

Общие проблемы развития науки и техники

ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ

И. А. ГРЕЙМ [Ленинград], Ю. Ю. КЯОСААР [Тарту]

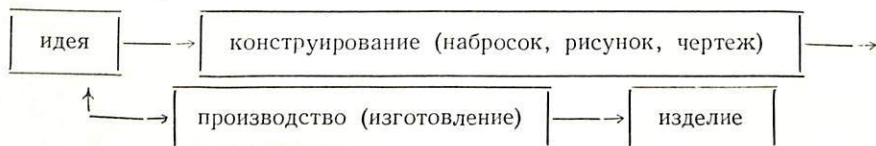
Современный период развития научно-технической революции характеризуется, с одной стороны, усложнением технических задач, что требует для их решения все большей затраты труда и времени, с другой — более быстрым моральным устареванием разработанных технических систем (в среднем на создание нового изделия требуется от 3 до 6 лет), что предъявляет особые требования к разработке новых специальных методов их расчета и проектирования. Так, «если взять количественную оценку роста производительности труда в технически развитых странах, то с 1900 по 1960 г. производительность труда в производстве возросла в среднем на 1000%, а в конструировании — лишь на 20%» [14, с. 14].

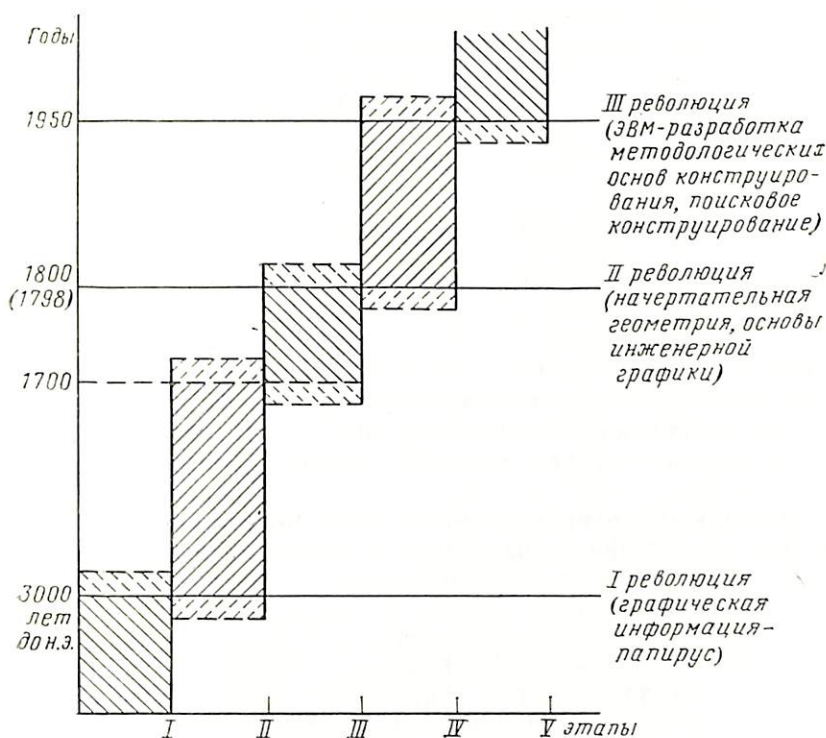
Для ускорения ввода в строй новой техники надо сократить время, требуемое на проектирование, на которое, по известным данным, при создании новой техники затрачивается до 60% времени. На разработку конструкций требуется затрат в 100 раз больше, чем на фундаментальные исследования, и в 10 раз больше, чем на прикладные [2, с. 86]. Эти цифры показывают, что проблемам конструирования надо уделять гораздо больше внимания, чем это делалось до последнего времени.

Развитие техники происходит эволюционным и революционным путем. Первый заключается в постепенном улучшении и создании новых, более совершенных конструкций, но на основе прежних их образцов, при этом используются изобретения, но не высокого уровня; второй относится к кардинальным решениям, которые основываются на изобретениях высшего уровня и на открытиях. Под изобретательством понимается свойство человека находить новые технические идеи или применять старые в новых условиях. Овеществление или материализация технических идей, полученных и с использованием изобретений, осуществляется с помощью конструирования. «Чтобы действительно знать предмет, — отмечал В. И. Ленин, — надо охватить, изучить все его стороны, все связи и опосредствования» [1, с. 290].

Для характеристики развития процесса конструирования надо найти существенный признак — показатель, который являлся бы для него типичным. Учитывая, что конструктор получает до 90% всей информации через зрительное восприятие и что «словесное описание технической идеи отличается громоздкостью и невыразительностью» [3, с. 102], самым типичным показателем, который характеризует историческое развитие конструирования, является графическое изображение того или иного устройства: набросок, рисунок, схематическое изображение, эскиз, чертеж.

Последовательность процесса создания нового изделия можно интерпретировать следующей блок-схемой:

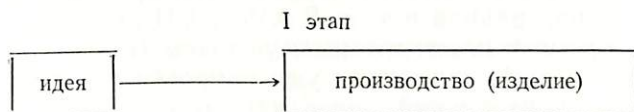




Этапы и революции в развитии конструирования

Примарным в блок-схеме является производство, секундарным — конструирование, хотя они и расположены в обратном порядке, т. е. каждому этапу производства соответствует определенный уровень развития конструирования.

Отсюда при разделении исторического развития конструирования на этапы и революции (рисунок) следует исходить из характера развития производства, тем более что оно достаточно глубоко и широко исследовано.



Человек в начальный период развития производства создавал изделия индивидуально, одновременно выдумывал, экспериментировал и изготавливал их, позднее — после разделения труда — возникло ремесленное производство, где наметились элементы специализации.

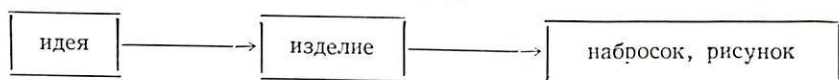
Развитие проектирования связано с именами Аристотеля, Архимеда, Герона, Марка Витрувия Поллио [4], Леонардо да Винчи, Паскаля, в дальнейшем в России начиная с XVIII в. — с именами Ломоносова, Кулибина, Нартова, Ползунова и др. Однако лишь с середины текущего столетия, периода бурного развития науки и техники и значительного усложнения технических систем, к проектированию стали относиться как к предмету исследования. Известным толчком к этому явилось изобретение ЭВМ, что открыло возможность нахождения оптимальных расчетных, а в дальнейшем и конструкторских решений. Таким образом, говорить о методологических основах проектирования стало возможным только с этого периода, характеризующегося научным подходом к процессу проектирования. Здесь следует отметить работы [13, 14 и др.].

Началом нового этапа, который не представляется возможным точно установить, можно считать появление общественного разделения труда, что характеризовало создание первых орудий труда, правда, на самом примитивном уровне (каменный топор, колесо). Не говоря уже о строительстве в Вавилоне (4000 лет до н. э.) и о пирамидах в Египте (~3200 лет до н. э.), которые невозможно было бы построить без применения вспомогательных набросков и рисунков, а также специальных строительных средств. Но все это относилось только к области архитектуры.

На ранней стадии развития генетический код конструирования передавался от одного поколения к другому посредством опыта и созданных изделий (под генетическим кодом конструирования подразумевается историческая преемственность, изменчивость и развитие форм и методов конструирования). Производительность труда в области конструирования изделий была так низка и изделия так просты, что даже наброски и рисунки были практически не нужны, использовалось только словесное описание изделий.

Принципиально I этап конструирования можно считать оконченным с появлением графических посредников информации — папируса (~300 лет до н. э.) и *первой революцией в конструировании*.

II этап



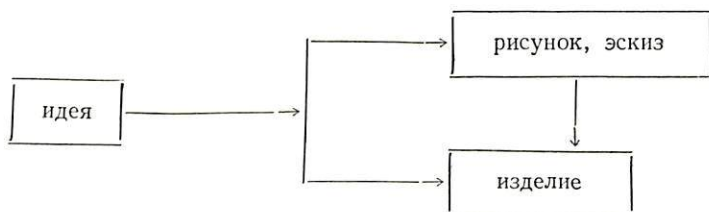
II этап конструирования длился очень долго, около 5000 лет. Развитие конструирования шло очень медленно.

Бумага была изобретена в Китае еще во II в. до н. э. [5, с. 732], в странах же Западной Европы ее начали применять только с XI в. После возникновения прибавочного продукта (рабовладельческое и феодальное общества) стало возможным говорить о повышении производительности труда. Стремление к повышению прибавочного продукта требовало совершенствования производства и в первую очередь повышения качества орудий труда.

Ремесленники начиная с XV в. прибегали главным образом к пояснительным чертежам [3, с. 102], а в архитектуре появились планы застроек [4], рисунки зданий и т. п. В XV—XVII вв. художники, которые были в то же время и инженерами, и учеными (например, Леонардо да Винчи, Паскаль и др.), применяли уже наброски и рисунки для изображения отдельных конструкций.

Завершением II этапа конструирования можно считать период, когда на смену ремесленному производству пришло машинное, но конец II этапа нельзя ограничить точно, так как развитие конструирования шло эволюционным путем.

III этап



Начало III этапа характеризуется широким применением рисунков, которые создавались на основе готового изделия. Здесь появляется

обратная связь — рисунок переносится на изделие. Этот этап, условно начинающийся в 1700 г., характеризуется быстрым развитием графических методов изображения конструкций на бумаге в виде отдельных эскизов и чертежей.

Часто первый экземпляр изготовлялся самим конструктором по эскизам и моделям, и лишь после испытаний и доводки изделия выполнялись чертежи, «снятые с натуры». Начали появляться чертежи похожие на современные, выполнялась детализовка конструкций с применением условных разрезов; отдельные узлы изображали в нескольких проекциях, что давало возможность при невысокой точности измеренных сопрягаемых размеров подгонять их ручным способом в процессе сборки [6, с. 303].

Переход к машинному производству в XVIII в. потребовал перевода конструирования на более высокую степень и дал толчок к развитию технических дисциплин, таких, как прикладная механика, детали машин, начертательная геометрия и т. д. Развитие черчения способствовало развитию чертежных приборов.

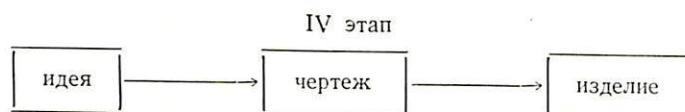
В 1798 г. была опубликована замечательная книга «Начертательная геометрия» Гаспара Монжа [7]. Ему принадлежит утверждение: «чертеж — язык техники».

Сама идея Г. Монжа — представление технического объекта в виде проекций на две взаимно перпендикулярные плоскости — не была новой. Ею пользовались художники еще в XV—XVI вв. Но это был технический прием, совершенно неразработанный научно и не приведенный в какую-либо стройную систему знаний. Г. Монж эту идею развил и довел до высокого совершенства. Известно его высказывание: «Этот язык необходим инженеру, создающему проект, а также тем, кто должен руководить его осуществлением, и наконец, мастерам, которые должны сами изготовлять разные части» [8, с. 9].

Краткую историю начертательной геометрии до Монжа дает Д. И. Каргин [9, с. 17—27]. Он указывает на то, что есть данные, говорящие о том, что Г. Монж создал свою теорию на 20 лет раньше: «...начертательная геометрия более 20 лет не опубликовывалась из-за боязни, чтобы иностранцы не использовали новой науки во вред Франции» [9, с. 31]. Таким образом, *около 200 лет прошло с того времени, которое мы называем началом современного конструирования* и без которого невозможно было бы дальнейшее развитие научного подхода к конструированию.

Если рассматривать развитие конструирования начиная с первой революции, то работы Г. Монжа, обобщившего и завершившего разработанные ранее графические методы перенесения технических объектов на бумагу, можно сказать, являются *второй революцией в конструировании*. К этому имеются следующие причины: 1) конструирование на бумаге — чертеж позволяет отделить конструирование от изготовления (производства); 2) единая система чертежной технической документации является выходной информацией для конструктора и входной для производственного; 3) исправление ошибок на бумаге дешевле, чем на изделиях; 4) обрабатывать информацию (конструировать) на бумаге гораздо быстрее, чем на изделиях; 5) чертеж, основанный на методах начертательной геометрии, дает предпосылки для развития ряда технических дисциплин; 6) применение чертежей положило начало коллективному конструированию, позволило расчленить процесс изготовления изделия — отдельные части изделия теперь могли разрабатывать различные конструкторы.

С известной степенью приближения можно считать, что III этап заканчивался с окончанием мануфактурного производства. Но конец III этапа также нельзя ограничить точно.



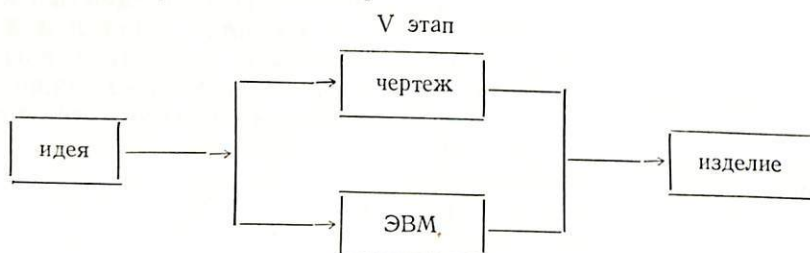
На основе чертежа изготавливается изделие. Изменяется по сравнению со II и III этапами последовательность «изделие — чертеж», теперь в начале разрабатывается конструкция на бумаге — чертеж, а затем следует изготовление. Для повышения производительности труда, с появлением серийного производства и стремлением сократить процесс создания новых изделий, изготовители и конструкторы отделились. Узаконилась новая профессия — конструктор. Начали развиваться вспомогательные средства для ускорения конструирования, появились чертежные комбайны, точный чертежный инструмент и т. п.

Развивались технические науки, нужные для конструирования, такие, как сопротивление материалов, теоретическая механика, теория машин, машиностроительное черчение и т. д. Конструкторов стали обучать в технических училищах.

Машины усложнялись все больше, возникло комплексное конструирование, появились конструкторские бюро — во второй половине XIX в. чертежи стали основными документами для производства [10, с. 103].

IV этап в известной степени продолжается и до сих пор.

Появление ЭВМ ознаменовало *третью революцию* в области конструирования и переход к V этапу.



Теперь работа конструктора немыслима без ЭВМ.

Первой вычислительной машиной, где электронно-лучевая трубка была использована в качестве вывода, полученного в результате расчета информации, была ЭВМ Whirlwind, изготовленная в 1950 г. [11, с. 70].

Использование ЭВМ является качественным скачком, что представляет конкретное выражение научно-технической революции XX в. При появлении ЭВМ возникла возможность автоматизировать работу конструктора, ряд вопросов формализовать и, составив соответствующий алгоритм и программу, передать для разрешения ЭВМ. Введение в конструкторскую деятельность ЭВМ позволило: 1) в большей степени применить математический аппарат к решению различных технических — конструкторских задач; 2) ускорить поиск вариантов решения и повысить точность и надежность выполняемых расчетов; 3) приблизиться к оптимальным вариантам решения конструкторских задач; 4) при наличии соответствующих программ синтезировать и новые технические решения; 5) выполнять непосредственно конструирование с вычерчиванием чертежей, появился графический экранный пульт с электронным пером — дисплей.

Чертеж при применении ЭВМ как передатчик и посредник информации не исчезает, а лишь заменяется информацией (изображением), получаемой с экрана дисплея.

«Судить о пропорциональности форм при помощи сотни голых чисел, размеров, не может даже самый гениальный конструктор» [12, с. 324] — но это способен делать конструктор при помощи ЭВМ. В современном инновативном процессе конструирования ЭВМ все в большей степени

является помощником конструктора (под инновативным процессом подразумевается рождение, созревание и овеществление новых идей, совершенствование существующих и старых конструкций и разработка новых).

Однако только в 60-е годы были созданы средства графоаналитического взаимодействия человека с ЭВМ (дисплей со световым пером) и обеспечивающие это взаимодействие программы для ЭВМ, после чего стало возможным создание систем автоматического или, как сейчас его называют [14], поискового проектирования (САПР). В последнее время интенсивно ведутся работы по подготовке производства в рамках САПР для различных классов технических объектов. Первые САПР позволили автоматизировать почти все операции расчетного характера, кроме выбора улучшенных и новых проектно-конструкторских решений. В настоящее время разрабатываются САПР второго поколения с повышенным творческим потенциалом и «интеллектуальностью» программ, т. е. ЭВМ передается все больший объем конструкторских работ.

Таким образом, в историческом инновативном процессе развития генетического кода конструирования постепенно задачи развивающегося производства стали отрицать самих себя и конструирование начало отделяться от производства. История конструирования тесно связана с развитием технической цивилизации. Около 5000 лет прошло с начала робких шагов человечества в области конструирования, основанного на элементарной изобразительной базе с применением папируса (первая революция в истории конструирования), почти 200 лет прошло с начала конструирования, основанного на научно обоснованном чертежном хозяйстве (вторая революция в истории конструирования) и приблизительно 30 лет с момента появления ЭВМ (третья революция в истории конструирования). В настоящий период деятельность конструктора тесно переплелась с выполнением ряда задач на ЭВМ, включающих и разработку чертежей и отыскание оптимальных решений в конструкциях.

Литература

1. Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 42.
2. Афанасьев В. Г. Наука, техника, управление.— В кн.: Наука, техника и человек. Философские проблемы. М., 1973.
3. Попов Е. В. Гносеологическая сущность технического творчества. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1977.
4. Vitruvius Pollio. Vitruvii de Architectura Libri Decem. Lib. 1, sap. 2, 2, § 2.
5. Зворыкин А. А., Осьмова Н. И., Чернышев В. И., Шухардин С. В. История техники. М., 1962.
6. Левитская Н. А. Вопросы истории технической графики в курсе машиностроительного черчения.— Тр. Моск. научно-метод. семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. М., 1963, вып. 2.
7. Monge G. Geometrie descriptive, P., 1798.
8. Монж Г. Начертательная геометрия. Л., 1947.
9. Каргин Д. И. Гаспар Монж — творец начертательной геометрии.— В кн.: Гаспар Монж. М.: Изд-во АН СССР, 1947.
10. Уварова Л. И. Научный прогресс и разработка технических средств. М.: Наука, 1973.
11. Everett R. R. The Whirlwind I Computer.— Rev. Electronic Digital Computers, Joint AIEE-IRE Conf., 1952.
12. Сидоров А. И. Основные принципы проектирования и конструирования машин. М., 1929.
13. Гаспарский В. Праксеологический анализ проектно-конструкторских разработок. М.: Мир, 1978.
14. Автоматизация поискового конструирования. М.: Радио и связь, 1981.

HISTORICAL DEVELOPMENT OF DESIGN

I. A. GREYM, Yu. Yu. KÄOSAAR

The problems of the historical development of design are considered from antiquity till the present. It is pointed out that the progress of design moves from the gradual neglect of the leading part of production to the increasing meaning of the formally-analytic factors.