

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ»**

О.В. Ильина

**ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР И ДИЗАЙН
В БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Учебное пособие

Санкт-Петербург

2015

УДК 676.(075)

ББК 35.77Я 7

И 460

Ильина О.В. Человеческий фактор и дизайн в бумагоделательном производстве: учебное пособие / СПб ГТУРП. – СПб., 2015. 96 с.

В пособии рассмотрены, как на разных исторических этапах выступают на первый план те или иные аспекты исследования трудовой деятельности человека. И по мере развития производства меняются условия, методы и организация трудовой деятельности человека, претерпевают существенные изменения функции, роль и место человека в труде. Предназначено для студентов очной формы обучения по направлениям: 29.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства»; 54.03.01 «Дизайн» для бакалавров. Может быть полезно инженерно-техническим и научным работникам – специалистам в области промышленного оборудования и промышленных изделий.

Рецензенты: зав.кафедрой машин автоматизированных систем СПб ГТУРП, профессор Гаузе А.А.

Зам. директора БФО, зав.кафедрой ОКМ СПбГТУРП, канд. техн. наук доцент Варганов В.О.

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой технологии целлюлозы и композиционных материалов СПб ГТУРП (протокол № 2 от 05.10.2015 г.).

Утверждено к изданию методической комиссией институтом технологии СПб ГТУРП (протокол № 2 от 06. 11.2015 г.).

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия.

© Ильина О.В., 2015

© Санкт-Петербургский
государственный технологический
университет растительных
полимеров, 2015

Учебное издание

О.В. Ильина

**ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР И ДИЗАЙН
В БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Учебное пособие

Редактор и техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2015 г., поз. 99

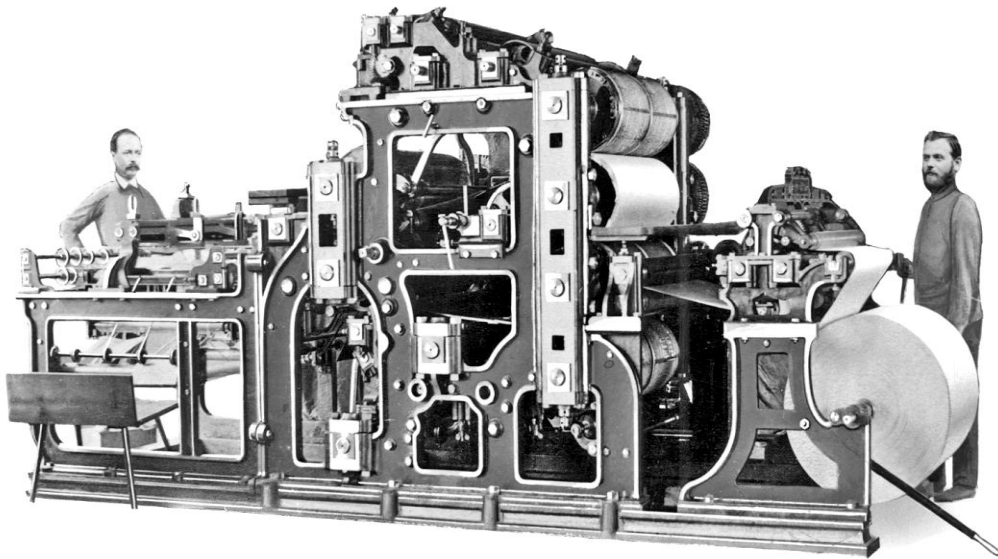
Подп. к печати 26.11.15. Формат 60 x 84/16. Бумага тип. № 1. Печать
офсетная. 6,0 уч.-изд.л.; 6,0 печ.л. Тираж 50 экз. Изд. №99 . Цена «С».
Заказ

Ризограф Санкт-Петербургского государственного технологического
университета растительных полимеров, 198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

О.В. Ильина

**ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР И ДИЗАЙН
В БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2015

ВВЕДЕНИЕ

История техники есть процесс все большего усовершенствования работы системы «человек-машина-среда» за счет использования новых резервов, постепенно открывающихся, взаимно-совершенствующихся и обогащающих друг друга. Развитие техники привело к созданию настолько совершенных машин, что значительная часть сбоев в работе систем стала происходить "по вине" человека, поскольку все возрастающая эффективность технических средств ставила перед оператором сложнейшие задачи, часто превышающие его возможности. Человек стал снижать эффективность работы системы.

В такой интерпретации дизайн есть не что иное, как выявление еще одного резерва совершенствования этой системы, когда используются не только физиологические и интеллектуальные возможности человека, но и его эмоциональные свойства.

На заре развития техники резервы усовершенствования системы человек - машина черпались в основном в улучшении технических параметров: повышении мощности, увеличении числа рабочих органов, совершенствовании технологии, развитии технических наук, за счет внедрения принципиально новых технических достижений. Теперь же стало необходимым активно совершенствовать машину, учитывая интересы работающего на ней человека, и большая роль здесь отводится дизайну и науки эргономика. Как научная дисциплина эргономика (греч. *ergon* – работа + *nomos* – закон) изучает функциональные возможности человека.

В настоящем пособии в иллюстративном, схематическом и текстовом материале прослеживается влияние науки «эргономика» на развитие формообразования и совершенствование техники как бумагоделательного производства, так и других машинных производств; а также как менялись представления о красоте, удобстве и общественной полезности технических устройств для человека.

ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭРГОНОМИКИ

Истоки эргономики восходят к временам первобытного общества, которое научилось сознательно изготавливать орудия, придавая им удобную для определенной работы форму и расширяя тем самым возможности человеческих органов. В доисторические времена удобство и точное соответствие орудия потребностям человека были вопросом его жизни и смерти. Дж.М. Кристенсен, американский ученый, также относит предпосылки возникновения профессии эргономиста ко временам первобытного человека: "Разница между первобытной эпохой и нашим временем заключается главным образом в степени сложности. Эта сложность, - подчеркивает ученый, - является основанием для существования эргономики" [11].

Первые орудия труда, изготовленные древнейшими людьми, были одноэлементны, однодетальны (рис. 1). Например, зернотерка представляла собой большой плоский камень, на котором небольшим булыжником растирали твердые корни и зерна, раскалывали орехи, дробили кости животных. В данном случае человек применял мышечную силу. Древнейшие орудия примитивны, что объясняется отсутствием необходимых трудовых навыков и несовершенством физического строения людей того времени, особенно руки. Первым мастерам было трудно наносить меткие удары, точно обрабатывать кость или камень. Тем не менее, набор олдувайских орудий довольно разнообразен. В нем есть практически все типы изделий каменного века. Понадобилось от 0,5 до 1,5 млн лет, чтобы человек позднего палеолита «дошел до того, что вместо непосредственного захватывания камней рукой стал прикреплять их к рукояткам», то есть перешел к составным орудиям, где прежнее целое стало элементом нового.

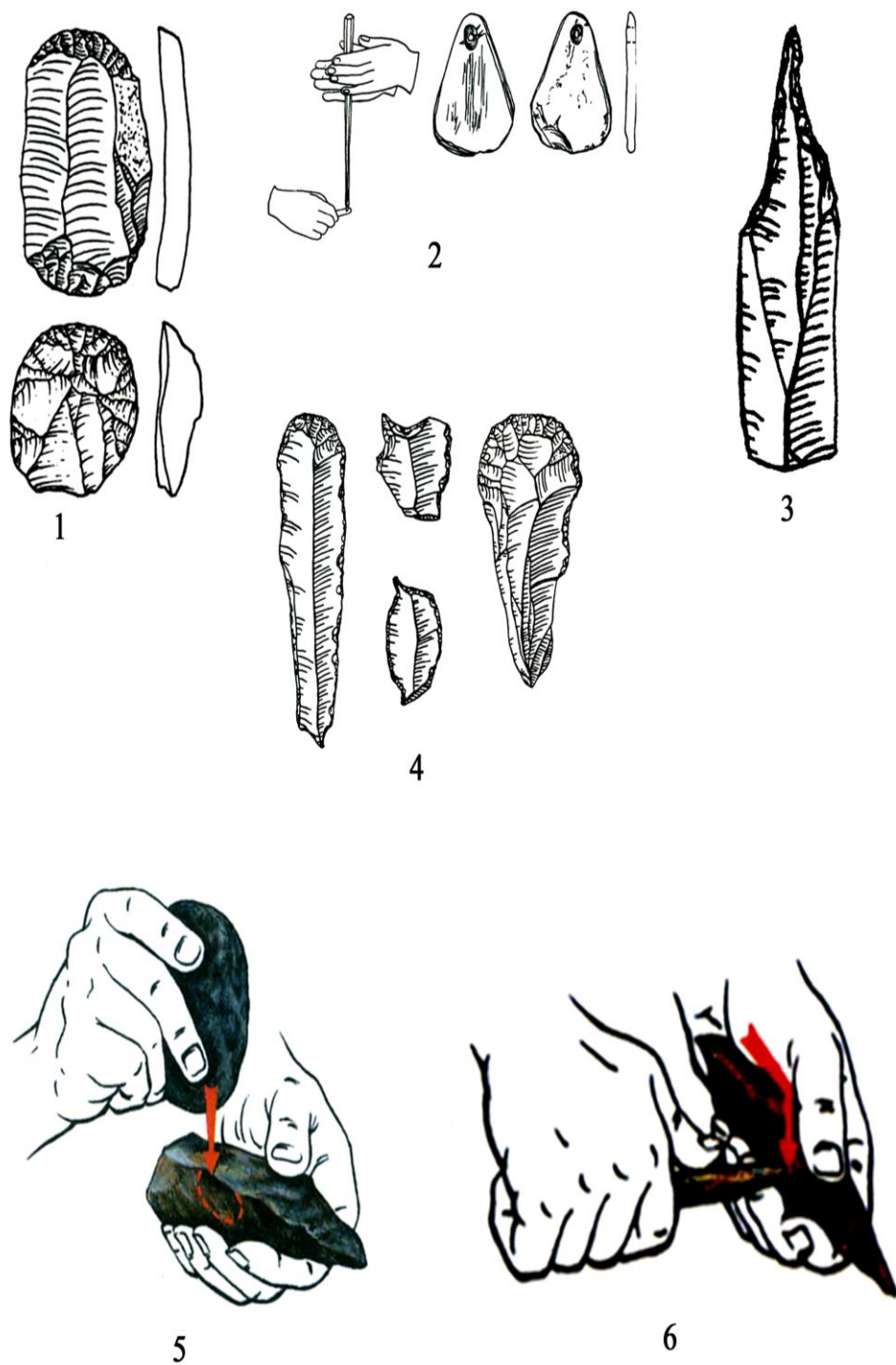


Рис.1. Древние орудия труда:

1 – скребки; 2 – сверление; 3 – проколка; 4 - комбинированные орудия: скребки, резцы и проколки; 5 – обивка; 6 – отжимание

Уже в глубокой древности для подъёма тяжестей человек стал применять простейшие механизмы: рычаг, ворот и наклонную плоскость. Позже к ним прибавились блок и винт. Эти несложные приспособления позволяли увеличить мускульные усилия человека и справиться с такими тяжестями, которые при других обстоятельствах были бы совершенно не подъёмными. Принцип действия простых механизмов хорошо известен. Например, если нужно втащить груз на определенную высоту, всегда легче воспользоваться пологим подъемом, чем крутым. Причем, чем положе уклон, тем легче выполнить эту работу. При всей своей примитивности простые механизмы многократно расширяли возможности древнего человека. Для того чтобы убедиться в этом, достаточно вспомнить о гигантских постройках древних египтян. Например, пирамида Хеопса имела высоту 146 м. Подсчитано, что для ее возведения потребовалось 23 300 000 каменных глыб, каждая из которых весила в среднем около 2,5 тонн. Какие же механизмы использовали эти древние строители для того, чтобы поднимать на огромную высоту исполинские глыбы и статуи? Оказывается, все это можно сделать с помощью тех же простых устройств - блока, рычагов и наклонной плоскости. Колоссальные статуи и каменные глыбы перетаскивались на массивных салазках, которые тянуло большое количество людей. Каждый из работавших имел веревку, переброшенную через плечо. Под салазки подкладывались катки, которые после протаскивания груза подбирались и снова подкладывались под полозья. Для преодоления препятствий салазки приподнимались с помощью рычагов. В качестве них употребляли стесанные бревна. Упорами служили специально изготовленные клинья разного размера.

Главным подъемным приспособлением египтян была наклонная плоскость - рампа. Остов ramпы, то есть ее боковые стороны и перегородки, на небольшом расстоянии друг от друга пересекавшие ramпу, строились из кирпича; пустоты заполнялись тростником и ветвями. По мере роста

пирамиды рампа надстраивалась. По этим рампам камни тащили на салазках таким же образом, как и по земле, помогая себе при этом рычагами. Угол наклона ramпы был очень незначительным - 5 или 6 градусов. Таким образом, например, наклонная дорога к пирамиде Хафра при высоте подъема в 46 м имела длину около полукилометра. Соответственно для сооружения более высоких пирамид приходилось строить ramпу еще длиннее (рис.2).

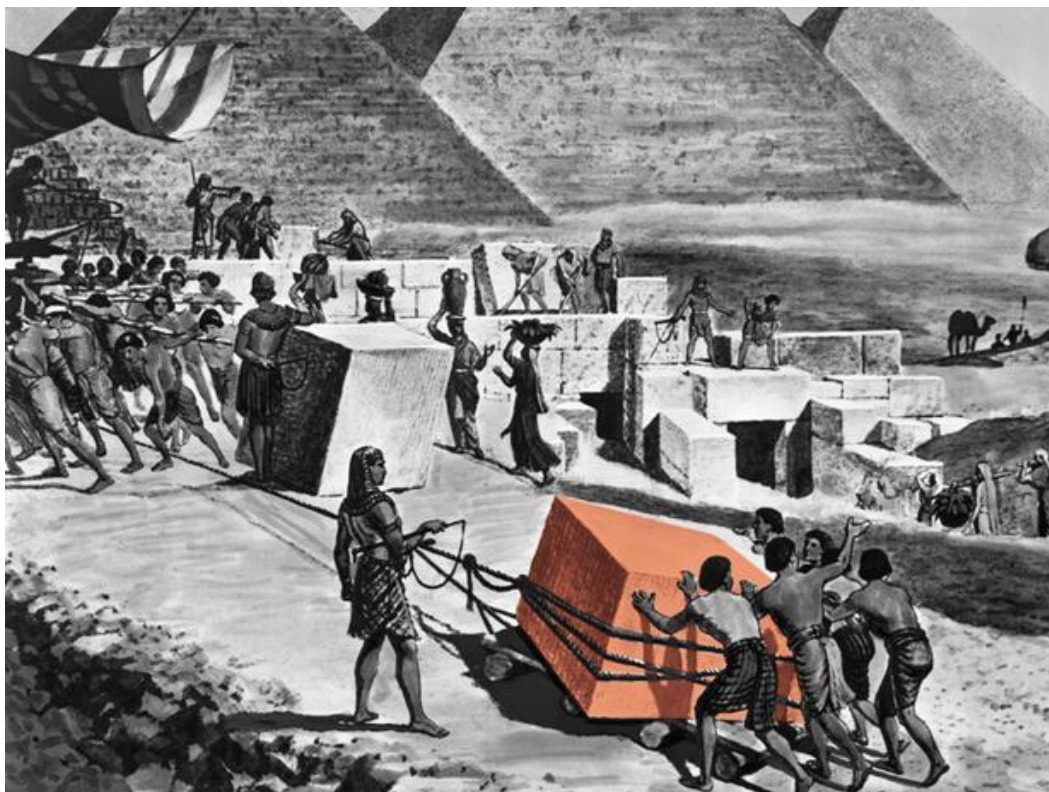


Рис.2. Подъем тяжёлых глыб для строительства пирамид

К иным приемам прибегали при подъеме длинных каменных глыб и статуй. Для этого применяли блоки с помощью которых их передвигали (рис.3). Однако поднять с помощью блоков огромные камни, какими являлись обелиски до 300 тонн весом и гигантские статуи было невозможно. Для установки таких статуй и обелисков приходилось проводить значительную подготовительную работу. В качестве подъемного приспособления здесь опять выступала наклонная плоскость – ramпа (рис.4).



Рис.3. Передвижение статуи с помощью блоков

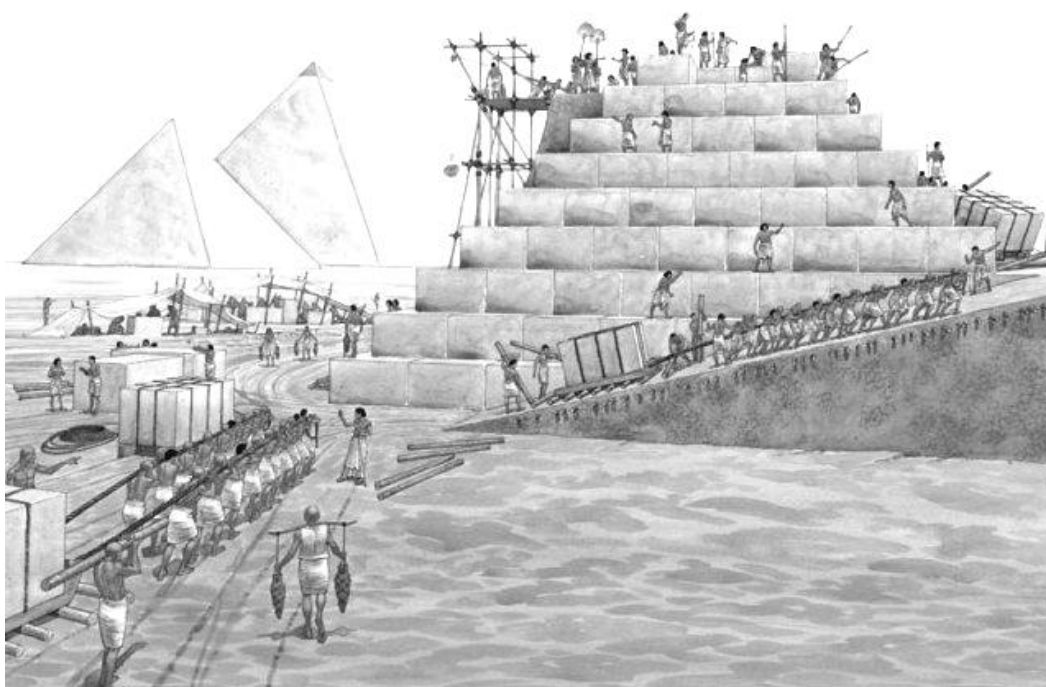


Рис. 4. Наклонная плоскость ramпы для подъёма статуй и монолитных глыб

Прежде всего, по обе стороны пьедестала возводились каменные стены. К одной из них обязательно пристраивалась наклонная плоскость, высотой несколько меньше, чем высота устанавливаемого обелиска. Все четыре стены ramпы образовывали как бы кирпичный колодец. В одной из его стен на уровне земли делался сквозной коридор. Все пространство внутри засыпалось песком. Затем по наклонной плоскости втаскивали основанием

вперед законченный обелиск. После этого через отверстие в стене начинали выносить песок, и обелиск под собственной тяжестью начинал плавно опускаться на пьедестал, постепенно принимая вертикальное положение. После установки стена и рампа разбирались. Широко применяя наклонную плоскость и рычаг (рис.5), древние египтяне, кажется, не задумывались о законах, которые лежат в основе простых механизмов. По крайней мере, до нас не дошло ни одного вавилонского или египетского текста с описанием их действия ни на рисунках, ни на папирусах.



Рис. 5. Применение рычагов при строительстве египетских пирамид

В древнем Египте примерно около 3,5 тысяч лет до нашей эры возникло изготовление папируса из крепких стеблей одноимённого растения (рис.7). Существовало множество фабрик по его производству. Исследования показали, что изготовление папируса было очень трудоемким процессом. Каким мастерством нужно обладать, чтобы превратить тонкие, но крепкие его стебли в длинные рулоны бумаги. А ведь в Древнем Египте папируса производилось столько, что он был основным предметом торговли с соседними странами. До наших дней дошло одно довольно подробное, но не полное описание процесса изготовления папируса. Его оставили знаменитый ученик Аристотеля Теофраст и римский ученый-естествоиспытатель Плиний Старший. А в те далекие времена это растение-легенда не только кормило, одевало, обучало, но и обогащало жителей Древнего Египта. Самым знаменитым считается папирус Харриса, длина которого составила 40,5 м, а ширина — 64,25 см. В Древнем Египте писцов ставили практически в один ряд с фараонами. Древнеегипетские папирусы, дошедшие до наших дней, часто имеют рулонный формат, то есть форму свитка. Изготавливаемые листы склеивались между собой, что позволяло древним писцам записывать достаточно объемные труды (рис.6). Умение писать считалось божьим даром, а покровительствовал писцам великий Бог Тор. На фабриках папирус производился разного качества, более грубый и дешёвый шёл на упаковку различного товара, а самый лучший и дорогой использовался для написания философских и литературных текстов. Для письма на листах папируса использовали стебли тростника и других растений, делая на конце косой срез, а в более позднее время писали раздвоенным на конце пером. Обычно текст писали черными чернилами, а для рисунков использовали чернила красного, синего или других цветов.



Рис.6. Древнеегипетский свиток – папирус



Рис.7. Растение папирус

Основные компоненты папируса:

целлюлоза — 57 %; лигнин – 27 %; минералы — 9 %; вода — 7 %

Процесс изготовления бумаги из тростника можно разделить на несколько основных этапов:

- Тростник отделяют от наружной оболочки, а сердцевину папируса разрезают на тонкие полосы. Именно средняя часть стебля и становится непосредственной частью папирусной бумаги.
- Затем тонкие полосы папируса вымачивают и разглаживают.
- После этого обработанные полосы внахлест плетенкой разглаживают на ровной поверхности.
- Следующий этап заключается в обработке мест соединения особым клеящим составом. В древности клеем могли служить разнообразные моллюски, илистая вода или клеевой раствор пшеничной муки.
- Пресс — это предпоследний этап технологии. Им могли служить камни, нагретые солнцем.
- Заключительным моментом изготовления бумаги служила сушка и полировка папирусного листа.

Древние египтяне в третьем тысячелетии до нашей эры придумали папирус, который по праву можно считать предшественником бумаги. Его изготавливали из одноименного растения, произрастающего у берегов Нила. Полученные листы склеивали между собой в свиток. Это был хороший способ хранения записей, папирус был легкий, удобен в транспортировке, и на нем можно было записать тексты объемного содержания. Создание первой бумаги произошло предположительно еще до нашей эры в Китае из китайского шёлка (рис.8). Первая бумага так же, как папирус была очень дорога.

Традиционно изготовление бумаги связывают с именем китайца Цай Луня, который в начале II в. н. э. усовершенствовал уже известный в Китае способ изготовления бумаги, впервые открыв основной технологический принцип ее производства: образование листового материала из отдельных волокон путём их обезвоживания на сетке из предварительно сильно разбавленной волокнистой суспензии. Процесс состоял из отдельных стадий, которые были очень длительными и тяжёлыми для человека. Технология получения хранилась в строжайшей тайне. Раскрыт секрет был в VIII столетии арабами. В 793 г. в Багдаде построили первую бумажную фабрику.



Рис. 8. Древнее производство бумаги

Метод Цай Луня позволил использовать для производства бумаги любое растительное сырьё и отходы: лубяные волокна тутового дерева и ивы, побеги бамбука, солому, траву, мох, водоросли, всякое тряпье, конопляные очёсы, паклю. В Китае основным сырьём для производства бумаги были лубяные волокна шелковицы или тутового дерева. С них срезалась кора, которая после этого замачивалась в воде, а потом разделялась на грубый внешний слой и на более мягкий внутренний. Первый слой шёл на изготовление бумаги низшего сорта, а второй - для более тонких и дорогих видов бумаги. Рассортированные таким образом волокна луба в течение нескольких часов подвергались варке в открытых чанах с золой или в известковом молоке. Сваренный луб промывался водой, обрабатывался в ступке или укладывался на деревянные чурбаны либо каменные плиты, где он подвергался ударам молотка с особой насечкой до тех пор, пока не распадался на отдельные волокна. Измельчённая масса помещалась в черпальный чан, в которой разбавлялась водой и проклеивалась растительными соками или крахмальным клейстером. Для осаждения клея на волокна использовали кислые растительные соки, например, сок незрелого винограда. Отлив листа осуществлялся при помощи черпальной формы, обтянутой снизу шёлковой или джутовой тканью либо имеющей сетку из тонких бамбуковых палочек (рис.9). Самый ответственный момент изготовления бумажного листа — черпание массы тонким ситом. «Крепко держа обеими руками форму, ее погружают в корыто с бумажным раствором, — описывает изготовление бумаги китайский писатель XVII в. — при вынимании сетки слой волокнистой массы оказывается в сетке. Сделать этот слой тонким или толстым — дело рук человеческих. Если формой зачерпывают мелко, бумага получается тонкой; если же зачерпывать глубже, она становится толстой. Волокнистая масса плавает по сетке, а вода сбегает со всех четырех сторон и насквозь. Затем форму опрокидывают, опуская бумагу на

гладкую доску. Потом поверх кладут другую доску и прессуют веревкой и бревном».

Отлитому листу бумаги давали слегка подсохнуть на форме, а затем с помощью специальной щетки или палочки его снимали и раскладывали для сушки на солнце на деревянном гладкополированном помосте (рис.10). Благодаря простоте производства, разнообразию сырьевых материалов и дешевизне ручного труда. Бумага в Китае делалась самого разнообразного назначения, но прошло немало времени, пока человек научился применять при своей работе технические приспособления, которые использовались не только при помощи человеческого усилия, но и другими движущими силами (табл. 1).

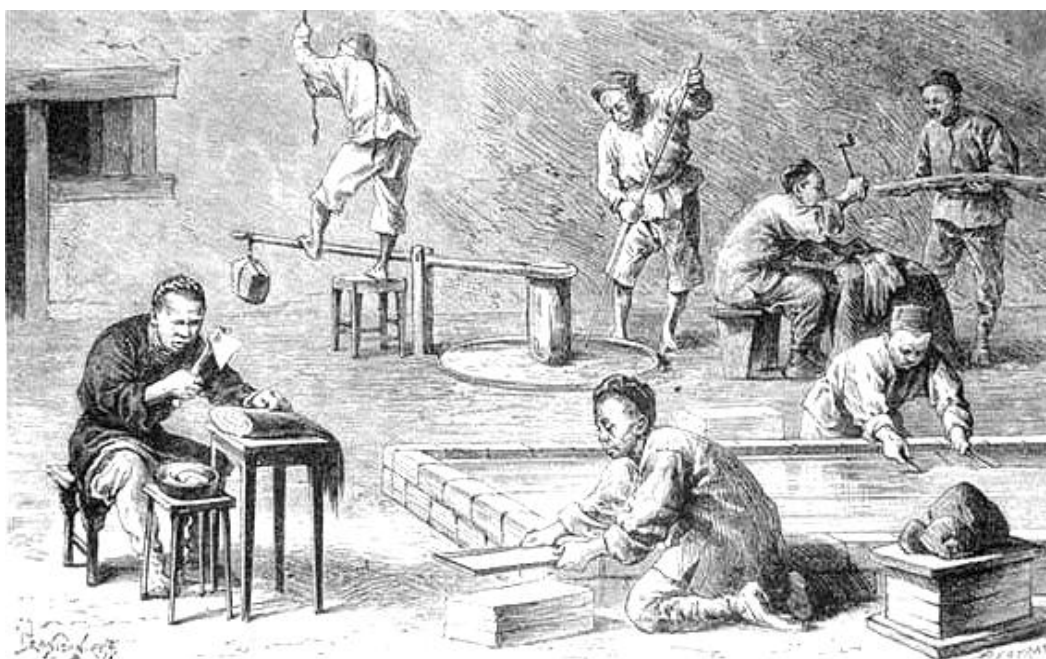
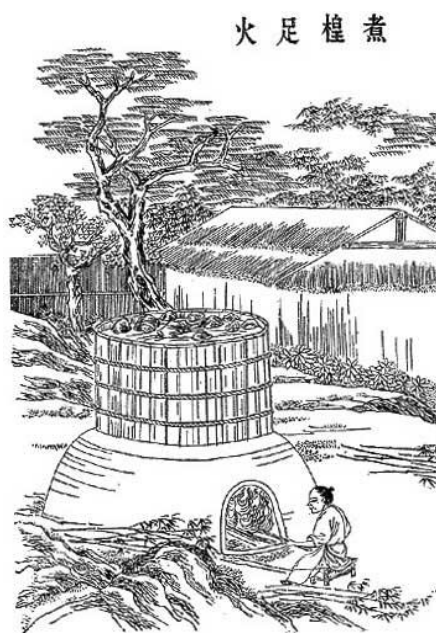


Рис.9. Обработка сырья в ступке ударами молотка и отлив листа черпальной формой

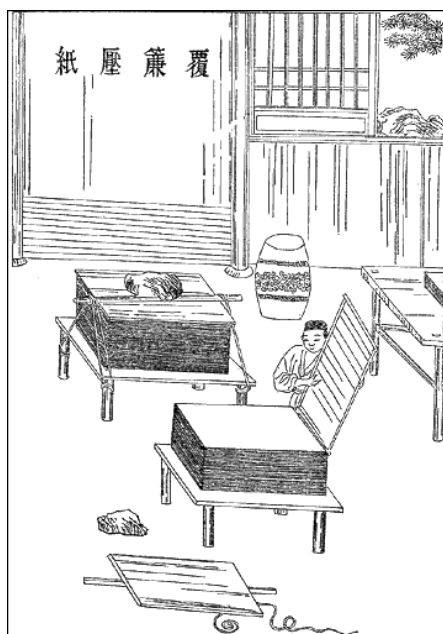
БАМБУК РАСЩЕПЛЯЛИ И
ЗАМАЧИВАЛИ ИЗВЕШЬЮ



ПОЛУЧЕННУЮ МАССУ ВЫВАРИВАЛИ



ИЗ МАССЫ ФОРМИРОВАЛИ ЛИСТ



ГОТОВЫЕ ЛИСТЫ БУМАГИ СУШИЛИ



Рис. 10. Производство бумаги в Китае

Таблица 1

Схема эволюции движущей силы в технике

Движущая сила техники	Изобретения	Принцип работы человека с механизмами на примере БДМ	Типы конструкций БДМ
Первобытное время Мускульная сила человека	Зернотерка Проколка Скребки	Руками оббивает, сжимает, прокалывает. Захватывание камня рукой	Одноэлементы
Кинетическая энергия воды, ветра и животных 1-1800 гг.	Водоподъемное деревянное колесо, создание комплексов	Черпальщик Укладчик Винтовой пресс Гладильщик Штамповщик Клеильщик Сушка	Простейшие технические приспособления: чан, сетка, прокладка через войлок
Паровой двигатель 1880 – 1900 гг.	Паровой двигатель Уатта Самочерпка Робера	<i>Сеточник</i> <i>Сушильщик</i> <i>Клеильщик</i> Частичная механизация с применением ручной заправки, снятия и сушки изделий	Открытая конструкция
Электрические двигатели 1900 – 1950 гг.	Преобразовательная подстанция, распределительные щиты	Операторы-машинисты <i>Сеточник</i> <i>Прессовщик</i> <i>Сушильщик</i> <i>Отделочник</i>	Зрительное усложнение конструкции, увеличение габаритов
Двигатели внутреннего сгорания 1950 – 1990 гг.	Пульты управления в зале бумагоделательных машин	Специалисты специализированного обслуживания и ремонта <i>Сеточная часть</i> <i>Прессовая часть</i> <i>Сушильная часть</i> <i>Отделочные части</i>	Машины объединены в единую систему, закрытая проводка полотна
Газотурбинные двигатели 1990 – 2010 гг.	Единый пульт управления (наблюдения) производством в зале бумагоделательных машин	Специалист оператор <i>Сеточная часть</i> <i>Прессовая часть</i> <i>Сушильная часть</i> <i>Отделочные части</i>	Закрытые конструкции, увеличение габаритов, унификация узловых частей машины

Элементарные технические приспособления появились с древнейших времён, так как при их помощи облегчался труд человека (рис.11,12).



Рис. 11. Шадуф для подъёма воды в Древнем Египте



Рис.12. Китайская тележка была изобретена в I в. н.э.

Первыми инструментами для измельчения зерна в муку были каменная ступка и пестик. Вскоре пестик сменяется плоским камнем, которым люди

двигали по плоскому каменному блюду. От камня, который перетирает зерно, перешли к жернову, то есть заставили один камень скользить при вращении по другому. Эта ручная мельница получила самое широкое распространение в Древней Греции и Риме. Основанием ручной мельницы был камень, выпуклый посередине. На его вершине располагался железный штифт. Второй, вращающийся камень, имел два колоколообразных углубления, соединенных между собой отверстием. Мельницы были разных размеров, большие мельницы вращались с помощью рабов или ослов. Процесс размалывания зерна облегчился, но по-прежнему оставался трудоемким и тяжелым делом.



Рис.13. Античные жернова в музее Анталии

На рис.13 видно, что античные жернова по размеру были рассчитаны на мускульную силу человека. Так было до тех пор, пока люди не научились пользоваться природными ресурсами — вода и ветер. Водяные мельницы, древнейшие машины-двигатели — плод мирного союза природы и

человеческой изобретательности. Водяное колесо было изобретено в III в. до н.э. на Востоке, а впоследствии заимствовано оттуда римлянами.

В Риме нет ни крупного порта, ни прямого выхода к морю. Но секрет его величия кроется в воде. Именно благодаря ей город перерос свои естественные границы. И стал столицей всего античного мира. Для поддержания этого статуса требуются сотни миллионов литров чистой воды в день. В ближайших окрестностях Рима таких запасов живительной влаги нет. Чтобы ее получить, нужно одержать победу над самым главным противником — природой.

В этой войне римлянам противостоят не враждебные армии, а горы и овраги, болота и леса, окружающие их город. Борьба продолжается долгие столетия. И ставит перед инженерами все более сложные, почти невыполнимые задачи. В результате на свет появляется одно из величайших архитектурных творений человечества — римские акведуки (рис.14).



Рис.14. Римские акведуки

Проектирование акведука всегда начинается с поиска полноводных источников. В 312 году до н. э. находят в Сабинских горах к северо-востоку от города озера с идеально чистой водой. Теперь дело за «малым» — доставить ее в Рим. Вода в античных акведуках не перекачивается насосами,

а движется «самотеком» под действием силы тяжести. Поэтому каналы водопровода нужно прокладывать с равномерным уклоном в сторону города. До начала строительства инженерам необходимо точно определить не только отправную, но и конечную точку водной магистрали. Продвигаясь от нее к источнику, они шаг за шагом составляют карту рельефа местности — фиксируют местоположение возвышенностей и впадин, высоту холмов и глубину лощин. Выбирают оптимальный маршрут, а при необходимости — и обходные пути. Только после этого рабочие деревянными кольями размечают линию, по которой пройдет акведук.

Для замера разницы высот используется особый геодезический прибор «хоробат» (рис.15) — узкая доска длиной около шести метров, на деревянных опорах высотой до бедра. Его устанавливают у источника воды и ориентируют по направлению будущего водопровода. Чтобы выровнять хоробат по горизонтали, под опоры подкладывают деревянные колья, бревна и камни. Если прибор установлен ровно, то нити свинцовых отвесов на концах верхней балки совпадают с вертикальными отметками на распорках, прибитых к опорам.

В ветреную погоду отвесы сильно раскачиваются, поэтому для измерения используется желоб, проделанный в верхней балке. В него наливают воду. И если она заполняет его равномерно, не переливаясь через край, значит, прибор стоит ровно.

Выровняв хоробат, землемеры втыкают в землю два стержня: один — впереди, другой — сзади, на расстоянии в несколько метров от прибора. Один из геодезистов садится на корточки перед хоробатом так, чтобы его верхняя горизонтальная планка находилась на уровне глаз. И по этой линии делает отметки на мерных стержнях. По ним определяется разница в высоте между точками, на которых установлены стержни. И рассчитывается угол наклона канала. С помощью мерных стержней фиксируется малейшее изменение уклона на всем протяжении будущего водопровода. Лишь на сравнительно ровных участках геодезисты обходятся одним хоробатом,

определяя перепад высот по размеру бревен, которые подкладываются под его опоры для выравнивания. И после каждого замера поворачивают его, как циркуль, на 180 градусов, не отрывая переднюю опору от земли.



Рис.15. Хоробат - римский измерительный прибор со свинцовыми отвесами и водным уровнем для определения угла наклона и разницы высот

Чтобы соблюсти правильный угол наклона, каждая бригада использует три одинаковых деревянных «уровня» в форме буквы «Т». В начале участка в землю на расстоянии нескольких метров друг от друга устанавливаются два «уровня». Разница в высоте между ними регулируется с помощью хоробата так, чтобы она точно соответствовала заданному уклону.

Инженер встает на колени перед первым «уровнем» и выбирает такой ракурс, чтобы верхние перекладины первого и второго приборов зрительно совместились. По его команде рабочий перемещает третий «уровень» дальше по маршруту и регулирует высоту его верхней планки, пока она не окажется на той же линии. Все три точки отмечаются деревянными колышками.

После этого первый прибор переносят дальше и, выравнивая теперь уже по второму и третьему, определяют четвертую точку. И так снова и снова — до конца отрезка. Благодаря этой технологии удастся прокладывать каналы,

имеющие уклон всего 1,5-3,0 м на километр и повторяющие естественные очертания рельефа (рис.16).

В начальной точке акведука для регулирования напора воды в системе сооружается резервуар из «римского бетона» — смеси щебня, известкового раствора и вулканического песка (пуццолана). На дне проделываются узкие щели, через которые он наполняется водой из источника.

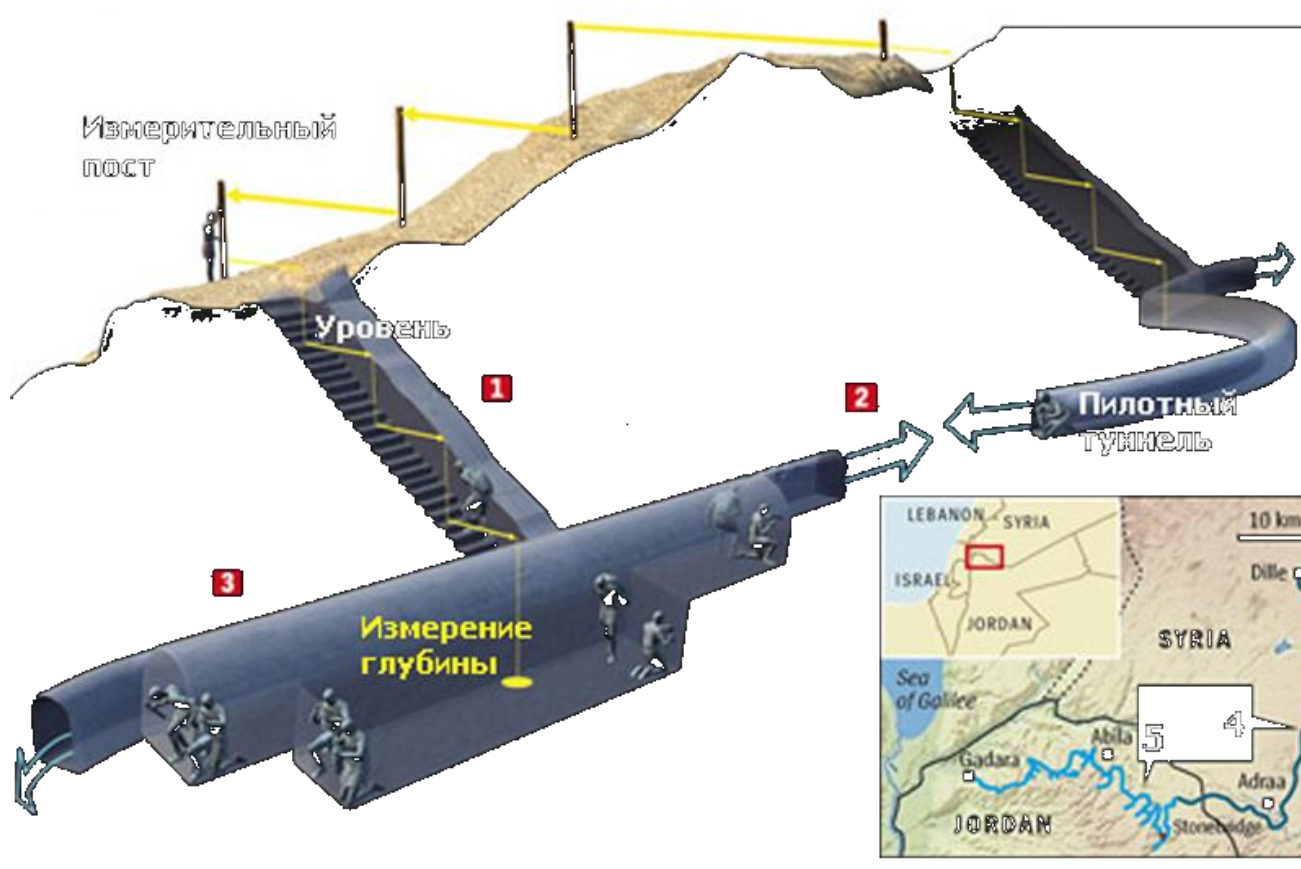


Рис 16. Строительство Римского акведука

К большому отверстию в верхней части бассейна подсоединяется глубокий водопроводный желоб, сложенный из камней и залитый изнутри бетоном. Сверху он закрывается широкими каменными плитами или перекрытиями — арками (рис. 17).

Рабочие тянут водопровод к городу, пристраивая секцию за секцией. Через овраги и лощины, как правило, уже переброшены соединительные мосты. Их фундаменты из каменных блоков врыты глубоко в землю. На высоту камни поднимают с помощью кранов и лебедок. Их тросы приводятся в движение колесом, которое вращают ногами рабы. Пролеты между опорами соединяют каменными арками. Такая конструкция позволяет экономить тонны стройматериалов и возводить более длинные мосты.



Рис. 17. Секция акведука

Уклон и местоположение моста рассчитываются заранее с помощью хоробата. Но верхний ярус с водопроводным желобом, скорее всего, надстраивается уже после того, как рабочие подводят ветку канала к склону лощины. Только по его уровню можно точно определить требуемую высоту моста. Когда на пути лежит слишком глубокое ущелье, римские инженеры используют принцип сифона. На дне строится невысокий мост для поддержки системы труб, которые круто спускаются по одному склону и

поднимаются по другому. Для прочности трубы на вертикальных участках отливают из свинца, чтобы они могли выдержать высокое давление воды.

В том месте, где канал водопровода достигает края ущелья, строится напорный резервуар. Пройдя по трубам и мосту, она по закону сообщающихся сосудов поднимается в приемный резервуар, расположенный на другом склоне на несколько метров ниже напорного. А оттуда поступает дальше в канал. Но главная проблема для строителей — не долины, а горы. По возможности их стараются огибать. Но канал акведука не должен быть чересчур протяженным. Иначе уклон окажется слишком слабым. И вода просто не дойдет до Рима. Поэтому порой не остается ничего иного, как прокладывать туннели сквозь горы. При первом запуске воды в акведук, на случай аварии на самых опасных участках водопровода дежурят ремонтники. Через несколько часов вода достигает городских стен и вливается в огромный бассейн — «кастеллум дивизориум» (рис. 18).

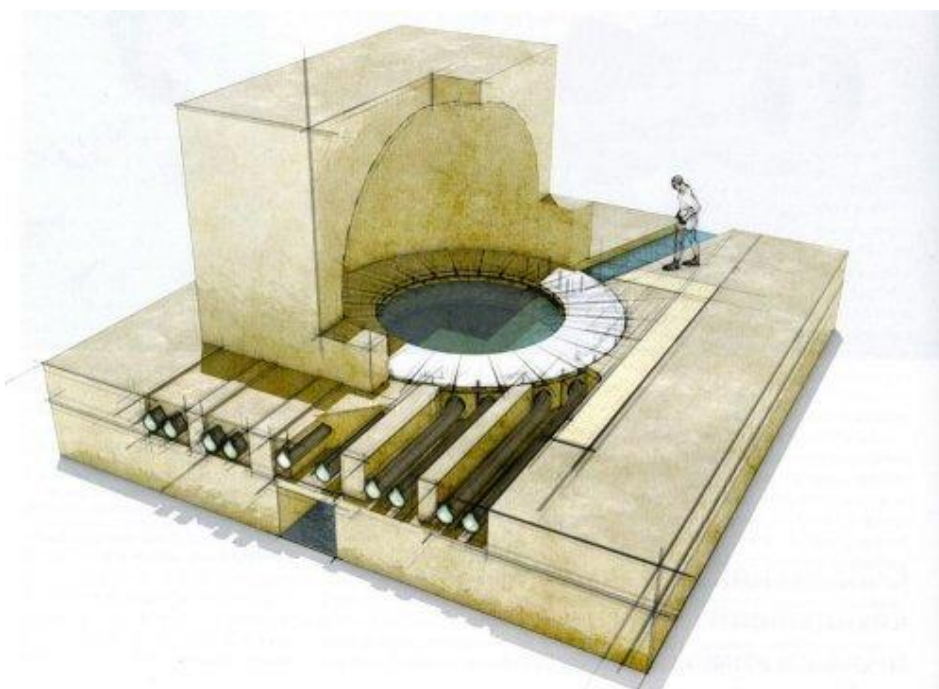


Рис. 18. Римский распределительный резервуар («кастеллум дивизориум»)

Вода из акведука разводится по нескольким водопроводным трубам из свинца. Чтобы они не лопнули, стыки с резервуаром прочно забетонированы.

От него отходят трубы из свинца и глины, по которым вода передается в распределительные резервуары в разных кварталах Рима.

К концу республиканского периода их число достигает 137. Они же служат отстойниками, где оседают на дно песок и взвеси. Очищенная вода течет дальше — к общественным купальням, фонтанам и в дома богатых римлян.

Жители Рима могут бесплатно брать воду из фонтанов для питья и приготовления пищи. А также за небольшую плату мыться в общественных банях. И пользоваться туалетами, где нет кабинок, а стоки под сиденьями бесперебойно промываются (рис.19).



Рис.19. Фонтаны для питьевой воды в древнем Риме

Чуть ли не на каждом углу в Риме день и ночь журчат неиссякающие фонтаны. Вода в них подается под давлением из напорных башен. Из них могут бесплатно брать чистую питьевую воду небогатые горожане, которым не по карману провести воду к себе домой.

В искусстве добывания воды древние римляне достигли большого совершенства. Они умели отводить воду из рек и озер, собирали воду из естественных ключей, отыскивали подземные водоносные слои, создавали искусственные ключи посредством дренажных рвов, устраивали на длинных расстояниях надземные водоводы (акведуки) и т.д. История сохранила нам также описание водоподъемного колеса времен Древнего Рима. Это колесо, названное «тимпаном», использовалось для подачи воды в водопроводную сеть. Оно представляло собой обод с большими плоскими лопатками. Нижней частью колесо погружено в поток, приводящий его в движение. Внутри колеса расположены спиральные каналы между лопастями (рис.20,21). Эти лопасти зачерпывали в реке воду и выливали ее через пустотелый вал колеса в желоб водопровода. Усовершенствованием в дальнейшем этого водяного колеса и стала турбина. «Водоприводное» и «водовзводное» дело – так на Руси называлось ремесло по «добыче и доставке» воды.

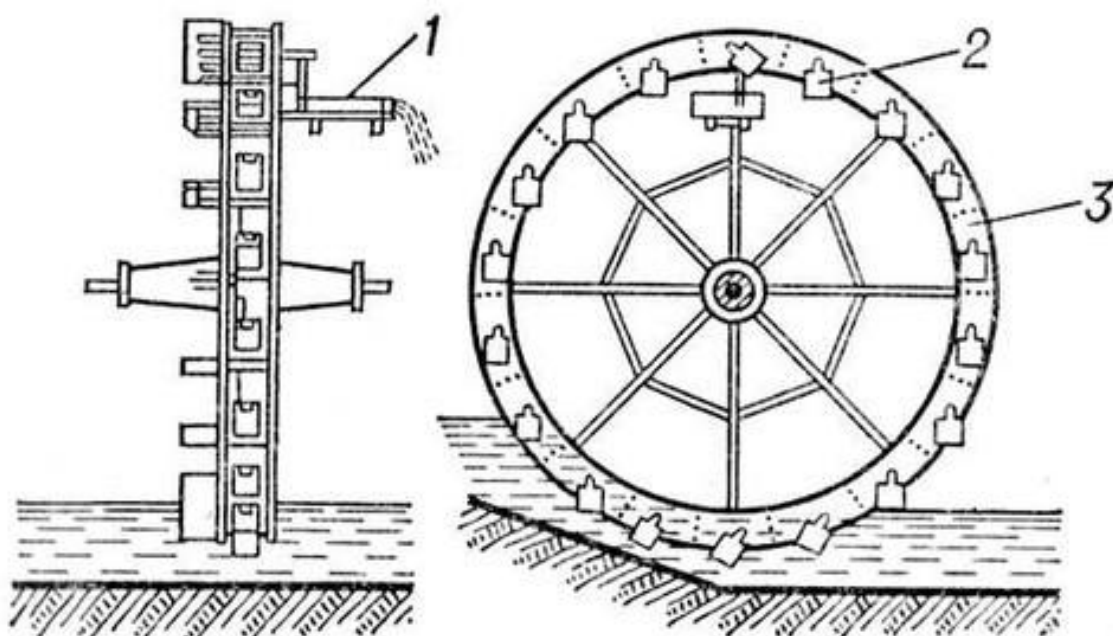


Рис. 20. Водоподъёмное колесо с черпаками; 1- лоток; 2-черпак; 3- колесо



Рис. 21. Применение водяных колёс на акведуках в древнем Риме

Водяные колеса - эти древнейшие машины-двигатели были изобретены в III в. до н.э. на Востоке, а впоследствии заимствованы оттуда римлянами . Эти маленькие гидростанции были первым значительным источником энергии, избавлявшим людей и животных от больших затрат мускульной силы. Уже римские водяные мельницы имели колесную зубчатую передачу, превращавшую сравнительно медленные повороты расположенного горизонтально мельничного колеса в быстрое вращение вертикально укрепленного жернова. Все механические приспособления, машины и механизмы, водяные мельницы и различные станки были изготовлены из дерева. Связь машин с сохранностью дерева характеризует определение данное Ветрувием: «Машина - есть система связанных между собой частей из дерева» "[11]. Это определение оставалось верным не только в античности и средние века, но и в новое время, вплоть до середины XIX века (рис.22) .

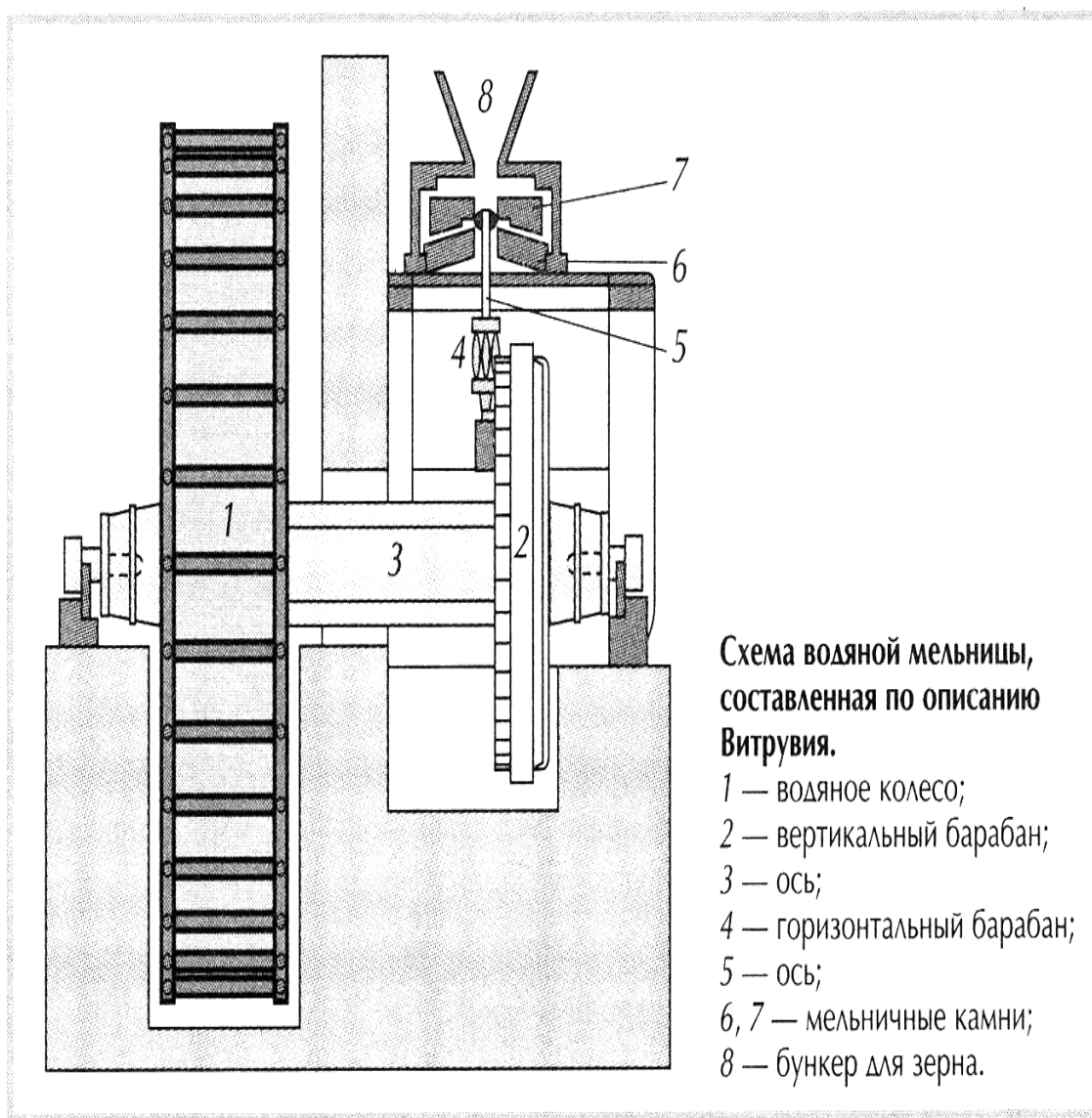


Рис.22.Схема водяной мельницы

В основе механизма — два изобретения александрийских инженеров: водяное колесо и передаточный механизм, состоящий из двух зубчатых колёс (с его помощью вращение колеса передавалось на ось с насаженным на неё мельничным камнем). Энергия проточной воды использовалась на мукомольнях, также водяные колеса приводили в движение кузнечные мехи, точильные камни и пилы.

Кузнечный молот, приводимый в движение водяным двигателем, значительно продвинул вперед обработку - металлов и облегчил работу человека. Водяное колесо с конца XI 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 (рис.23). В XIII в. появляются первые бумажные мельницы, перерабатывающие тряпки в бумажную массу, а также шелкоткацкие и шелкокрутильные мельницы, вращавшие тонкие веретена. Водяные колеса помогали людям превратить бревна в пушечные стволы, размолоть кости в удобрение или отполировать поверхность зеркала. В начале индустриальной эры колеса и передачи водяных мельниц стали делать из железа. Это увеличило их скорость, но вскоре они оказались не нужны - с пути технического прогресса их оттеснил паровой двигатель. Вскоре люди поняли, что мельничный двигатель можно использовать для выполнения любой работы, требующей больших затрат мускульной энергии. Нужны были только специальные механизмы, обеспечивающие передачу усилий с вала, вращаемого лопастями ветряка или водяным колесом, на другой вал. Мельницы стали основным типом двигателя в ремесленном и мануфактурном производстве (рис.24). Появились сложные передаточные механизмы, с помощью которых от одного двигателя работали две машины и более. Такую конструкцию имели мельницы – колотовки и устройства для толчения каких-либо материалов, например бумажной массы. Толчея состояла из рычага с закреплённой точкой вращения, который периодически поднимался, зацепляемый кулачками, сидящими на горизонтальном валу водяного колеса, и затем падал, производя рабочую операцию. На другом конце рычага располагался рабочий пест. Скорость такой колотовки достигала более 100 ударов в минуту (рис. 25).

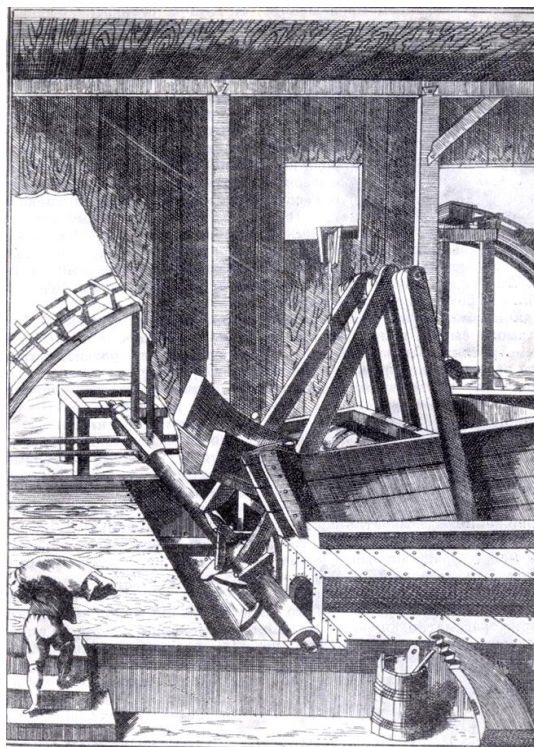


Рис. 23. Валяльная машина XVI в. с приводом от водяного колеса

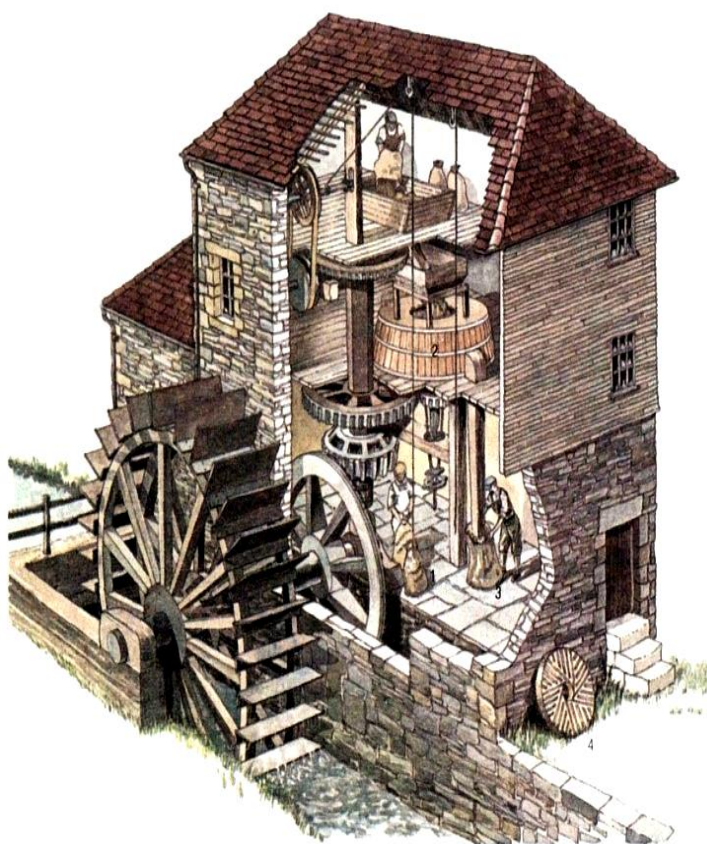
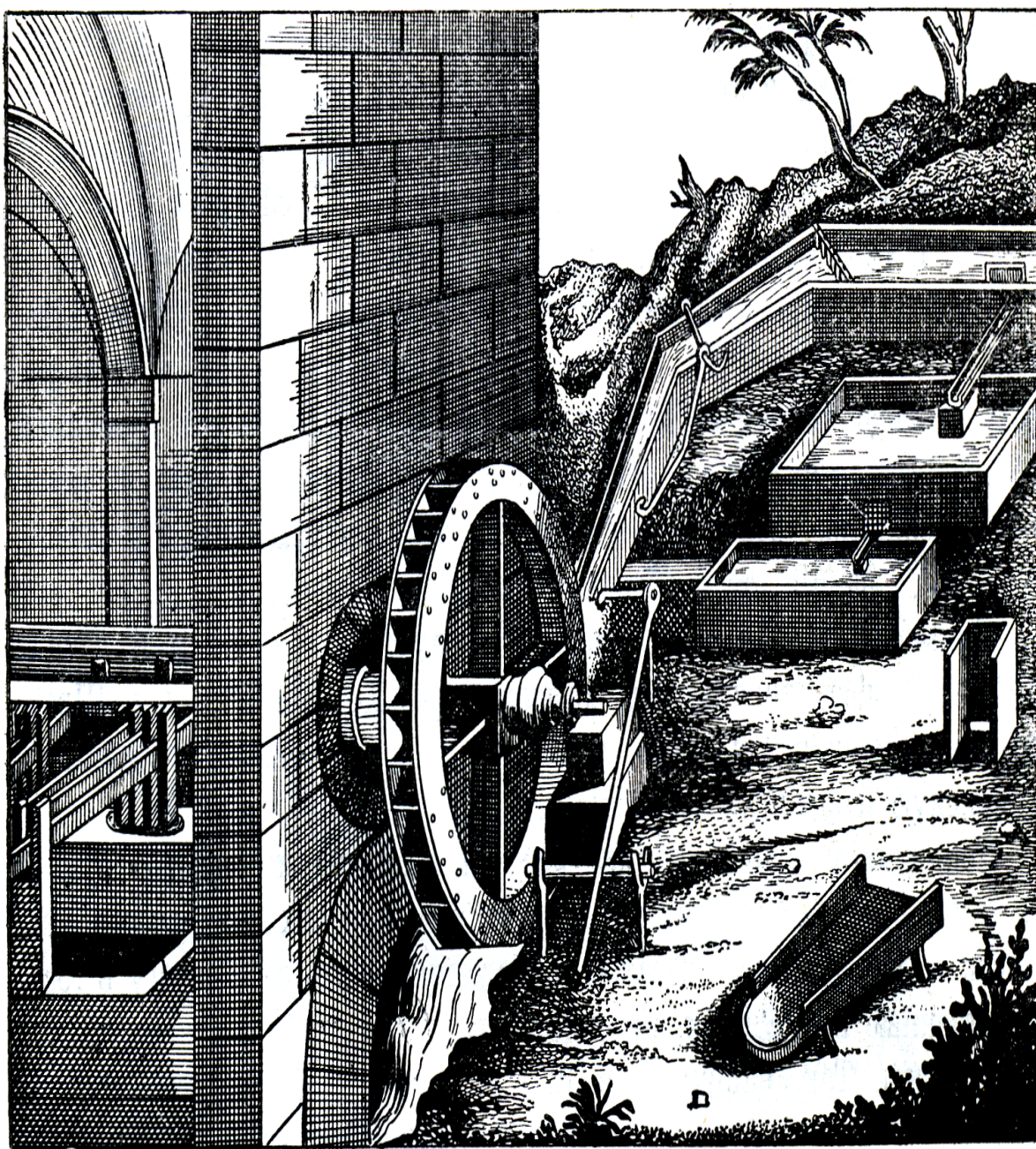


Рис.24. Водяная мельница (с вертикально расположенным колесом) в разрезе



МЕЛЬНИЧНОЕ КОЛЕСО С ТОЛЧЕЕЙ.

Рис.25. Мельница-колотовка и устройство для толчения бумажной массы

Водяной привод вместе с мускульной энергией людей и животных начали применять и при производстве бумаги. В 793 году в Багдаде построили первую бумажную фабрику. Примерно в то же время бумагу начали делать и в Европе. Путь бумаги в Европу подробно описан французским учёным Авенелем: «Она пришла из Китая очень медленным путем, со средней скоростью, может быть, ста вёрст в сто лет. Народы центральной Азии, потом арабы, потом египтяне подвозили её выделку всё ближе к нам. В 650 году её видели в Самарканде; в 800 - встречают в Багдаде; в 1100 году она дошла до Каира. Затем она проходит по берегу Африки, переплывает через Средиземное море в Южную Францию.

Из Средней Азии бумага попала на Ближний Восток, затем в Сицилию. Другой путь из Самарканда лежал через Египет, где бумага стала известна примерно в X веке после Рождества Христова, и через Северную Африку. Переправившись через Гибралтарский пролив, бумага попала в Испанию.

Первые бумажные мельницы появились в Испании в X веке, а уже через 100 лет в Толедо и Шативе вырабатывали бумагу столь высокого качества, что её охотно покупали во многих странах. В XIII веке первые бумажные мельницы были сооружены в Северной Италии, примерно столетие спустя - во Франции. По преданию, владельцем первой бумажной мельницы во Франции стал один из предков знаменитых изобретателей воздушного шара братьев Монгольфье, который научился этому ремеслу будучи в арабском плену. Из Франции бумажное производство двинулось в Англию, Голландию и на восток – в Германию, Польшу, Московскую Русь. Средневековые бумажные мастерские Европы были мало похожи на древнюю китайскую бумажную мельницу. Ступу заменила толчея – каменное корыто, над которым вращается деревянный вал, приводя в движение рычаги с молотками на конце. Эти молотки поднимаясь и опускаясь измельчали подготовленный материал для превращения его в однородную массу. В XIV – XVI столетиях в культуре и технике Италии, а позже и в других странах Европы произошли важные изменения, подготовившие переход от

Средневековья к Новому времени. Прежде всего - стал возрождаться интерес европейцев к полузабытому наследию разрушенной античной культуры. Отсюда и название периода – эпоха Возрождения, или Ренессанс (renaissance). Машины достигли такого развития, а их формы сложились настолько, что дают возможность судить о законах формообразования, учитывающие параметры работающего на ней человека.

Водяная мельница дробящая тряпье в одну массу, из которой затем делают бумагу показана на рис. 26. Процессы очёса тряпья, формовки, сушки и прессования бумаги изображены на рис. 27,28. На гравюрах видно, что каждый процесс производства происходит на отдельных небольших станках, всё производство практически находится в одном большом помещении и при окончании каждой операции полуфабрикат перевозится для последующей обработки к этим станкам. Водяное колесо облегчало только размол сырья, а в остальном производстве применялась сила человека.

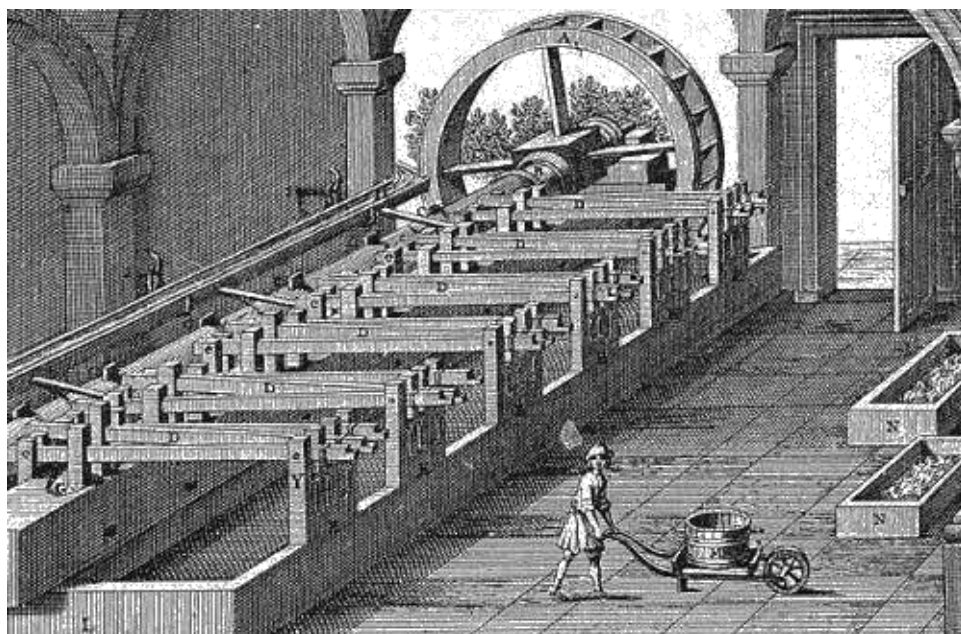


Рис.26.Водяная мельница, дробящая тряпье в одну массу, из которой далее делают бумагу

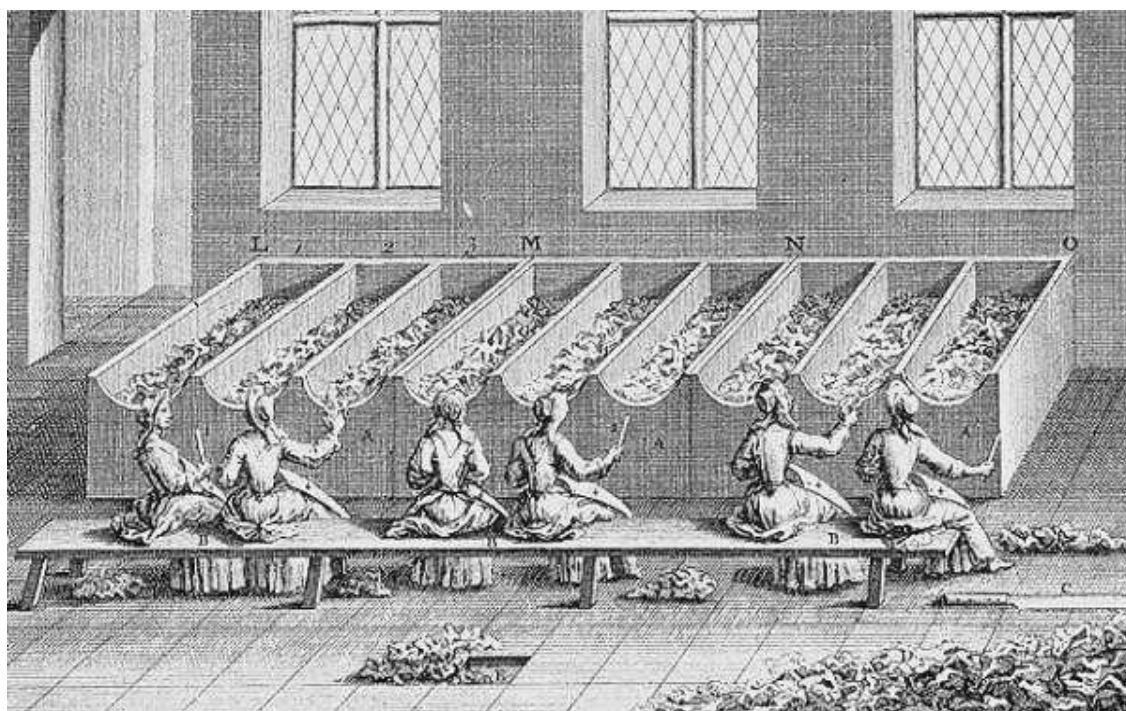


Рис.27. Очѣс тряпья

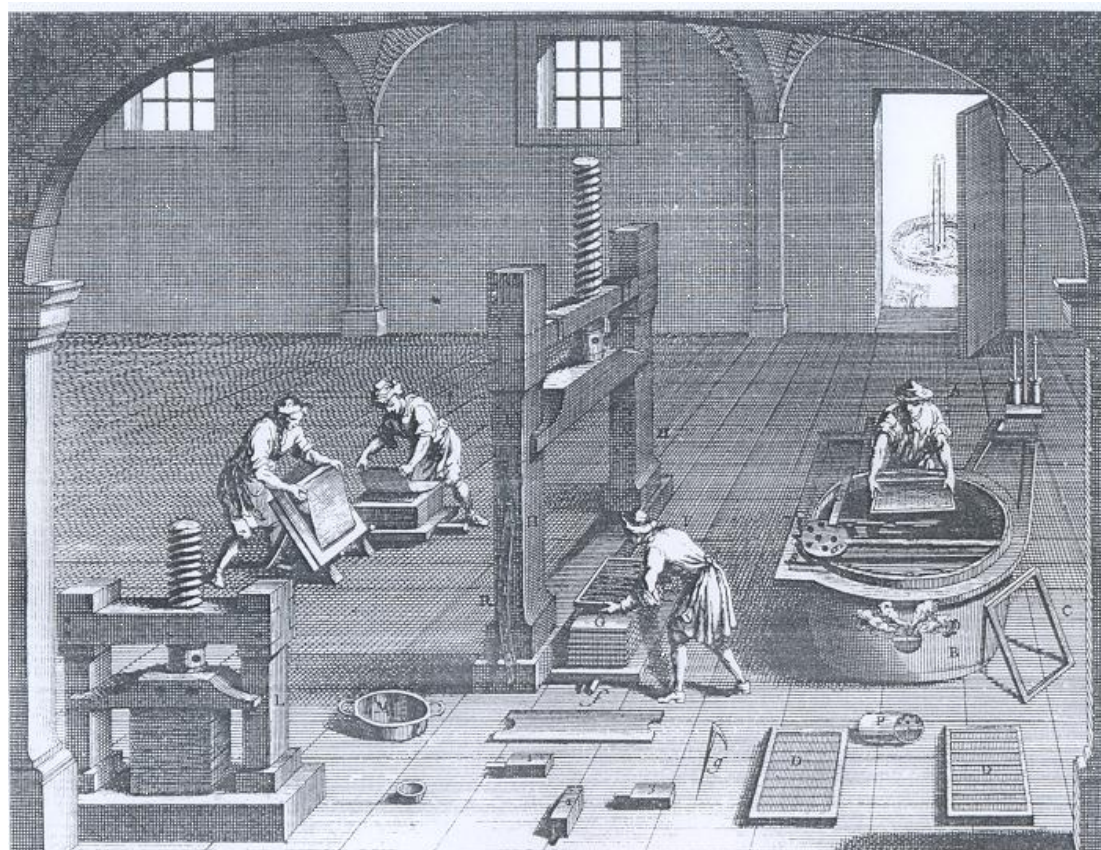
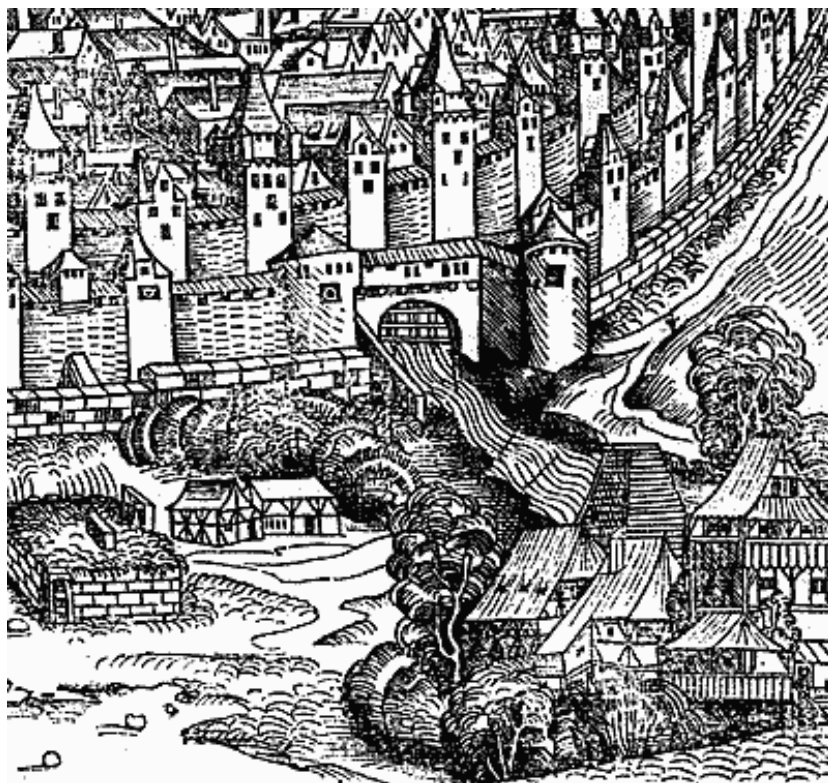


Рис.28. Формовка, сушка и прессование бумаги

Германия в XIV веке использовала преимущественно итальянскую бумагу, лишь в 1390 г. нюрнбергский патриций Ульман Штромер впервые начал изготавливать бумагу на немецкой земле. Для этой цели он пригласил итальянских мастеров Франциска и Марка. Мельницу Штромера в 1493 г. изобразил на гравюре с перспективой Нюрнберга один из художников, иллюстрировавших «Книгу хроник» гуманиста Гартмана Шеделя (рис.29). Монополия Штромера просуществовала недолго, хотя он и требовал от своих мастеров и подмастерьев строгого соблюдения тайны. Появление дешёвого писчего материала в Германии непосредственно предшествует изобретению типографского станка. Бумага стала важнейшей материально-технической предпосылкой для возникновения книгопечатания.



*Рис. 29. Бумажная мельница У. Штромера в Нюрнберге
(с ксилографии 1493 г.)*

К середине XV в., т.е. к моменту создания первой типографии, на немецких землях работало не менее 10 бумажных мельниц. Учёные считают, что каждая мельница ежегодно давала не менее 1000 рисов бумаги. Рис равен 480 листам. Легко подсчитать, что к середине XV в. в Германии производилось порядка 10 тысяч рисов, или 480 тысяч листов бумаги в год. Способ печатания книг с деревянных досок, на которых гравировались страницы рукописи, был известен еще в IX в. на востоке (Китай, Тибет), в Европе этот метод называли "ксилография". Иоганн Гутенберг и его компаньоны начали изготавливать ксилографические книги, но Гутенберг решил гравировать не целую страницу, с которой можно сделать мало оттисков, а отдельные буквы. Из этих символов изобретатель и предложил складывать целые слова и строки, составляя из них уже нужную страницу. Гутенберг придумал и сам способ изготовления шрифта: сначала на торце пуансона (металлического бруска) гравировали выпуклое обратное изображение буквы. Затем на мягкой медной пластине (матрице) выбивали букву, потом вставляли в нижнюю часть полой трубки. Через открытый верх в трубку заливали специальный сплав (позднее его называли гартом). С помощью этого приспособления можно было сделать сколько угодно точных копий пуансона – литер (рис.30). С помощью литер – буква за буквой, строка за строкой – набиралась книга. На рис.31 изображена работа печатника до изобретения печатного станка. На рис.32 гравюра с изображением И. Гутенберга и его печатного станка 1438 г. На рис. 33,34 изображена типография времён И. Гутенберга.



Рис.30. Словолитчик (гравюра И. Аммана)



Рис. 31

Рис.31. Работа печатника до изобретения печатного станка

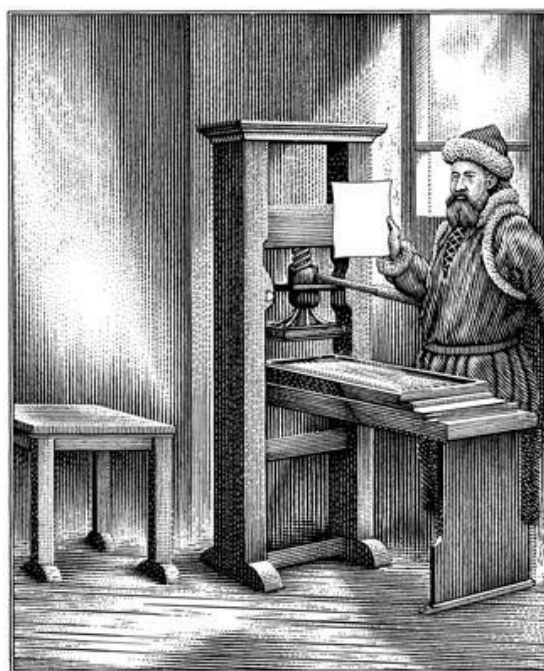


Рис.32

Рис.32. В 1438 г. И. Гутенберг сделал первые оттиски с наборных литер

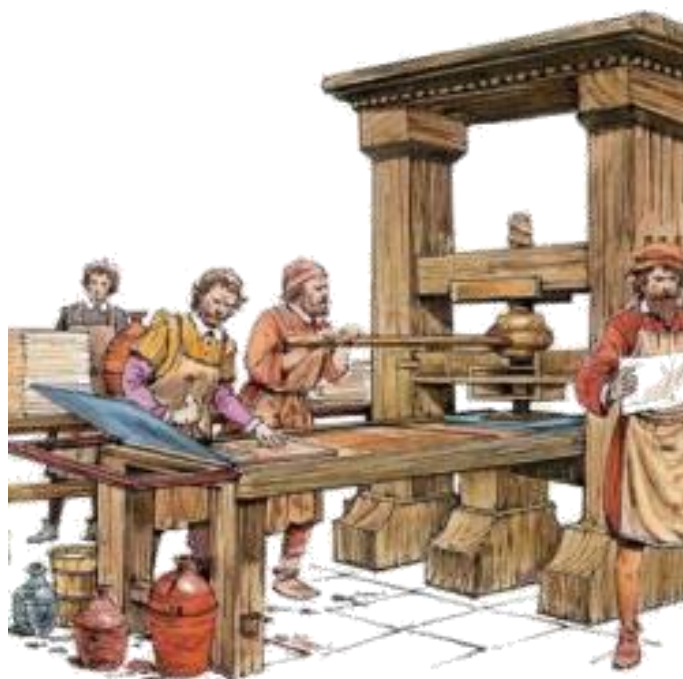


Рис. 33. Типография времен Гутенберга



Рис. 34. Типография времен Гутенберга



Рис.35 .Усовершенствованный печатный станок Гутенберга в развернутом виде (гравюра Аммана 1568 г.)

На рис. 35 изображен мастер, который двумя кожаными подушечками набивает краску на печатную форму, помещенную в каретке. К последней шарнирно прикреплена рама, на которую натянут декель. Второй рабочий снимает с этой рамы уже отпечатанный лист. В дальнейшем на его место будет положен чистый лист бумаги. К декельной раме, опять-таки на шарнирах, прикреплена рама, предохранявшая поля оттиска от попадания на них краски. Раму эту удерживает в нужном положении прикрепленный к ее нижней части выступ, упирающийся в стол типографского станка.

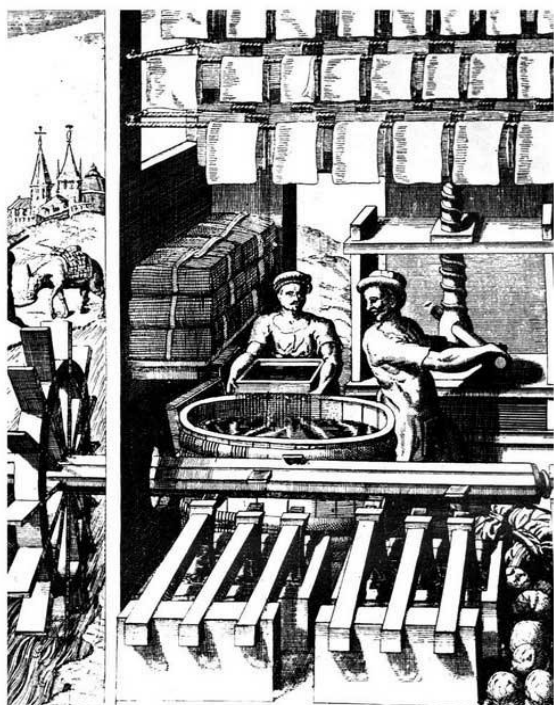
Также на гравюре Аммана 1568 г. видна круглая в сечении палка, установленная на полу типографии. Чтобы получить оттиск с наборной формы первоначально большинство операций Гуттенберг осуществлял вручную: покрытие краской, наложение листа на набор, затем лист было необходимо плотно и, что особенно важно, равномерно прижать к форме и, наконец, снять готовый оттиск с набора. Механизировано было лишь получение оттиска, происходившее под большим давлением. По подсчетам специалистов, давление прессы при печати 42-строчной Библии, главного издания Гуттенберга, должно было составлять четыре с половиной тонны. Печатный стан Иоганна Гуттенберга позволял достигать эту величину, нажимая на рычаг, приводящий во вращение нажимной винт (рис.36). Это было большим достижением, ибо значительно сокращало время рабочего процесса и снижало его трудоёмкость.



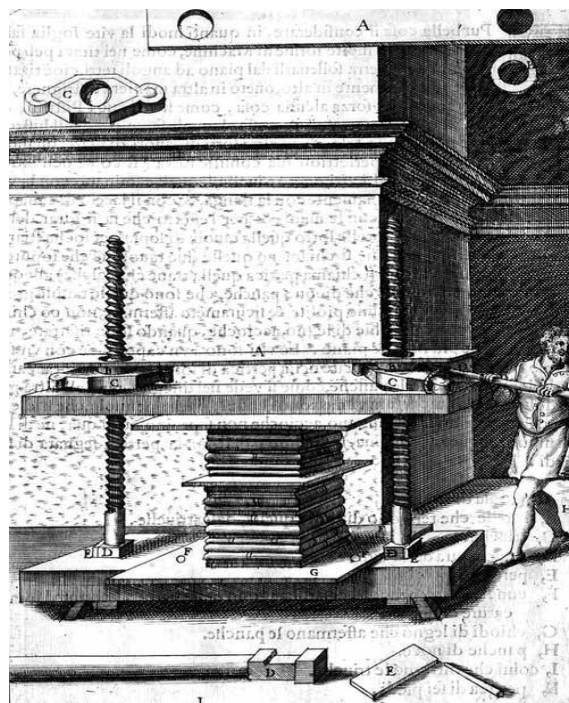
Рис.36. Получение оттиска на печатном станке

Гутенберг в качестве первоосновы использовал уже существовавшие к тому времени механизмы для создания давления между двумя горизонтальными плоскостями.

Первый из таких механизмов – пресс, который применялся в виноделии. Аналогичную конструкцию имел пресс для обжимки влажных стоп бумаги в бумагоделательном производстве (рис.37). Стопу помещали на горизонтальную перекладину, закреплённую между вертикальными балками. Прижим осуществлялся подвижной горизонтальной доской, приводимой в движение нажимным винтом. Винт вращался рычагом, вставленным в отверстие в буксе. Винт можно было фиксировать в определенном положении с помощью храпового механизма.



а



б

Рис. 37. Бумагоделательное производство: **а** – бумагоделательная машина (работает от вертикального подливного колеса; кулачки, установленные на валах, поднимают молоты, которые при падении совершают удар по тряпью в процессе приготовления пульпы; остальные операции производятся вручную: пульпа переливается в чан, процеживается через сито, бумажная масса помещается под пресс для формовки листов; полученные листы бумаги развешивают и просушивают), гравюра из книги Г.А. Боклера «Theatrum machinarum novum», 1662 г.; **б** – пресс для обжимки влажных стоп бумаги, гравюра из книги Vittorio Zonca «Novo teatro di machine», 1607 г.

Открытый Гутенбергом способ книгопечатанья оставался фактически неизменным до конца XVIII века. Редко какое открытие бывало так кстати, как изобретение печатного станка. Насколько книгопечатанье отвечало насущным потребностям человечества, показали уже первые годы после раскрытия тайны Гутенберга. К 1500 г. сотни типографий, одна за другой, возникли в разных городах Европы.

На Руси использование этого нового материала для письма началось в XIV в. Первоначально бумага была привозной - сначала с Востока, а затем из Западной Европы: итальянская, французская, немецкая, голландская. В период правления Ивана Грозного в России была построена первая «бумажная мельница» близ Москвы, действовавшая, впрочем, недолго. Но уже в XVII столетии в стране работало 5 бумагоделательных предприятий, а в XVIII в. — 52. Способ изготовления бумаги принципиально отличается от папируса и пергамента. Он основан на разрушении связи между растительными волокнами с последующим их тесным переплетением между собой («сволачиванием») в форме тонкого бумажного листа или бумажной ленты .

До середины XIX в. практически вся европейская, в том числе и российская, бумага изготавливалась из льняного тряпья. Его промывали, проваривали с содой, едким натром или известью, сильно разбавляли водой и размалывали на особых мельницах. Затем жидкую массу черпали специальной прямоугольной формой с прикреплённой к ней сеткой из проволоки. После стекания воды на металлическом сите оставался тонкий слой бумажной массы. Полученные таким образом влажные бумажные листы укладывали между отрезами грубого сукна или войлока, с помощью пресса отжимали воду и просушивали; всё это делалось вручную и требовало очень много усилий от рабочих (рис.38).

Металлические нити сетки оставляли на бумаге, изготовленной ручным способом, следы, видимые на просвет, поскольку бумажная масса в местах её соприкосновения с проволокой была менее плотной. Эти следы получили название *филиграней* (от итал. «filigrana» - водяной знак на бумаге).



Рис.38. Процесс формирования бумаги вручную (макет)

В бумаге европейского производства водяные знаки впервые появились в Италии в конце XIII в., а в России - лишь во второй половине XVII в. Первоначально это были рисунки, повторявшие контурное изображение, сделанное из тонкой проволоки и прикреплявшееся к дну металлической сетки. На филиграниях изображались животные, растения, небесные тела, короны, портреты монархов и т.п., а также нередко буквы и даты, обозначавшие имя владельца, местонахождение фабрики, год изготовления бумаги.

К настоящему времени известно около 175 тыс. филиграней, сделанных в разное время на бумажных мельницах и мануфактурах. Водяные знаки

являлись торговой маркой, а также одним из средств защиты от подделки документов. И в наши дни бумага с водяными знаками по-прежнему широко применяется для изготовления ценных бумаг, денежных знаков, важных документов (паспортов, дипломов, свидетельств и т.д.).

Большим толчком к развитию бумажного производства получило изобретение в 1670 г. в Голландии для размол бумажной массы ролла, который примерно в 3 раза был производительнее применявшейся до этого громоздкой толчеи (рис.39). К концу XVII в. роллы использовались уже во многих странах. С появлением роллов черпальщики уже не успевали отливать приготовленную бумажную массу, так как этот процесс по-прежнему оставался ручным и очень трудоёмким.



Рис. 39. Размол бумажной массы (макет)

Для этого нужна была машина. И такая машина была создана в эпоху Великой французской революции в 1799 г. французом Луи Робером. Эта машина, работавшая некоторое время на бумажной мануфактуре в городе Эссоне во Франции, была очень примитивна (рис.41). Она состояла из бесконечной сетки, натянутой на двух деревянных валиках, которые располагались над деревянным черпальным бассейном, и приводилась в

движение вручную вращением валика от рукоятки. Над бассейном вращалось черпальное колесо, изготовленное из тонких медных полос, которое зачерпывало разбавленную водой волокнистую массу из чана, отбрасывало

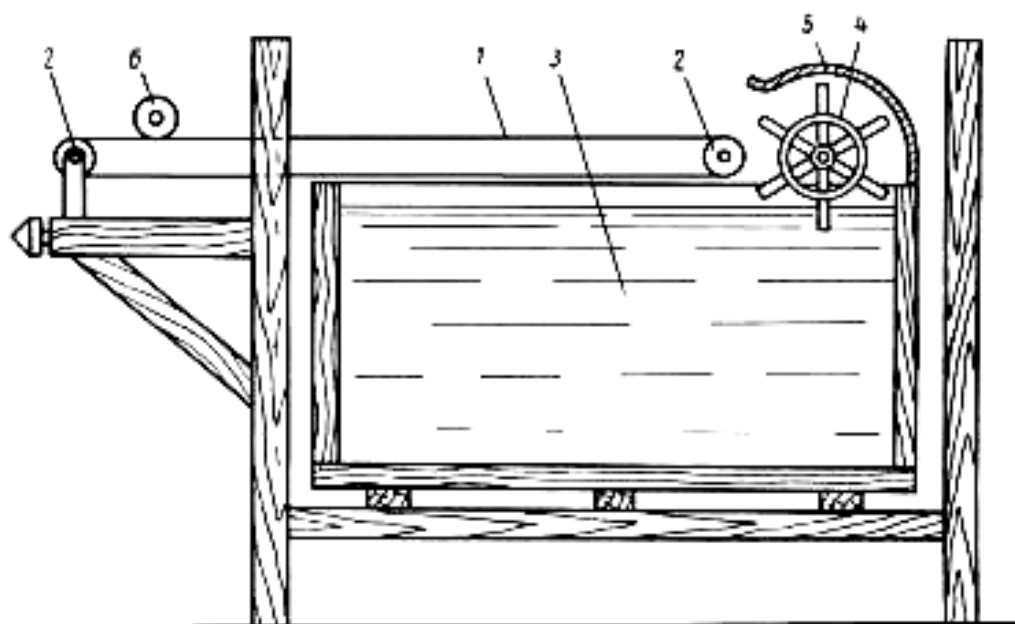


Рис. 40. Бумагоделательная машина Луи Роббера:

*1 – сетка; 2 – валики; 3 – черпальный бассейн; 4 – черпальное колесо;
5 – отражательный щит; 6 – накат*

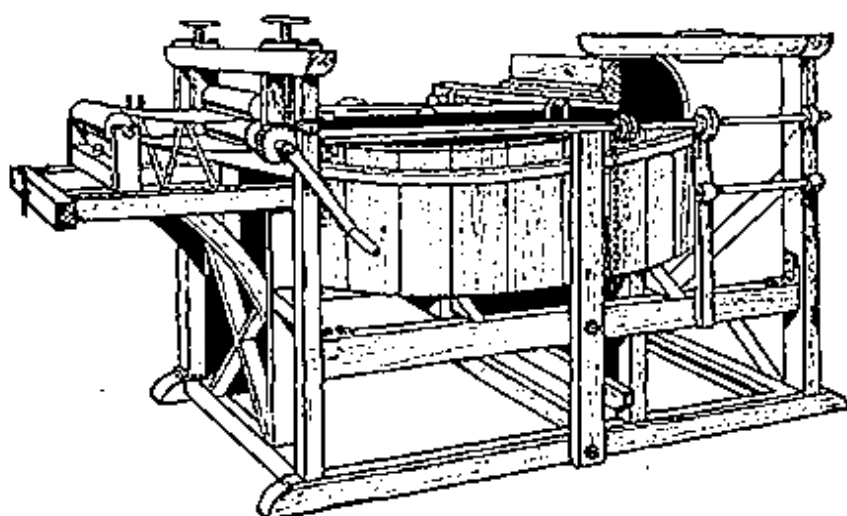


Рис.41. Общий вид бумагоделательной машины Робера

на отражательный щит и выливало ее на движущуюся сетку. Сырая бумага наматывалась на накат, откуда ее периодически снимали. Длина медной сетки 3,4 м, ширина 0,64 м. Основными частями бумагоделательной машины Робера были: а) деревянный массный бассейн с вращающимся черпальным барабаном с ковшами; б) вращающийся цилиндрический пресс, обтянутый сукном (рис.40). Машина была далеко не совершенной и по своей производительности лишь ненамного превосходила ручную выработку. Тем не менее, сам принцип, заложенный в конструкцию машины, – непрерывный отлив бумажной массы на движущейся сетке – оказался прогрессивным и был использован в последующих конструкциях бумагоделательных машин, созданных братьями Фурдринье и Донкиным. Поэтому имя Луи Робера вполне заслуженно почитается как имя изобретателя машины, сыгравшей в истории техники такую же огромную роль, как типографский станок или паровая машина.

Первая бумагоделательная машина в России была установлена на Петергофской гранильной фабрике в 1816 г. Монтажными работами, которые велись русскими мастерами, руководил англичанин Вестингаузен, представитель фирмы Донкина. Многие части машины были изготовлены на Петербургском чугунолитейном заводе. С этого времени в России получает развитие машинный способ производства бумаги.

В это же время активно развивались и другие ремёсла-производства – такие, как токарные, ткачество. На простейших токарных станках русские мастера работали резцами, сделанными из стали. На станке с ручным лучковым приводом только правая рука токаря работала непосредственно над изделием, так как левой рукой двигался лучок. Половина всего рабочего времени затрачивалась на обратное вращение заготовки и вызываемые этим отвод и подвод резца. Работа выполнялась в неудобном положении и была весьма утомительной. В этих условиях можно было с достаточной быстротой изготавливать только самые примитивные изделия. Однако такие станки были

крайне просты, их было легко изготовить из подручных материалов. Поэтому для производства несложных токарных деревянных изделий, хозяйственной посуды и частей мебели эти станки применялись в течение тысячелетий и получили широкое распространение. Например, в России у кустарей, изготавливавших детскую точеную мебель, они дожили до конца XIX в.

Однако со второй половины XVI в. появляются конструкции, в которых лук соединялся с маховиком или энергия передавалась на шкив через привод от маховика, отделенного от станка и вращаемого специальным рабочим по тому же принципу, как и на машине Робера . На таком станке работали двое.

Приведенный на рис.42 токарный станок для вытачивания фигурных профилей, относящийся к началу XVII в., принадлежит к новым для того времени станкам с отделенным маховиком. На протяжении всего XVII в. станки ремесленников делаются из дерева, число металлических деталей увеличивается лишь к самому концу века. Одновременно в обиходе токарей бытовало множество более мелких станков, предназначавшихся для индивидуальной работы в домашних мастерских. Формы их весьма разнообразны. Как правило, они небольших размеров и, чтобы вписаться в интерьер, наделяются чертами, свойственными мебели, их можно было быстро и легко убрать (рис.43).

Токарные и текстильные станки издавна были неотъемлемой частью ремесленного, а затем и мануфактурного производства. Токарные станки очень широко применялись при изготовлении художественных изделий - табакерок, шкатулок, различных украшений, весьма популярных в то время. Профессия токаря считалась привилегированной, цеха токарей имели первоклассных мастеров. В XVII-XVIII вв. токарное искусство настолько "вошло в моду", что иные вельможи соперничали между собой в мастерстве.

Прекрасным токарем был Петр I. Токарное дело было широко поставлено в странах Европы; в России в лице Нартова имеем величайшего мастера своего дела.

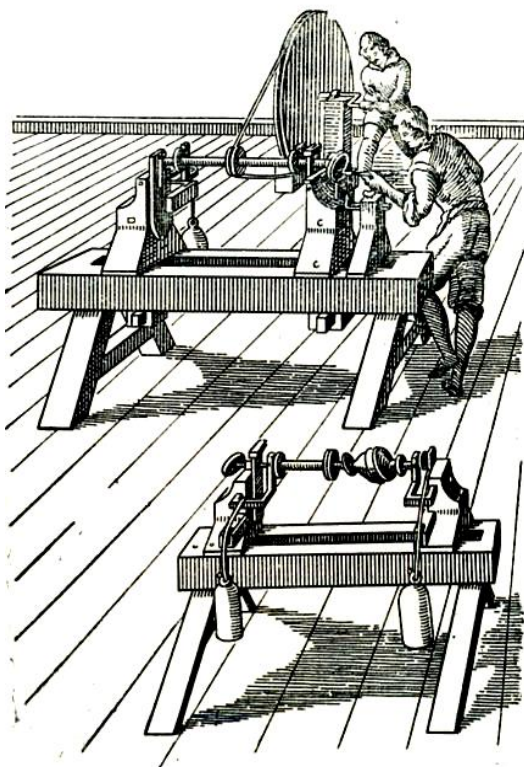


Рис. 42. Станок для вытачивания фигурных профилей 1615 г. с отдельным маховиком. На таком станке работали двое



Рис. 43. Станок для индивидуальной работы в домашних условиях. На таком станке можно работать длительное время не утомляясь

Станки Нартова интересны еще и потому, что построены в стиле народного русского барокко. В раннем станке Нартова отражены все характерные проявления стиля: это ремесленное орудие, по обычаю богато украшенное резьбой. Верстак - массивный дубовый стол на фигурных ножках в виде витых колонок, которые связаны со столешницей резными орнаментированными угольниками. В народном стиле выполнены и другие части станка: точеные стойки, соединенные узорными поперечинами, резные карнизы и фестоны. Однако резьба и украшения не маскируют рабочую функцию станка, а выражают радостно-оптимистическое мировосприятие мастера. Структура станка проста и легко читается, пропорции соответствуют интерьеру невысокой и небольшой мастерской и делают его удобным, "ладным в работе".

Как настоящее произведение искусства станок несет определенную эмоциональную нагрузку. В нем есть нечто от русского терема, витые колонки сообщают его облику черты русского национального стиля. Хотя станок создавался Нартовым для Петра I и поэтому особенно наряден, мастеру удалось избежать излишней помпезности и сохранить целостность формы, а это свидетельствует о тонком художественном вкусе императорского токаря, воспитанного на образцах русского народного искусства (рис.44) . Нартов остро чувствовал ритм и стиль своего времени и воплощал их в формах своих станков. Согласно рис. 44,45 деревянная часть украшалась богатым резным орнаментом, красивый декор “машинного” пьедестала был неременным требованием царя Петра I. Следует упомянуть, что, проектируя свои станки, Нартов часто привлекал к сотрудничеству французского декоратора и резчика Николя Пино, находившегося тогда в России (рис.46). Русский мастер спроектировал свою “машину” таким образом, что обработка изделий могла выполняться двумя разными способами: прямо с копира и с уменьшением.

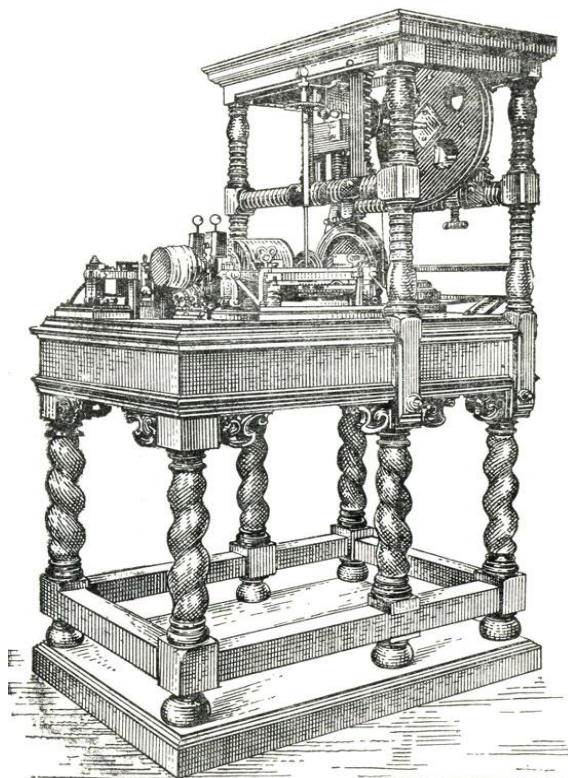
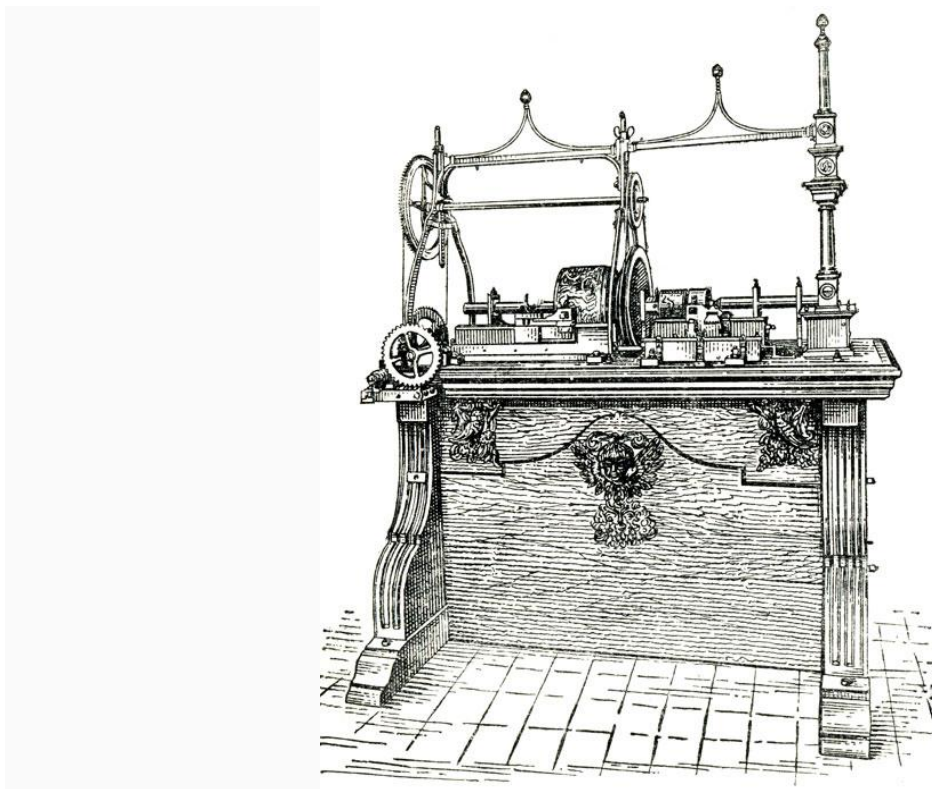
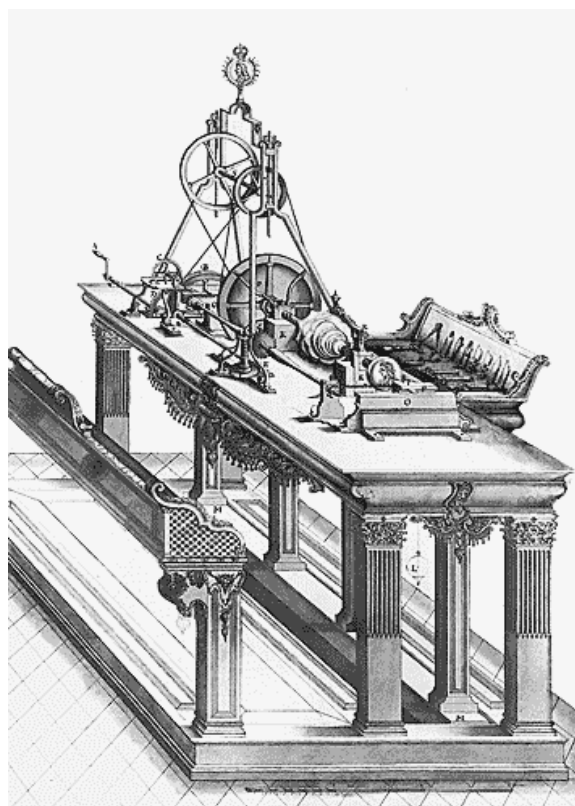


Рис.44. Токарно-копировальный станок А.К. Нартова 1712 г.



*Рис.45. Большой токарно-копировальный станок А.К. Нартова 1718-1729 гг.
в стиле петровского барокко*



*Рис. 46. Персональная машина 2-го рода или токарно - копировальный
станок А.К. Нартова 1755 г .*

В первом случае резец, действующий на торцевой поверхности, получал движение от бокового бронзового копира. Вторая кинематическая схема позволяла вырезать рельеф на поверхности будущего изделия с уменьшением размера рисунка по отношению к копиру от 1:4 до 1:3. Такое соотношение объяснялось следующим образом: диаметр бронзовых копиров составлял 360 мм, а слоновая кость, на которую переносился рисунок, имела в поперечнике диаметр от 90 до 120 мм. Крутить ручку легко, хотя плотность обрабатываемого материала весьма высока.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАНКОВ, НАЧАЛО ТЕХНИЧЕСКОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В начале XVIII в. станочное дело заметно оживляется. Побуждаемые требованиями все усиливающегося товарного обмена и конкуренцией ремесленники стараются оснастить станки приспособлениями, ускоряющими работу. Раньше всех стали усовершенствоваться текстильные машины. Первые самопрядки появились в XVI в., но получили распространение значительно позже, и их главные детали не отличались по форме от обычных прялок. Ткачество же вплоть до начала XVIII в. производилось на старинном станке, не менявшемся столетиями.

И только с 30-х гг. с изобретением такого рода приспособлений, как самолетный челнок Джона Кейя, или механический суппорт на токарных станках, первые конструкции которого появляются почти одновременно в разных странах и у разных мастеров, начинается процесс передачи машине функций человеческой руки.

Хотя эти, на первый взгляд, незначительные усовершенствования при своем возникновении не оказали серьезного влияния на удобство работы на станках, но именно они ознаменовали начало технической и промышленной революции, вызвали к жизни новые принципы формообразования, учитывающие человеческий фактор, которые в короткий срок неузнаваемо преобразили техническую среду.

Перемены наступили незаметно. Английский рабочий Джон Кей, побуждаемый возросшим спросом на продукцию ткачества, нашел способ ткать полотно значительно быстрее и шире – он изобрел самолетный челнок (рис.47). Он же сделал приспособления для стабилизации плоскости расположения ниток основы и для постоянного напряжения их натяжения. Станок, оснащенный этими приборами, остался ручным, но с его появлением возникла настоящая потребность в усовершенствовании процесса прядения. В 1733 г., механик - самоучка Джон Уайетт изобрел первую прядильную рабочую машину, в которой роль человеческих пальцев, скручивающих нить, выполняли несколько пар вытяжных валиков. С его именем связывается начало технической революции. Затем одна за другой появляются текстильные машины Харгривса, Аркрайта, Кромптона, Картрайта и других, в результате чего к концу XVIII в. текстильное производство качественно изменяется: из мануфактурного превращается в промышленное.

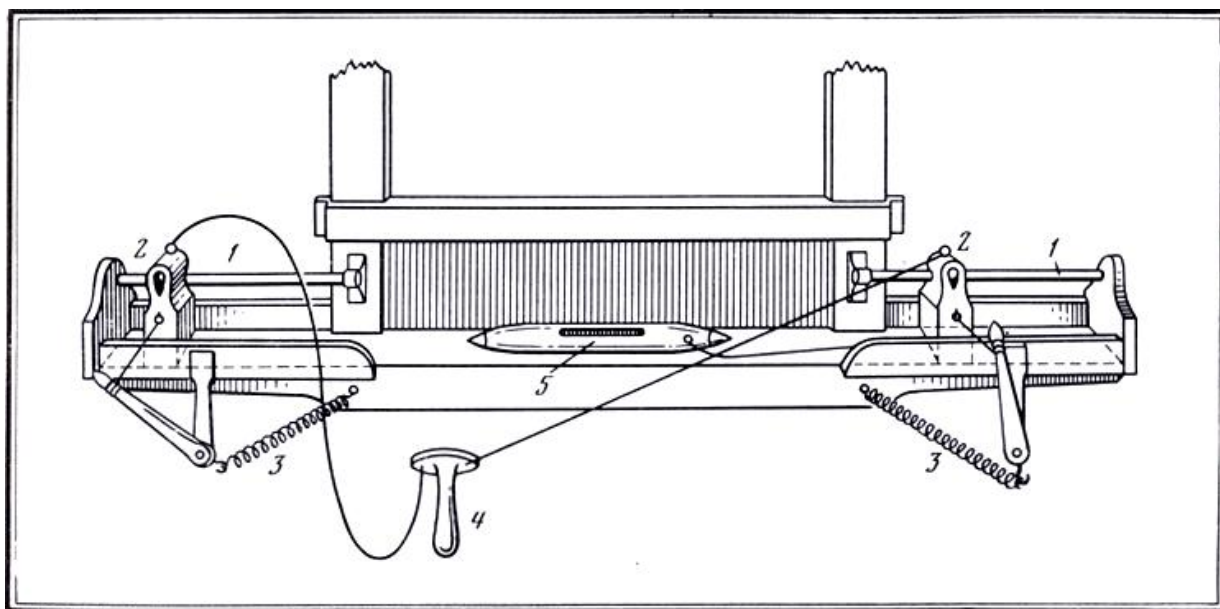


Рис.47. Схема устройства самодвижущегося челнока Кей:

1 - направляющие; 2 - блоки; 3 - пружина; 4 - рукоятка; 5 – челнок

Конечно, сама возможность механизировать рабочий процесс появилась только потому, что применение механизмов в условиях мануфактурного разделения труда позволило расчленить производственную технику на элементарные процессы. Это дало возможность наглядно проследить этапы пути от сырья к изделию, а отсюда оставалось сделать лишь один шаг к механизации отдельных процессов.

Постепенная передача машине функций человеческой руки и составляет сущность технической революции XVIII - начала XIX в.

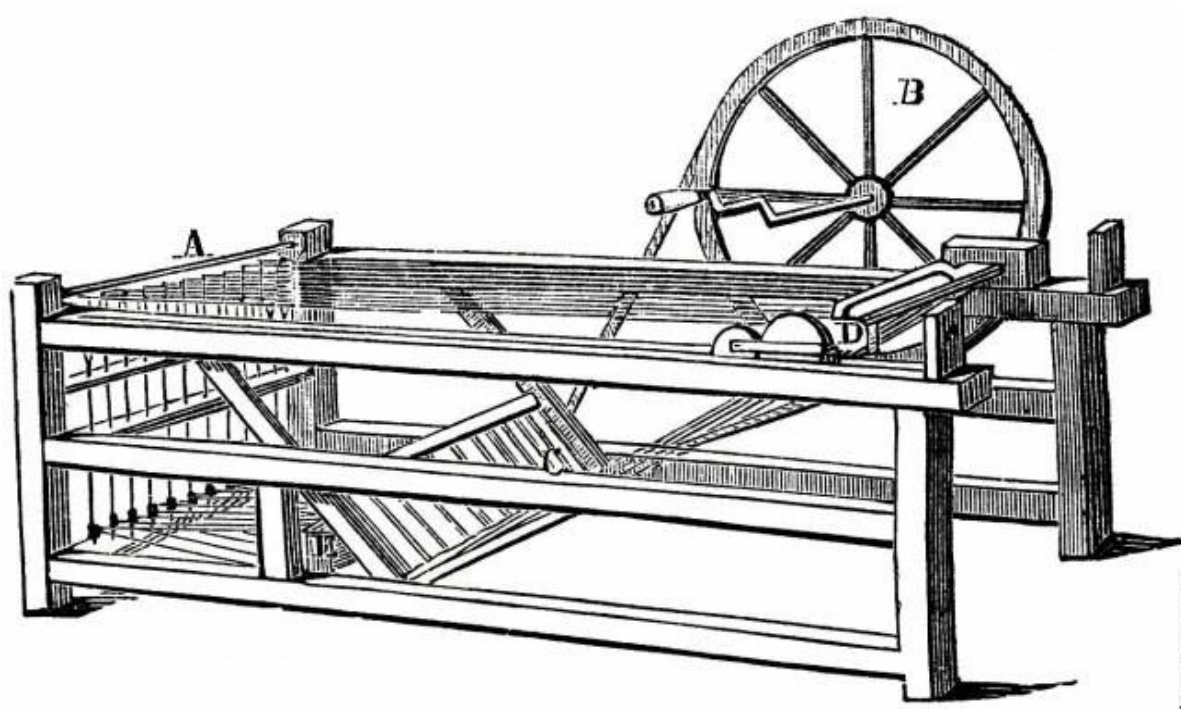


Рис.48. Прядильная машина "Дженни" с ручным двигателем (1769 г.)

Первый этап промышленного переворота в 60-х гг. XVIII в. был связан с изобретением и распространением новых рабочих машин в английском текстильном производстве. В 1764 г. Джеймс Харгривс из Ланкашира предложил свою прядильную машину "Дженни" с ручным двигателем (рис.48). В машине Харгривса вытяжные валики заменены были особым вытяжным "прессом", состоявшим из двух кусков дерева. Рабочий одной рукой двигал каретку с вытяжным "прессом", а другой вращал колесо, приводившее в движение веретена. Так, Харгривс механизировал операции

вытягивания и закручивания нити. Сначала *"Дженни"* имела 8 веретен, а вскоре их стало 18. Первоначально изменения в конструкции и форме машин производились самими ремесленниками, по мере выявления более удобных методов работы за станками. Кей, Кромптон, Харгривс - все это талантливые механики, прекрасно знавшие свое ремесло, выходцы из народа. С 30-х гг. XVIII в. они создают новое направление в формообразовании машин, вызванное к жизни применением машин-орудий, заменявших руку человека. В своих изобретениях они прежде всего шли по пути увеличения числа рабочих орудий, которые по форме и принципу действия мало чем отличались от аналогичных деталей на старых станках.

По форме видно, что или вся машина представляет собой лишь более или менее измененное механическое издание старого ремесленного инструмента, как в случае с механическим ткацким станком, или прилаженные к остову рабочей машины действующие органы являются старыми знакомыми, как веретена у прядильной машины, спицы у чулочновязальной машины, пилы у лесопильной машины, ножи у резальной машины и т. д. Орудия производятся по большей части все еще ремесленным или мануфактурным способом и затем укрепляются на теле рабочей машины, произведенном машинным способом.

В дальнейшем, с введением все большего числа новшеств, конструкции машин все более и более удаляются от своих ремесленных прототипов; усложняются конструкции, меняются принципы действия, изменяется форма. Так называемая мюль-машина Кромптона, сконструированная между 1774-1779 гг., уже ничем не напоминает простую прялку (рис.49). От многоверетённой механической прялки Харгривса *"Дженни"* в ней сохраняется большое колесо, приводящее в движение все веретена, но вместо прессы используются вытяжные валики машины Аркрайта (рис.50). Каретка с веретенами стала подвижной, что позволило крепче закручивать нитку.

Мюль-машина уже не была усовершенствованным орудием ремесленника, а предназначалась для фабрики. Ее конструкция предусматривает получение

высококачественной пряжи и убыстрение процесса прядения, но интересы обслуживающего ее человека остаются вне сферы внимания: она плохо скомпонована, в ней нет никаких предохранительных устройств от травм.

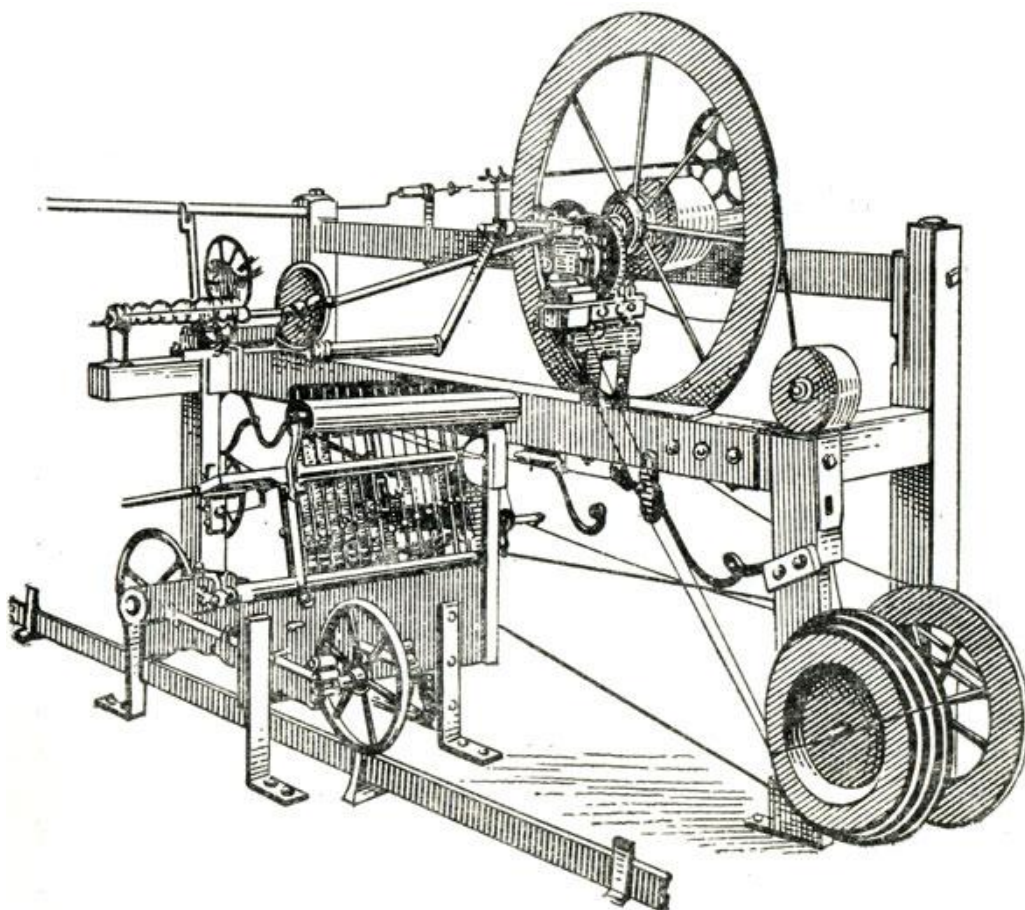
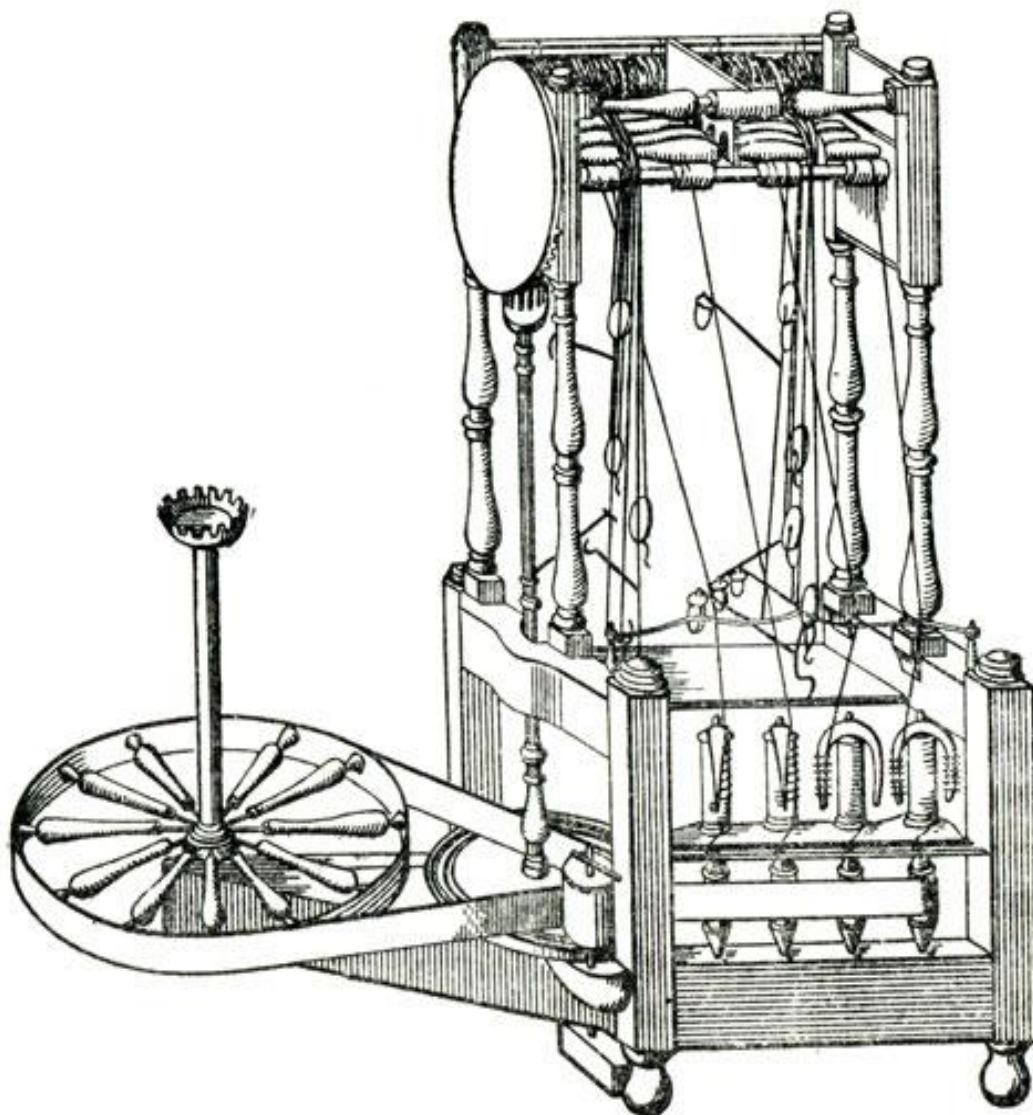


Рис.49. Мюль-машина Кромптона. Схема устройства прядильной мюль-машины Кромптона (1774-1779 гг.)



*Рис.50. Прядильная машина Аркрайта 1769 г. с использованием
вытяжных валиков вместо прессы*

Производственные ремесленные станки, полностью изготовленные из металла, как единичные явления встречаются в середине XVIII в., их очертания имеют характерный рисунок ремесленных станков. Один из таких станков показан на рис. 51. Очевидно, он представляет собой целую серию подобных, что можно заключить из того факта, что обе его чугунные стойки отлиты по одной модели. Станина также отлита из двух одинаковых частей и скреплена со стойками болтами. Станок имеет все признаки ремесленного: его привод - ножная педаль с маховиком, механический суппорт отсутствует, в фигурных, изогнутых стойках проявляются черты интерьера. Отсюда следует, что хотя для промышленного производства металл был основным материалом при изготовлении станков, сам по себе он не меняет "лица" изделия. Поэтому ремесленный металлический станок так похож на ремесленный станок Нартова и так далек по форме от станка Модсли.

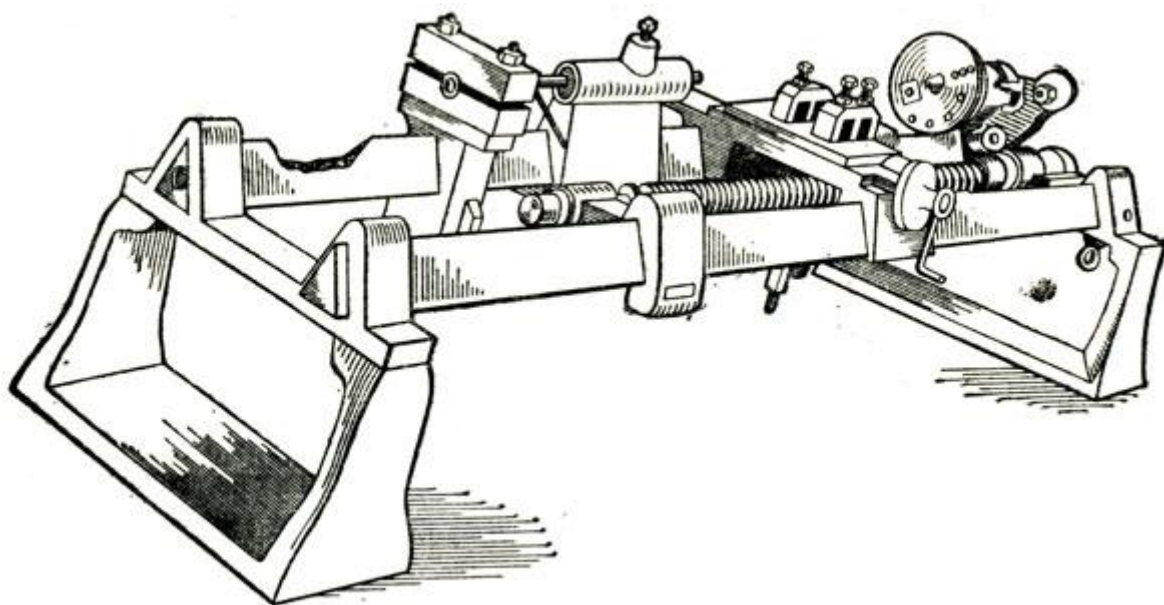


Рис.51.Токарно-винторезный станок Модсли 1800 г. с характерными закруглёнными формами

Итак, в станке Модсли видны уже все основные элементы современных аналогичных механизмов. Основные детали станка изготавливались серийно и поэтому имели геометризванный рисунок: безукоризненно параллельные направляющие трехгранной формы, точно подогнанные к треугольным креплениям на станине; утяжеленная книзу чугунная рама станины со специфическими закруглениями и утолщениями в местах опоры функционально соответствует своему назначению, а также технике литья.

Тектоника станка такова, что в целом он воспринимается точно уравновешенным и хорошо защищенным от вибрации, что улучшает для человека условия работы на станке. Несущие части легко поддерживают на себе рабочий механизм. Мастерская Модсли, позже выросшая в машиностроительный завод, была одним из первых промышленных предприятий и пользовалась широкой известностью.

Станки Модсли в высшей степени интересны с точки зрения формообразования, поскольку воплощают в себе характерные особенности формы раннего периода производства и вместе с тем отличаются высоким техническим совершенством и продуманностью комфортности работы на машине. Тенденция к упрощению и удешевлению сочетается в них с логической простотой конструкции, геометрически правильные очертания помогают восприятию целостной формы и как бы воплощают в себе четкие и точные, размеренные движения высококвалифицированного рабочего.

Модсли впервые применил на токарном станке 1797 г. стационарное защитное устройство, чтобы зубчатые колеса, соединяющие шпиндель с ходовым винтом, не захватили рабочего. В станках Модсли все говорит о стремлении к максимальному удешевлению и упрощению производства. Это прежде всего сказывается в отказе от каких бы то ни было украшений, зато большое внимание уделялось прочности станков. Поэтому некоторые из них работали на протяжении всего XIX столетия.

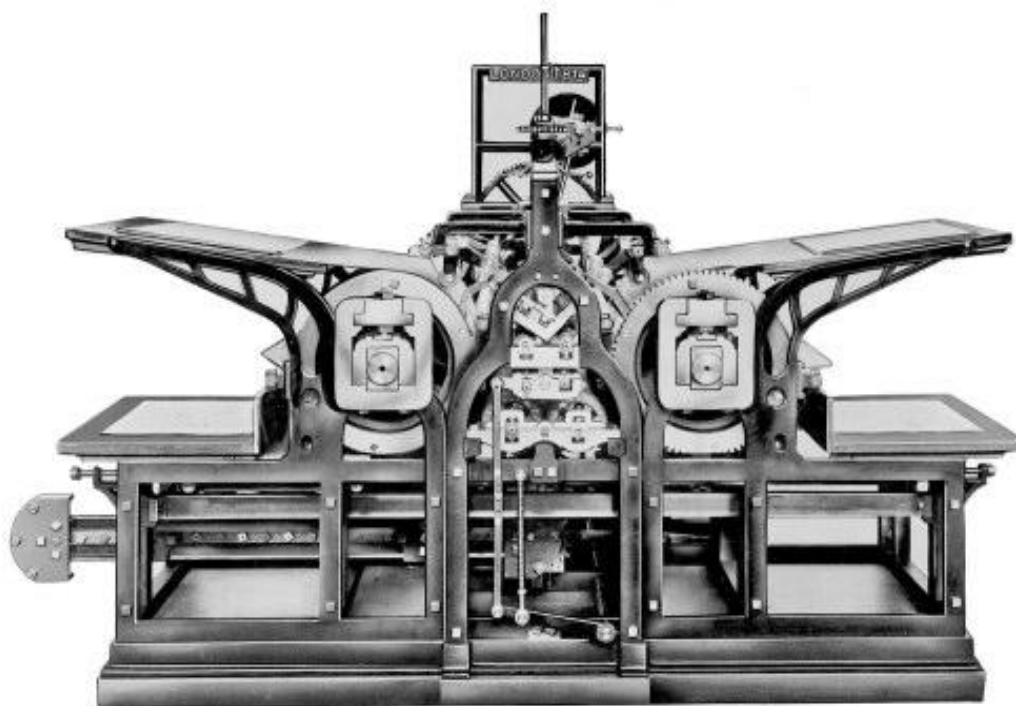


Рис. 52. Печатная машина Кенига на базе цилиндров для типографии "The Times" (1814 г.)

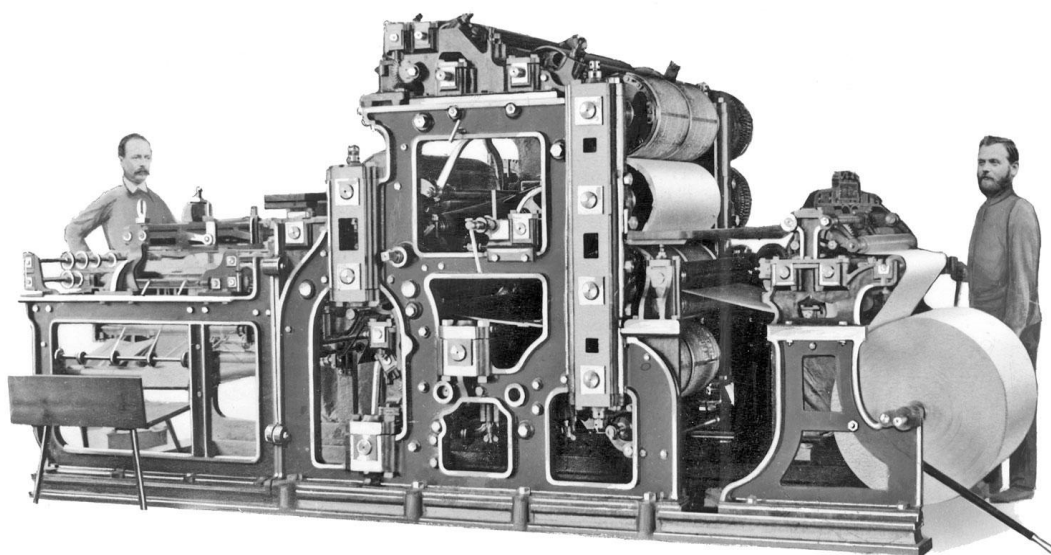


Рис.53. Первая рулонная ротационная машина «Magdeburger Zeitung» 1889 г. из Франкенталя

В этот период активно развивалось машиностроение печатного и бумагоделательного производства. В начале XIX века Кёниг сделал решающий шаг на пути создания высокоскоростной печатной машины - плоская нажимная плита была заменена вращающимся печатным цилиндром. Знаменательным днем в истории полиграфии и, особенно, газетного дела стало 29 ноября 1814 г., когда впервые тираж газеты "Times" был напечатан на машине Кёнига с приводом от паровой машины (рис.52). Довольно большое число машин Кёнига использовалось в России (392 из первых 2000, выпущенных к 1873 г.), однако самая первая печатная машина не была ввезена из-за границы. Ее изготовили в 1829 г. на Александровской мануфактуре для петербургской газеты "Северная пчела".

В плоскочастных машинах установленная на талере форма совершала возвратно-поступательные движения. Это усложняло механизм, да и обратный ход зачастую был холостым. Поэтому возникла идея использовать ротационный (т.е. основанный на вращении устройства) принцип.

Первоначально это было использовано для набивки рисунка на ткань. Для полиграфических же нужд применить такой принцип удалось только в 1848 г. Августу Эпплгейту (Augustus Applegath). Основной проблемой была необходимость закрепить печатную форму на формовочном цилиндре и предотвратить выпадение литер при его вращении. Первая рулонная ротационная машина в «Magdeburger Zeitung» была изготовлена в 1889 г. в г. Франкеталь (рис. 53).

ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА XVIII- XIX вв.

1799 г. - француз Луи Николя Роббер (1761-1828) изобрёл первую бумагоделательную машину непрерывного действия. Этот год считается датой изобретения бумагоделательных машин.

1803 г. — в Англии смонтирована и установлена первая бумагоделательная машина (так называемая «Машина Фурдринье»), изготовленная по чертежам Роббера, но усовершенствованная английским механиком Брайном Донкиным (рис.54,55). На первой бумагоделательной машине бумага формовалась из тряпичной ветоши и хлопка в виде рулона. Она состояла из следующих основных частей: сеточной, прессовой, сушильной, отделочной.

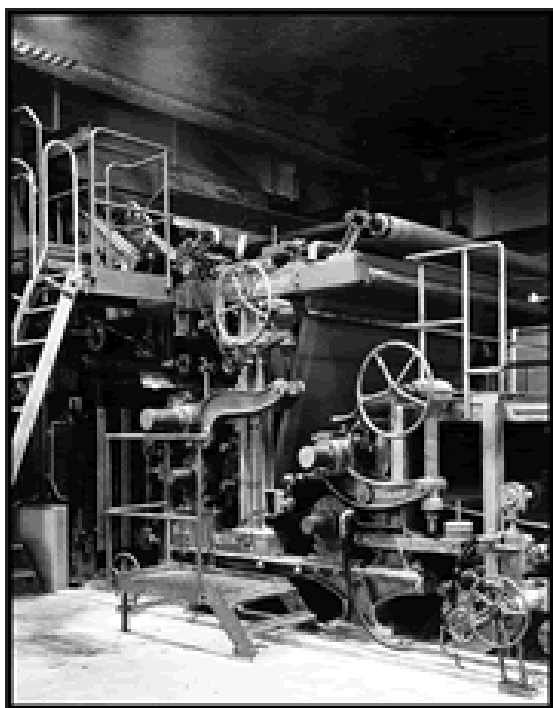


Рис.54.

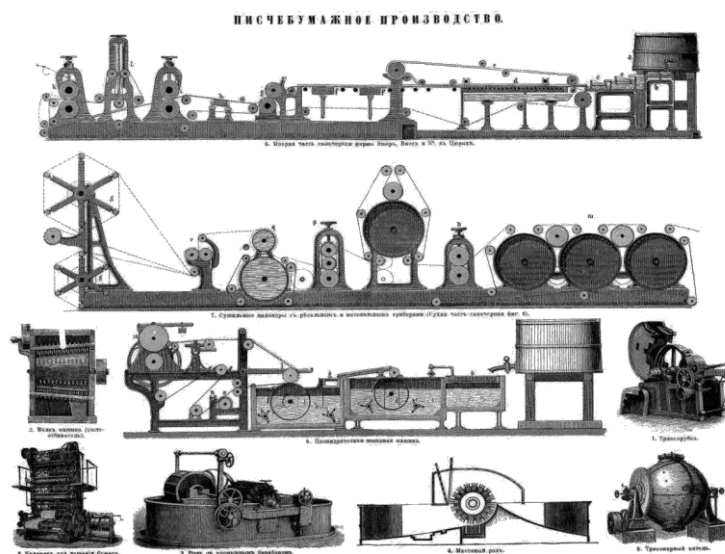


Рис.55.

Самочерпка Н. Роббера, усовершенствованная английским механиком
Брайном Донкиным

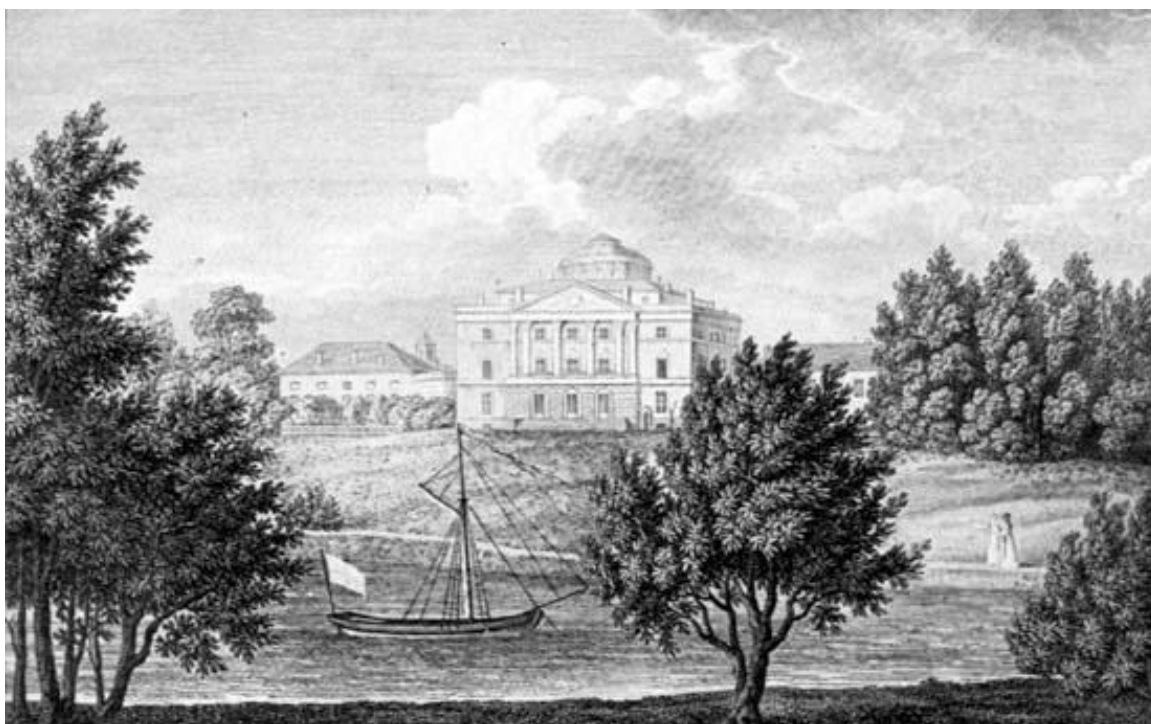


Рис.56. Первая бумажная фабрика в России (Петергоф 1816 г.)

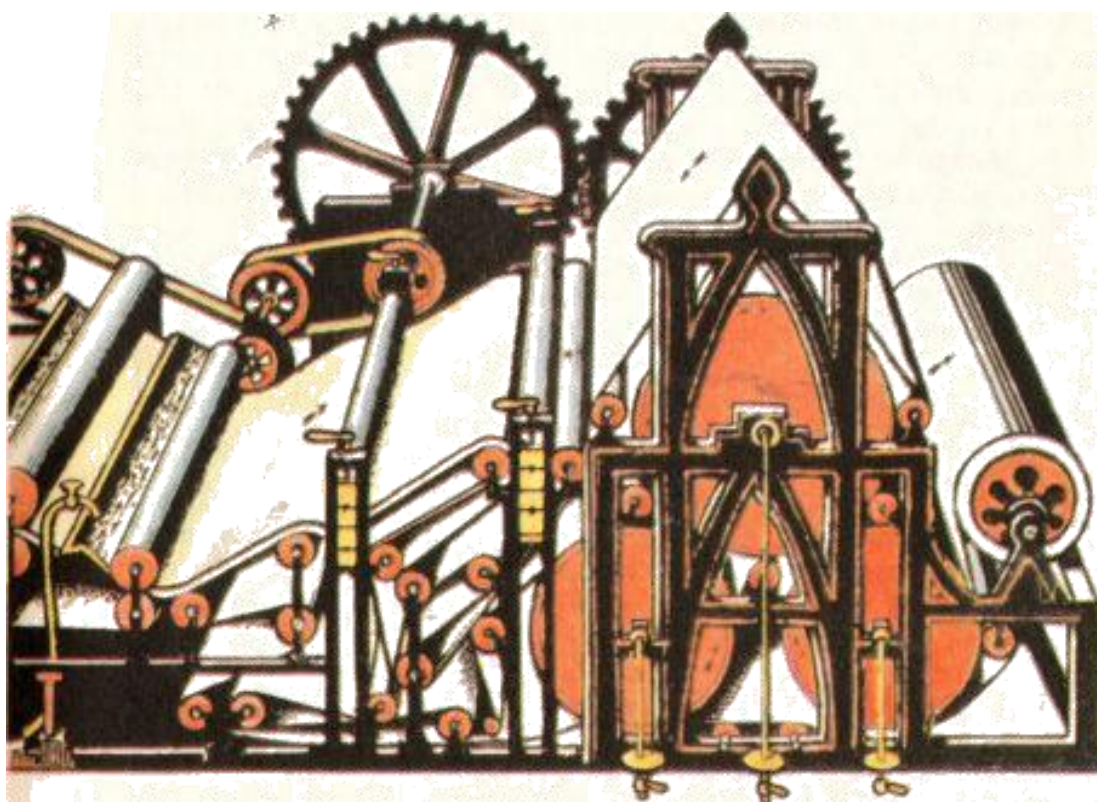


Рис.57 Бумагоделательная машина XIX в. (Самочерпка)

В 1816 г.— в Петергофе на бумажной фабрике была пущена первая русская бумагоделательная машина, построенная русскими мастерами на Петербургском литейном заводе (рис.56). Строительством руководил англичанин Вестингаузен — представитель фирмы Донкина.

В 1829 г. владелец Каменской картонно-бумажной фабрики перестроил и усовершенствовал свое производство, заменив ручной труд механической силой (рис. 57). В 1843 г. семья Дуббельтов расширила производство, закупив за границей много техники: Гебелевский станок (рис.58). Так началось перерождение помещичьей мануфактуры в настоящую фабрику. В формообразовании станков и машин этого периода наблюдается: простота конструкций; устойчивый и статичный вид станка; скорее большая, чем достаточная толщина всех частей; надежный; не слишком сложный механизм для главного и поступательного движения; рациональная скорость и солидный фундамент. Орнаменты и декор на станинах ушли в прошлое, так как они отвлекали и мешали при работе на станках.

На протяжении XIX в. техника сделала огромный шаг в своем развитии. В жизнь вошли паровозы, пароходы, металлообрабатывающие, текстильные и сельскохозяйственные машины; на смену паровым двигателям приходят электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания, дизели, турбины и т. п.

Техника развивалась настолько бурно и плодотворно, что машинные парки первой половины XIX в. разительно отличаются друг от друга по форме. Ученые изучают сущность машин, их содержание, но форма еще не становится предметом изучения. Даже в такой тесно связанной с практикой области исследований, как сопротивление материалов, первая догадка о том, что форма может иметь влияние на техническое качество, появилась не ранее 60-х гг. XIX столетия. В первой половине и середине XIX в. в мире технических форм царила интуиция конструктора, во многом зависящая от традиций.

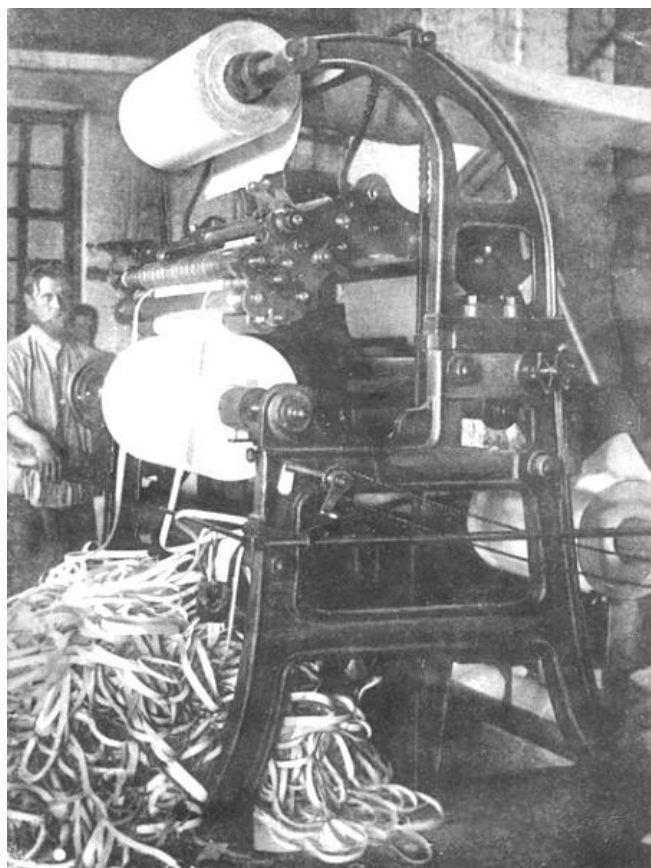


Рис.58. Каменская картонно-бумажная фабрика 1843 г. Гебелевский станок

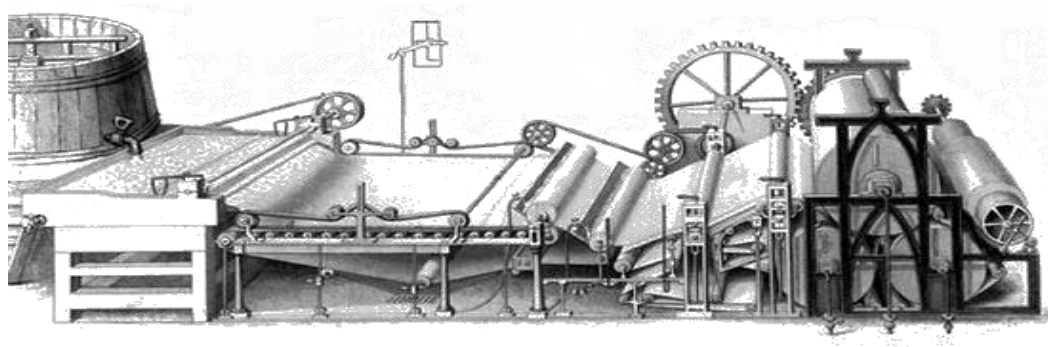


Рис.59. Машина для производства бумаги 1851 г. (форма станин более пластична)

Первым, кто поставил вопрос о форме и безопасности машин, был выдающийся теоретик машиностроения Франц Рело (1829-1905), всю свою жизнь посвятивший изучению машин. Он не отрывал развития техники от общего развития человеческой культуры и начал с того, что провозгласил возможность единого гармонического развития искусства и техники (рис.59). Он один из первых начал учитывать человеческий фактор при работе на машинах и производствах. На современном этапе этими вопросами занимаются дизайнеры - эргономисты.

НАУКА ЭРГОНОМИКА

В истории машин можно наметить несколько этапов развития формы, на которые влияло изучение и применение людьми движущей силы в технике (табл.1). На раннем периоде развития промышленного производства – форма конструктивна. Но кинематическая схема не менялась на протяжении столетий, поэтому люди не вводили коренные изменения в конструкцию машины, а разрабатывали только внешнюю формы. Положение изменилось в XVIII в., когда форма и конструкция машин стали взаимосвязаны. Что имело продолжение и в XIX в., когда появился паровой двигатель и машины стали более сложными как в управлении, так и по конструкции [4]. Совершенствовались рабочие механизмы за счет улучшения технических параметров. Но уже к XX в. появились проблемы, связанные с внедрением и эксплуатацией новой техники и технологий. Люди обратили внимание на то, что резко возросший травматизм на автоматизированном производстве не оправдывает выгоды, полученной благодаря переходу к нему от ручного труда. Исследователями того времени были проведены различные работы, направленные на создание более комфортной для человека рабочей среды. Так зародилась наука эргономика. Официально как термин понятие "эргономика" было принято в Англии в 1949 г., когда группа английских ученых положили начало организации Эргономического исследовательского

общества. В СССР в 20-е гг. XX в. предлагался термин "эргология". В некоторых странах эта научная дисциплина имеет иные названия: например в США - "исследование человеческих факторов" (Human Factors); в Германии - "антропотехника". "Почему эргономика?" — под таким заглавием английский эргономист К.Ф.Х.Маррелл опубликовал в 1967 г. статью в журнале "Профессиональная психология". Заглавие отражало общественное мнение того времени о новом направлении исследований: нужна ли вообще эргономика, если имеются традиционные науки, изучающие работу и систему человеческого организма.

С развитием производства меняются условия, методы и организация трудовой деятельности человека, претерпевают существенные изменения функции, роль и место человека в труде. Соответственно на разных исторических этапах выступают на первый план те или иные аспекты исследования трудовой деятельности. Преимущественно энергетический подход к ее изучению, обусловленный преобладанием в прошлом ручного труда, являлся типичным для исследований в сфере физиологии труда, возникшей в XIX веке. С физиологией труда тесно связана гигиена труда — профилактическая дисциплина, изучающая воздействие трудового процесса и производственной среды на организм работающих. В начале XX века, когда появились сложные виды трудовой деятельности (управление автомобилем, локомотивом и др.), предъявившие повышенные требования к скорости реакции, восприятию и другим психическим процессам человека, возникла инженерная психология.

Юридически получив статут в 1949 г., эргономика претерпела существенные изменения за эти десятилетия. Так, если в 70-80 гг. основные работы велись в областях (в порядке убывания приоритетности) антропометрии, физиологии труда, проектирования труда, биомеханики, психологии, то в последнее десятилетие приоритеты эргономики существенно сместились в область безопасности, биомеханики,

напряженности и интенсивности процесса труда, интерфейса "человек-компьютер". Биомеханика и физиология труда не доминируют, как в прошлом, но возник их новый аспект, связанный с расстройствами опорно-двигательного аппарата, обусловленный увеличением количества людей, работающих на компьютеризированных местах. Поэтому дифференциация наук, изучающих человека в труде, сыграла и продолжает играть положительную роль в развитии наших знаний о нем. По мере накопления знаний возникали контакты между науками. Гигиена труда вынуждена была обращаться к данным физиологии и психологии труда, психология труда — к данным гигиены и системотехники и т.д. Это и понятно, поскольку в действительности человек в трудовой деятельности представляет собой не сумму разрозненных элементов, а органичное целое. В реальной трудовой деятельности психологические компоненты не отделены от физиологических или социальных. В конце 40-х — начале 50-х годов на основе накопленных знаний возникла потребность в целостной системе представлений о работающем человеке, о его взаимоотношениях с техникой и с окружающей средой. Современное производство и транспорт, оснащенные сложными техническими системами, предъявляют к человеку требования, вынуждающие его иногда работать на пределе психофизиологических возможностей и в экстремальных ситуациях.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭРГНОМИКИ

Предметом эргономики является трудовая деятельность человека, а объектом исследования — система «человек — орудие труда — производственная среда».

При художественном проектировании промышленных изделий, автоматизированных систем или окружающей среды дизайнеры принимают

во внимание — исторические, этнические и культурные особенности развития народов разных стран и регионов. Цель эргономических разработок — создание оптимальных условий и организации труда, которые делают работу высокопроизводительной и способствуют всестороннему духовному и физическому развитию человека, обеспечивая комфортные условия, безопасность и здоровье работающему человеку. Как самостоятельная дисциплина эргономика возникла на стыке технических наук, психологии, физиологии и гигиены труда и начала свое развитие в России в 50-е годы XX века.

В связи с развитием технического прогресса эффективность машины стала определяться не только ее техническими параметрами: но и тем, как легко этой машиной управляет человек. Каким образом конструкция машины отвечает «человеческому фактору», каков способ передачи информации, удобно ли размещены органы управления, каковы усилия на органы управления, как расположены органы контроля, т.е. те звенья, которые объединяют человека и машину в единую функциональную систему — «человек — машина». Соответствие машины (или изделия машиностроения) «человеческому фактору» связано прежде всего с тем, как были учтены при проектировании требования антропометрии, физиологии, санитарной гигиены и инженерной психологии, т.е. основные направления эргономики. На рис.60 представлены основные направления исследований эргономики, применяемые дизайнерами, инженерами, техниками и технологами при проектировании различных объектов и изделий.

Антропометрия — система методов исследования (специальных измерений) человеческого тела. Данные исследования используются при выборе параметров конструкции изделия, соответствующих анатомическим особенностям человеческого тела в целях повышения удобства эксплуатации изделия человеком. Оказывается, далеко не безразлично даже для какой страны, расы, пола или возраста проектируется данное промышленное

изделие. Например, в Африке средний рост мужчин негров пигмеев составляет всего 144 см, а средний рост племен высоких негров – 188 см. В России средний рост 169 см, в США – 176 см. Как правило, рост поколений народа колеблется и зависит от войн и национальных бедствий. С улучшением благосостояния народа увеличивается и средний рост человека, представителя данной национальности. Антропометрические данные используются в художественном конструировании и при компоновке машин – это так называемый компоновочный соматографический анализ (греч. сомато – тело, графико – пишу) конструкции, который дает масштабное изображение положения тела человека в ортогональных проекциях; фигура человека при этом как бы вписывается в различных позах в соответствующие проекции рабочих зон управления проектируемой машины.



Рис. 60. Основные направления исследований эргономики

Физиология - связана с изучением воздействия окружающей среды на органы чувств человека: состав воздуха, шума и вибрации, температурных условий, влажности, освещения, запыленности и т.п. Физиологические исследования очень обширны и включают также темп работы, совершенствование рабочих движений, сокращение продолжительных

статических нагрузок. Об этих факторах конструкторам также необходимо иметь представление. Режим чередования труда и отдыха обосновывает и изучает «охрана труда».

Охрана труда – к этому направлению относятся исследования по технике безопасности орудий труда и машин во время их эксплуатации человеком, противопожарной техники безопасности и санитарно-гигиенических условий, лимитирующих предельно допустимые концентрации вредных включений производственной среды. В данных исследованиях учитываются и другие факторы: метеорологический, температура среды, скорость движения потока воздуха, допустимый уровень шума и вибрации.

Эти факторы, а также рекомендации методов определения опасности (сигнализация, герметизация, рациональность и надежность системы, предохранительные и ограждающие устройства), исключают травматизм.

Инженерная психология изучает контакты человека со средой, с машиной и коллективом. Как техническая наука инженерная психология изучает орудия труда и технологические процессы, выясняя, какие требования предъявляются конструкцией машин и аппаратов к психологическим свойствам человека, какие требования к машинам вытекают из психических свойств человека.

Значение инженерной технологии велико, так как на основе ее исследований открывается широкое развитие новой техники и одновременно создаются оптимальные условия работы с новейшей техникой. Исследования инженерной психологии включают:

- изучение возможностей человека в системе «человек-машина»;
- анализ распределения функций между человеком и машиной, точность и скорость действий оператора;

- изучение процесса приема человеком осведомительной информации посредством зрения, слуха, осязания для определения возможного объема и оптимальной формы информации;
- анализ процессов переработки информации человеком, ее хранения (кодирования) и формирование решения (анализ так называемой командной информации);
- исследование управляющих действий оператора, характеристик его «моторного входа». Здесь разрешается вопрос о структуре действий человека и механизма их регулирования;
- исследование надежности человека в условиях помех (шум, вибрация, температура, влажность и т.п.) и при возможных возникновениях экстремальных ситуаций;
- исследование групповой деятельности операторов (в производственных условиях – смена, бригада), а также исследование других вопросов психологического воздействия в коллективе.

Экология - наука, изучающая живой покров поверхности земли, и занимается исследованиями природных условий и синтетической среды, созданной человеком, в которой он существует и осуществляет производственную деятельность. Комплекс внешних условий, удовлетворяющих человеческому фактору, объединяется в одном понятии комфорт. Различают 4 типа условий: невыносимые, некомфортные, комфортные, высший комфорт.

Невыносимые условия это условия, в которых человеческий организм существовать не может. В этих условиях работа может производиться при полной или частичной герметизации или изоляции организма от таких условий (с помощью водолазного скафандра, костюмов пилотов истребительной авиации, кессонов и т.п.).

Некомфортные условия, при которых имеется существенное отклонение от нормы одного из элементов внешней среды. Такие элементы имеются в литейных, термических, гальванических цехах и на целлюлозно-бумажном производстве.

Комфортные условия, когда все элементы трудовой обстановки находятся в достаточном соответствии с «человеческими факторами».

Высший комфорт при работе на предприятиях, когда все элементы окружающей среды находятся в наиболее благоприятном состоянии для человека.

Основными показателями при определении комфортности рабочих помещений являются шум, освещенность, температура, влажность, благоприятность окраски помещений и оборудования, чистота стёкол и светильников, не загромождённые проходы и переходы. Для промышленных предприятий, где работает в основном высокоскоростное агрегатированное оборудование, кроме этих показателей, также учитываются вибрация, тепловое излучение, концентрация пыли, концентрация углекислого газа. На графике (рис. 61) показаны показатели комфортности на современном бумагоделательном производстве в зале БДМ.

ПЕРЕХОД МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННУЮ ОСНОВУ

На протяжении почти всего XIX в., за исключением последних десяти лет, паровая машина была единственным универсальным двигателем фабрично-заводского производства. К концу века мощность наиболее крупных паровых машин возросла до нескольких тысяч лошадиных сил, значительно увеличился коэффициент полезного действия, усовершенствовались паровые котлы. И все-таки паровые двигатели оставались сравнительно тихоходными, громоздкими, тяжелыми и требовали больших затрат металла. Поэтому появившиеся в 90-х гг. XIX в., турбины быстро завоевали ведущее положение в энергетике.



Рис. 61. График замеров комфортности на бумагоделательном производстве в зале БДМ
(ЗАО Выборгская целлюлоза, Балахна)

Однако промышленному машиностроению далеко еще было до совершенства, оно только начинало делать первые шаги, стараясь не отрываться от ранее построенных и оправдавших себя на практике образцов. Там, где дело касалось стационарных машин, непосредственная связь скорости и формы была замечена не сразу. В конце XIX в. такие машины, как в начале и середине столетия, строились согласно требованиям архитектурного стиля, хотя к этому времени архитектурные формы в машиностроении стали себя изживать. Если не считать немецкого исследователя машиностроения Франца Рело (1829 – 1905) , мало кто из инженеров и заводских деятелей сознательно ставил вопрос о созидании машинных форм с учётом человеческого фактора. Однако неосознанное понятие о "красивой" машине и об экономическом значении новых форм для заводов-производителей для потребителя постепенно начинает проникать в техническую литературу.

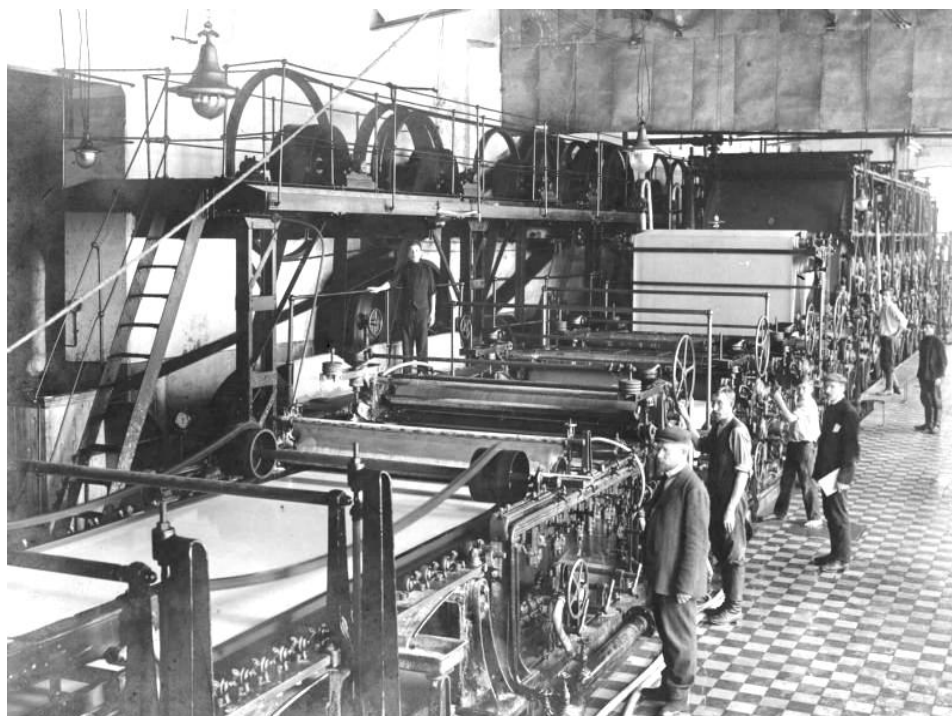
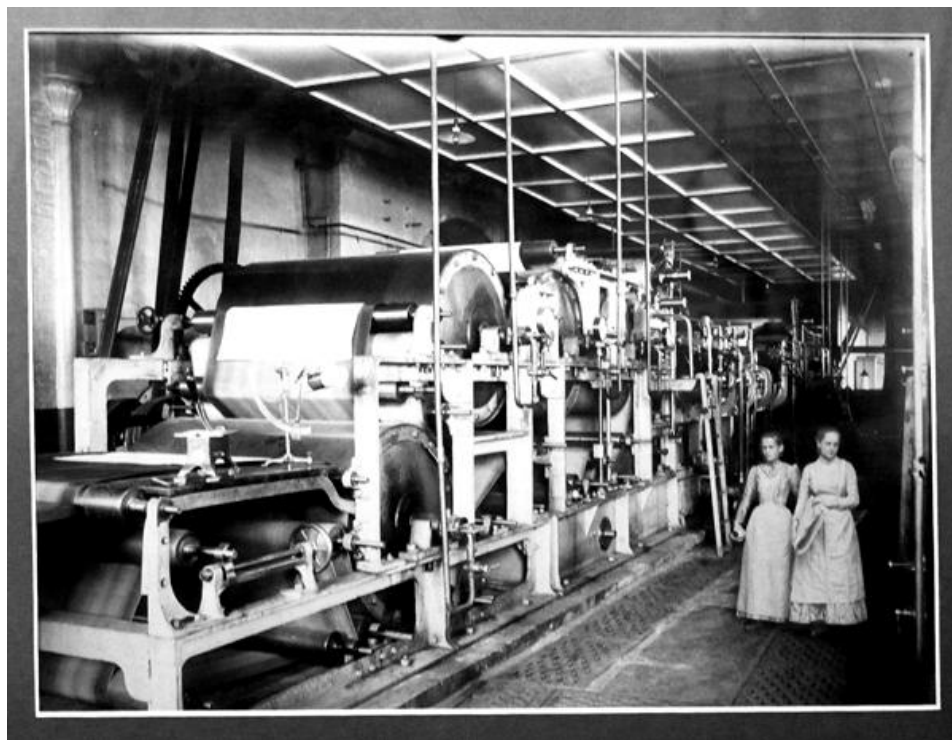


Рис.62. Каменская картонно- бумажная фабрика



*Рис.63. Экспедиция заготовления государственных бумаг
(фабрика «ГОЗНАК»)*

Таким образом, красота, функциональность машинной формы и учёт человеческого фактора при работе на ней начинают становиться некоторым новым параметром машины и одним из показателей ее стоимости (рис.62,63). В конце века появляются машины, созданные на совершенно новых принципах, но в подавляющем большинстве случаев они имеют форму старых машин аналогичного применения. Так, двигатели внутреннего сгорания заимствуют у паровых машин кинематическую схему цилиндра с поршнем (первый двигатель Даймлера был выполнен в виде небольшой дорической колонны). Рациональное, основанное на практическом знании определенных закономерностей, формообразование только зарождалось и пробивало себе дорогу в хаосе случайностей, модных подражаний, традиционной косности и конструктивных заблуждений.

Поиски формы проводились на ощупь, конструкторы-практики могли только догадываться о причинах того или иного эффекта. Работы по изучению взаимодействия формы и рабочих качеств турбины проводились в

90-х гг., талантливым русским инженером П. Д. Кузьминским. Математическим путем он пытался найти такую геометрическую поверхность, разновидности которой могли бы выполнять роль лопастей турбины, гребного винта, пропеллера и крыльев ветряка, т. е. ставил перед собой задачу, неразрешимость которой доказана в наше время.

Но сам факт обращения к изучению влияний формы на процесс работы и поиски оптимальной формы конструкции свидетельствуют о том, что техника вступила в такую фазу развития, которая потребовала нового, углубленного проникновения во все аспекты действия машины.

Итак, впервые научный интерес к машинной форме возник на рубеже XIX и XX столетий. Причем в авиации речь шла о движущихся объектах, для которых весьма точно определялись математические соотношения между скоростью и формой машины. Точнее, форма оказалась одним из параметров, от которых зависела скорость, а следовательно, и возможность повышения последней. Выработанная таким образом "высокоскоростная" обтекаемая линия из авиации и воздухоплавания, из артиллерийской техники (форма торпеды) попадает сначала в технику производства машин с ограниченной скоростью (автомобили, локомотивы), затем в технику машин малой скорости и наконец в технику стационарных машин (рис.64). Из-за высокой скорости начинают возникать проблемы с безопасностью, удобством работы и обслуживания машин и механизмов. На практике инженеры сталкивались с необходимостью сглаживать поверхности и удлинять плоскости там, где требовалось добиться больших скоростей. Тогда же было замечено, что обтекаемая форма, в свою очередь, влияет на эмоциональное восприятие, создает впечатление быстроты и стремительности, чем выгодно отличается от традиционных архитектурных машинных форм. А это не могло не натолкнуть на мысль о том, что форма машин вообще должна соответствовать их содержанию, т.е. выражать движение.

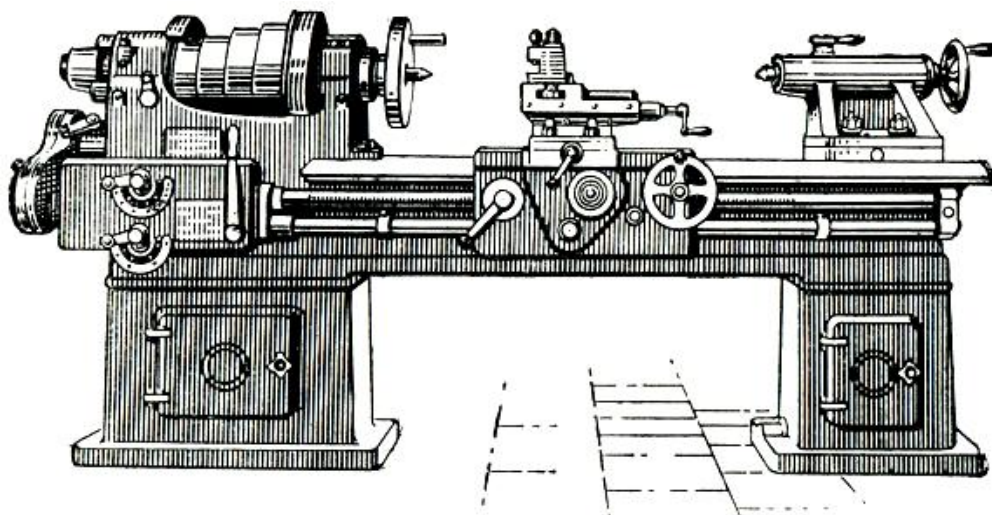


Рис.64. Скоростной токарный станок Магдебургского машиностроительного завода 1926 г.

Отождествление красоты и целесообразности в машиностроении было характерно для конструкторов-практиков; оно нередко лишь прикрывало резко отрицательное отношение к любым попыткам найти синтез целесообразного и эстетического в технике. Примером таких крайних суждений может служить точка зрения А. Ридлера - видного немецкого профессора-машиностроителя. Он ставит форму в зависимость от технологии изготовления и материала, но никак не безопасности производства. Близкое к этому, но значительно более аргументированное суждение было высказано в 1929 г. крупным русским ученым-машиностроителем А. И. Сидоровым. (Интересно отметить, что к этому времени уже появились и первые художники, которые пришли в промышленность). Сидоров проанализировал возможные проявления красоты, которая, по его мнению, может выразиться в четырех направлениях: «1) Во внешнем виде и состоянии доступных глазу поверхностей частей машин, именно - в их окраске и раскраске, полировке, насечке, бронзировке и т. п.; 2) в очертаниях частей машин и их отдельных мест; 3) в совокупности всех частей машины, когда она собрана и стоит неподвижно, каковую совокупность глаз может иногда считать "красивой"; 4) в характере движения частей работающей машины, в известной последовательности положений ее частей, в известной смене

впечатлений от этих движений» [9, с. 399-400]. Ни в какую эпоху, включая и современность, целесообразность не была единственным фактором формообразования, хотя и занимала ведущие позиции. В процессе создания машины конструктор в своем стремлении найти наиболее рациональную форму вынужден считаться и со свойствами материала, и с технологией его обработки, и с гипнотической силой привычных и уже апробированных форм; его ограничивают в равной степени и собственное понимание красоты и моды. И все-таки мнение, что красота в технике - это только фикция, а реальна только целесообразность, является весьма распространенным. Корни его кроются, очевидно, в ограниченном понимании целесообразности и в том, что красота машины необычна и непривычна, это особая красота, имеющая свои критерии, для которых нет аналогий в искусстве и природе. К 1910 г. уже существовала литература, в которой в более или менее явной форме были представлены и частично сформулированы основные положения эстетики машинной формы. Для того чтобы эта эстетика была понята и принята в инженерной практике, должно было пройти еще два десятилетия, полных социальных, научно-технических и экономических сдвигов и напряженной работы во всех областях жизни человеческого общества. Парадоксально, но в начале 20-х гг., XX в., эстетика машинной формы уже в основном сформировалась, а на практике основные усилия направлялись пока на эстетику промышленной продукции, минуя до поры до времени саму машину. На этом этапе огромная и непосильная для одного поколения задача создания единой промышленной среды, а через нее - воспитание нового человека занимала художников. Кроме того, чтобы создавать форму машины, художнику недостаточно было эмоционального восприятия ее образа, а необходимы были точные и глубокие знания принципов формообразования, его закономерностей и основных тенденций развития. В первой половине XIX в. было сделано ряд существенных усовершенствований бумагоделательной машины, но принципиальная технологическая схема её в течение целого столетия оставалась практически

неизменной, так как в ней были полностью воплощены принципы непрерывности процесса изготовления бумаги, но практически все процессы проводились квалифицированными рабочими вручную (рис. 65, 66). Система человек - машина существует с того времени, как существует машина. Однако до недавнего времени процесс проектирования касался только технических средств системы. Пока технические средства и системы были относительно несложными и недорогими (см.табл.1), необходимое взаимодействие системы обеспечивалось личным опытом и здравым смыслом конструктора. Постепенное усложнение систем и их функций, увеличение скоростей, усложнение условий эксплуатации, повышение требований к их надежности, резкое удорожание как самих систем, так и ошибок функционирования машин и агрегатов, привели к необходимости перестройки и самих систем, и их компонентов.

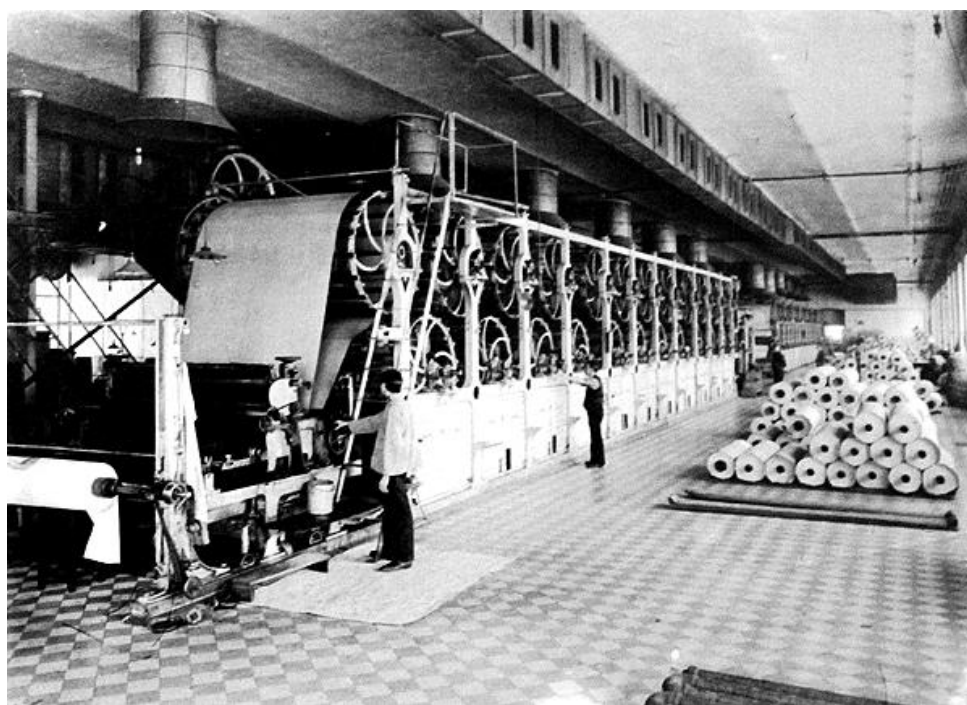


Рис.65. Клейно - сушильная машина 1930 г. (Гознак)



Рис. 66. Комсомолец за штурвалом бумагоделательной машины.

Балахна 1929 год

Таблица 2

**Изменение функций рабочего (обслуживающего) персонала
в зависимости от усовершенствования БДМ**

Стадия Период	Конструкция	Управление	Квалифика- ция
I 1800-1900 гг.	Открытая конструкция. Структура зрительно дает представление о принципе работы машины.	Ручное управление машиной.	обучен- ные рабочие
II 1900-1950 гг.	Зрительное усложнение конструкции, увеличение массы, увеличение габаритов.	Введение системы автоматизации, дистанционное управление.	оператор системы АДУ
III 1950-1990 гг.	Машины, имеют свою специализацию, объединены в единую систему. Закрытая проводка полотна.	Введение управления каждого технологического процесса средствами АСУТП.	оператор системы АСУТП
IV 1990-2000 гг.	Полузакрытые конструкции, увеличение габаритов массы машины, унификация узловых частей машины.	Узкая специализация машин, автоматическое управление всех рабочих технологических процессов.	оператор, управля- ющий работой БДМ с общего пульта управле- ния
V 2001-2015 гг.	Практически закрытые конструкции. Регулировка машины под различные виды выпуска бумаги.	Структура интегрированной АСУТП.	АРМ операто- ров, техноло- гов, общий сервер

В 30-50-х гг. XX столетия машины становятся постоянной средой человека и их форме уделяется должное внимание, как конструкторами, так и учёными. В этот период за счёт усовершенствования электродвигателей, появления более мощных преобразовательных станций, распределительных щитов – ввели систему автоматизации и дистанционного управления (табл.3). Скорость производства выросла; конструкция машин зрительно усложнилась; габариты стали больше, масса увеличилась. Появляется машинист-оператор, управляющий системой автоматизации. Именно на этом этапе начинаются исследования влияния "человеческого фактора" на интенсивность работы системы. С 50-х гг. XX столетия у бумагоделательных машин имеется своя специализация, их объединяют в единую систему. Появляется закрытая проводка полотна (рис.67, 68).



Рис.67. Бумагоделательная машина «Karola» в Финляндии 1956 г.

В настоящее время бумагоделательные машины, воплотив в себя последние достижения научно-технического прогресса, по-прежнему являются образцом высокопроизводительного аппарата. На многих новых высокопроизводительных машинах осуществляется двухсеточное формование, установлены автоматические системы управления технологическим процессом, включающие электронно-вычислительные машины, а также большое число сложных автоматических измерительных и исполнительных устройств, обеспечивающих высокоэффективную работу машины на скоростях до 1000-1200 м в мин.

Появляются специалисты, владеющие научно обоснованными методами в системе специализированного обслуживания и ремонта бумагоделательного оборудования. С 80-х гг. XX столетия идёт внедрение унификации узловых частей машины, и она приобретает полузакрытые конструкции; габариты увеличиваются. Специалист -оператор управляет работой БДМ с пульта управления (рис.69). В концепте развития агрегатированного оборудования можно предположить, что от полузакрытых конструкций (рис.70) в перспективе можно перейти к закрытым (рис.71) и управлять производством с единого пульта управления.



Рис.68. Бумагоделательная машина. Алатарская бумажная фабрика 1966 г.



Рис.69. Гофроагрегат. Каменская бумажно-картоноделательная фабрика



Рис.70. Скоростная бумагоделательная машина (VOIGH Sulzer Paper Technologi). Германия 1997 г.

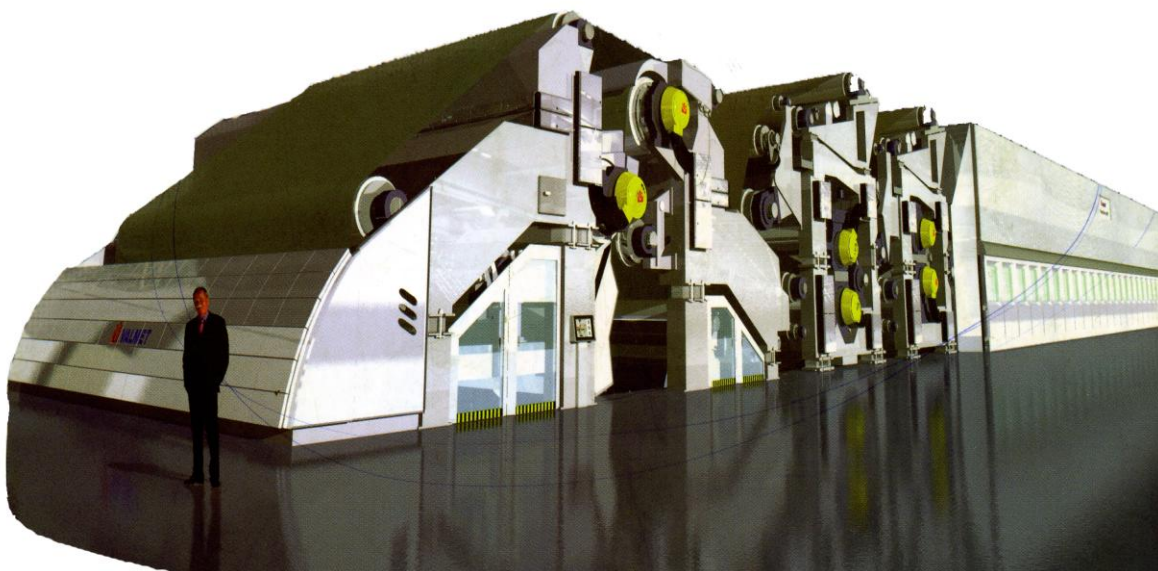


Рис.71. Концепт развития формообразования бумагоделательного оборудования

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Производство целлюлозы и бумаги всегда отличались высоким уровнем механизации. Практически человек выполняет здесь функции контроля и управления технологическим процессом. До появления ЭВМ в реализации этих функций ему помогали устройства локальной автоматики, распределенные по всему производству. Они осуществляли контроль и автоматическое регулирование только общепромышленных технологических параметров, таких как расход, температура, давление, рН материальных и энергетических потоков. Начиная с 60-х гг. появляются специальные приборы: измерители концентрации массы и химикатов, датчики показателей качества бумаги (влажности, массы и т.д.). Представление информации оператору осуществлялось показывающими и регистрирующими приборами, устанавливаемыми на щитах и пультах. С появлением промышленных управляющих вычислительных машин (УВМ) положение радикально меняется. Первая система управления с УВМ в ЦБП была установлена на бумагоделательной машине в Америке 1962 г. но просуществовала 1 год и

была демонтирована. В качестве причины указывалась экономическая неэффективность. Системы с УВМ стали называть “ *автоматизированные системы управления технологическими процессами*” или АСУТП. Какие существенные недостатки имела система в то время: работа велась в основном в режиме “ совета оператору“, слишком мало было функций автоматического регулирования (боялись ненадежности УВМ); из-за отсутствия датчиков использовались данные лабораторных анализов, в результате резко увеличилось количество обслуживающего персонала (вместо 1 лаборанта требовалось 6); очень неудобный человек –машинный интерфейс (оператору приходилось помнить коды технологических параметров и операций).

По структуре АСУТП не является полностью автоматической системой управления. Оперативный персонал (технолог, лаборант, системный инженер и др.) пока обязательный элемент системы. *Организационной структурой* АСУТП называется структура, отражающая взаимодействие персонала в системе. В период 1970 - 1990-х гг., использовались *централизованные* АСУТП. В этих системах на одной - двух вычислительных машинах реализовывались как функции автоматического, так и оперативного управления. В дальнейшем эти функции были распределены между разными средствами вычислительной техники. Появились распределительные АСУТП.

Пока наиболее распространенной является распределенная двухуровневая структура АСУТП . На рис.72 показана Организационная структура АСУТП фирмы *Voith Automation* видно, что к единой сети (*Ethernet, TCP/IP*) подключены рабочие станции операторов (Nt), инженерная станция и процессорные станции (NIC). Последние выполняют контроль и автоматическое управление качеством полотна по ширине, а также контроль цвета бумаги. Анализ качества бумажного полотна, формирование отчетов и архивация параметров технологического режима производятся сервером (рис.72).

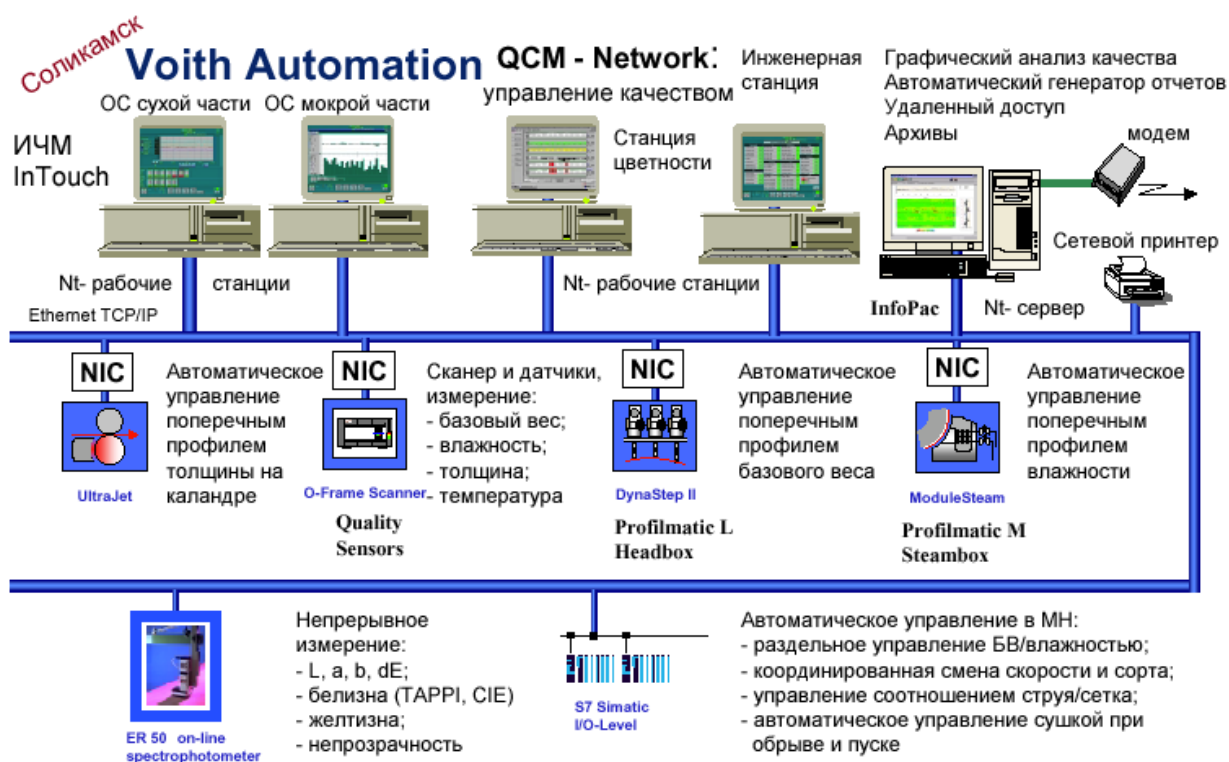


Рис.72. Организационная структура АСУТП фирмы Voith Automation

Контроллеры (*S7 Simatic*), организованные в сеть (*Profibus*), осуществляют автоматическое управление весом и влажностью бумаги по длине полотна. Системы работают как в режиме нормальной эксплуатации, так и в переходных режимах: смене сорта и производительности, пусках и остановках бумагоделательной машины. В настоящее время наметились тенденции связывать между собой функции отдельных АСУТП с системами общезаводского уровня. Такие системы называют интегрированными. В интегрированных системах управления предприятием часть информации из АСУТП передается на уровень общезаводского управления для отделов заводоуправления (технологических, планирования, сбыта и т.д.). Обратно в АСУТП поступает информация, необходимая для принятия оперативных решений по управлению технологическим процессом.

Рабочие места операторов оснащаются специальными средствами вычислительной техники, которые образуют автоматизированные рабочие места (АРМ). В состав АРМ оператора-технолога входят рабочие станции и устройства ввода-вывода информации. Информация о технологическом процессе выводится оператору на экраны дисплеев и может быть зафиксирована печатающим устройством. Управлять процессом оператор может путем ввода в систему данных с помощью специальных устройств: клавиатуры, мыши, шаровых манипуляторов. В 70-80 гг. в ЦБП они поставлялись в основном пультовом варианте и устанавливались непосредственно в цехе. В настоящее время чаще всего реализуются в настольном варианте и располагаются в специально выделенных операторских помещениях (рис.73).

В техническое обеспечение современного АРМ оператора-технолога входят рабочая станция с процессорами *Intel* или *Motorola*, RAM не менее 128Мб, HDD не менее 5 Гб, CD-ROM, FDD, сетевые адаптеры; не менее трех мониторов с экраном 19 и более дюймов; печатающее устройство; сенсорная клавиатура со специализированными надписями, устойчивая к загрязнению.



Рис.73. Помещение оператора - технолога

При выборе корпусов мониторов, компьютеров учитывают степень защиты их от окружающей среды. Используется система кодов стандарта IEC-529. Вся информация о технологическом процессе отображается оператору на экране монитора в виде графических видеogramм. В ЦБП одна АСУТП обычно охватывает большой участок производства, поэтому количество видео-грамм довольно велико. Представьте, что вы сидите с книгой в 600 страниц, в которой всё время меняется информация, и вы листаете её, чтобы найти нужные данные. И так целую смену. Поэтому дизайн операторского интерфейса должен учитывать психологические возможности операторов, а на этапе проектирования использовать инструментальные системы класса SCADA.

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПЕРАТОРСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

В целлюлозно - бумажной промышленности практически все фирмы разработчики АСУТП используют свои подходы по созданию АРМ оператора-технолога (*Accurey, Megurex, Honeywell, ABB, Mesto Automation, Siemens*). В результате пользовательские интерфейсы достаточно разнообразны. К сожалению, проспекты фирм дают мало возможностей

увидеть достоинства и недостатки конкретной реализации. При проектировании АРМ оператора –технолога не следует забывать об его основной задаче: повысить качество управления технологическим процессом. Создание операторского интерфейса требует от проектировщика знаний не только о технологическом процессе, системах управления, но и владения дизайнерским искусством.

Можно указать несколько общих принципов проектирования пользовательского интерфейса: *интерфейс должен быть всегда дружелюбным*: не злословить и не хамить; *не усложнять интерфейс*: чем проще, тем эффективнее воздействие; *стремиться к оптимуму информации*: избыток информации также не желателен, как и её недостаток; *максимум комфортности для оператора*: учитывать психофизиологические особенности человека при восприятии визуальной информации; *графика должна быть когнитивной*: т.е. способствовать обнаружению закономерностей (лат. *cognito* – познание, осознание)

ДИЗАЙН ОПЕРАТОРСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

Обычно разработку АРМ выполняют технологи и инженеры по автоматизации. Первые ориентируются на технологические схемы, вторые пользуются решениями, принятыми на фирме или в инструментальных системах проектирования. Но чтобы создать качественный операторский интерфейс, целесообразно дополнительно привлекать к разработке профессиональных дизайнеров. Приведём некоторые из рекомендаций дизайнеров: *плотность заполнения экрана*: оставлять пустой примерно половину экрана; *5 пробелов*÷оставлять в таблице пустую строку после пятой строки и 4 между столбцами; *привлечение внимания*: размещать элементы, реализующие основную идею шага работы, в части экрана, которая визуальнo отличается, или в верхнем левом углу экрана, так как глаз считывает с этой части экрана; следует визуальнo объединять логически

взаимосвязанные элементы; например, рамкой, цветом; текстовые сообщения группировать справа, изображения – слева, это объясняется особенностями восприятия соответствующей информации левым и правым полушариями мозга; *шрифт*: использовать ограниченное количество шрифтов и стилей; *цвет*: учитывать влияние цвета на работоспособность оператора : голубой и зеленый успокаивают, желтый вселяет оптимизм, коричневый угнетает, красный и фиолетовый вызывают тревогу, черный способствует возникновению головных болей, но снижает число ошибок; учитывать, что объекты одного цвета воспринимаются как взаимосвязанные; отдавать предпочтение пастельным тонам; ограничивать количество применяемых цветов. Иногда снижение числа видеограмм за счет повышения плотности заполнения экрана приводит к слишком мелкому изображению объектов (цифровых полей, командных кнопок). Это увеличивает нагрузку на глаза операторов и затрудняет использование маркеров при вводе данных. При проектировании АРМ оператора – технолога не следует забывать об его основной задаче: повысить качество управления технологическим процессом. Создание операторского интерфейса требует от проектировщика знаний не только о технологическом процессе, системах управления, но и владения дизайнерским искусством.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Техническое развитие человечества сопровождается передачей человеку все большего числа управляющих функций, позволяя ему все больше отдаляться от орудий труда и превращаться из исполняющего в управляющий орган системы производства. Однако при этом значительно возрастает нагрузка на психику человека, которому приходится решать задачи оценки и прогнозирования эффективности работы оборудования и других людей, надежного взаимодействия с различными элементами социотехнической системы - производственного механизма. Главным виновником несчастных случаев является, как правило, не техника, не

организация труда, а сам работающий человек, который по тем или иным причинам не соблюдал правила техники безопасности: нарушал нормальное течение трудового процесса - не использовал предусмотренные средства защиты и т.п. Почему же люди, которым от природы присущ инстинкт самозащиты, самосохранения, столь часто становятся виновниками своих травм? Самое общее рассмотрение закономерностей развития и жизни человека позволяет заметить, что обстоятельства, способствующие росту числа несчастных случаев, возникают по вполне объективным причинам. **Первая** причина обнаруживается из анализа эволюции человека. С развитием орудий труда увеличился диапазон воздействия человека на окружающий мир как по разнообразию, так и по интенсивности. При этом расширился и круг ответных реакций внешнего мира. Если первобытный человек по своим индивидуальным физическим возможностям способен был противостоять возникающим в то время в процессе трудовой деятельности опасностям, то возможности современного человека существенно отстают от уровня возросшей опасности. **Второй** общей причиной, делающей условия труда и жизни человека более жесткими и опасными, является рост цены ошибки. Расплата за ошибку первобытного человека была не столь велика, ошибки же современного человека обходятся ему гораздо дороже. **Третья** общая причина, способствующая росту травматизма, - адаптация человека к опасности. Используя блага, даваемые техникой, человек зачастую забывает, что техника, обычно является еще и источником высокой опасности, а интенсивное использование ее повышает возможность реализации этой опасности.

Библиографический список

1. Глазычев В. О дизайне. Очерки по теории и практике дизайна на Западе. - М.: Искусство, 1970.
2. Ильина О.В., Шумейко И.А. Эргономика в ЦБП: учебное пособие / СПб ГТУРП. – СПб., 2008.
3. Ильина О.В., Бандорин В.Г. История создания автоматизированных производств /СПб ГТУРП. – СПб., 2008.
4. Ильина О.В. Дизайн бумагоделательных машин (этапы развития формообразования): учебное пособие / СПб ГТУРП. – СПб., 2012.
5. Земпер Г. Практическая эстетика. - М.: Искусство, 1970.
6. Космодемьянский А. А. Очерки по истории механики. - Изд. 2-е. - М.: Просвещение, 1964.
7. Костомаров В. М. Из деятельности русского технического общества в области машиностроения. - М.: Машгиз, 1957.
8. Монмоллен М. Системы "человек и машина" /пер. с фр. - М.: Мир, 1973.
9. Сидоров А. И. Очерки из истории техники. - М.: Гостехиздат, 1928. Вып. 2.
10. Зинченко В.П., Мунипов В.М. Основы эргономики. - М.: Изд-во МГУ, 1979.
11. Марк Витрувий Полион. Об архитектуре. Л.: Соцэгиз, 1936.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭРГОНОМИКИ.....	4
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАНКОВ, НАЧАЛО ТЕХНИЧЕСКОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	52
ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА XVIII-XIX вв.....	61
НАУКА ЭРГОНОМИКА.....	66
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭРГОНОМИКИ.....	68
ПЕРЕХОД МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННУЮ ОСНОВУ.....	73
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	86
ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПЕРАТОРСКОГО ИНТЕРФЕЙСА.....	90
ДИЗАЙН ОПЕРАТОРСКОГО ИНТЕРФЕЙСА.....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	94