**ГЛАВА 4. ЧЕРТЕЖ – ЯЗЫК ИНЖЕНЕРА. ИСТОРИЯ ЧЕРЧЕНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ**

История черчения и изготовления чертежей уходит в далекое прошлое, но тем не менее точка отсчета известна – это культура Древнего Египта, примерно 2600 лет до н.э.

В повседневной жизни человек руководствуется зрительными образами, возникающими в его сознании, то есть образами перцептивного пространства. Они в значительной мере определяют его поведение, и поэтому интерес к этим образам вполне закономерен. Понятно и желание человека запечатлеть их на рисунке. Наряду с пространством зрительного восприятия существует объективное пространство, в котором человек живет, но которого не видит. Чтобы придать этому утверждению некоторую наглядность, можно пояснить, что объективное пространство человек познает не с помощью зрения, а с помощью осязания. Объективную форму предмета он узнает, взяв его в руки... Конечно, при этом заметную роль играет и зрение, но не неподвижный взгляд из одной точки, а некое суммарное впечатление, возникшее как результат осмотра объекта со всех сторон. Человек, следовательно, имеет дело с двумя разными пространствами: перцептивным и объективным.

Для передачи объективного пространства на плоскости изображения разработана совокупность специальных методов – черчение. Полученное изображение называют чертежом. Чертеж передает геометрию объективного, а рисунок в отличие от него – геометрию перцептивного пространства. Таким образом, один и тот же предмет можно изобразить двумя различными способами: на рисунке и на чертеже. Оба эти изображения будут правильными, но на одном будет показана геометрическая форма предмета в пространстве зрительного восприятия, а на другом – в объективном пространстве. Какое из двух изображений предпочесть, решается в зависимости от поставленной задачи.

Изобразительную культуру Древнего Египта можно назвать «художественным черчением».

Метод ортогональных проекций, применяемый ныне в черчении, рекомендует вполне определенное положение изображаемого объекта относительно плоскости изображения: такое, при котором наиболее полно передаются его характерные геометрические особенности. В древнеегипетском искусстве это стало основным правилом. Обычно при изображении фигур человека и животных выбирался вид сбоку. Это действительно наиболее информативная проекция, ведь при виде спереди стоящий и идущий были бы неотличимы. В то же время убитые враги, лежащие на земле, показываются с использованием вида сверху, то есть тоже в наиболее характерной проекции. Сказанное наблюдается и при изображении растений, предметов и т.п.

Если при изображении тех или иных фигур можно говорить об известной свободе художника (он сам выбирает вид проекции), то изображение земли, на которой стоят эти фигуры, подчинено требованиям, носящим уже обязательный характер. Землю можно показать лишь в плане – при видах спереди и сбоку земная поверхность от самого переднего плана и до горизонта проецируется в линию, и фигуры людей и животных как бы стоят на горизонте. В результате в древнеегипетской живописи поверхность земли (если это не план) изображается в виде четкой, обычно прямой горизонтальной линии, которую называют опорной. Эта линия обретает рациональный смысл лишь в системе ортогональных проекций в качестве боковой проекции горизонтальной поверхности земли.

Обязательный способ изображения земной поверхности приводит к своеобразному решению проблемы пространственности. Если надо передать неглубокое пространство, то из всех известных признаков глубины используется единственный воспроизводимый на чертеже – перекрывание (близкий предмет заслоняет собою дальний). Если необходимо показать глубокое пространство, то в этом случае нет другого способа передачи глубины, кроме обращения к плану. Лишь с помощью плана можно показать такие образования на поверхности земли, как река или пруд, – все то, что при любой боковой проекции слилось бы с опорной линией.

Если одна проекция некоторой детали не дает достаточно полного представления о ней, а показ второй проекции представляется известным излишеством, то в техническом черчении прибегают к условному приему: например, вся деталь показана спереди, а одна из ее частей в условном повороте сбоку. Так происходит условное совмещение двух проекций на одном изображении. Именно этот вполне узаконенный в техническом черчении прием использовали древнеегипетские художники при изображении человеческой фигуры. В ней основным направлением проецирования является вид сбоку, однако плечи передаются так, как будто это вид спереди. Такое "странное" изображение человеческих фигур в рамках черчения вполне допустимо и разумно. Хотя этот способ и был самым распространенным, он не был абсолютно обязательным. Если изображалась трудовая деятельность человека (пахарь, ведущий близко сдвинутыми руками плуг; арфист; матрос, взбирающийся по канату) и разворот плеч был неуместен, его и не показывали. Точно так же, как и на чертеже, можно ограничиться одной проекцией детали, если этого достаточно. На рис. 4.1 показан древнеегипетский бог Осирис.

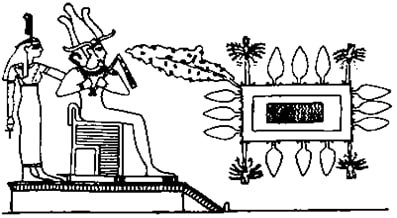


Рисунок 4.1. Бог Осирис у пруда

Здесь хорошо видно, что пьедестал, трон и фигуры богов даны сбоку, кроме плеч, которые показаны спереди. Кроме того, на приведенном рисунке виден окруженный деревьями пруд. Пруд – это уже глубокое пространство, и, как уже говорилось, иначе, чем в плане, его изобразить нельзя. Окружающие пруд деревья вновь показаны при виде сбоку, то есть в условном повороте относительно пруда – главного объекта в правой части композиции: они перпендикулярны берегам. Здесь передан действительный факт их перпендикулярности. Направление деревьев вершинами наружу вполне естественно. Пруд и деревья переданы так удачно, что этот прием живет и сегодня в картах-схемах, издаваемых для туристов, когда сама карта дана в плане при виде сверху, а наиболее важные туристские объекты – в условном объекте при виде сбоку.

Неизбежность передачи глубокого пространства только сверху, в плане, приводит к своеобразному способу передачи расположенных в таком пространстве предметов, людей или животных. Поместив объекты изображения там, где они должны быть на плане, художник затем как бы поворачивает их, дает их облик при виде сбоку (или спереди), то есть в разрешенном правилами черчения условном повороте. Тогда на картине более удаленное оказывается показанным выше близкого. Так возникает "египетский" способ передачи тел, расположенных в глубине: их показывают друг над другом (без уменьшения размеров удаленных объектов – следствие ортогональности проецирования).

Нередко при изображениях ложа и подобных предметов у древних художников дается совмещенное изображение вида сбоку и вида сверху. Это все тот же узаконенный и в современных правилах черчения способ передачи объективной геометрии путем использования условных поворотов плоскостей проекций.

Метод ортогональных проекций при условии, что изображаемые фигуры людей расположены стандартным образом относительно плоскости изображения, например, точно сбоку, приводил к большим трудностям. Известно изображение фараона Эхнатона, принимающего иностранное посольство, сидя рядом с женой (рис. 4.2.).



а

б

в

Рисунок 4.2. Изображение фараона Эхнатона с женой

О существовании жены можно догадаться по изображению части ее руки, обнимающей фараона, и по ладони другой руки, сплетенной с ладонью фараона; фигура жены почти полностью заслонена изображением Эхнатона. Хотя изображение формально правильное, оно намного менее выразительно, чем другое (рис. 4.2, вид б и в), в которое художник ввел бросающуюся в глаза условность – он сдвинул фигуру жены относительно фигуры мужа. Древний египтянин, зная обычаи страны, прекрасно понимал, что супруги сидят рядом. Неудивительно, что этот информационно и художественно оправданный способ изображения с использованием условного сдвига продолжал применяться длительное время. Сдвиг является узаконенным приемом в современном техническом черчении.

Разрезы имеют целью увеличение информативности изображения. Их использование в техническом черчении общепринято. В древнеегипетском искусстве разрезы используются не менее часто и имеют ту же цель – увеличение информативности. Корзина, наполненная плодами, может быть показана древнеегипетским художником в разрезе, чтобы было ясно, чем она наполнена. Показывая птицеловов, которые несут свою добычу в клетках, художник изображает сами клетки в разрезе, чтобы относительно содержимого клеток ни у кого не могло возникнуть никакого сомнения. Известно даже изображение трехэтажного дома в разрезе, с показанными лестничными маршами, перекрытиями и многими другими конструктивными деталями.

Разверткой в черчении называют изображение не предмета, а его заготовки, из которой путем сгибания будет изготовлен этот предмет. На рис. 4.3 показан осел, на спине которого укреплены две сумки, висящие по его бокам. Древнеегипетский художник использовал принцип развертки, поскольку каждый древний египтянин прекрасно знал, каким способом транспортируются грузы на ослах, он мысленно сгибал изображение сумок, и "верхний" груз оказывался висящим со стороны невидимого бока осла.

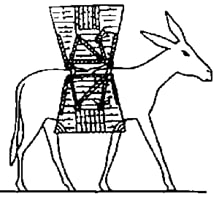


Рисунок 4.3. Изображение груженого осла с разверткой седельных сумок

Разномасштабность широко используется в техническом черчении. Она всегда уместна, если о различных деталях некоторой машины надо дать информацию различной степени подробности. Поэтому в едином комплекте чертежи часто выполнены в разных масштабах: более важное – крупнее, малосущественное – в уменьшенном виде. Иногда разномасштабность может быть использована и в одном чертеже.

В древнеегипетской живописи разномасштабность тоже широко использовалась. Она оказалась очень удобной для того, чтобы увеличить информативность, улучшить композицию и передать иерархические представления. Так, например, в связи с задачами изображения художник делает воинов непомерно большими по сравнению с крепостью, около которой идет сражение; птицы, сидящие на ветвях дерева, нередко настолько огромны, что непонятно, как их удерживают ветви (но зато можно увидеть каждое перышко и даже определить принадлежность птиц к тому или иному виду).

Весьма часто разномасштабность имеет иерархический смысл – фигура фараона много больше фигур других лиц на том же изображении. Иногда можно встретить несколько градаций: больше всех фигура фараона, затем (в порядке уменьшения) – фигуры вельмож и меньше всех изображения простого народа – воинов, слуг и т.п. Что касается взаимодействующих персонажей, то здесь правило иерархического неравенства фигур обычно не применялось.

Применение различных знаков – совершенно законное и широко используемое средство при изготовлении чертежей. Древнеегипетское изобразительное искусство буквально насыщено аналогичным применением знаков.

При передаче облика идущего человека, когда видны расставленные на ширину шага ступни, обе они нередко показываются со стороны большого пальца. Совершенно очевидно, что такое изображение абсурдно, ведь теперь оказывается, что у человека как бы две левые (или две правые) ноги, но если допустить, что художник передавал здесь не внешний вид, а знаки ног, оно становится понятным. Ведь со знаковой точки зрения обе ноги совершенно эквивалентны, у них одинаковые функции, и поэтому допустимо и одинаковое их изображение. Также и глаза. На лице, изображенном при виде сбоку, их показывают спереди. Это тоже, несомненно, знак глаза, причем передающий наиболее существенные его особенности наиболее выразительным способом.

Изображая пруд, древнеегипетский художник использует серию условно-геометрических "волн", чтобы стало ясно, что пруд наполнен водой. Это знак воды: точно так же передается вода реки, по так показанной воде плывут корабли, такой же волнообразной парой линий передается струя воды, текущая из сосуда. Рыбы и подводные животные в водоеме нередко изображаются на знаковом изображении воды тоже лишь как знаки обитателей подводного мира. Важным качеством знака, которое хорошо иллюстрируется приведенными примерами, является то, что знак воды всегда один и тот же, где бы ни появлялась необходимость ее изображения, что вполне естественно для знака: чтобы быть всегда легкоузнаваемым, он должен быть одним и тем же, должен быть стандартизирован, как и любая другая чертежно-знаковая условность.

Даже передача действия, то есть чего-то совершенно нематериального, испытала на себе влияние всепроникающего стремления к максимальному использованию знаковости. Так, кисти рук человека, держащего тяжело нагруженный поднос или свиток папируса, передаются одинаково, при этом в положении, исключающем возможность удержать то или другое. Это просто знак: "предмет держат руками".

Так как египетский художественный чертеж в принципе не допускает иллюзии пространственности, художники усиливали выразительность своих произведений другими средствами. Первостепенное значение приобрели линия, силуэт, симметрия и асимметрия, ритм, орнаментальность, декоративность. То, что сегодня называют категориями композиции. Если говорить, например, о ритме в древнеегипетском искусстве, то он используется очень часто: "шагающие в шеренге" люди, "шагающие в шеренге" коровы (ритм сознательно перебивается изображением одной коровы с опущенной головой) и другие аналогичные ритмические структуры усиливают выразительность древнеегипетской живописи.

Следствием такого подхода оказалась и письменность древних египтян. Она примитивно-иероглифическая. Если иероглифические письменности современных народов (китайцы, японцы) характерны практической абстракцией смысла, которые несут их знаки, то у египтян «птица» изображалась как птица, «дом» как дом» и т.д.

Чертеж и перспективное изображение – это два полярных, но одинаково разумных и правильных способа изображения. И древнеегипетское искусство надо рассматривать с позиций чертежных, а не перспективных методов изображения.

Современное промышленное черчение прошло длинный путь развития, над его становлением и обоснованием работали выдающиеся математики и тысячи инженеров. Сегодня это давно устоявшаяся область знания, но основы его были заложены в Древнем Египте.

При строительстве жилищ, крепостей и других сооружений появились первые чертежи, которые назывались «планами». Эти чертежи обычно выполнялись в натуральную величину непосредственно на земле, на месте будущего сооружения (рис. 4.4, а). Для построения таких чертежей были созданы первые чертежные инструменты — деревянный циркуль-измеритель и веревочный прямоугольный треугольник (рис. 4.4, б). В дальнейшем такие планы-чертежи стали выполнять на пергаменте, дереве и холсте в уменьшенном виде. На чертежах старались показать как форму, так и размеры предметов.

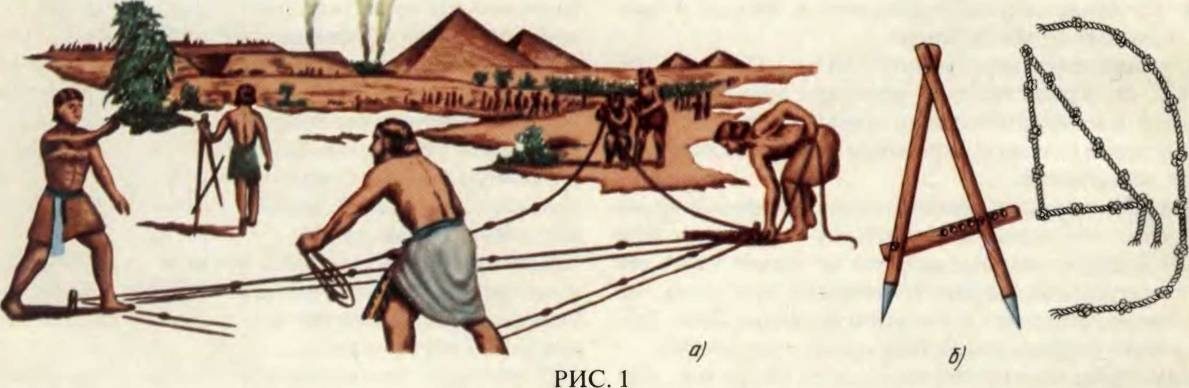


Рисунок 4.4. Первые «планы» сооружений в натуральную величину

В Древней Руси было очень много искусных мастеров по литью металлов, изготовлению оружия, строительству зданий. Эти мастера, как видно по дошедшим до нас предметам и сооружениям, хорошо владели геометрией и умели выбрать наилучшее решение технических задач.

Так, например, в летописях XIII—XIV вв. найдены рисунки, по которым можно узнать способ изготовления предметов. Рассматривая рис. 2, видим, что ствол пушки изготовлен горновой или кузнечной сваркой и укреплен насадными кольцами-бандажами.

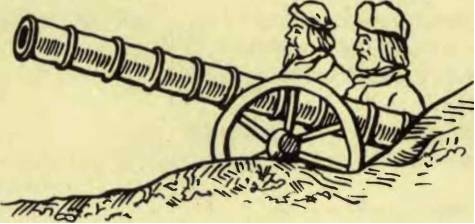


Рисунок 4.5. Чертёж пушки

Часто на одном изображении совмещались план (вид сверху) и фасад (вид спереди) какого-либо сооружения, например, моста (рис. 3). Неудобство такого совмещения заставило разъединить оба вида и применять при изображении предметов два, три и более видов.

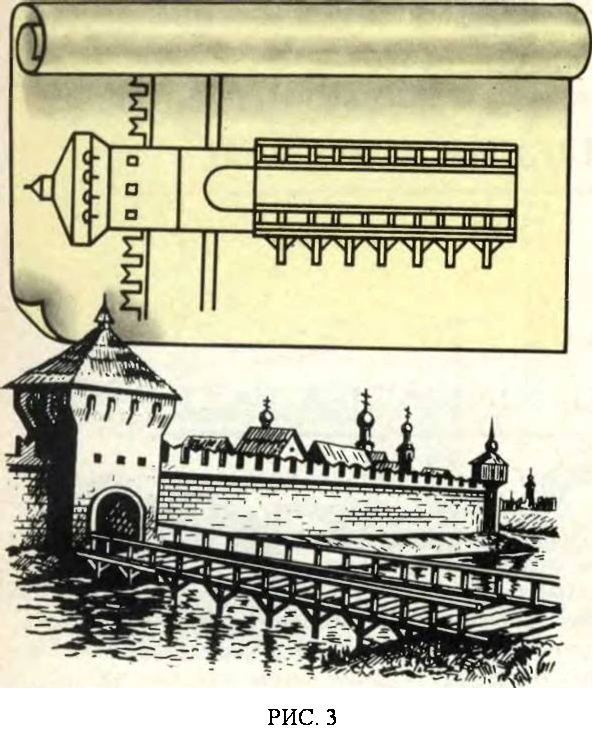


Рисунок 4.6. Чертёж моста

Позднее русские зодчие, под руководством которых строились крепости и другие сооружения в Киеве, Пскове, Новгороде, Суздале, умели уже выполнять и использовать достаточно сложные чертежи. По проекту и под руководством архитектора Федора Коня в 1586—1592 гг. для отражения вражеских нашествий была построена в Москве огромная каменная стена с многочисленными башнями толщиной пять метров и длиной семь километров. Все эти сооружения строились по предварительно разработанным проектным чертежам.

С развитием кораблестроения потребовались более точные, вычерченные в строгом масштабе чертежи. В корабельных чертежах 1686—1751 гг. уже применялись три изображения, с помощью которых на плоскости чертежа показывали основные размеры судна: длину, ширину и высоту (рис. 4).

Геометрические основания чертежа достаточно просты. Они заключаются в проектировании предмета на две взаимно перпендикулярные плоскости, которые в дальнейшем разворачиваются около линии их пересечения или, как говорят, совмещаются в одну плоскость.

В XVIII в. чертежи выполнялись чрезвычайно тщательно, с обводкой цветной тушью. На этих чертежах делались условные разрезы изделий с раскраской места разреза разными цветами в зависимости от вида материалов изделий.

Чертежи стали выполнять с большой точностью, так как они не содержали числовых размеров, и размеры изображенных на них объектов определяли путем обмера чертежа с помощью циркуля-измерителя и помещаемых на чертеже масштабов. Особенно тщательно выполнялись чертежи объектов, представляющих особую важность: военных кораблей, крепостных сооружений, предметов вооружения и снаряжения, которые утверждали в высших инстанциях. Такие чертежи часто окаймлял замысловатой рамкой украшенной всевозможными завитушками и виньетками.

Задолго до появления начертательной геометрии в отдельных чертежах русских умельцев использовался метод прямоугольного проецирования.

С развитием кораблестроения потребовались более точные, вычерченные в строгом масштабе чертежи. В корабельных чертежах 1686 -1751 гг. уже применялись три изображения, с помощью которых на плоскости чертежа показывали основные размеры судна: длину, ширину и высоту (рис. 4.7).

В архиве сохранился чертеж весельного шлюпа, выполненный в 1719 г. Петром I.

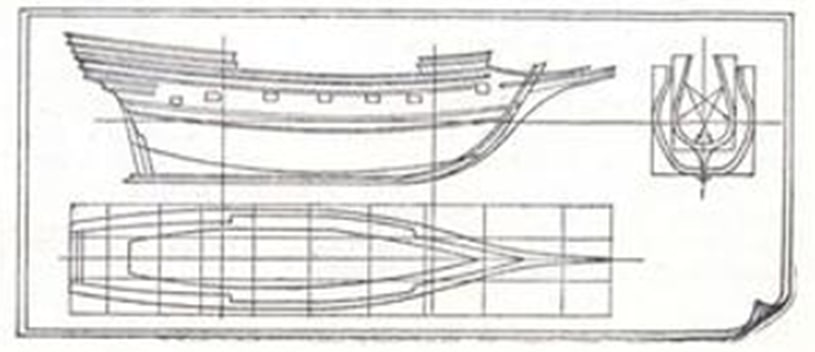


Рисунок 4.7 Чертеж весельного шлюпа, выполненный в 1719 г. Петром I.

Обмер чертежей для определения размеров изображенных на них объектов представлял собой весьма кропотливый и неудобный для производства процесс, который мог удовлетворять только условиям мануфактурного способа производства. С развитием машинного производства, переходом к серийному выпуску изделий возникла необходимость взаимозаменяемости частей изделия. Определение размеров путем обмера чертежа не могло обеспечить выпуск изделий с взаимозаменяемыми частями. Поэтому на чертежах стали указывать размеры - сначала, только основные, а затем все размеры изображенного объекта.

Стали применять масштабы, проекционную связь, выполняя разрезы, без которых невозможно было понять внутренние устройство изделия и принцип его работы. Эти чертежи уже близки к современным чертежам. Примером таких чертежей могут служить чертежи паровой машины И. И. Ползунова, выполненные в 1763 году. Чертеж выполнен в одной ортогональной проекции (рис. 4.8).

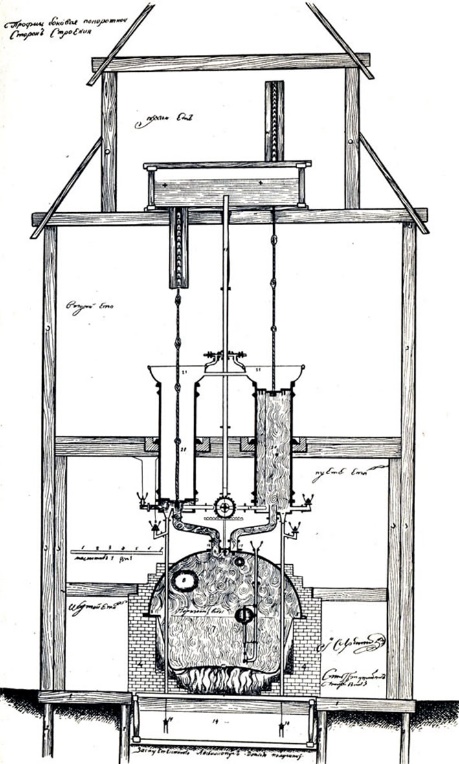


Рисунок 4.8. Чертеж паровой машины И.И. Ползунова

Основоположником проекционного черчения стал Гаспар Монж, который в 1798 г. опубликовал свой труд «Начертательная геометрия».

Появилась новая область знаний, т. е. наука о графических изображениях. Лишь впоследствии сюда вошли другие практически применявшиеся способы построения изображений. Выросшая из потребностей развивающейся промышленности и техники, начертательная геометрия приобрела чрезвычайно большое значение. Только с возникновением этой пауки графические изображения получили те широкие и многообразные применения, которые присущи современному чертежу. В чертежи стали включать указания о точности, с какой должны быть выдержаны размеры (появление системы допусков и посадок), требования к качеству поверхностей (переход от примитивных указаний «кругом обработка» к указанию научно обоснованных параметров шероховатости поверхности), требования к геометрии изделия (указание допусков форм: расположения поверхностей) и др.

В России начертательной геометрией занимался проф. Я. А. Севастьянов, издавший в 1821 г. свой курс «Основания начертательной геометрии». Выдающийся ученый конца XIX в. проф. В. И. Курдюмов написал ряд капитальных трудов по начертательной геометрии. Проф. Н. А. Рынину принадлежит ряд трудов по приложению начертательной геометрии в технике. Проф. Д. И. Каргин написал работу «О точности графических построений».



Гаспар Монж



Севостьянов А.Я.



Курдюмов В.И.

Рисунок 4.9. Учёные – основатели начертательной геометрии

В 19 веке массовое производство изделий привело к разработке точных правил выполнения чертежей. Вся история чертежей связана с техническим прогрессом. В настоящее время чертеж стал основным документом делового общения в науке, технике, производстве, дизайне, строительстве. Долгие годы чертежи выполнялись ручным способом с использованием чертежных инструментов. В настоящее время созданы машинные способы выполнения чертежей, что значительно упростило и ускорило этот трудоемкий процесс.

С применением чертежей начался качественно новый этап изготовления различных объектов. Принципиальная разница между этим способом и эволюцией ремесленных изделий заключается в том, что поиск форм отделен от изделия и эксперименты производятся не на объекте, а на масштабном чертеже. Такое отделение умозрительной разработки от практического изготовления изделия имело ряд важных последствий:

- стало возможным задавать размеры изделия до его изготовления, а это позволило разделить труд по изготовлению отдельных частей изделия между несколькими работниками;

- вычерчивание изделия до его изготовления обеспечило создание больших объектов, недоступных одному ремесленнику, например, кораблей, мостов, зданий;

- возникшее вместе с масштабными чертежами разделение труда дало возможность увеличить не только размеры изделий, но и темп их изготовления;

- разделение труда повлекло за собой снижение качества;

- проектирование и конструирование выделилось в особую профессию;

- при вычерчивании последовательных вариантов конструкции проектировщик в поисках новых решений работает только над одним чертежом, вместо того чтобы сопоставлять несколько альтернативных вариантов; это удлинило процесс проектирования;

- появилась трудность в оценке соответствия разрабатываемого изделия условиям его изготовления и использования, поскольку у конструктора нет точного языка для описания будущих ситуаций; в какой-то мере эту проблему удается разрешить путем изготовления моделей и опытных образцов для оценки и испытаний, а также путем расчетов для определения эксплуатационных характеристик важнейших деталей и узлов.

- в общем можно сказать, что при разделении объекта проектирования от чертежа и участии многих людей в создании объекта, ухудшилось качество изготовления объекта (машины). Поэтому чтобы этого избежать начали создаваться системы управления качеством проектирования и изготовления, но это уже другая задача.

ВЫВОДЫ.

Основы черчения были заложены в Древнем Египте в виде «художественного черчения», в котором уже были все элементы проекционного черсения.

Современное промышленное черчение прошло длинный путь развития, над его становлением и обоснованием работали выдающиеся ученые и инженеры. Основоположником теории и практики проекционного черчения стал французский ученый Гаспар Монж и появилась новая отрасль знаний – начертательная геометрия.

В России начертательной геометрией занимались профессора Я.А. Севостьянов, Н.А.Рынин и другие.

В настоящее время чертеж стал основным документом делового общения в науке и технике.

Применение компьютерных технологий при изготовлении чертежей привели этот процесс на новый уровень.