
2. Как происходило развитие технической науки и образования?
3. Назовите этапы развития полиграфии, бумажного производства и письменных принадлежностей.
4. Назовите этапы развития техники передачи информации на расстояние.
5. Как происходило совершенствование приводов машин и развитие транспорта?
6. Раскройте принцип действия электродвигателя Якоби.
7. Раскройте принцип действия электродвигателя переменного тока.
8. Раскройте принцип действия привода с трансмиссионным валом.
9. Раскройте принцип действия привода колес автомобиля и дифференциала.
10. Как происходило развитие огнестрельного оружия?
11. Опишите устройство замков.
12. Назовите этапы развития прядильных и ткацких станков.
13. Назовите этапы развития сельскохозяйственной техники.
14. Назовите этапы развития химической промышленности.
15. Как происходило развитие строительства и способов освещения?
16. Как происходило развитие способов переработки чугуна?
17. Опишите устройство печей по переработке чугуна.
18. Как происходило совершенствование технологии обработки металлов давлением?
19. Раскройте роль Г. Модсли и Дж. Несмита в развитии станков.
20. Опишите устройство лоботокарного станка.
21. Опишите устройство токарно-револьверного станка.
22. Опишите устройство токарного (фузейного) станка.
23. Опишите устройство токарно-копировального станка 1772 г.
24. Опишите устройство токарно-винторезного станка Г. Модсли.
25. Опишите устройство токарно-винторезного станка П. Захаво.
26. Опишите устройство токарно-винторезного станка Черепановых.
27. Опишите устройство схем станков Дж. Несмита.
28. Опишите устройство зуборезных станков.
29. Опишите устройство строгальных и долбежных станков.
30. Опишите устройство фрезерных станков.
31. Опишите устройство сверлильных и расточных станков.
32. Назовите этапы развития металлообрабатывающего инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров, И. М. Робототехника: История и перспективы / И. М. Макаров, Ю. И. Топчеев. – Москва : Наука, Изд-во МАИ, 2003. – 349 с.
2. Дятчин, Н. И. История развития техники : учеб. пособие / Н. И. Дятчин. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2001. – 320 с.
3. Зайцев, Г. Н. История техники и технологий : учебник / Г. Н. Зайцев, В. К. Федюкин, С. А. Атрощенко ; под ред. В. К. Федюкина. – Санкт-Петербург : Политехника, 2007. – 416 с.
4. Шейпак, А. А. История науки и техники. Материалы и технологии : учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шейпак. – Москва : МГИУ, 2007.
5. Техника в ее историческом развитии / Н. Н. Бубнов [и др.]. – Москва : Наука, 1982. – 510 с.
6. Бронников, Н. Л. Страницы истории техники и технологии : учеб. пособие / Н. Л. Бронников, И. А. Карабанов. – Мозырь : Изд-во Мозыр. гос. пед. ин-та им. Н. К. Крупской, 2000. – 245 с.
7. Кисель, В. П. Изобретатели и конструкторы : попул. биограф. справ. / В. П. Кисель. – Минск : Беларусь, 2004. – 214 с.
8. Шадуя, В. Л. Человек и машина : учеб. пособие / В. Л. Шадуя, И. П. Филонов. – Минск : УП «Технопринт», 2001. – 334 с.
9. Иллюстрированная хронология истории Беларуси / авт.-сост. И. П. Ховратович. – Минск : Беларус. Энцыкл., 2000. – 445 с.
10. Чарняўскі, М. М. Ілюстраваная гісторыя старадаўняй Беларусі: Першабытны перыяд / М. М. Чарняўскі. – Мінск : Выдав. цэнтр БДУ, 2003. – 144 с.

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Михайлов Михаил Иванович

ИСТОРИЯ СТАНКОВ И ИНСТРУМЕНТОВ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ

Учебное пособие

Электронный аналог печатного издания

Редакторы: *А. В. Власов*
Н. В. Гладкова
Компьютерная верстка *М. В. Аникеенко*

Подписано в печать 24.02.11.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 23,71. Уч.-изд. л. 23,61.

Изд. № 43.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.