

Министерство образования Российской Федерации
Казанский государственный университет

УДК 514.18
ББК 22.151.3
P84

*Печатается по рекомендации
ученого совета
Казанского технологического университета*

Научный редактор – д-р пед. наук, проф. Л.И. Гурье

В.А. Рукавишников

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. А.Я. Мутрисков,
д-р техн. наук, проф. Р.Г. Газизуллин

Геометрическое моделирование как методологическая основа подготовки инженера

Рукавишников В.А.

P84 Геометрическое моделирование как методологическая основа подготовки инженера. - Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2003. - 184 с.
ISBN 5-7464-0727-5

Монография посвящена вопросу геометрической подготовки инженера в техническом вузе. На основе опережающего педагогического проектирования разработана структура и содержание геометрической подготовки инженера, определена роль и место геометрического моделирования как методологической основы подготовки инженера в техническом вузе.

Полученные результаты базируются на разработанных автором диалектических моделях инженерной деятельности, геометрического моделирования и геометрической подготовки инженера в техническом вузе. Проанализированы трудности внедрения разработанного учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование» и пути их преодоления.

Предназначена для широкого круга вузовских работников: преподавателей, аспирантов, руководителей вузов, факультетов, кафедр, а также органов управления образованием и инженеров различных видов деятельности.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
КАЗАНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2003

ISBN 5-7464-0727-5

© Рукавишников В.А., 2003 г.

ВВЕДЕНИЕ

Современный период развития общества обусловлен глубокими качественными изменениями, происходящими во всех сферах человеческой деятельности, новыми экономическими, политическими и социальными условиями их развития, интенсификацией процессов интеграции науки, производства и образования и одновременно серьезным отставанием системы высшего профессионального образования в России от все возрастающих темпов развития общественного производства. Одной из «основных черт современного этапа научно-технической революции является превращение науки в непосредственную производительную силу в результате слияния воедино переворота в науке, технике и производстве, усиления взаимодействия между ними и сокращения сроков от зарождения новой научной идеи до ее производственного воплощения» [87]. Современный этап развития общественного производства можно представить в виде замкнутого цикла, который на самом деле, конечно же, является витком быстро раскручивающейся диалектической спирали (рис. 1, 2).

Первым звеном цикла является потребность общества, которая, по словам К. Маркса, стоит «семи университетов». «Источник этих потребностей – взаимосвязь между производством и потреблением материальных и духовных благ, причем удовлетворение относительно элементарных потребностей ведет к зарождению новых» [87]. Именно потребность общества в материальных и духовных благах выступает движущей силой общественного производства.

Следующим звеном цикла является наука, которая ищет и находит решения для удовлетворения этих потребностей. Чтобы реализовать научные разработки в производственной сфере, необходимо перевести научные знания на язык производства, поэтому следующим звеном цикла является проектирование. На этапе проектирования научное знание «переводится» на визуально-образный язык (чертежи, схемы, макеты и т.д.). Четвертым этапом, вслед за проектированием, является производство материальных ценностей и передача их обществу для удовлетворения возникших ранее материальных потребностей. Цикл завершается, а потребности общества переходят на новый уровень. И все повторяется на новом, более высоком уровне.

В условиях все возрастающей конкуренции наиважнейшей задачей становится ускорение темпов развития общественного производства. Поэтому в настоящее время самые приоритетные направления в сфере производства материальных благ - разработки в области интеграции различных видов инженерной деятельности на основе современных компьютерных технологий.

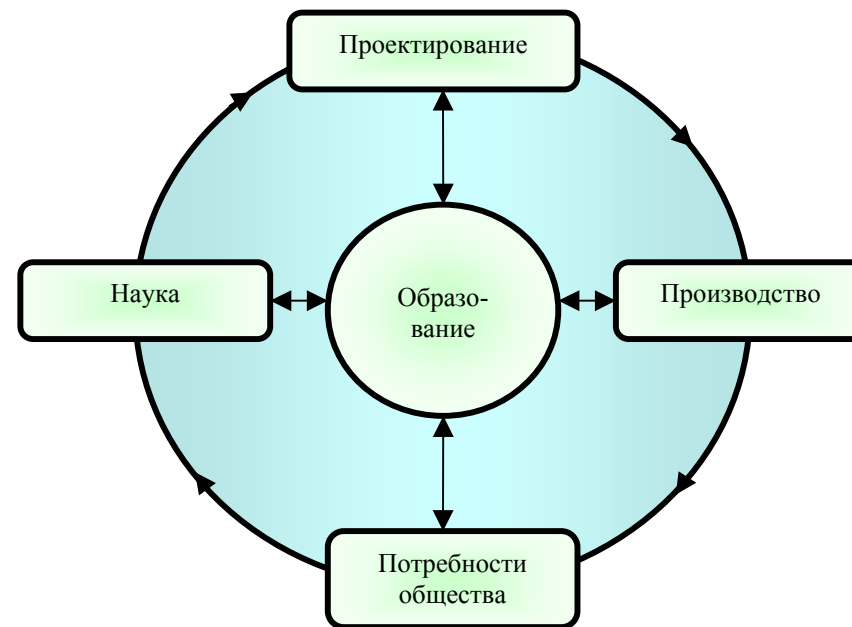


Рис. 1. Цикл спирали развития общественного производства

Широкое применение находят интегрированные компьютерные системы, содержащие программные модули, ориентированные на выполнение инженером нескольких видов деятельности: модули геометрического моделирования, технологической подготовки производства и управления изготовлением. Это объектно-ориентированные системы, т.е. системы, работающие на уровне трехмерных компьютерных геометрических моделей.

Еще одним очень важным направлением повышения эффективности промышленного сектора экономики является применение современных информационных технологий для информационной интеграции процессов, протекающих в ходе всего «жизненного цикла продукта» и его компонентов (CALS – технологии). Интегрированная информационная модель продукта включает в себя ряд частных моделей: научную, маркетинговую, конструкторскую, технологическую, сбытовую, эксплуатационную - в соответствии с набором стадий жизненного цикла [58].

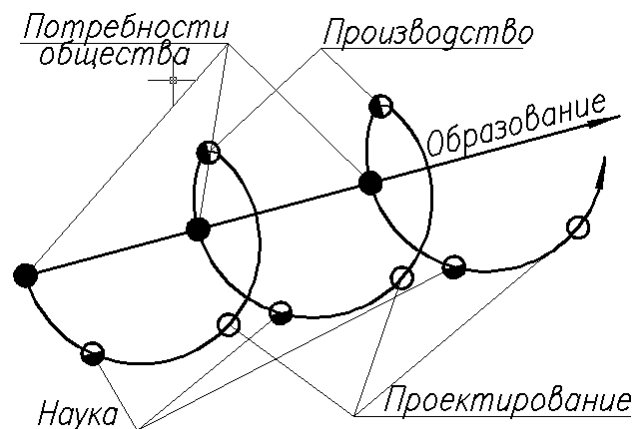


Рис 2. Диалектическая модель общественного производства

По различным оценкам на подготовку и поддержку конструкторских моделей в наукоемком производстве уходит до 80% времени производственного цикла. Это связано, в первую очередь, с высокой трудоемкостью и сложностью подготовки геометрической (визуально-образной) информации. Сокращение сроков проведения работ на этой стадии жизненно важно для современных предприятий и является главным условием их выживания в ближайшие несколько лет в обстановке растущей конкуренции [61, 62].

Из приведенного анализа видно, что в цепочке «жизненного цикла изделия» основным сдерживающим звеном является конструкторская стадия, стадия создания геометрической модели. Выход из создавшие

гося положения – в широкомасштабном внедрении в конструкторскую деятельность самых последних достижений в области науки и техники, т.е. в принципиально новом уровне геометрического моделирования [62].

Особое место в системе общественного производства занимает образование, которое, как сердце, поставляя свежую кровь (высококвалифицированных специалистов) во все сферы человеческой деятельности, получает взамен современную информацию, отражающую уровень развития соответствующей области деятельности. В результате интеграции поступающей информации в системе образования поддерживается соответствующий уровень подготовки специалистов для каждой из них. Нарушение связи, даже частично, хотя бы с одной из сфер деятельности ведет к отставанию уровня подготовки инженеров и замедлению темпов общественного производства в целом.

В настоящее время в проектно-конструкторской деятельности инженера наступил переходный период. Достижения в области науки и техники позволили осуществлять трех- и четырехмерное геометрическое моделирование. Однако темпы перехода на новый уровень геометрического моделирования в проектных организациях сдерживаются, несмотря на поступление современных компьютерных технических и программных средств. Это вызвано в первую очередь тем, что инженеры, подготовленные на основе старой идеологии геометрического моделирования (начертательной геометрии), не в состоянии осознать происходящие изменения и продолжают мыслить, даже осуществляя трехмерное геометрическое моделирование, категориями начертательной геометрии. Начертательная геометрия продолжает оставаться в их сознании теоретической основой геометрического моделирования. Это связано, в прежде всего, с отсутствием концепции развития геометрического моделирования, рассматривающей его в целом и в развитии, раскрывающей его роль, место и законы развития.

Второй важной причиной, сдерживающей переход на новый уровень геометрического моделирования, является геометрическая (графическая) подготовка инженеров в высших учебных заведениях на основе устаревшей идеологии.

В вузах, понимая важность геометрической (графической) подготовки и учитывая претензии предприятий, тем не менее в силу разных

причин не могут приступить к ее реформированию и продолжают готовить специалистов вчерашнего дня. Таким образом, налицо вместо опережающей геометрической (графической) подготовки инженеров мы сталкиваемся с ее значительным отставанием, что ведет к невостребованности таких специалистов. В технических вузах, осознавая обострившуюся проблему, тем не менее не могут отойти от требований Государственного образовательного стандарта, который вновь предписывает изучение морально устаревшей системы геометрической (графической) подготовки инженеров.

Несоответствие уровня геометрической (графической) подготовки инженеров уровню развития науки, техники и требованиям производства обусловлено, так же как и в проектно-конструкторской деятельности, отсутствием концепции развития данной области знания. Именно по этой причине не представляется возможным осознать происходящие изменения и перейти на принципиально новую идеологию геометрической подготовки инженеров.

Таким образом, отставание уровня геометрической подготовки инженеров является основным сдерживающим фактором развития как проектно-конструкторской деятельности инженера, так и общественного производства в целом.

Преодоление возникшего кризиса возможно на основе выявления причин, приведших к нему; разработки концепции развития геометрического моделирования и на ее основе концепции развития геометрической (графической) подготовки инженеров; опережающего педагогического проектирования и внедрения в учебный процесс принципиально нового целостного учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование», отвечающего современным требованиям общественного производства.

В данной работе делается попытка исследования причин кризиса инженерного геометрического моделирования и геометрической (графической) подготовки инженеров, а также поиска путей выхода из него.

ГЛАВА 1 ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК СИСТЕМНЫЙ ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Структурно-функциональная и диалектическая модели инженерной деятельности

Проблемы практического использования научных знаний, повышения эффективности научных исследований и разработок выдвигают сегодня инженерную деятельность на передний край всей экономики и современной культуры. В настоящее время технические вузы готовят целую армию инженеров различного профиля для самых разных областей народного хозяйства.

Инженерная деятельность предполагает регулярное применение научных знаний (т.е. знаний, полученных в научной деятельности) для создания искусственных технических систем - сооружений, устройств, механизмов, машин и т.п. [54]. В этом заключается ее отличие от технической деятельности, которая основывается более на опыте, практических навыках, догадке. Поэтому не следует отождествлять инженерную деятельность лишь с деятельностью инженеров, которые часто вынуждены выполнять техническую, а иногда и научную деятельность. В то же время есть многочисленные примеры, когда крупные ученые обращались к изобретательству, конструированию, проектированию, т.е., по сути дела, осуществляли какое-то время параллельно с научной инженерную деятельность. Поэтому инженерную деятельность необходимо рассматривать независимо от того, кем она реализуется (специально для этого подготовленными профессионалами, учеными или просто самоучками).

Рассматривая качество инженерной подготовки как социальную проблему, А.Б. Курлов определяет в своей работе инженерную деятельность как созидательно-творческий процесс. При этом отмечается, что творческая насыщенность инженерного труда предполагает формирование и развитие соответствующих способностей у субъекта при подготовке к инженерной деятельности. Причем в качестве главной функции системы подготовки инженерных кадров выдвигается развитие способностей к творчеству [41].

В.Й. Мартинкус предлагает следующую классификацию инженерной деятельности по интеллектуальным функциям: управленческая (организационная), конструкторская, технологическая, изобретательская, научная [46].

Осуществив философско-методологический анализ диалектики становления и развития социальных функций инженерной деятельности, Д.О. Гусев рассматривает ее как развивающееся социальное явление и представляет систему следующих социальных функций: функции применения естественнонаучных, технических, общественных и гуманитарных знаний для технологической организации и развития материального производства; функции продуцирования технологического знания, то есть знания о принципах действия и методах создания технических устройств; функции продуцирования технического знания, то есть знания о том, что представляет собой данное техническое устройство, какие принципы лежат в основе ее функционирования [18].

К рассмотрению инженерной деятельности В.В. Алехин подошел через анализ особенностей инженерно-технического труда, в содержание которого он включает: научно-познавательный труд инженера, инженерно-технологический труд, инженерно-конструкторскую трудовую деятельность, инженерно-эксплуатационный труд и инженерно-организационный труд [2].

Обобщая предыдущие исследования других авторов, А.И. Ракитов приходит к выводу, что инженерное мышление по своей природе является системным и деятельностным. Он выделяет следующие виды познания: научное, техническое, инженерное и обыденное [70].

Исследуя методологические основы инженерной деятельности, И.К. Корнилов предлагает под инженерной деятельностью понимать «деятельность по интеллектуальному обеспечению процессов создания искусственных систем в соответствии с социотехническими потребностями общества» [33].

Основные понятия, непосредственно связанные с инженерной деятельностью, такие, как «техника», «инженер», «механик», «машина», в сущности не изменили свое значение со времен древних греков и римлян. Известный русский инженер, ученый, философ П.К. Энгельмейер в одной из своих работ [95] пишет, что латинское слово *techna* упот-

реблялось и в промышленности и в торговле, в ремесле и в искусстве, в риторике, медицине, науке и литературе. По-латыни *technikus* чаще всего обозначало учителя искусств, а наравне с этим и практического дельца. Вообще же эти слова всегда обозначали умение и средства, необходимые для достижения какой-либо цели.

«Латинское слово *ingenium*, из которого произошло итальянское *ingegno*, французское *ingenieux* и английское *ingenious*, означает почти то же, что древнее русское слово «измысленный», т.е. «искусно выполненных», вместо которого теперь осталось слово «измышление», т.е. умение найтись в разных практических ситуациях. Англичане до сих пор называют *engineer*ом всякого техника и перенесли это слово и на машину - *engine*» [37]. А вот какое определение в 1881 году дает В.И. Даль в своем толковом словаре понятию «инженер». «Инженер - это ученый строитель технических сооружений ... Горный инженер, ведает горное дело; корабельный - стройку судов; инженер-механик - машинное устройство и т.д.» [19]

В последнее время в отечественных публикациях появились понятия «инженеринг» и «инжиниринг». Определение понятия «инжиниринг» дается в работе [50], где под «инжинирингом» понимается инженерная деятельность, в которой «наряду с техническими задачами решаются задачи организационного и экономического характера». К таким задачам относят «подготовку торгов, наблюдение за ходом строительных работ и их координацию. Экономические и управленческие задачи могут включать изучение экономических, финансовых и иных условий работы по усовершенствованию организации и управления, производства и т.п.»

В Большом энциклопедическом словаре говорится, что термин «инжиниринг» происходит от англ. *engineering* и от лат. *ingenium* – изобретательность; выдумка; знания. «Инжиниринг» - это одна из «форм международных коммерческих связей в сфере науки и техники, основное направление которой – предоставление услуг по доведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок до стадии производства» [5].

В работах И.К. Корнилова [34, 35, 40] введено такое понятие, как «инженеринг», без практической реализации которого в настоящее время невозможна, по его мнению, ни педагогическая деятельность по

подготовке инженера современного производства, ни нормальное исполнение инженером своих функций в решении производственных задач сегодняшнего дня. Введение этого понятия в педагогическую и производственную практику - веление времени. Оно вызвано принципиально новыми условиями, в которые попадает инженер:

- 1) выдвиганием на первый план технологических задач по сравнению с задачами совершенствования технического оборудования;
- 2) включением в функции инженера не только научно-организационных, но и экономических и социальных задач, взятых в их системной целостности;
- 3) появлением и необходимостью решения экологических задач;
- 4) изменением содержания и характера обучения - переходом к гуманитаризации и гуманизации образования [33].

В этой же работе И.К. Корнилов предлагает еще одно определение понятия «инженеринг» как технологии инженерной деятельности и выделяет теоретический инженеринг - социально-техническую часть, изучающую объект, предмет и методы исследования, философские аспекты, и практический инженеринг - методологическую часть, задача которой состоит в том, чтобы, опираясь на сформулированные теоретические положения, создавать возможность управления социальной стратой - инженерными и научными работниками, давать практические рекомендации по организации и рациональному устройству обучения инженерингу и использованию полученных знаний на практике.

Инженерная деятельность - это особого рода трудовая деятельность, предполагающая наличие специального образования, то есть определенного комплекса технических знаний [41]. Главной особенностью инженерной деятельности является ее обусловленность техникой, причем техникой как постоянно развивающейся системой производительных сил общества. Инженер не только должен знать современную технику, но и быть участником происходящей в настоящее время научно-технической революции [41]. Главная функция современного инженера состоит в разработке решений, направленных на создание конкурентоспособной продукции.

Цель инженерной деятельности, на которую должно быть направлено инженерное мышление, считает А.И. Ракилов, - «создание эффек-

тивных средств деятельности и условий жизнедеятельности человека, создание искусственной среды обитания» [70].

А.Б. Курлов в качестве цели инженерной деятельности рассматривает создание средств, методов и технологий материального преобразования окружающей среды и профессиональную социализацию самого субъекта этих преобразований [41].

Объектом инженерного труда, по мнению А.М. Кочнева [39], являются технические объекты различного характера и назначения. Связь технического объекта с человеком детерминирует интенсификацию социальных отношений (производственно-технических, транспортных, коммуникативных, территориальных и пр.), а также их упорядочивание, достижение социально-политических целей [21].

Технический объект - носитель производственных, технологических функций человека. Это понятие носит методологический характер, в нем фокусируются наиболее важные стороны технических устройств, технических материалов и технологических методов.

В качестве предмета инженерного познания А.И. Ракилов рассматривает процесс создания артефактов и непосредственную деятельность по управлению ими [70].

Орудиями инженерного труда выступают специфические для инженерного труда средства: модели, макеты, испытательные механизмы и машины, электронные устройства, компьютеры, тренажеры и др.

Продукты инженерного труда - технологии, товары и услуги широкого назначения. Результатом инженерной деятельности, по мнению И.К. Корнилова [33], являются способы, методы, средства для создания и преобразования естественных и искусственных систем.

Возникновение инженерной деятельности как одного из важнейших видов трудовой деятельности связано с появлением мануфактурного и машинного производства. В Средние века еще не существовала инженерная деятельность в современном понимании, а была, скорее, техническая деятельность, органически связанная с ремесленной организацией производства.

В структуре любой деятельности как системы взаимоотношений, действий есть некий исходный элемент, который выражает основные ее свойства, то общее, что присуще всем ее видам и является в то же время тем особенным, которое выражает и богатство отдельного. (Та-

кими исходными элементами в инженерной деятельности могут быть изготавливаемый объект и базовый язык описания, используемый на всех этапах инженерной деятельности.)

Уже средневековые ремесленники и архитекторы пользовались чертежами, но они выполняли тогда иную функцию. Между визуальными языками ремесла и современного проектирования, в структуру которого действительно входит наука, есть принципиальная разница. Пропорция для античного и средневекового мастера была не научным или даже не эстетическим средством, а живой методикой изготовления изделия, начиная с выбора материала, всей технологической последовательности выполнения работ. Сегодня техническое черчение - это воплощенная наука, применяющая начертательную и проективную геометрию к решению практических задач машиностроения, строительства и т.д. Одним из создателей этого графического языка инженеров был французский инженер и ученый Гаспар Монж. Очень скоро техническое черчение стало центральным пунктом инженерного образования, *графическим языком инженеров*. В других отраслях техники и технической науки также сложились свои особые графические средства для выражения инженерных идей, хотя и не всегда тесно связанные с геометрией, как, например, электрические схемы в электротехнике и радиотехнике.

«Чертеж становится не только важнейшим, но и единственным средством выражения идей инженера, международным языком, понятным инженерам во всех странах». Это и средство коммуникации, передачи мысли инженера-конструктора исполнителю-рабочему. Но чертеж для инженера, по мнению В.Г. Горохова, не только средство коммуникации с исполнителями и коллегами, это идеализированное, но в то же время поставленное в четкое соответствие с инженерной реальностью «пространство» выражения и разворачивания его мысли. Именно поэтому инженеры предпочитают чертить схемы, а не писать формулы или текст. Мышление инженера разворачивается в этой идеализированной плоскости, в ней он материализует первоначально свою инженерную идею (замысел), чтобы затем воплотить ее в производстве, в пространстве трехмерных материальных форм.

Одним из первых понял и отметил эти тенденции в развитии графического языка немецкий инженер А. Ридлер. В своей книге «Маши-

ностроительное черчение» [71] он дает классификацию различных видов чертежей, применяемых при проектировании в машиностроении: проектирование чертежей для проектов и смет; эскизы, цель которых - возможно просто изобразить сущность предмета; рабочие (исполнительские) чертежи, цель которых - служить посредником для передачи идеи конструктора исполнителю-рабочему и, конечно, мастеру и инженеру, руководящим сборкой.

Изготовление рабочих чертежей является первой задачей конструктора. Первые же два типа чертежей разрабатывает собственно проектировщик. Чертежи для проектов и смет служат для расчета экономической части проекта и рациональной организации работы (они нужны для технической дирекции). Эскизы проекта служат основой для проведения предварительных научных расчетов и конструктивного выполнения идеи. Предварительные эскизы проекта в масштабе имеют целью наметить лишь взаимное положение и связь главных частей и поэтому должны содержать лишь то, что является существенным с этой точки зрения, при этом опускаются подробности, не относящиеся к взаимной связи частей или дальнейшее развитие которых не представляет затруднений.

Из приведенного анализа видно, что основным языком инженера является графический язык, посредством которого разрабатываются чертежи. Часто в литературе в качестве языка инженера называют непосредственно сами чертежи. Это является ошибкой. Чертежи - это визуально-образные модели объектов проектирования, а языком является визуально-образный язык, на котором описываются эти модели. Второй ошибкой, на мой взгляд, является то, что язык инженера рассматривается на уровне идей, выдвинутых еще двести лет назад Г. Монжем. Современные компьютерные технологии позволяют создавать уже трех- и четырехмерные геометрические модели, которые даже называть чертежами нельзя. Поэтому рассмотрение вопроса развития инженерной деятельности, не принимая во внимание существенных изменений, происходящих в области используемого инженером языка, просто недопустимо и может привести к ложным выводам.

Этапы развития инженерной деятельности достаточно полно раскрываются в работах Б.И. Козлова, В.Г. Горохова, И.К. Корнилова и др. [15, 25, 28, 48, 72, 77].

Инженерная деятельность является одним из элементов общей системы профессиональной деятельности, поэтому рассмотрение генезиса ее развития необходимо начинать с первых шагов формирования профессиональной деятельности, что позволит избежать ошибочных выводов.

Первым этапом в развитии профессиональной деятельности явилась трудовая деятельность первобытного человека. В этот период появились первые примитивные орудия труда и приспособления. Главной задачей в тот период было создание и добыча средств существования. Первобытный человек вынужден заниматься всеми видами деятельности в зависимости от складывающейся ситуации. Этот этап можно определить как период целостной трудовой деятельности и начало процесса дифференциации ее по профессиональной направленности.

Второй этап - это период формирования и развития профессиональной трудовой деятельности, т.е. период дифференцированного развития. Появление профессиональной направленности привело к развитию ремесленных мастерских. Ремесленники более качественно изготавливали отдельные виды продукции, разрабатывали первые технические средства, необходимые для осуществления их профессиональной деятельности. Именно в этот период появился первый вид инженерной деятельности - изобретательство.

Третий период - период интегрированного развития профессиональной деятельности. Он связан с возникновением первых мануфактур, объединивших в себе различные виды деятельности, необходимые для создания продукции. В этот период начинает использоваться техника. Для управления и регулирования мануфактурными производствами потребовались специалисты, обладающие знаниями различных видов трудовой деятельности и одновременно способные осуществлять научно-техническую деятельность. Так появились первые инженеры, отвечающие за весь производственный процесс. Именно инженер управляет подчиненными ему рабочими.

Четвертый период - период дифференцированного развития профессиональной деятельности. В этот период происходит усложнение выпускаемой продукции, на смену мануфактурам приходит сложное машинное производство. Появляются новые виды деятельности и ин-

тенсивно развиваются существовавшие ранее. Отдельные виды профессиональной деятельности сами становятся сложными и требующими специалистов нового уровня, способных охватить деятельность в целом и осуществлять ее с использованием последних достижений науки. Так появляются инженеры по отдельным направлениям профессиональной деятельности. В этот период формируются такие виды инженерной деятельности, как изобретательство, научно-исследовательская, проектно-конструкторская, технологическая, организационно-производственная.

Пятый период – период интеграционного развития профессиональной деятельности. В этот период отдельные виды инженерной деятельности в результате дифференцированного развития становятся настолько сложными, что возникает острая необходимость в осуществлении организации их взаимодействия и управления. В результате появляются инженеры более высокого уровня, которые обладают знаниями в области научно-технической, проектно-конструкторской и производственно-управленческой деятельности. Такой вид деятельности получил название системотехнической, а инженеров, обеспечивающих взаимодействие и управление различными видами инженерной деятельности, стали называть инженерами-системотехниками. Инженеры-системотехники осуществляют управление сложными производствами или даже комплексами предприятий при создании сложных технических систем.

Шестой период - период дифференциального развития профессиональной деятельности. В этот период появляется большое количество организаций социально-технического и экономического характера, взаимосвязанных с производственной сферой (сфера социальных услуг, транспорта, энергетики, экологии, экономики, эргономики, образования и т.д.), определивших новые направления (виды) профессиональной деятельности.

Седьмой период – период интеграционного развития профессиональной деятельности. В этот период новые направления социально-экономической профессиональной деятельности достигают значительных результатов. Удовлетворение материальных и духовных потребностей общества становится невозможным без учета социально-экономических факторов. Для объединения производственной и соци-

ально-экономической сфер в единую систему и управления ею потребовались специалисты еще более высокого уровня, обладающие знаниями всех этих сфер. В результате появляется новое направление в профессиональной инженерной деятельности, названное в литературе социотехническим проектированием. Так появляются инженеры нового поколения – социотехники, главной задачей которых становится «целенаправленное изменение социально-организационных структур» [17].

Из приведенного исторического анализа видно, что развитие профессиональной деятельности, инженерной в том числе, протекает по дифференциально-интеграционному закону. Периоды дифференциального и интеграционного развития профессиональной деятельности по очереди сменяют друг друга, т.е. развитие проходит по диалектической спирали (рис. 1.1.).

Такая схема развития профессиональной деятельности подтверждается и основным законом диалектики. Так, закон перехода количественных изменений в качественные подтверждается тем, что по очереди идет вначале увеличение количества направлений развития профессиональной деятельности, появляются новые технические и технологические средства, язык инженера переходит на качественно новый уровень, а затем возникает качественно новый вид профессиональной деятельности.

Второй основной закон диалектики - единство и борьба противоположностей. В качестве противоположностей в этом случае выступают дифференциальная и интеграционная формы развития профессиональной деятельности.

Третий закон - отрицание отрицания. В качестве таких категорий отрицания выступают целостность и расчлененность профессиональной деятельности. Целостность профессиональной деятельности отрицается и начинается процесс членения. Но как только процесс членения достигает определенного уровня, расчлененность начинает отрицаться стремлением к целостности, но на более высоком уровне. И так все повторяется много раз.

Рассматривая углубленное развитие отдельных видов профессиональной деятельности (период дифференцированного развития) следует отметить, что в этот период предмет профессиональной деятельно-

сти не претерпевает существенных изменений, но одновременно происходит развитие (совершенствование) языка профессиональной деятельности.

Период интеграционного развития связан с качественным изменением языка и предмета профессиональной деятельности. А это означает, что изучение законов и особенностей развития языка профессиональной деятельности является ключом к более полному пониманию развития профессиональной деятельности.

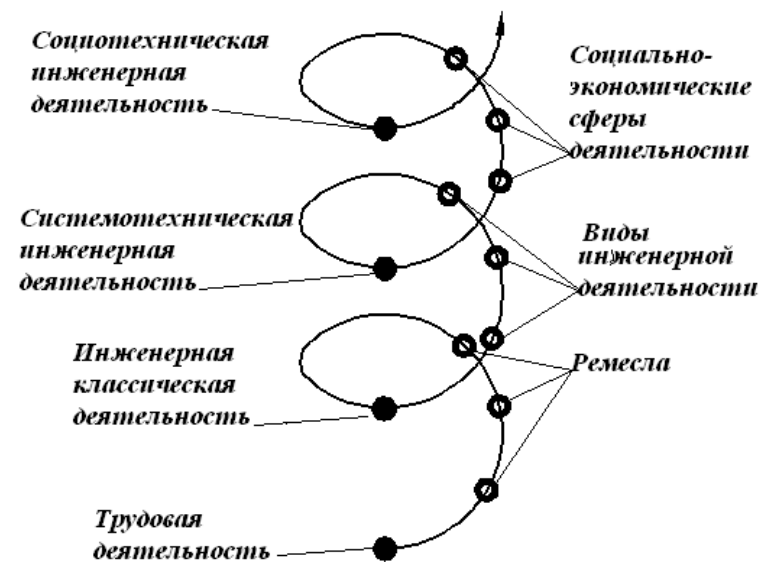


Рис. 1.1. Диалектическая модель процесса развития профессиональной деятельности

Следует также отметить, что в результате дифференциально-интеграционного развития профессиональной деятельности при переходе с одного витка на другой не только появляется качественно новый вид профессиональной инженерной деятельности, но также происходят качественные изменения и предыдущих уровней развития. Если раньше производящей силой были рабочие, стоящие у станков,

конвейеров и т.д., то для настоящего времени характерна интенсивно протекающая интеграция отдельных видов инженерной деятельности на базе компьютерных технологий. Современные инженеры могут осуществлять несколько видов деятельности, в том числе и изготовление продукции, сидя за монитором компьютера. Это стало возможным в связи с существенными достижениями в области компьютерной графики, т.е. в связи с переходом на качественно новый уровень визуально-образного геометрического языка

В процессе развития профессиональной деятельности предмет деятельности претерпевает качественные изменения, связанные с усложнением технических систем, появлением социально-экономических составляющих и т.д. Однако непосредственного влияния на процесс развития профессиональной деятельности он не оказывает.

Основу предмета деятельности составляет геометрическая модель, языком описания которой является визуально-образный геометрический язык. Таким образом, приходим к выводу, что именно от уровня развития визуально-образного геометрического языка зависит уровень развития визуально-образных моделей, а от них, в свою очередь, уровень всей профессиональной деятельности. Следовательно, можно утверждать, что уровень развития профессиональной деятельности во многом зависит от уровня развития визуально-образного геометрического языка. А так как визуально-образная модель технической системы используется на всех этапах деятельности, то можно говорить о том, что визуально-образный язык является языком интеграции отдельных видов деятельности в сложной многоуровневой производственной деятельности. А знание визуально-образного языка является непременным условием выполнения инженером своих функций и решения инженерных задач.

Особое значение визуально-образный язык приобретает в условиях формирования системно-технической и тем более социотехнической деятельности. Инженер-«системщик», только хорошо владея визуально-образным геометрическим языком, может охватить полный цикл производственной деятельности и осуществлять управление им. Инженер-«социотехник», выходя за пределы производственной деятельности и попадая в область социально-экономической деятельности, может охватить всю сложную систему деятельности только на уровне

естественного международного визуально-образного геометрического языка. А это означает, что вопросы социально-экономического характера также должны решаться с использованием визуально-образного языка, а полученные результаты должны представляться и в визуально-образной форме. Следует отметить, что сейчас происходит интенсивное внедрение визуально-образного языка на базе компьютерных технологий практически во все области человеческой деятельности.

Итак, приходим к выводу, что визуально-образный язык является базовым языком инженера. Он обеспечивает связь (синтез) отдельных видов инженерной деятельности, т.е. их интеграцию. Уровень визуально-образного языка определяет уровень развития как отдельных видов инженерной деятельности, так и инженерной деятельности в целом. Современный инженер должен хорошо владеть визуально-образным геометрическим языком, уметь его использовать при создании геометрических моделей, иметь конструктивное пространственное мышление (мыслить на визуально-образном геометрическом языке).

При осуществлении педагогического проектирования содержания подготовки специалистов в высших учебных заведениях наибольшее распространение получил деятельностный подход, опирающийся на модель деятельности специалиста. При разработке такой модели, как правило, используется системно-функциональный подход. Функции инженерной деятельности составляют целостную инженерную деятельность. В зависимости от решаемых задач они приобретают инвариантный характер. Системно-функциональный подход к построению модели инженерной деятельности позволяет системно подойти к теории содержания и методов инженерной деятельности, новым инженерным технологиям.

Выделим пять основных функций современного инженера: научно-исследовательская, проектно-конструкторская, производственно-организационная, системотехническая, социотехническая функция (рис. 1.2). Это укрупненные функции, в каждой из которых можно выделить несколько подфункций. Например, проектно-конструкторская функция включает в себя проектную, конструкторскую и изобретательскую функции, а производственно-организационная – технологическую, организационную, ремонтно-эксплуатационную функции и т.д.



Рис. 1.2. Структурно-функциональная модель инженерной деятельности

Системотехническая функция включает в себя все предыдущие функции, но базовой является проектно-организационная функция, направленная на организацию процесса производства сложных технических систем. Социотехническая функция включает в себя, кроме пере-

численных выше функций, также базовую проектную функцию, ориентированную на проектирование сложных социально-экономических систем.

Все функции инженерной деятельности связаны напрямую с разработкой и изготовлением различных систем (технических, технологических, социотехнических) на основе предварительно создаваемых моделей, основу которых составляют геометрические модели. Из чего можно заключить, что визуально-образный геометрический язык является базовым для реализации каждой в отдельности и всех вместе взятых функций инженерной деятельности. В литературе при рассмотрении всех основных функций инженерной деятельности отмечается необходимость включения в их состав умения создавать и «читать технические эскизы и чертежи в целях определения характеристик изделия» [47]. Однако этот вопрос рассматривается с позиций начертательной геометрии, идеология которой морально устарела и не соответствует современному уровню развития компьютерных технологий, применяемых в настоящее время во всех областях человеческой деятельности.

Изменение идеологии в области визуально-образного языка ведет к принципиальным изменениям функций инженерной деятельности. Наиболее полно раскрывается использование визуально-образного геометрического языка при реализации конструкторской функции. Поэтому рассмотрим более подробно задачи, решаемые инженером в данном случае, какие именно умения, связанные с использованием визуально-образного геометрического языка, ему нужны для этого.

1.2. Структурно-функциональная модель конструкторской деятельности

Проектно-конструкторская деятельность (проектирование) - процесс создания описаний нового или модернизированного технического объекта (изделия, процесса), достаточных для изготовления или реализации этого объекта в заданных условиях. Такие описания, называемые окончательными, представляют собой комплект конструкторской

и технологической документации в виде чертежей, спецификаций, пояснительных записок, правил, экспертных оценок, программ для технологических автоматов и т.п. Проектирование заключается в выполнении комплекса работ исследовательского, расчетного, конструкторского характера, имеющих целью преобразование исходного описания. Исходное описание при этом есть техническое задание, отражающее назначение и основные требования к проектируемому объекту [78].

Как видим, проектно-конструкторская деятельность направлена на реализацию единой общей задачи - на разработку модели объекта (изделия, процесса), необходимой для его изготовления, эксплуатации, ремонта и утилизации. При осуществлении проектно-конструкторской деятельности моделируются самые разные стороны объекта проектирования: геометрические, механические, технологические, экономические, экологические и т.д. Таким образом, проектно-конструкторская деятельность представляет собой многофункциональную систему, образованную в результате интеграции относительно частных деятельностей: конструкторской (геометрическое моделирование), расчетно-механической, технологической, экологической, технико-экономической и т.д. Вместе с тем проектно-конструкторская деятельность является одним из элементов (этапов) системы создания новых технических объектов.

Процесс создания новых технических систем и средств состоит из четырех этапов: проектирования, технологической подготовки производства, изготовления опытного образца, освоения серийного производства. Этап проектирования, в свою очередь, можно разбить на две стадии: поисковое проектирование и конструирование (рис. 1.3).

Поисковое проектирование осуществляется в период обоснования необходимости создания нового технического средства и научно-технических исследований. В ходе разработки обоснования важно учесть не только требования текущего момента, но и возможность в будущем изменения технологии, определяющей потребности в таких системах, а также факторы, влияющие на развитие техники в данном направлении. Недостаточное внимание к этим вопросам может привести к тому, что к моменту создания новой техники потребность в ней отпадет. Поэтому обоснование и анализ необходимости создания

технического средства проводятся с использованием методов научного прогнозирования, которое является вероятностным суждением о будущем с высоким уровнем достоверности и основано на объективной оценке возможного [67].

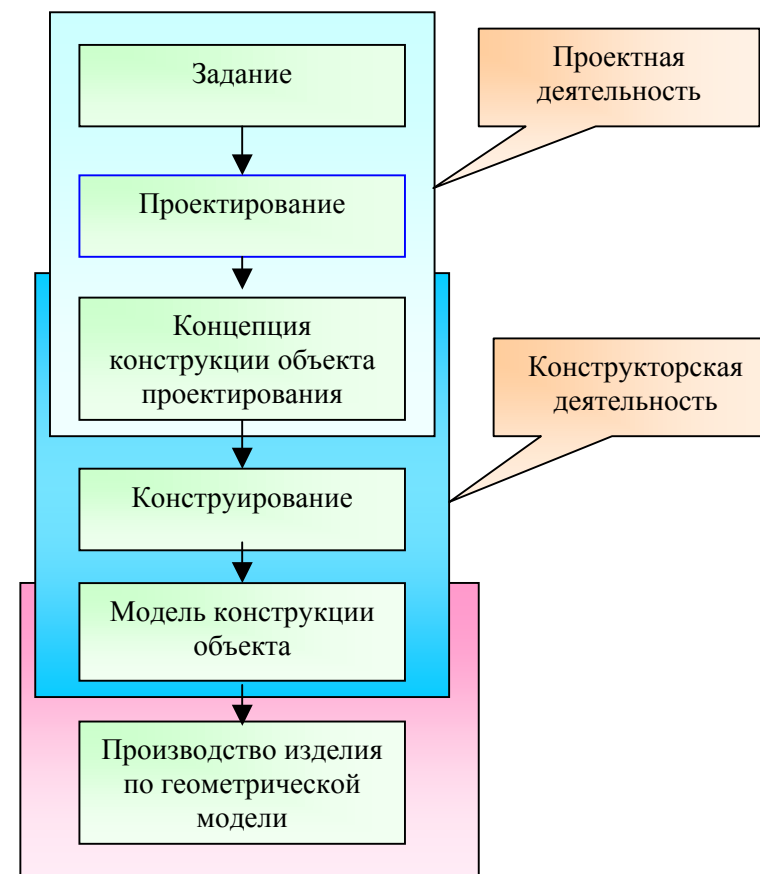


Рис. 1.3. Структура проектно-конструкторской деятельности

На второй стадии поискового проектирования проводятся научно-технические исследования тех решений, которые могут быть исполь-

зованы в конструкции нового технического средства. Перечень вопросов, подлежащих изучению на данном этапе, зависит от вида технического средства, его назначения и условий работы, от специфических особенностей эксплуатации, степени изученности и т.д. Проводятся широкие патентные исследования, анализ литературных источников, экспериментальные работы. В одних случаях исследования ведутся в направлении поиска рационального принципа действия, в других - в направлении улучшения рабочих характеристик, в-третьих, - изучаются возможности использования в конструкции создаваемого технического средства изделий или материалов, выпускаемых промышленностью, и т.д.

Главной задачей этапа поискового проектирования является обоснование необходимости в новом техническом средстве и его принципиальном виде. Данный этап выполняют проектировщики новых производств и отраслевых систем, экономисты, научные работники и изобретатели.

Материалы процесса поискового проектирования оформляют в виде технического задания на разработку проекта нового технического объекта. Техническое задание является основой для разработки конструкторской документации, поэтому его появление означает переход ко второй стадии проектирования - разработке конструкторского проекта [3].

На стадии конструирования окончательно определяется инженерно-техническое оформление проектируемого объекта. Выполняют данный этап работы конструкторы в сотрудничестве со специалистами смежных инженерных дисциплин, в первую очередь с технологами и экономистами.

Результатом конструкторского творчества и средством, с помощью которого конструктор выражает свои творческие мысли и доводит их до изготовителей технических средств, является конструкторская документация (графическая и текстовая). На ее основе возможно: изготовить техническое средство, провести его испытания, наладить серийное производство, разобраться в принципах его работы, правилах эксплуатации и обслуживания для обеспечения его надежности и долговечности.

Таким образом, особое место в проектно-конструкторской деятельности занимает конструкторская деятельность, так как именно геометрическая модель (чертежи или компьютерные визуально-образные модели) является основой для осуществления других видов деятельности инженера. Уровень компьютерных геометрических моделей определяет уровень всей системы автоматизированного проектирования. Поэтому исследование именно конструкторской деятельности позволит более полно определить направление развития и способы достижения поставленных целей, роль и место инженерного геометрического моделирования в системах автоматизированного проектирования и инженерной деятельности в целом.

Труд конструктора многогранен. Ему приходится заниматься поиском новых решений и компоновками, экспериментированием и исследованиями, контролем уже разработанных чертежей и разработкой новых, детализацией, корректированием чертежей и доводкой создаваемого изделия, согласованием заданий, проектов с заказчиком или с заводами-изготовителями изделий и т.д.

Слово «конструктор» возникло в латинском языке. Конструировать [*construere*] - значит создавать конструкцию механизмов, машин, сооружений с выполнением их проектов и расчетов. Конструктор - лицо, занимающееся созданием конструкций различных устройств или их отдельных частей. Он - специалист, знающий не только порядок, способы и методы этого создания, но и способы, и методы изготовления составных частей создаваемых конструкций и материала, из которого они изготавливаются. Для конструктора ясен как принцип взаимодействия построенных частей, так и надежность, и др. [83].

Качественные характеристики изделия во многом зависят от способностей конструкторов. Конструкторская деятельность является наиболее ответственным этапом в создании изделия, поскольку на этом этапе определяются его конструктивные формы, технические характеристики, технический уровень и эксплуатационные данные, проверяется осуществимость самой идеи изделия.

Конструктор при работе над чертежами (геометрическими моделями) изделия использует весь свой опыт, знания, интуицию, воображение, имеющиеся патенты и другие материалы, с тем чтобы созда-

ваемое по его проекту изделие было более производительным, удобным, надежным, дешевым, превосходящим все ранее созданное.

В круг деятельности конструктора вошли эргономика, техническая эстетика, системотехника, методы исследования операций. Применение совершенной техники позволяет ему более грамотно решать задачи оптимизации конструкции и одновременно оставляет много возможностей для проявления интуиции и фантазии, основанных на реальных соображениях, для интенсивного творческого поиска и использования строгих научных методов.

Особенность современного этапа конструкторской деятельности заключается в качественных изменениях ее структуры и содержания: цели труда, объекта труда, предмета труда, средств труда и даже места труда. Первой причиной таких изменений стал переход на принципиально новую идеологию геометрического моделирования - трехмерное геометрическое моделирование.

Второй причиной, повлиявшей на коренные изменения, произошедшие в конструкторской деятельности, послужили достижения в области техники. Появились компактные и одновременно очень мощные персональные компьютеры, ориентированные на обработку визуально-образной информации. Периферийные устройства компьютерных систем обеспечивают быстрый и высокого качества вывод визуально-образной информации как на твердом носителе, так и в электронной форме.

Третьей причиной стала разработка и широкое внедрение компьютерных программных продуктов в виде различных систем геометрического моделирования, позволяющих моделировать объекты любой сложности в режиме «дружественного» интерфейса.

Четвертой причиной является та роль и место, которые вновь заняло геометрическое моделирование практически во всех областях человеческой деятельности. Компьютерное геометрическое моделирование стало вновь основой интеграции знаний и умений различных областей человеческой деятельности, т.е. значительно расширяются границы использования визуально-образной информации.

Необходимо различать проектную деятельность на этапах проектирования и конструирования. Так, на этапе проектирования определяется «способ и метод действия» в отсутствие конструкции изделия.

Результаты такого проектирования ложатся в основу технического задания для осуществления конструкторской деятельности. На этапе конструирования рассчитываются, уточняются и оптимизируются геометрические параметры уже существующей конструкции изделия. Уровень конструкции изделия определяется этапом конструктивного проектирования. Отсюда следует, что инженер-конструктор должен обладать необходимыми знаниями и умениями проектировщика, ориентированными на конструкцию изделия.

Конструкторская деятельность, согласно словарю [78], представляет собой совокупность проектных процедур, направленных на получение описаний конструкций объекта, т.е. его формы, формы и взаимного расположения в пространстве элементов объекта и их связей, а также расчет значений параметров, непосредственно определяемых структурными и геометрическими свойствами.

В работе [59] И.П. Орлов дает следующее определение понятию «конструирование». Это «этап проектирования, в котором посредством изображения замысла определяется техническое изделие; результат - получение чертежей».

Конструированием создается конкретная, однозначная конструкция изделия. Конструкция - это устройство, взаимное расположение частей и элементов какого-либо предмета, машины, прибора, определяющееся его назначением. Конструкция предусматривает способ соединения, взаимодействие частей, а также материал, из которого отдельные части (элементы) должны быть изготовлены. В процессе конструирования создаются изображение и виды изделия, рассчитывается комплекс размеров с допускаемыми отклонениями, выбирается соответствующий материал, устанавливаются требования к шероховатости поверхностей, технические требования к изделию и его частям, создается техническая документация. Конструирование опирается на результаты проектирования и уточняет все инженерные решения, принятые при проектировании. Создаваемая в процессе конструирования техническая документация должна обеспечить перенос всей конструкторской информации на изготавливаемое изделие и его рациональную эксплуатацию [69].

Процесс конструкторской деятельности начинается с получения технического задания, содержащего основные параметры будущего

изделия, полученные в результате предшествующих проектных исследований. После получения задания конструктору необходимо убедиться в действительной необходимости нового проектирования, так как составитель задания может и ошибиться, принимая кажущееся за реальную необходимость нового.

В период изучения заявки или технического задания в них выявляются все данные, которые могут служить основой для конструкторской деятельности, выявляются условия, ограничивающие поиск. Необходимо изучить все, что имеется по данному вопросу в отечественной и зарубежной технике и в других областях техники, соприкасающихся с данным заданием. Помимо каталогов, технической литературы должны изучаться патентные материалы по вопросу задания и соприкасающимся вопросам. Техническое задание, являющееся фундаментом конструкторской деятельности, всегда отражает определенную техническую политику в данной области техники. Недоработанное, плохо продуманное техническое задание может привести к ошибкам проектирования, может сложиться положение, при котором разрабатываемая конструкция окажется устаревшей еще до своего рождения. Поэтому инженер-конструктор должен обладать необходимыми проектными знаниями и умениями, позволяющими правильно понять и оценить содержание технического задания.

В техническом задании и при его уточнении отражают следующее [10]:

- 1) наименование изделия и область его применения;
- 2) вид разработки, т. е. новая разработка или модернизация имеющегося изделия;
- 3) сроки выполнения задания;
- 4) состояние работы по подготовке задания, т.е. по проведению научно-исследовательских работ, экспериментальных проверок, изучению информационного и патентных материалов и т. д.;
- 5) меру ответственности конструктора;
- 6) функциональные характеристики изделия, т.е. принцип действия, область функционирования;
- 7) требования к готовому изделию (точность), к нагрузкам (частота вращения, мощность, производительность, давление, температура, хи-

мическая активность), к металлу (обрабатываемость), к рабочим средам машин, к окружающей среде и т. д.;

8) рабочие условия, т.е. влияние внешних условий, продолжительность включения, и частоту, воспринимаемые и внешние нагрузки, встройку и условия привязки и установки, сигнализацию, наличие транспортных средств, коэффициенты загрузки и использования и т.д.;

9) требования к эксплуатации - практическое использование (автоматизация, шум, помехи, техника безопасности и производственная санитария, ремонтпригодность, ремонтоспособность и т. д.);

10) экономические вопросы - стоимость, срок службы, экономичность, обслуживание, технический надзор и т. д.;

11) внешний вид;

12) производственные требования - серийность производства, переналадка, частота переналадки, требования к сборке и т.д.;

13) применение в изделии узлов других машин;

14) сравнение с ранее выпускавшимися лучшими аналогами, выявление причин появления новых требований и меры их обоснованности и т.д.;

15) правовые факторы;

16) патентный и информационный материал;

17) специальные требования и условия.

В наиболее сложном случае работа над техническим заданием происходит в четыре этапа - техническое предложение, эскизный, технический и рабочий проекты. Содержание технической документации для проектных стадий определено стандартами: техническое предложение - ГОСТ 2.118-73, эскизный проект - ГОСТ 2.119-73, технический проект - ГОСТ 2.120-73.

Техническое предложение. В объем технического предложения входят проработка материалов по прототипам и аналогам отечественного и зарубежного производства, анализ их сравнительных показателей, проработка вариантов возможных компоновок и т.д.

Цель технического предложения - определение целесообразной принципиальной схемы решения изделия, экономической и технической целесообразности проектирования изделия (разработки проекта в дальнейшем).

Задачи конструирования, решаемые при разработке технического предложения, реализуются в два этапа:

I этап - изучение: выявление конечной цели и всех требований к обработанным деталям, определение методов контроля их качества; определение ограничивающих факторов для изделия, регламентируемых техническими требованиями и условиями его использования; проверка исходных данных; изучение информации и патентных материалов; составление обзора и карты технического уровня.

II этап - разработка проекта: разработка схемы обработки и предварительное определение габаритных размеров рабочего пространства; выработка мысленных вариантов возможных решений, прочерчивание конкурентоспособных вариантов схем изделия без соблюдения масштаба, проведение технологических расчетов; анализ схем, выбор наилучших (сравнение вариантов), прочерчивание в масштабе определяющих мест изделия и проведение поверочных прочностных, экономических и других расчетов; уточнение выводов, ограничивающих факторов и конечной цели; разработка документации на стадию проектирования в соответствии с ГОСТ; разработка выводов о целесообразности создания изделия и предложений; защита представленной документации у заказчика; рассмотрение проекта и его защита на техническом совете в конструкторском бюро и т.д.

Техническое предложение содержит следующие основные конструкторские документы:

1) чертежи общих видов - изображения изделия и его вариантов, дающие представление о компоновочных и основных конструктивных исполнениях изделия, взаимодействии его механизмов и принципе работы;

2) технологические карты и таблицы - материалы, содержащие варианты процессов обработки продукта, сравнение их с базовым, характеристика которого также приводится;

3) пояснительную записку;

4) схемы (кинематические, гидравлические и т.д.), циклограммы, разные графические и прочие поясняющие материалы.

Таким образом, инженер-конструктор, начиная с первого этапа конструирования должен обладать необходимыми знаниями и умениями для осуществления инженерного геометрического моделирова-

ния технических систем. Результатом конструирования является визуально-образная геометрическая модель технической системы (чертежи, схемы, компьютерные двух-, трех-, четырехмерные геометрические модели и т.д.).

Эскизное проектирование, как и техническое предложение, представляет собой предварительное (черновое) проектирование. Цель эскизного проекта - раскрытие принципиальной конструктивной и технологической сущности изделия, процесса, выявление определяющих мест, конструктивное или технологическое обоснование принимаемого варианта.

Эскизный проект должен содержать чертежи общего вида изделия и основных определяющих его узлов, технологические карты, таблицы, маршруты обработки, схемы, пояснительную записку, схему обработки и габаритов рабочего пространства, схему встройки машины в автоматическую линию, если это автомат, решение принципиальных схем гидро-, пневмо- и электрооборудования, кинематическую схему, циклограмму и графические проработки и т. д.

Эскизный проект - это совокупность конструкторских документов, раскрывающих принимаемый вариант устройства изделия, полученных в результате решения следующих задач: проработка замечаний изготовителя и заказчика по техническому предложению; окончательное согласование конечной цели, технических условий (чертежи, заготовки и обработанные детали, и ее внешних связей и т.д.); уточнение технического задания (оформление дополнений и т. д.); проработка (в масштабе) определяющих мест для выработки и обоснования окончательного варианта (проведение расчетов, экспериментально-исследовательских работ и принятие решений по выбранному варианту); проверка на патентную чистоту и оформление заявок; разработка укрупненного увязочного чертежа, разработка чертежей на определяющие механизмы, места; разработка выводов и предложений по изделию и определяющим механизмам; защита проекта у изготовителя, заказчика с оформлением протоколов; уточнение карты уровня и обзора по сравниваемым моделям; конструктивная, технологическая, экономическая проработка принимаемого варианта и вариантов, рекомендуемых заказчиком и изготовителем.

Технический проект является основным этапом, на котором завершается стадия творческого создания проекта.

Основными задачами этого этапа являются определение конфигурации и размеров деталей, каждого узла, их взаимного расположения, перемещения и крайних положений перемещающихся частей. Принимается окончательное решение по функционально-эксплуатационным, производственно-техническим, технико-экономическим требованиям.

Цель технического проектирования - окончательное определение компоновки изделия, узлов, деталей, подведение оценочного окончательного итога по проекту.

Технический проект содержит технические решения и данные, достаточные для полного представления об устройстве и принципе работы изделия и представляет совокупность конструкторских документов, содержащих данные для разработки рабочей конструкторской документации.

Рабочий проект завершает процесс проектирования и является стадией, на которой чертежам придается удобный для производства вид. На данной стадии разрабатываются чертежи деталей, монтажные схемы, составляются эксплуатационные документы.

На стадии рабочего проекта инженер-конструктор работает, как правило, совместно с инженером-технологом. Это связано с решением вопросов технологической проработки проектируемого изделия. А это значит, что инженер-конструктор должен обладать знаниями и умениями технолога (технологическими) и при необходимости применять их самостоятельно.

К числу решаемых на этапе рабочего проекта задач следует отнести: контроль чертежей, составление технических требований, простановка размеров и допусков от технологических баз, выбор качеств точности и параметров шероховатости, выявление требований к формам деталей, указание на чертежах требований по термической, химико-термической и упрочняющей обработке и т.д.

Цель рабочего проектирования - придание чертежам (геометрическим моделям) вида, удобного для производства.

Стадия разработки рабочей конструкторской документации наиболее продолжительна и требует наибольших затрат времени и средств, поэтому важное значение приобретает рациональная организация раз-

работок и увязка всех решаемых вопросов разными исполнителями. В разработке рабочей конструкторской документации применяется множество способов и приемов рационального создания конструкций изделий. Все они объединяются по следующим основным *принципам конструирования*: наибольшая эксплуатационная производительность; наименьшая стоимость производства и эксплуатации; наименьшая материалоемкость и энергоемкость; наибольшая надежность; оптимальная унификация и стандартизация.

Наличие всех проектных стадий разработки конструкторской документации (техническое задание, техническое предложение, эскизный и технический проекты) необязательно. Они применяются в зависимости от новизны и сложности разрабатываемой конструкции и в зависимости от программы выпуска. Для простых изделий единичного производства разработка ведется обычно в одну стадию - *технорабочий проект*. В нем не выпускается проектная документация, а ограничиваются разработкой рабочих чертежей.

Конструкторская деятельность - деятельность предметная. Инженеры-конструкторы осуществляют разнообразные виды предметной деятельности: сбор и структурирование проектно-конструкторской информации с целью создания различных информационных баз; разработка и анализ новой проектно-конструкторской информации в виде геометрических моделей и текстовых документов; определение геометрических параметров объекта путем проведения различных механических и технологических расчетов и т.д. И еще появились некоторые виды деятельности, которые были ранее несвойственны инженеру-конструктору - это технологическая подготовка производства, т.е. наложение на геометрическую модель технологических параметров, необходимых для ее изготовления, а также управление изготовлением объекта непосредственно за монитором компьютера. Налицо прослеживается тенденция интеграции трех видов инженерной деятельности: конструкторской, технологической и производственной.

Предметом труда конструкторской деятельности является процесс разработки конструкции реально существующих или созданных воображением в результате мыслительной деятельности технических объектов (изделий, процессов), включающий геометрическое моделирование, осуществление различных расчетов геометрии модели и тех-

нологическую проработку. Интеграция науки, производства и образования привела к принципиальным изменениям предмета труда конструкторской деятельности: наличие электронных баз данных и электронной связи обеспечило быстрый доступ и мгновенное использование конструкторской информации и передачи ее заказчику. Но самое главное то, что при переходе на трехмерное геометрическое моделирование отпала необходимость преобразования в результате огромной мыслительной деятельности трехмерного мысленного образа в двухмерный визуальный образ и обратно. Геометрическое моделирование осуществляется теперь на естественном трехмерном визуальном языке.

Продуктивность конструкторской деятельности зависит от взаимодействия человека с компьютерной геометрической системой. Только в результате глубокого проникновения в сущность геометрических систем (осознания их идеологии), с одной стороны, и обращенности геометрических систем к человеку, т.е. их соединения (интеграции), - с другой, возможно достичь высокой производительности работы инженера-конструктора в условиях все возрастающих требований к качеству геометрических моделей, их наглядности и информативности.

Объектом труда конструкторской деятельности являются конструкции изделий, представленные в виде геометрических моделей, геометрические параметры которых определяются в результате различных исследований. Развитие современных компьютерных систем проектирования привело к качественному изменению объекта труда. На смену двумерным чертежам, выполняемым на бумаге с помощью чертежных инструментов, пришли электронные двух- и трехмерные компьютерные модели, что позволило перейти на безбумажную технологию геометрического моделирования. Результаты механических, технологических и других расчетов конструкции могут осуществляться на любом этапе конструирования и непосредственно вноситься в разрабатываемую конструкцию.

Претерпевают изменения и *средства труда*. На смену чертежным инструментам пришли современные компьютерные графические системы. Компьютер, в свою очередь, перестал быть электронным кульманом. Особенностью современного этапа является использование

компьютерных средств хранения (электронных баз данных, содержащих геометрические модели от простейших до сложных трехмерных сборочных единиц) и средств передачи геометрической информации. Расчет параметров конструкции изделия и ее оптимизация осуществляются с помощью специальных компьютерных программ, входящих непосредственно в интегрированную систему проектирования. Интерактивные средства геометрического моделирования позволяют в режиме диалога в реальном времени осуществлять моделирование и визуально контролировать его. В качестве средств создания твердых копий используются высокоскоростные цветные высококачественные принтеры и плоттеры.

Изменяется и *место труда*: современные конструкторы могут осуществлять свою деятельность, находясь дома или в другом месте, удаленном от базового центра организации. Информация, хранящаяся в базах данных, может быть получена конструктором за короткий промежуток времени, практически мгновенно, прямо за рабочим местом, независимо от того, где оно находится, дома или в офисе. На первый план выходят интегрированные компьютерные системы, позволяющие конструировать геометрические модели, осуществлять технологическую подготовку и даже осуществлять управление изготовлением объекта, одним человеком, сидящим за монитором компьютера. В результате перехода геометрического моделирования на новый уровень (с двухмерного на трехмерный) изменилась технология построения геометрических моделей, что позволило значительно упростить процесс конструирования, резко сократить время конструирования.

Конструкторская деятельность инженера, как и любая другая, включает в себя следующие *компоненты*: цель, задачи, функции, умения по реализации этих функций. Компоненты конструкторской деятельности являются элементами соответствующих систем, образующих компоненты инженерной деятельности в целом.

Целью конструкторской деятельности является разработка конструкции изделия с комплектом конструкторской документации, основой которой является геометрическая модель (чертежи или электронные компьютерные модели). Потребность в соответствующей конструкторской документации, необходимой для осуществления инженер-

ной деятельности по производству материальных ценностей, составляет главный мотив конструкторской деятельности.

Цель конструкторской деятельности достигается путем многоэтапной и цикличной деятельности, направленной на разработку геометрической модели объекта проектирования. Создаваемая визуально-образная модель должна отвечать очень многим требованиям, и в первую очередь требованиям производства. На современном этапе принципиально меняются требования к конструкторской документации на производстве. Нужны электронные трехмерные компьютерные геометрические модели, совмещающие в себе возможность непосредственного ее исследования и внесения изменений в конструкцию в автоматическом режиме, а затем и изготовления изделия на станках, управляемых компьютером.

Качественно меняется цель конструкторской деятельности - на смену двумерным геометрическим моделям (чертежам) пришли трехмерные компьютерные геометрические модели, обладающие к тому же большей наглядностью и информативностью, отличающиеся способом хранения (компьютерные базы данных) и передачи (компьютерные сети) документации (скорость, дальность и т.д.).

Из анализа конструкторской деятельности следует, что базовой функцией инженера-конструктора является функция инженерного геометрического моделирования (рис. 1.4). *Функция инженерного геометрического моделирования* направлена на решение главной цели конструкторской деятельности - разработку геометрической модели конструкции изделия (чертежей, схем, компьютерных моделей и т.д.). Для осуществления этой функции инженер-конструктор должен изучать постоянно развивающийся, особенно на современном этапе, визуально-образный (геометрический) язык, являющийся базовым языком конструктора, развивать на его основе пространственное конструктивное мышление. Инженер-конструктор должен свободно создавать, читать и использовать информацию, представленную на визуально-образном языке.

Другие функции, выделенные в процессе анализа конструкторской деятельности – проектная и технологическая, - являются вспомогательными и ориентированы на более эффективное осуществление функции инженерного геометрического моделирования.

Проектировочная функция направлена в первую очередь на обеспечение возможности использовать инженером-конструктором средств и методов проектирования для расчета геометрических и других характеристик конструкции изделия, а также для правильного и в полном объеме понимания концепции конструкции при анализе технического задания. Для осуществления этой функции инженер-конструктор должен знать основные способы и методы проектирования, уметь производить необходимые расчеты геометрических параметров, прочностные расчеты, оптимизацию и др.; осуществлять поиск научно обоснованных, технически осуществимых и экономически целесообразных инженерных решений.

Технологическая функция направлена на решение вопросов обеспечения технологической подготовки разрабатываемой конструкции для ее изготовления на производстве. Для ее осуществления инженер-конструктор должен иметь необходимые знания по технологии изготовления разрабатываемого объекта на производстве, уметь рассчитывать комплекс размеров с допускаемыми отклонениями, выбирать соответствующий материал, устанавливать требования к шероховатости поверхностей, технические требования к изделию и его частям, создавать техническую документацию.

Кроме этого, можно выделить еще несколько функций инженера-конструктора. Это *коммуникативная функция*, направленная на обеспечение связи между отдельными участниками процесса проектирования, с информационными и конструкторскими базами данных и т.д. Для осуществления данной функции инженер-конструктор должен знать и уметь использовать современные средства и методы (в первую очередь компьютерные) хранения, передачи и извлечения геометрической и иной информации; создавать и использовать компьютерные базы данных, содержащие необходимую информацию, а также другие средства электронной связи (Интернет, компьютерные сети и т.д.); уметь читать информацию, описанную на геометрическом языке.

Научно-техническая функция направлена на использование инженером-конструктором современных компьютерных технических и программных средств, обеспечивающих наивысшую производительность труда и качество проектов. Для этого инженер-конструктор должен постоянно изучать и уметь использовать последние достиже-

ния в области компьютерных технологий и обеспечивать преемственность при переходе от одних систем к другим.

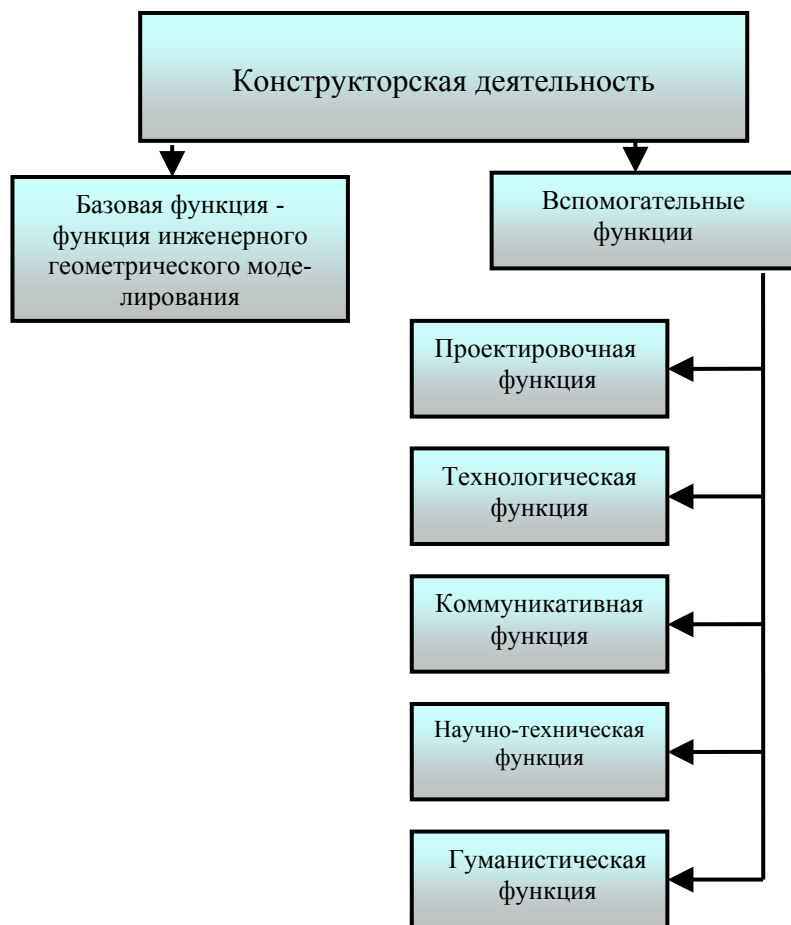


Рис. 1.4. Структурно-функциональная модель конструкторской деятельности

Гуманистическая функция инженера-конструктора приобретает на современном этапе особое значение, так как к создаваемым техниче-

ским системам предъявляются все более высокие эстетические и эргономические требования. Для успешного выполнения этой функции инженер-конструктор должен знать современные технологии технического дизайна и промышленной эргономики и уметь применять их при осуществлении геометрического моделирования.

Три последние функции также направлены на реализацию главной функции инженера конструктора – функции инженерного геометрического моделирования.

Проблемы и затруднения конструкторской деятельности связаны в первую очередь с переходом к принципиально новому уровню геометрического моделирования, вызвавшему изменение идеологии геометрического моделирования. Изменилась система взглядов и идей, определяющих положение в этой области инженерной деятельности.

Изменился язык геометрического моделирования, а значит, изменилось мышление. Преобладать стало мышление на уровне трехмерных геометрических визуальных образов, в отличие от двухмерных геометрических визуальных образов предыдущей идеологии. Основная задача сейчас научить инженера новому языку и мышлению на нем, т.е. переучить, а это очень сложно: мышление человека инертно и требует времени. Даже специалисты, перешедшие на трехмерное геометрическое моделирование, продолжительное время, строя трехмерные геометрические модели, продолжают мыслить и решать задачи конструирования, используя методологию двухмерного геометрического моделирования (начертательной геометрии).

Все остальные современные затруднения в области конструкторской деятельности вытекают или непосредственно связаны с только что обозначенной проблемой. Это изменение технологии построения геометрических моделей, быстрое совершенствование и смена компьютерных систем геометрического моделирования, совершенствование компьютерной техники, бурное развитие средств передачи и хранения геометрической и другой информации и т.д. Все это очень важные моменты, требующие постоянной самоподготовки и совершенствования, но без осознания новой идеологии геометрического моделирования это невозможно.

Кроме обозначенных выше проблем, можно выделить проблемы, связанные с уровнем вузовской конструкторской подготовки инжене-

ра; с научной квалификацией в области конструкторской деятельности; с личностными качествами инженера-конструктора.

Таким образом, основной причиной, сдерживающей развитие конструкторской и инженерной деятельности в целом в условиях перехода к принципиально новому уровню геометрического моделирования, является отсутствие современной концепции развития геометрического моделирования, отражающей основные законы, механизмы и направление его развития. Именно отсутствие концепции развития не позволяет осознать суть происходящих изменений и спроектировать содержание геометрической подготовки инженеров в высших технических заведениях, отвечающее уровню развития науки, техники и требованиям производства. А это, в свою очередь, не позволяет осуществить подготовку и переподготовку кадров, способных в короткие сроки успешно осуществить переход на новый уровень геометрического моделирования. Поэтому сейчас первоочередной задачей для решения обозначенных проблем является разработка концепции развития геометрического моделирования и осуществление на ее основе педагогического проектирования структуры и содержания геометрической подготовки инженеров нового поколения.

1.3. Диалектическая модель геометрического моделирования

Как известно, «функция науки - создание объективной модели всего сущего. Познание сущности явления есть процесс моделирования этих явлений с помощью предугаданной схемы. Познать - это, по существу, перевод накопленной информации на привычный нам язык» [45]. Познавательный процесс заключается в разработке модели объекта или процесса для последующего его изучения по ней.

Особое место в области научного познания занимает геометрическое моделирование. Термины «геометрическое моделирование» и «геометрическая модель» впервые были предложены и вошли во всеобщее употребление в 1964 году, в том числе и за рубежом [8, 55]. Однако в отечественной учебной и специальной литературе до сих пор, как правило, используются термины «начертательная геометрия», «проекция», «проекционная модель», «графическая модель».

Некоторые авторы [55] под геометрическим моделированием подразумевают, «во-первых, переход от реального объекта к его геометрическому описанию (представлению), во-вторых, последующее проекционное моделирование, имеющее целью обеспечить передачу информации, облегчить наблюдение, анализ, расчет, познание изучаемого объекта. При этом понятия «объект», «проекционное моделирование» и «модель» трактуются весьма свободно, в очень широком смысле и конкретизируются по мере надобности в соответствии с условиями поставленной задачи. Геометрия и геометрические аналоги играют роль вспомогательного инструмента, который оказывается полезным или необходимым в самых различных ситуациях, начиная от мелких профессиональных задач и кончая проблемами экологии, управления производством, общей жизненной стратегией».

В одном из справочников геометрическое моделирование определяется как «совокупность операций и процедур, включающих формирование геометрической модели объекта и ее преобразования с целью получения желаемого изображения объекта и определения его геометрических свойств» [78].

Под геометрическим моделированием понимают также «создание моделей геометрических объектов, содержащих информацию о геометрии изделия - функциональную и вспомогательную. Информация о геометрических характеристиках геометрического объекта используется не только для получения графического изображения - двухмерной геометрической модели, но и для расчета различных характеристик объекта и технологических параметров его изготовления» [73].

Из приведенных выше определений геометрического моделирования не видно, какой именно язык используется для описания геометрической модели. Ведь геометрическая модель может быть описана и на других научных языках, например на языке математики. Неоднозначное определение геометрического моделирования породило разночтение среди ученых в понимании данной области знания. Так, относительно новое научное направление, занимающееся вопросами математического моделирования геометрических моделей и технологией их визуализации, называется тоже геометрическим моделированием. Но моделирование должно называться по используемому предметно-

му языку. В таком случае это направление должно называться математико-геометрическим моделированием.

Еще одним очень важным моментом является то, что до сих пор начертательная геометрия (и геометрия вообще) рассматривается как раздел математики, а не самостоятельная область знания. Из чего должно было бы следовать, что визуально-образный геометрический язык – язык математики, язык содержательной науки, является разделом формального языка. В результате такого подхода возникли проблемы с определением предмета и самой математики. Так, Леднев [44], говоря о предмете математики, утверждает, что «единых позиций определить все исходные аксиомы математики, предметы отдельных математических дисциплин пока не удалось. Например, нет концепции предмета математики, позволяющей с единых позиций определить предмет геометрии и теории чисел и т.д.». И это неудивительно, так как математика – наука о «логически возможных, чистых (т.е. отвлеченных от содержания) формах, или, что то же, о системах отношений, частей целого, а отношения в математике всегда фигурируют как система отношений между какими-либо абстрактными объектами» [86]. Математика является формальной областью знания, в то время как другие отрасли знания, в том числе геометрия в чистом виде, а также смежные науки, возникшие на ее основе, можно охарактеризовать как содержательные. Что еще раз подтверждает, что геометрия – это не раздел математики, а самостоятельная научная отрасль, истоки которой лежат на более раннем этапе развития человеческого общества, чем математики, как, впрочем, и других научных отраслей.

Геометрия имеет свой предмет изучения (пространственные формы, их взаимодействие и соотношение) и предметный язык. Геометрия (и геометрическое моделирование) является содержательной областью знания, в отличие от математики, предметом изучения которой – числа, их соотношения и доли [4, 96]. Как видим, геометрия и математика – это самостоятельные области знания, имеющие каждая свой предмет изучения и предметный язык.

На основании приведенного анализа под геометрическим моделированием будем понимать системообразующий раздел геометрии, изучающий пространственные формы, их взаимодействие, соотношение и технологию создания геометрических моделей, позволяющих осуще-

ствлять исследование и изготовление объекта моделирования. Предметным языком геометрического моделирования является визуально-образный (геометрический) язык.

В начертательной геометрии используются термины «графическая модель», «проекционная модель», «проекция», «изображение на плоскости», т.е. имеется в виду лишь двухмерная геометрическая модель. Но поскольку современные компьютерные системы способны создавать в настоящее время трех- и четырехмерные геометрические модели, то такое определение устарело и не соответствует положению дел в этой области знания. Понятие «модель» не должно включать в себя ограничения ее размерности. Наиболее правильным было бы использовать термины «геометрическая модель» и «визуальный образ» или «визуально-образная геометрическая модель».

Проанализируем термин «визуально-образная модель». Слово «визуальный» (от лат. visualis – зримый) означает видимый [5]. «Образ» – это «результат и идеальная форма отражения предметов и явлений материального мира в сознании человека» [6]. При этом процесс отражения материального мира в сознании человека осуществляется, как известно, посредством всех его органов чувств. Результатом такого отражения является мысленный образ, возникающий в сознании человека. Мысленный образ трехмерный и формируется большей частью за счет информации, поступающей через органы зрения. В формировании мысленного образа участвуют и другие органы чувств, дополняя его иными составляющими.

Таким образом, мысленный образ, в основе которого лежит трехмерная визуальная информация, – основная форма существования информации в сознании человека. Кроме того, мысленный образ выступает моделью объектов, реально существующих или создаваемых в результате мыслительной деятельности.

С появлением человеческого общества возникает необходимость в передаче информации от одного человека другому, т.е. в передаче того мысленного образа, который сформировался в его сознании. В результате возникла обратная задача: создать модель мысленного образа, при отражении которого в сознании другого человека возникал бы точно такой же мысленный образ или близкий к нему.

Но поскольку основу мысленного образа составляет визуальная информация, то наиболее подходящей формой ее представления стала визуальная модель. Так как мысленный образ - это уже модель, то визуально-образная модель - это модель модели.

Геометрическая модель - это тоже визуальный образ, но имеющий точно определенные (заданные) размеры (параметры), формы, пропорции, которые могут быть в любой момент определены и использованы для исследования или изготовления объекта моделирования. Вспомним, что геометрия в переводе с греческого означает «измерение земли». Таким образом, геометрическая модель является частным случаем визуально-образной модели, так же как геометрическое моделирование является одним из направлений развития визуально-образного моделирования.

Первыми визуально-образными моделями, дошедшими до нас, были наскальные рисунки древних людей. Они позволяли создавать, хранить и передавать накопленную информацию от одного поколения другому.

Таким образом, первым шагом к созданию геометрической модели был двухмерный рисунок, построенный без точного соблюдения размеров объекта проектирования, что не позволяло точно воссоздавать по нему сам объект.

С развитием общества и появлением острой необходимости в планировании и измерении земельных участков появляется наука, получившая название «геометрия». Ее формированию предшествовали многочисленные открытия ученых разных стран, разделенных во времени. Так, в этот период времени появились бумага как носитель информации, система измерения, чертежные инструменты, методы масштабирования, методы проецирования и т.д. Эти и ряд других открытий позволили создавать точные геометрические модели двухмерных объектов. По таким моделям стало возможным воссоздавать сами объекты проектирования.

Таким образом, наступил второй этап в развитии геометрического моделирования - этап двухмерного геометрического моделирования двухмерных объектов, ставшего системообразующим разделом геометрии и не имеющего на тот период самостоятельного названия.

В период промышленной революции возникает острая необходимость в разработке и изготовлении сложных трехмерных технических изделий. А для этого нужны геометрические модели трехмерных объектов. Такую задачу, опираясь на открытия предыдущих поколений (трехмерная система координат Декарта, методы проецирования и т.д.), удалось решить Гаспару Монжу, открывшему новую эпоху в истории развития геометрического моделирования. Г. Монж предложил общий метод решения стереометрических задач геометрическими построениями на плоскости, фактически создав тем самым, как казалось тогда, «новую науку», получившую название «Начертательная геометрия».

С появления фундаментального труда Г. Монжа прошло чуть более 200 лет. Именно начертательная геометрия была тем связующим звеном между наукой и производством, которое обеспечило возникновение научной, а затем технической революций, переросших в начале двадцатого века в научно-техническую революцию. В XX в. одна за другой прокатывались очередные волны научно-технической революции, опираясь на достижения, полученные в начертательной геометрии, пока не наступило время компьютерных технологий и интенсивной интеграции науки, производства и образования. С этого момента геометрические модели, создаваемые методами начертательной геометрии, перестали отвечать требованиям современного уровня развития науки, техники и производства. На передний план вышли компьютерные геометрические модели нового уровня, создаваемые средствами и методами компьютерной графики.

Компьютерная графика по определению Международной организации по стандартизации - «это совокупность методов и средств для преобразования данных в графическую форму представления с помощью компьютера». Кроме того, «компьютерная графика становится наиболее гибким и мощным средством взаимодействия между человеком и компьютером» [68, 100], т.е. компьютерная графика – это своего рода инструмент создания визуально-образных моделей и самое совершенное средство диалога между человеком и компьютером на основе (подчеркну особо) визуально-образной информации, т.е. визуально-образного языка.

Компьютерная графика начинает внедряться практически во все области человеческой деятельности. Сбываются пророческие слова профессора Ликлайдера, сказавшего еще в шестидесятых годах, что "возможности компьютерной графики грандиозны, ограничения зависят только от нашей фантазии ..." [89].

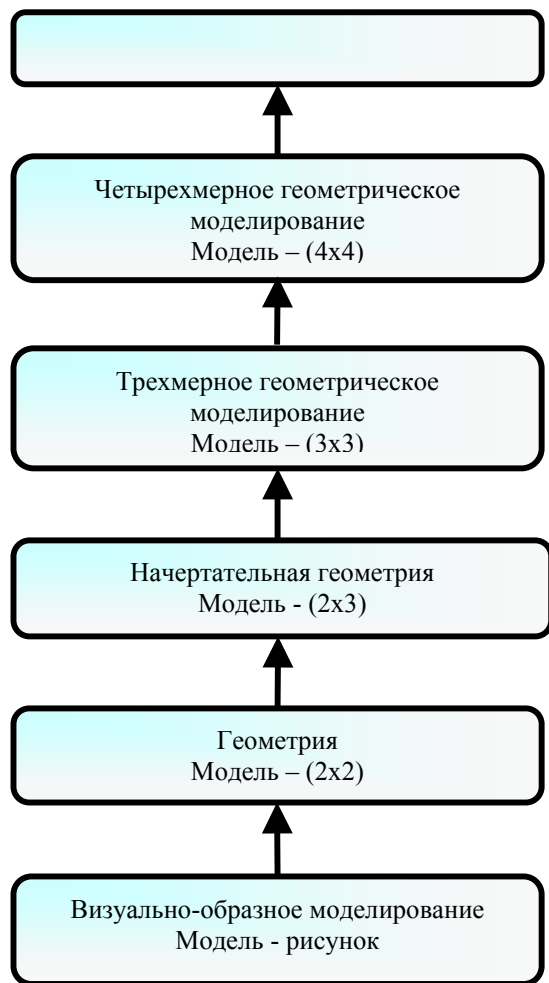


Рис. 1.5. Этапы развития геометрического моделирования

Появляются интегрированные геометрические компьютерные системы, ориентированные на разработку трех- и четырехмерных геометрических моделей очень сложных объектов проектирования. Примером такой системы могут служить системы фирмы Би Питрон Cimatron, Unigraphics фирмы EDS [94] и др., содержащие три интегрированных модуля, обеспечивающих геометрическое моделирование, технологическую подготовку производства и управление процессом изготовления проектируемого изделия.

Таким образом, геометрическое моделирование прошло в своем развитии четыре этапа, причем на каждом из них оно имело свое название (геометрия, начертательная геометрия, и уже предлагается дать название нового уровня - компьютерная геометрия). Это вызвано в первую очередь тем, что каждый из уровней рассматривался в отрыве от предыдущих, как новая наука. Наступил четвертый этап в развитии геометрического моделирования - трехмерное компьютерное геометрическое моделирование трехмерных объектов (рис. 1.5).

На каждом из этапов развития предметом изучения были пространственные формы, их взаимодействие и отношение. Предметным языком на всех этапах развития был визуально-образный (геометрический) язык. Таким образом, мы можем утверждать, что это этапы развития одной и той же научной области - геометрического моделирования.

Однако исторический анализ развития геометрического моделирования не позволяет раскрыть его основные законы, механизмы и источник развития. Для их определения необходимы исследования на теоретико-философском уровне.

Для разработки диалектической модели геометрического моделирования воспользуемся результатами, полученными при историко-логическом исследовании геометрического моделирования.

На первом этапе развития человеческого общества возникла первая и на тот период единственная область знания - визуально-образное моделирование. Визуально-образная модель представляла в тот период изображение (рисунок), выполненное на твердом носителе (земле, дереве, камне и т.д.). Уровень исполнения этих рисунков соответствовал социально-экономическому положению общества. Но по мере развития земледелия, ремесел и т.д., потребовались новые визуально-

образные модели, позволяющие точно по размерам отображать создаваемые объекты, а затем по ним точно воссоздавать (изготавливать) сами объекты. В результате появляется множество новых научных знаний, ориентированных на решение этой проблемы, а также системы измерения и измерительные инструменты, двухмерная система координат, новый носитель визуально-образной модели - бумага, правила масштабирования и т.д. Как видим, начинает интенсивно протекать вначале первый этап цикла познания (процесс дифференциального познания), появляются новые самостоятельные области знания. Вслед за первым этапом идет этап интеграционного познания. В результате интеграции существовавших ранее методов построения рисунков и множества вновь полученных знаний разрабатываются новые методы построения изображений на плоской поверхности. Такие изображения имеют две координаты, т.е. это двухмерные визуально-образные модели. Объектами моделирования являются также двухмерные объекты, т.е. это двухмерное геометрическое моделирование двухмерных объектов.

Переход одного явления в другое есть взаимодействие количественных и качественных изменений, проходящих через ряд промежуточных фаз. Со стороны количественных изменений этот период выступает во времени как нечто постепенное, а со стороны качественных изменений - как скачок. Начало скачка от одного явления в другое характеризуется началом коренного преобразования всей системы связей между элементами целого, самой природы элементов. Завершение скачка означает образование единства качественно новых элементов и иной структуры целого. На первом этапе развития, как было отмечено, в результате дифференцированного познания появляется множество новых знаний (временной этап), а затем на втором этапе (интеграционное познание) появляется новое целостное знание (скачок). Это хорошо видно из сравнения старой и новой геометрических моделей.

Во-первых, новая модель строится точно по размерам, что позволило ее называть геометрической моделью, т.е. модель стала мерительной.

Во-вторых, новая визуально-образная модель позволяет изготовить или воссоздать сам объект по ее теперь уже геометрической модели, т.е. визуально-образная модель стала обратной.

Другими словами, в результате интеграции отдельных знаний возникает качественно новая конструкция единого знания, что полностью отвечает закону перехода количественных изменений в качественные.

Закон отрицания отрицания, выражающий развитие в его направлении, форме и результате, подтверждается тем, что первоначально целостное знание (визуально-образное моделирование) порождает множество новых научных знаний (отрицание), а затем интеграция новых знаний вновь приводит к целостному знанию (отрицание отрицания), но на более высоком уровне. Как мы только что убедились, новая визуально-образная модель имеет качественно новый уровень по сравнению с предыдущим, тем самым завершая цикл ступени спиралеобразного развития.

Известно, что источником развития любого познавательного процесса является единство и борьба противоположностей. В качестве противоположностей в познавательном процессе принято считать альтернативные пути познания. Такими альтернативными путями познания, на мой взгляд, являются дифференциальный и интеграционный подходы в познании материального мира. Дифференциальный подход заключается в разработке «дифференциальных» языков и на их основе в углубленном познании отдельных сторон материального мира. Интеграционный подход означает познание материального мира путем получения новых знаний в результате интеграции знаний, полученных ранее на основе различных дифференциальных языков, т.е. синтеза отдельных знаний в единое целостное знание и описания его на едином языке – языке «интеграции». Дифференциальный и интеграционные этапы познания, сменяя друг друга, определяют источник развития познавательного процесса.

На первом этапе сформировались и выделились три самостоятельных направления в визуально-образном моделировании: каллиграфия, давшая в дальнейшем алфавит и письменность, художественное визуально-образное моделирование (живопись, скульптура, дизайн, реклама и т.д.) и геометрическое моделирование (моделирование, ориентированное на изготовление и (или) исследование по модели самого объекта). В своем анализе остановимся лишь на развитии геометрического моделирования. Двухмерное геометрическое моделирование двухмерных объектов стало первым этапом развития геометрического модели-

рования. Эта область знания стала называться геометрией, что было связано с тем, что основными решаемыми ею задачами было планирование и измерение земельных участков.

Общество достигло в своем развитии новых вершин, начала развиваться промышленность, возникла острая необходимость в разработке и изготовлении достаточно сложных, уже трехмерных объектов.

К этому времени отмечались интенсивные попытки исследования трехмерных объектов. Попытки разработать достаточно эффективные методы визуально-образного моделирования трехмерных объектов не давали ощутимых результатов. Поэтому был сделан крен в сторону использования абстрактных математических методов с использованием визуальных изображений (рисунков). Так, визуально-образное моделирование послужило основой для интенсивного развития такой области знания, как математика. При изучении и исследовании трехмерных объектов все чаще стали использоваться методы математики. Математические модели позволяли решить много сложных и необходимых задач, но они не решали главной задачи геометрического моделирования - создания визуально-образной модели посредством естественного визуально-образного геометрического языка. Такое положение дел стало на определенном этапе развития сдерживать развитие научной и производственной областей.

В этот период (дифференцированного познания) разрабатываются и совершенствуются методы построения изображений (методы проецирования), появляется трехмерная система координат Декарта и т.д. Вслед за этапом дифференцированного познания наступает этап интеграционного познания, результатом которого является работа французского ученого Г. Монжа, который, обобщив все достигнутые ранее достижения в этой области, разработал новые методы геометрического моделирования, позволившие создавать двухмерные геометрические модели трехмерных объектов. Таким образом, наступил второй этап в развитии геометрического моделирования, который завершил второй виток диалектической спирали, названный автором начертательной геометрией.

Геометрические модели (чертежи), создаваемые методами начертательной геометрии, качественно отличаются от моделей предыдущего этапа развития. Эти модели позволяют воссоздать в сознании чело-

века трехмерную мысленную модель объекта, а также по ней исследовать геометрические характеристики самого объекта и изготовить его. Несмотря на значительные трудности, связанные с несоответствием размерности модели и объекта моделирования, появление этой области знания вызвало бурное развитие науки и производства, переток информации из одной области человеческой деятельности в другую.

Второй этап (второй цикл) развития геометрического моделирования является вторым витком в спиралеобразном развитии этой области знания, что еще раз подтверждает форму и направление ее развития в соответствии основным законом диалектики - законом отрицания отрицания. Аналогично приведенному выше анализу можно показать соответствие модели развития и другим основным законам диалектики.

В конце двадцатого века двухмерные геометрические модели перестали соответствовать требованиям компьютерных технологий, широко используемых в науке и технике. Геометрическое моделирование стало основным сдерживающим фактором реализации научных разработок в промышленности. В этот период дифференцированного познания возникает много новых самостоятельных научных знаний: аналитическая геометрия, вычислительная геометрия, дифференциальная геометрия, появляются и совершенствуются компьютеры, бурно развиваются программные средства и т.д. Интеграция новых знаний и начертательной геометрии (период интеграционного познания) послужила толчком к разработке методов трехмерного геометрического моделирования трехмерных объектов.

Вновь переход на новый уровень моделирования привел, как и ранее, к качественным изменениям геометрической модели. Во-первых, модель стала трехмерной, и ее размерность совпала с размерностью объекта моделирования. Она стала естественной, более наглядной и информативной. Во-вторых, трехмерная геометрическая модель позволяет получить и исследовать не только геометрические параметры объекта, но другие, например механические. В-третьих, на смену геометрической модели на бумаге пришла электронная модель.

Таким образом, наступил третий виток в спирали развития геометрического моделирования. В настоящее время бурно совершенствуется и развивается этот метод геометрического моделирования. В философии считается доказанным то, что развитие осуществляется по диа-

лектической спирали, если в соответствии с основными законами диалектики выявлены и показаны один полный виток и хотя бы часть второго. В нашем случае выявлены и показаны четыре витка. Представленная концепция процесса развития геометрического моделирования полностью подтверждается и историко-логическими исследованиями процесса развития геометрического моделирования, представленными выше, т.е. практикой (рис. 1.6.).

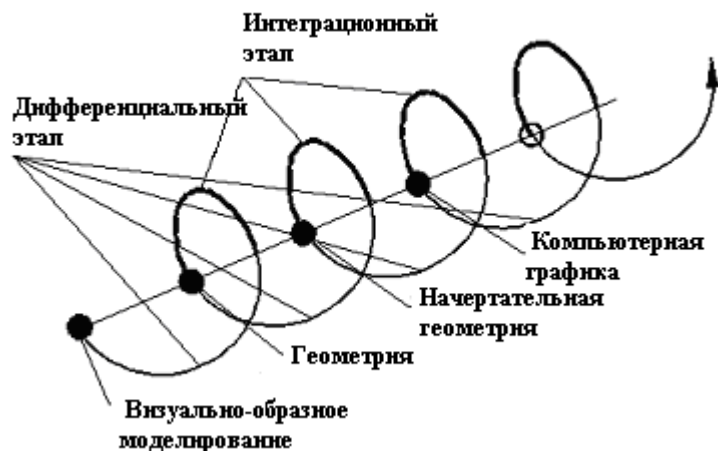


Рис. 1.6. Диалектическая модель процесса развития геометрического моделирования

Раскрыв основные законы и закономерности развития геометрического моделирования, нетрудно предположить, что следующий виток спирали - это четырехмерное геометрическое моделирование четырехмерных объектов.

Проведенные исследования раскрывают источники развития геометрического моделирования, направление и результат процесса познания, а также общий механизм его развития. Необходимо проследить изменение геометрической модели не только со стороны ее свойств, но и со стороны ее внутреннего содержания.

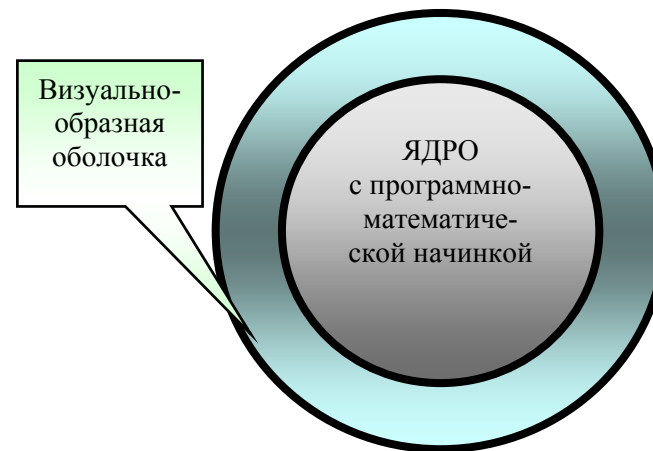


Рис. 1.7. Структура геометрической модели

С появлением компьютерных технологий перевод знания с одного языка на другой значительно упростился. Однако настоящим прорывом явилось использование интерактивной трехмерной компьютерной графики, позволившей «переводить» модель объекта на трехмерный визуально-образный язык, приближаясь наглядностью к оригиналу. Такая модель имеет программно-математическую начинку (ядро) и визуально-образную оболочку (рис. 1.7). Налицо интеграция математической и визуально-образной моделей. Интерактивные возможности компьютерных систем позволили обеспечить диалог между человеком и компьютером на визуально-образном уровне. Теперь человек может обращаться к модели, вносить в нее изменения, извлекать информацию на визуально-образном уровне и видеть (получать) результат обращения тоже в визуально-образной форме. Из измененной модели можно извлекать не только геометрические параметры, но и другие, например массовые характеристики объекта. Такие модели позволяют непосредственно осуществлять различные механические и технологические расчеты. Таким образом, эти модели все более и более начинают обладать свойствами и физических моделей, что также подтверждает то, что современная компьютерная визуально-образная модель интегрирует в себе различные типы моделей.

Следовательно, «начинка» современной компьютерной геометрической модели может быть описана на дифференциальных языках отдельных областей знания, а затем их содержание переведено на язык компьютерных технологий и визуализировано, т.е. модель получает визуальную оболочку. Одновременно визуально-образная оболочка становится тем посредником, который обеспечивает диалог человека с этой моделью, т.е. процесс ее исследования осуществляется на уровне визуально-образной информации. Таким образом, происходит интеграция знаний, описывающих различные стороны объекта исследования, в единое целостное знание, описываемое на едином визуально-образном языке.

Итак, определившись со структурой, содержанием, законами и перспективами развития и названием научной области – геометрическое моделирование, можно рассматривать второй этап познания - образовательное познание.

ГЛАВА 2 ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРА

2.1. Геометрическое моделирование как интеграционная основа подготовки инженера

Глубокие социальные перемены, происходящие в нашей стране, а также образовавшийся в высшей школе по целому ряду направлений существенный разрыв между глобальными потребностями общества и результатами образования: между объективными требованиями времени и общим недостаточным уровнем образованности; между профессиональной ориентацией и потребностью личности в гармоническом удовлетворении разнообразных познавательных интересов; между современными методологическими подходами к развитым наукам и архаическим стилем их преподавания, потребовали безотлагательного реформирования системы образования [82].

Обеспечение восприятия современной научной картины мира, по мнению В.Г. Кинелева, «требует инноваций в самом главном - в содержании образования и его структуре. В образовательном процессе должны прежде всего фигурировать такие научные знания, средства обучения, образовательные технологии и методики, дисциплины и курсы, которые способны отражать фундаментальные моменты двуединого процесса интеграции и дифференциации в науке» [24].

Новая образовательная парадигма в нашей стране в качестве приоритета высшего образования стала рассматривать ориентацию на интересы личности, адекватные современным тенденциям общественно-го развития, и решать следующие задачи:

- гармонизировать отношения человека с природой через освоение современной научной картины мира;
- стимулировать интеллектуальное развитие и обогащение мышления через освоение современных методов научного познания;
- добиться его успешной социализации через погружение в существующую культурную, в том числе техногенную и компьютеризованную, среду;

- научить человека жить в ее потоке;
- создать предпосылки и условия для непрерывного самообразования;
- создать условия для приобретения широкого базового образования, позволяющего достаточно быстро переключаться на смежные области профессиональной деятельности.

Решение поставленных задач предлагается осуществлять путем создания фундаментальных учебных курсов, ориентированных на формирование общей культуры и на развитие мышления, вплоть до образования на их основе единых циклов. Новая образовательная парадигма ориентируется на становление компетентности, эрудиции, творческих начал и культуры личности, в отличие от прежней, ставящей во главу угла знания, умения, навыки и воспитание. Субъект обучения в системе образования начинает занимать активную позицию, на смену «обучаемому» приходит «учащийся» [82].

Ключевыми понятиями новой парадигмы образования являются фундаментальность, целостность и ориентация на развитие личности.

Важнейшим компонентом новой образовательной парадигмы является концепция фундаментализации, которая трактует фундаментальность как категорию качества образования и образованности личности. Фундаментализация образования является ведущей проблемой в общей проблеме качества содержания образования и в проблеме качества содержания высшего образования в частности.

В соответствии с предлагаемой концепцией образование может считаться фундаментальным, если оно представляет собой процесс нелинейного взаимодействия человека с интеллектуальной средой, при котором личность воспринимает ее для обогащения собственного внутреннего мира и благодаря этому созревает для умножения потенциала самой среды. Задача фундаментального образования - обеспечить оптимальные условия для развития гибкого, многогранного научного мышления, различных способов восприятия действительности, создать внутреннюю потребность в саморазвитии на протяжении всей жизни человека.

В качестве основы фундаментализации провозглашается создание такой системы и структуры образования, приоритетом которых являются не прагматические, узкоспециализированные знания, а методоло-

гически важные, долго живущие инвариантные знания, способствующие целостному восприятию научной картины окружающего мира, интеллектуальному расцвету личности и ее адаптации в быстро изменяющихся социально-экономических и технологических условиях.

По мнению В.В. Кондратьева [30-32], в условиях технологического университета концепция фундаментализации профессионального образования включает в себя:

- формирование ядра системы инвариантных методологически важных знаний личности, обеспечивающего потенциал ее профессиональной адаптивности как сущность процесса фундаментализации;
- непрерывную математическую подготовку как средство фундаментализации инженерных дисциплин, формирующее системные подходы и язык междисциплинарного общения;
- направленность процесса на усиление фундаментальных, инвариантных составляющих инженерных дисциплин с целью подготовки специалиста, способного быстро осваивать и при необходимости создавать новые наукоемкие и культуроемкие технологии;
- отражение диалектики процесса взаимосвязи фундаментализации и качества подготовки специалиста как ее конечного результата на основе реализации во взаимодействии методологических принципов научности, системности, целостности и преемственности.

Формирование готовности студентов к будущей профессиональной деятельности моделируется через математическую готовность, реализуемую на общеразвивающем, ориентировочно-профессиональном и общепрофессиональном этапах процесса обучения. При этом одним из ведущих критериев в формировании структуры любой инженерной дисциплины, по мнению В.В. Кондратьева, является вид математической модели объекта, процесса или явления. В качестве методологии построения структуры дисциплины предлагается объектно-ориентированная методология. Взаимосвязи между объектами, характеризующимися совокупностью свойств и допустимых действий, строятся на двух основных принципах: наследования и полиморфизма.

А.Д. Гладун, анализируя естественнонаучное образование, приходит к выводу, что раньше роль фундаментальной системообразующей дисциплины выполняла начертательная геометрия, но сейчас ее воз-

возможности, по его мнению, исчерпаны, и эта роль принадлежит математике, физике, химии, биологии и экологии [11].

Принцип фундаментализации инженерного образования, считает С.И. Осипова, состоит «в выделении в содержании образования общего ядра естественнонаучных дисциплин как единого комплекса наук, создающих базис инженерной культуры» [60]. А использование «системного подхода как методологической основы конструирования содержания фундаментального образования позволило сформулировать принципы эффективного функционирования системы обучения: ориентация на конечные цели подготовки специалистов в вузе; программно-целевой подход к организации учебного процесса, построение процесса обучения как целевой программы; совместимость системы обучения с требованиями ускорения социально-экономического развития общества».

Ж. Чебышев, В. Каган видят фундаментализацию образования в междисциплинарной педагогической интеграции на основе реализации объяснительной, конструктивной, проектировочной и прогностической функций дисциплин, участвующих в решении проблемы (задачи); в преобразовании их «аппарата» в интегральное методологическое, теоретическое и технологическое средство. Важнейшей функцией всех учебных дисциплин, по их мнению, становится интегральная [92].

Все авторы видят в качестве важнейшей компоненты фундаментального образования его целостность, достижение которой предполагается путем интеграции в единые циклы дисциплин, связанных общей целевой функцией и междисциплинарными связями.

А. Суханов [82], выделяя три уровня целостности фундаментального образования, предлагает решать этот вопрос поэтапно. Первый, или высший, уровень - это целостность всего фундаментального образования, как ядро, и конечная цель новой образовательной парадигмы. Этот уровень, по его мнению, может быть достигнут в ходе длительной эволюции существующей системы образования, развития взаимодействия естественных, технических и гуманитарных наук, воссоздания идеала целостной культуры. Этот уровень целостности полностью согласуется с современными концепциями развития научного познания, видящими в качестве его конечной цели создание единой целост-

ной науки, что вытекает из утверждения: если мир един, то и наука, изучающая его, должна быть едина [93].

Вместе с тем необходимо отметить, что становление целостности всего образования невозможно без решения более узких задач обеспечения целостности на втором (разработка целостных циклов дисциплин) и третьем (целостность каждой дисциплины, входящей в такие циклы) уровнях. Аналогичные вопросы достаточно полно разработаны философами при решении вопросов целостности отдельных наук и научных знаний. В основу таких исследований положены результаты, полученные при изучении дифференциально-интеграционных тенденций (закономерностей) развития научного познания. А процессы, происходящие в системе образования, являются прямым отражением процессов, происходящих в науке, что лишнее раз подтверждает правильность выбранного пути.

Второй уровень целостности, считает Суханов, заключается в создании отдельных единых целостных систем, состоящих из отдельных учебных дисциплин, объединенных общей целевой функцией, объектом исследования, методологией построения, ориентированной на существенные междисциплинарные связи и обеспечивающей обобщенное интегральное представление о природе. В качестве примера такой системы в естественнонаучном образовании и как средство достижения целостности он предлагает создание целостной системы, состоящей из общих естественнонаучных дисциплин. Дидактической основой целостности цикла естественнонаучных дисциплин предлагается рассматривать общность:

- целевых установок этих дисциплин, основанных на деятельностном и личном подходах к образованию в целом;
- объекта исследования (целостная природа в разных аспектах, соответствующих отдельным наукам);
- методологических и методических установок в построении учебных дисциплин с учетом необходимости формирования рационального научного мышления и общей культуры.

Концепцию целостного цикла учебных дисциплин А. Суханов основывает на представлениях о естествознании как целостной самостоятельной междисциплинарной области научного знания, имеющей свой собственный предмет и методы исследования и опирающейся на

синергетические идеи, воплощенные в теории диссипативных структур. Предлагается приступить к наведению методологических мостов между отдельными науками путем выявления стержневых методологических подходов и их отражения в каждой естественнонаучной дисциплине, не ограничиваясь установлением пограничных дисциплинарных связей.

Основными условиями (предпосылками) для создания целостного цикла естественнонаучных дисциплин предлагается считать: наличие научных идей, позволяющих осуществить синтез естественнонаучных дисциплин в целый цикл; существование методологических предпосылок для формирования целостного цикла естественнонаучных дисциплин; существование объективных дидактических оснований для интеграции естественнонаучных дисциплин; необходимость создания целостного цикла естественнонаучных дисциплин в интересах достижения идеалов новой образовательной парадигмы; наличие конструктивной основы для становления целостного цикла естественнонаучных дисциплин и первого опыта его реализации.

На основании этих аргументов Суханов предлагает введение интегративного завершающего курса в цикле естественнонаучных дисциплин «Фундаментальное естествознание», подводящего итоги изучения отдельных естественнонаучных дисциплин, интегрирующего и выявляющего дополнительно общие естественнонаучные и методологические подходы, по-своему преломляемые в каждой естественнонаучной дисциплине.

Еще один подход к реализации второго уровня достижения целостности фундаментального профессионального образования, заключающийся в создании гибкой педагогической подсистемы непрерывной математической подготовки специалистов в условиях технологического университета, предлагает В.В. Кондратьев [30]. Им выдвигаются концептуальные положения фундаментализации технического образования:

- Сущность процесса фундаментализации составляет формирование ядра системы инвариантных методологически важных знаний личности, обеспечивающего потенциал ее процесса адаптивности.
- Целостность фундаментального образования достигается также на основе рассмотрения циклов дисциплин, связанных общей целевой

функцией и междисциплинарными связями. Основа цикла - математика, которая внутри цикла играет роль системообразующей науки, а на уровне дисциплины рассматривается как самодостаточная область знания.

- Непрерывная математическая подготовка, являясь одной из базовых структур фундаментализации технических и технологических дисциплин, формирует системные подходы и язык междисциплинарного общения.

Разрабатываемая подсистема на основе непрерывной математической подготовки, на мой взгляд, является средством наведения мостов между отдельными дисциплинами. Но не дается примера цикла дисциплин, в котором математика является системообразующей дисциплиной, отражающей общность целевых установок, предмета изучения и единства методологического подхода. Поэтому, очевидно, не следует говорить о математике как о стержневой дисциплине отдельных целостных циклов.

Суханов, предлагая создание целостного цикла естественнонаучных дисциплин, считает системообразующей дисциплиной физику, не давая основательного доказательства, что именно физика может выполнить такую функцию.

Исследования в области создания целостных циклов учебных дисциплин находятся на начальном этапе. На этом пути имеются существенные трудности, связанные с недостаточным взаимопониманием представителей различных наук и неразработанностью единых методологических и методических подходов к преподаванию этих наук. Вместе с тем объективная необходимость реализации идеалов новой образовательной парадигмы требует концентрации усилий по разработке этих подходов и установлению необходимого взаимопонимания между учеными и преподавателями в этой области. В конечном счете прогресс в этом направлении может привести в дальнейшем к более высокой степени фундаментализации образования в целом.

Однако целостные циклы не могут быть созданы из учебных дисциплин, не отвечающих требованиям фундаментализации образования в соответствии с требованиями новой образовательной парадигмы. Поэтому на данном этапе формирования целостности необходимо определиться с циклами, которые отражают сущность системы образо-

вания применительно к конкретным направлениям (техническое, естественнонаучное, гуманитарное и т.д.), и составом дисциплин их образующих. Пока наиболее полно представлен лишь целостный цикл естественнонаучных дисциплин.

Одним из возможных вариантов формирования таких циклов в инженерном образовании является формирование их по направлениям профессиональной деятельности инженера, определенным образовательными стандартами, из которых можно выделить: проектно-конструкторскую, производственно-технологическую, научно-исследовательскую и организационно-управленческую деятельности. Кроме того, могут быть разработаны целостные циклы по специальным направлениям деятельности, определяемым конкретной спецификой будущей деятельности специалиста. При этом такие циклы могут составлять не только отдельные учебные курсы, но и внутренние циклы, состоящие из отдельных учебных дисциплин, выполняющих какую-то конкретную функцию внутри основного цикла.

Примером такого целостного цикла является цикл проектно-конструкторской подготовки, включающий два последовательных и взаимосвязанных этапа: проектирование и конструирование. Эти два вида инженерной деятельности образуют соответственно два внутренних цикла проектно-конструкторской подготовки: цикл проектной подготовки и цикл конструкторской подготовки.

Остановимся на внутреннем цикле конструкторской подготовки (рис. 2.1). Первым этапом конструкторской подготовки в техническом вузе является геометрическая подготовка будущих специалистов, начинающаяся в первом семестре и продолжающаяся в течение одного-трех семестров. Геометрическая подготовка обеспечивается тремя учебными дисциплинами: «Начертательная геометрия», «Инженерная графика» и «Компьютерная графика».

Теоретические основы геометрического моделирования закладываются при изучении учебной дисциплины «Начертательная геометрия». Согласно примерной программе курса, рекомендуемой научно-методическим советом [65], «начертательная геометрия является теоретической основой построения технических чертежей, которые представляют собой полные графические модели конкретных инженерных изделий».

Вторая учебная дисциплина, следующая за начертательной геометрией, «Инженерная графика» «призвана дать студентам умения и навыки для изложения технических идей с помощью чертежа, а также понимания по чертежу объектов машиностроения и принципа действия изображаемого технического изделия» [65].

Еще одной самостоятельной учебной дисциплиной является «Компьютерная графика», которая «должна изучаться студентами после овладения студентами основ начертательной геометрии и инженерной графики. Целью преподавания «Компьютерной графики» является освоение студентами элементарных методов и средств компьютерной графики; приобретение знаний и умений: по работе с пакетом; выполнению чертежей типа «плоский контур», чертежей типовых деталей и соединений» [65].

Все три учебные дисциплины изучаются, как правило, на одной кафедре, носящей название «Инженерная графика» или «Начертательная геометрия и графика».

Следующим этапом конструкторской подготовки инженера являются дисциплины, направленные на изучение знаний и умений, необходимых для реализации инженером еще двух вспомогательных функций: проектной и технологической. Реализация вспомогательных функций осуществляется на основе геометрической модели.

К таким дисциплинам следует отнести в первую очередь учебные дисциплины: «Детали машин», «Подъемно-транспортные машины» и «Теория машин и механизмов». При изучении этих дисциплин студенты производят различные механические расчеты, наносят технологические параметры обработки изделия, на основании которых определяют различные геометрические характеристики и создают проект, содержащий геометрическую модель (чертежи) проектируемого объекта.

С основами технологических расчетов химико-технологических процессов студенты знакомятся при изучении учебной дисциплины «Процессы и аппараты химических производств», а также «Гидравлика» и «Теоретические основы теплотехники». Результатом обучения является проект, содержащий геометрическую модель объекта проектирования (комплект конструкторской документации) и технологиче-

ские расчеты геометрических параметров объекта проектирования, используемые при разработке геометрической модели.

При изучении учебных дисциплин «Технология конструкционных материалов» и «Материаловедение» студенты знакомятся с основами технологической подготовки производства, являющейся промежуточным этапом между проектированием и изготовлением конструируемого объекта. Расчет основных параметров и режимов обработки поверхностей также осуществляется на основе геометрической модели изготавливаемого объекта.

Учебная дисциплина «Экономика химических производств» позволяет получить знания и умения, необходимые при выполнении технико-экономического обоснования проекта. В основе технико-экономического обоснования объекта проектирования вновь лежит его геометрическая модель.

Знания и умения экологической экспертизы студенты получают при изучении учебной дисциплины «Охрана природы». При экологических расчетах вновь используется геометрическая модель объекта проектирования, а также геометрические модели объектов, окружающих его.

Завершает цикл конструкторской подготовки дипломный проект, включающий в себя все этапы конструирования, рассмотренные ранее. Все расчеты, производимые студентами-дипломниками, осуществляются вокруг геометрической модели объекта, параметры которой изменяются и уточняются в процессе проведения этих расчетов, а также в результате оптимизационных расчетов. В окончательном варианте дипломный проект представляет собой комплект конструкторской документации (в том числе геометрическую модель объекта проектирования), а также различные расчеты, обоснования, экспертизы, правила эксплуатации и ремонта объекта проектирования и т.д.

Таким образом, либо конечным результатом, либо основой для расчета каждой учебной дисциплины, входящей в целостный цикл конструкторской подготовки, является геометрическая модель объекта или процесса. Конечная цель такого цикла - проект, содержащий проектно-конструкторскую информацию (визуально-образную модель (чертежи), технологические и механические расчеты, экономическое

обоснование, экологическую экспертизу, различные правила и рекомендации и т.д.).

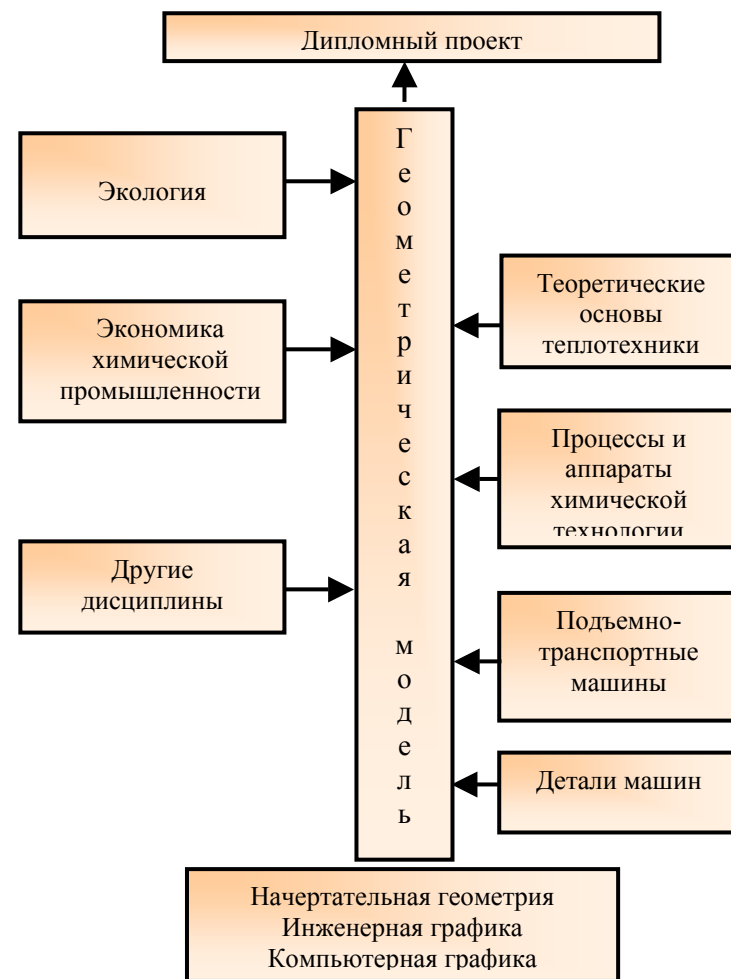


Рис. 2.1. Модель конструкторской подготовки инженера в технологическом университете

Структура и содержание целостного цикла учебных дисциплин и внутренних циклов (состав и очередность учебных дисциплин и внутренних циклов) должны определяться в процессе педагогического проектирования. Одно очевидно, что системообразующим учебным курсом этого цикла должен стать единый целостный курс «Инженерное геометрическое моделирование», который должен быть разработан взамен существующим сейчас трем учебным дисциплинам, так как именно геометрическая информация является основой для каждой учебной дисциплины цикла и его конечной целью, а уровень развития геометрической подготовки во многом определяет уровень развития последующих этапов конструкторской подготовки.

Дидактические основания целостности цикла дисциплин конструкторской подготовки следующие:

- общность целевых установок дисциплин и внутренних циклов – разработка конструкции инженерных сооружений;
- общность объекта исследования - конструкция инженерного сооружения;
- общность методологических и методических установок в построении учебных дисциплин, основывающаяся на едином предметном языке - визуально-образном геометрическом.

Опосредованно на данный цикл учебных дисциплин работают учебные курсы, не входящие в него напрямую. Например, дисциплины, входящие в естественнонаучный или другие циклы. По мере разработки таких циклов должен начаться процесс их интеграции с целью создания целостного образования по отдельным направлениям.

Однако для того чтобы спроектировать целостный цикл учебных дисциплин, необходимо, чтобы и элементы, его образующие (отдельные учебные дисциплины и внутренние циклы), отвечали требованиям образовательной парадигмы. Поэтому после определения структуры и основных предпосылок, подтверждающих возможность и целесообразность разработки такого цикла, необходимо формирование фундаментальных целостных курсов, входящих в целостный цикл, и в первую очередь - системообразующего курса (в нашем случае это курс «Инженерное геометрическое моделирование»). Таким образом, мы неотвратимо упираемся в проблему решения первоначально вопроса

целостности на третьем уровне образования - уровне отдельных учебных дисциплин.

В течение прошедших лет на примере естественнонаучных курсов критерии фундаментальности отдельного курса были подвергнуты тщательной проработке с позиций их применимости. Так, Суханов при формировании естественнонаучного целостного цикла рассматривает в качестве его фундаментальной системообразующей основы физику и предлагает подходы к формированию целостного фундаментального курса физики. Кондратьев В.В. рассматривает вопросы фундаментализации математики при создании подсистемы непрерывной математической подготовки специалистов в условиях технологического вуза.

Каждая учебная дисциплина, вошедшая в интегрированную систему, выступает не просто самостоятельным разделом новой дисциплины, а органически связана с последующим материалом. Важными критериями целостности и фундаментализации интегрированного курса являются [12]:

- адекватность современным принципам структурирования научного знания, опирающимся как на внутреннюю логику науки, так и на ее место в развитии человеческой цивилизации;
- сущностная основа интеграции всех разделов вокруг стержневых методологических концепций, теорий и принципов науки с единых методологических позиций;
- формирование теоретического типа научного, рационального мышления личности и создание интеллектуального фундамента для ее саморазвития и самореализации в изменяющихся внешних условиях.

В качестве критериев фундаментальности отдельных курсов О. Голубева предлагает считать [12]:

- выполнение трех взаимосвязанных функций: образования, воспитания и развития;
- адекватность современным принципам структурирования научного знания, опирающимся как на внутреннюю логику самой науки, так и на ее место в развитии человеческой цивилизации;
- целостность курса на основе сущностной интеграции всех его разделов вокруг стержневых методологических концепций, теорий и принципов;

- концентрированное и сбалансированное изложение наиболее фундаментальных законов и принципов науки с единых методологических позиций;

- формирование теоретического типа научного рационального мышления личности и создание интеллектуального фундамента для ее саморазвития и самореализации в изменяющихся внешних условиях.

Н.А. Клещевой и Е.В. Штагер [27] были предложены «принципы организации структурно-логического графа понятийного содержания учебной дисциплины, позволившие привести все ее фундаментальные понятия к общему научному основанию, что способствует более продуктивному усвоению как их содержательной компоненты, так и всей вариативной оболочки». В основу методологии подхода положены «принципы модульного конструирования учебной информации дисциплины».

В рамках концепции фундаментального курса О.Н. Голубева предлагает следующие требования к фундаментальному курсу на примере физики: отображение сущности и особенностей физического мышления, максимальная целостность курса на основе интеграции, инвариантное описание объектов и процессов природы, системность обучения, ограниченное использование математического аппарата, недопустимость формальных доказательств, ограниченное использование исторического материала.

По отношению к геометрической подготовке такие требования будут следующими:

- Максимальное раскрытие сущности, особенностей и преимуществ геометрического (пространственно-образного) мышления, роли и места геометрических моделей и визуально-образного геометрического языка в инженерной деятельности.

- Опережающий характер развития геометрической подготовки инженера по отношению к уровню развития науки, техники и требованиям производства.

- Целостность курса на основе диалектической модели геометрического моделирования и интеграции отдельных геометрических дисциплин в условиях перехода геометрического моделирования на принципиально новый уровень с учетом единства предмета исследо-

вания, стержневых геометрических подходов, фундаментальных геометрических понятий.

- Последовательное обучение визуально-образному геометрическому языку и методам геометрического моделирования как основной форме инженерного мышления и описания технических объектов.

Одним из основных требований к фундаментальному курсу является его целостность. Основаниями целостности отдельной дисциплины цикла предлагается считать: обобщенную цель, предмет исследования, единство методологического подхода на протяжении всего курса [82, 93].

Учебный курс «Инженерное геометрическое моделирование» формируется на основе интеграции трех учебных дисциплин: начертательной геометрии, инженерной графики и компьютерной графики. В качестве основания целостности учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование» примем:

- единую цель геометрической подготовки инженера - формирование геометрического подхода к анализу и синтезу геометрических форм, образующих инженерные объекты, на основе специфики образного мышления и визуально-образного геометрического языка;

- единство предмета исследования - пространственные формы инженерных объектов, их соотношение и взаимодействие;

- единство методологического подхода на протяжении всего курса на основе внутренней целостности геометрического знания и визуально-образного мышления;

- единый предметный язык учебного курса - визуально-образный геометрический язык.

Таким образом, в рамках предлагаемой концепции не допустимо членение целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование» на отдельные (автономные) учебной дисциплины. Целостность на уровне отдельной дисциплины предполагает подчинение внутренней логике науки, которая соответствует современным представлениям.

В качестве инструмента обеспечения целостности на уровне отдельного курса выступает диалектическая модель геометрической подготовки инженера, определяющая его роль и место в системе образования.

В качестве формы оценки степени целостности, достигнутой в процессе изучения целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование» в рамках данной концепции, предполагается: на уровне цикла (целостный цикл конструкторской подготовки) - дипломный проект; на уровне целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование» - завершающая курсовая работа или экзамен.

Аналогичные целостные циклы дисциплин могут быть созданы и по другим направлениям подготовки инженера. В каждом из них геометрическая подготовка (геометрическое моделирование) будет занимать особое место, так как именно функция инженерного геометрического моделирования - это составная часть каждого вида инженерной деятельности. Именно геометрическая модель является либо целью и конечным результатом, либо основой для изготовления технического сооружения при осуществлении отдельных видов инженерной деятельности. Она обеспечивает интеграцию как внутри отдельных видов инженерной деятельности, так и между ними. Геометрическое моделирование становится важнейшей методологической и интеграционной основой подготовки инженера, а уровень геометрической подготовки инженера определяет уровень подготовки инженера в целом.

Таким образом, четко прослеживается необходимость разработки целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование», являющегося первым этапом создания в последующем как целостного цикла проектно-конструкторской подготовки инженера, так и целостных циклов по другим направлениям инженерной деятельности.

2.2. Концепция опережающего педагогического проектирования геометрической подготовки инженера

Необходимость разработки концепции опережающего педагогического проектирования геометрической подготовки инженеров в высших технических учебных заведениях обусловлена, с одной стороны, кризисом, возникшим в результате несоответствия уровня развития геометрической подготовки к уровню развития науки, техники и требований производства. С другой стороны, структура и содержание геометрической подготовки перестали соответствовать требованиям современной образовательной парадигмы.

В настоящее время в нашей стране и во всем мире идет поиск новых систем и подходов к педагогическому проектированию содержания подготовки инженеров, причем единой точки зрения ни на содержание, ни на организационные формы подготовки нет [20].

Педагогическое проектирование, с одной стороны, имеет нормативную основу, регламентировано целями, принципами, этапами, процедурами [47]. С другой стороны, это процесс творческий. В нем наряду с логикой присутствуют эвристические формы мышления, способность видеть завтрашний день, новые тенденции в развитии содержания образования, в формах, методах и средствах обучения. В этом случае подготовка будущего специалиста (инженера) будет отвечать критериям полноты и профессиональной адекватности. Умение предвосхищать и предвидеть успешные результаты проектирования - одно из важнейших условий успешности его осуществления. Система образования, отмечает К.К. Колин, «должна иметь опережающий характер. Только так она сможет подготовить людей к стремительно надвигающемуся будущему, дать им необходимые ориентиры для социальной адаптации в совершенно новой для них информационной среде» [29].

В последнее время особое место отводится именно прогностическому педагогическому проектированию. Прогностическая модель специалиста, по мнению А.А. Кирсанова [26], «должна отражать сферу его профессиональной деятельности, в которой он функционирует, и сферу вуза, в которой он формируется как личность и профессионал». Принимая за основу модели специалиста обобщенную модель деятельности, по мнению А.А. Кирсанова, автоматически получают сведения об основных требованиях, тенденциях использования данных специалистов, сферах применения, эффективности их использования и многих других моментах. Такой подход непосредственно показывает все несоответствия между подготовкой к конкретной профессиональной деятельности и реальной работой.

Однако этого недостаточно при проектировании содержания геометрической подготовки инженера в условиях смены идеологии геометрического моделирования. Инженерная деятельность сама испытывает значительные трудности, вызванные отсутствием специалистов, способных работать на уровне трехмерного геометрического мо-

делирования, и системы их подготовки и переподготовки в рамках новой идеологии. Только опираясь на прогностическую концепцию процесса развития геометрического моделирования, можно разработать модель инженера, осуществляющего инженерное геометрическое моделирование, и прогностическую концепцию развития геометрической подготовки инженера и осуществить «опережающее» педагогическое проектирование ее структуры и содержания.

Кроме того, «опережающее» педагогическое проектирование отдельных циклов и курсов должно осуществляться в соответствии с требованиями современной образовательной парадигмы и базироваться на наиболее прогрессивных формах, методах и средствах обучения с использованием последних достижений в области компьютерных технологий. Поэтому обязательным условием педагогического проектирования геометрической подготовки инженеров является соответствие ее содержания диалектической модели геометрического моделирования.

Определение и обоснование целей - первый этап педагогического проектирования. С этого начинается «методологическая доказательность» правильности определения содержания и структуры геометрической подготовки инженера. В них впервые отображаются разнообразные требования, предъявляемые к содержанию геометрической подготовки.

Главной завершающей целью педагогического проектирования является разработка единого, целостного курса геометрической подготовки инженера, структура и содержание которого соответствовали бы современному уровню развития науки и техники, требованиям производства и образовательной парадигмы. Таким образом, должна быть решена триединая задача.

С учетом проведенного анализа методика проектирования будет содержать следующие основные этапы (рис. 2.2):

- Определение целей проектирования.
- Разработка диалектической модели геометрической подготовки инженера на основе диалектической модели геометрического моделирования.
- Разработка модели инженерного геометрического моделирования на основе диалектической модели инженерной деятельности.

- Проектирование содержания геометрической подготовки инженера, адекватного содержанию инженерной деятельности, уровню развития геометрического моделирования и требованиям образовательной парадигмы.

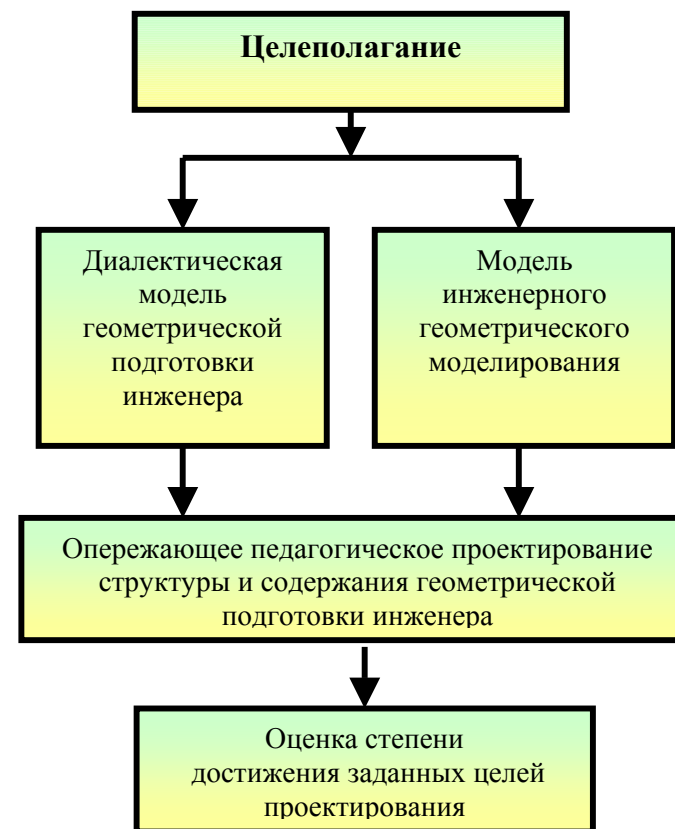


Рис. 2.2. Схема педагогического проектирования геометрической подготовки инженера

- Установление соответствия (или несоответствия) целей проектирования и спроектированного содержания геометрической подготовке инженера.

- Оценка степени достижения заданных целей проектирования.

Так, при реализации деятельностного подхода процесс проектирования регулируется следующими принципами:

- Принципом соответствия содержания визуально-образной геометрической подготовки содержанию визуально-образного геометрического моделирования при осуществлении инженерной деятельности.

- Принципом соответствия форм организации учебного процесса формам практического инженерного геометрического моделирования (умение осуществлять геометрическое моделирование при выполнении основных функций инженерной деятельности).

При реализации диалектического подхода процесс проектирования регулируется следующими принципами:

- Принципом динамичности, выражающим в рассмотрении геометрической подготовки инженера как развивающейся системы;

- Принципом прогностичности, выражающимся в постоянном предвидении новых тенденций и изменений в инженерном образовании и геометрической подготовке и отражении их в содержании подготовки будущих специалистов;

- Принципом дифференциально-интеграционного развития научно-образовательных сфер деятельности, заключающимся в рассмотрении процессов познания через призму борьбы двух форм познания: дифференциальной и интеграционной;

- Принципом единства научной и учебной форм познания, заключающимся в рассмотрении научного и учебного познания как единой цепи познавательного процесса.

При реализации системного подхода процесс проектирования регулируется следующими принципами:

- Принципом фундаментальности, заключающимся в построении курса в соответствии с основными положениями современной образовательной парадигмы по фундаментализации образования;

- Принципом целостности, заключающимся в формировании единого целостного курса в соответствии с современной образовательной парадигмой;

- Принципом гуманизации, проявляющимся в усилении гуманитарной направленности содержания разрабатываемого учебного курса.

Указанные принципы проектирования отражают объективные закономерности развития содержания образования, междисциплинарных связей, интеграции различных областей знания, взаимосвязи целей проектирования с определением средств и достижением конечного результата и др.

Таким образом, определены основные подходы (деятельностный, диалектический и системный), последовательность и принципы педагогического проектирования единого целостного курса по осуществлению геометрической подготовки инженера.

2.3. Диалектическая модель геометрической подготовки инженера

В развитии геометрической подготовки инженеров в России можно выделить три периода.

Первый период, связанный с развитием геометрии в Древней Руси. При возведении сооружений применялись изображения, в которых можно отметить элементы геометрического проецирования. Так, изображение г. Пскова (1581 г.) было выполнено с соблюдением некоторых законов перспективы, «чертеж Московского кремля» (1600 г.) - близкий к фронтальной аксонометрии.

К началу XIX в. русские ученые-геометры, архитекторы, художники и инженеры уже знали многие приемы изображения пространственных форм и широко ими пользовались.

При Петре I планы и чертежи с применением проекционных методов выполнялись в весьма совершенной форме. Хорошо разбираясь в чертежах, Петр I узаконил сложившиеся в России правила составления чертежей в проекциях в точном масштабе, организовал преподавание черчения в техническом училище в Москве. По отечественным чертежам строились корабли, станки, архитектурные и инженерные сооружения, изготавливались предметы вооружения.

Чертежи архитекторов В.И. Баженова и М.Ф. Казакова, изобретателей И.Н. Ползунова и И.П. Кулибина свидетельствуют о большом мастерстве и богатстве русской технической мысли.

Второй период связан с появлением и развитием начертательной геометрии в России и началом ее преподавания в 1810 г. в Петербургском институте путей сообщения (ныне ЛИИЖТ), а позже и в других

высших технических учебных заведениях. В качестве преподавателей были приглашены французские инженеры. Первым профессором начертательной геометрии был назначен французский инженер К. Потье - ученик Г. Монжа по Мезьерской инженерной школе. К. Потье издал в Петербурге на французском языке учебник по начертательной геометрии (1816 г.), переведенный в этом же году на русский язык его помощником Я.А. Севастьяновым (1796-1849 гг.).

В 1821 г. Я.А. Севастьянов издал оригинальный курс «Основания начертательной геометрии», выдержавший несколько изданий, в которые автор вносил результаты многочисленных исследований. Этот учебник, излагавший подробно начертательную геометрию, был на уровне лучших европейских курсов. Я.А. Севастьянов опубликовал также научно-исследовательские труды по практическому применению начертательной геометрии.

В последующие годы появляется целый ряд научных и педагогических трудов по начертательной геометрии: Н.И. Макаров (1824-1904 гг.) - фундаментальный труд «Начертательная геометрия»; В.И. Курдюмов (1853-1904 гг.) - теория ортогональных, аксонометрических проекций и проекций с числовыми отметками; Е.С. Федоров (1853-1919 гг.) - способы графического представления сложных составов минералов и пород, определения простирания и углов падения горных пород и т.п.; Н.А. Рынин (1877-1942 гг.) - решение практических задач графической статики, механики, строительства, аэрофотосъемок, кинематографии и др.; А.К. Власов (1869-1921 гг.) и Н.А. Глаголев (1888-1945 гг.) - проективное направление в начертательной геометрии; А.И. Добряков (1895-1947 гг.) - вопросы перспективных изображений и теория теней; Д.И. Каргин (1880-1949 гг.) - исследования в области точности графических расчетов; Н.А. Попов (1883-1949 гг.) и В.О. Гордон (1892-1971 гг.) - огромный вклад в методiku преподавания графических наук; М.Я. Громов (1884 - 1963 гг.) - использование анализа бесконечно малых в графической его интерпретации; Н.Ф. Четверухин (1881 - 1974 гг.) - исследования в области позиционной и метрической полноты изображений; И.И. Котов (1909-1976 гг.) - исследование различных форм поверхностей [9, 22].

Успехи российских ученых в развитии начертательной геометрии весьма значительны. Их научные исследования имеют мировую известность.

Третий период связан с появлением и развитием компьютерной графики. Научные разработки в области систем автоматизированного проектирования и компьютерной графики и их применение при разработке самых передовых технологий потребовали от высших учебных заведений подготовки специалистов-профессионалов в этой области человеческой деятельности.

В результате во второй половине 70-х годов за рубежом появляются кафедры по информатике в области САПР и компьютерной графики [100]. Начинается обсуждение целесообразности использования компьютерной графики в учебной дисциплине "Инженерная графика" [101].

Примерно в это же время в нашей стране появляются курсы машинной графики (такое название первоначально имела эта область знания в нашей стране), создаваемые на кафедрах начертательной геометрии и инженерной графики. Первыми учебными заведениями, активно включившимися в разработку и внедрение в учебный процесс курса машинной графики были Московский авиационный институт, Московский автодорожный институт (профессор Н.Н. Рыжов), Московский государственный университет (профессор С.А. Фролов), Киевский политехнический институт (профессор В.Е. Михайленко), Горьковский инженерно-строительный институт (профессор В.С. Полозов) [36, 79, 91].

Активные исследования по разработке и внедрению курса машинной (компьютерной) графики велись в Казанском химико-технологическом институте, который в 1979 решением ученого совета одним из первых в нашей стране ввел на кафедре инженерной графики для студентов механического факультета факультативный курс «Машинная графика». За это время данный курс прошел путь от «безмашинной машинной графики» (так в шутку называли первый этап развития курса компьютерной графики) до трехмерного компьютерного геометрического моделирования [15, 57].

В 1989 году президиум научно-методического совета по начертательной геометрии и инженерной графике утверждает примерную

программу, где впервые появляется дисциплина «Основы машинной графики» [66], завершающая цикл начальной графической подготовки. Предметом инженерной машинной графики согласно этой программе «является автоматизация построения графических моделей их преобразования и исследования».

В 1990 году в институте создается первый компьютерный класс, состоящий из шести персональных компьютеров типа IBM марки XT. На компьютерах была установлена графическая система AutoCAD. Преподаватели кафедры инженерной графики самые первые в институте начали проводить в нем учебные занятия. Занятия по машинной графике впервые стали проходить в интерактивном режиме, а разработанный комплекс программных продуктов, в том числе программы для вариантного выполнения чертежей, позволили автоматизировать многие операции геометрического моделирования. Данный курс был рассчитан на обучение студентов лишь двумерному геометрическому моделированию (графическому моделированию). Возможности компьютеров и уровень развития программных средств не позволяли реально решать задачи трехмерного моделирования. В этот период курсы машинной графики начинают вводить в учебные программы по всем специальностям института.

В середине девяностых годов выходит новая редакция примерной программы дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика» [65], в которой название дисциплины «Основы машинной графики» изменено на международное – «Компьютерная графика», но ее содержание остается без изменений. По-прежнему компьютерная графика рассматривается как средство автоматизации выполнения конструкторской документации на основе теоретических методов начертательной геометрии, т.е. методов двумерного геометрического моделирования.

В этот период в Казанском государственном технологическом университете (так стал называться институт) увеличивается количество компьютерных классов. На смену старым моделям компьютеров приходят компьютеры типа Pentium, в новых версиях графической системы AutoCAD трехмерное моделирование получает значительное развитие и становится определяющим. В это же время решением учебного совета на социально-экономическом факультете вводится прин-

ципиально новая учебная дисциплина «Основы геометрического моделирования и проектирования». Разработка и внедрение в учебный процесс этой дисциплины были поручены кафедре инженерной графики. Поскольку содержание этой дисциплины не регламентировано Государственными образовательными стандартами, то появилась возможность разработать ее содержание, опираясь на самые современные достижения и идеи, а также на большой опыт работы в этом направлении. На протяжении семи лет продолжается совершенствование дисциплины «Основы геометрического моделирования и проектирования», отработка методологии ее преподавания, разработка новых заданий и методических пособий и т.д.

По всей стране идет интенсивное внедрение в учебный процесс графических компьютерных систем. Но все в своей работе по инерции продолжают в качестве теоретической основы использовать идеологию начертательной геометрии, что вызвано в первую очередь отсутствием современной концепции развития этой области знания и базирующихся на ее основе Государственных образовательных стандартов.

За рубежом полным ходом идет перевод геометрической подготовки инженеров на компьютерные технологии. Название учебной дисциплины «Инженерная графика» заменяется «Компьютерной графикой» [99]. Смена названия вызвана тем, что название «Инженерная графика» перестало соответствовать реалиям дня. Однако, как уже было нами отмечено, что компьютерная графика - это средство реализации визуально-образного языка, поэтому смена названия на «Компьютерную графику» является ошибочной, не отвечающей целям, задачам и содержанию дисциплины.

Таким образом, можно заключить, что ученые России внесли огромный вклад в развитие геометрического моделирования. Учебные дисциплины, ориентированные на геометрическую подготовку, постоянно развиваются и совершенствуются. Однако сейчас, когда в науке и производстве происходит интенсивный переход на принципиально новую идеологию геометрического моделирования, Государственные образовательные стандарты по-прежнему ориентированы на методы и подходы начертательной геометрии (на идеологию вчерашнего дня). Назрела острая необходимость в реформировании геометрической

подготовки инженеров на основе современных компьютерных технологий.

Рассмотрим структуру дисциплин, обеспечивающих геометрическую подготовку инженеров. Как уже отмечалось, геометрическая подготовка инженеров начинается с первого семестра, что полностью соответствует логике процесса проектирования, так как геометрическая модель используется в дальнейшем на всех этапах подготовки инженера, в том числе и проектно-конструкторской.

Примерная программа дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика», одобренная научно-методическим советом под председательством профессора В.И. Якунина [65], предлагает изучение этой области знания в следующем порядке: «Начертательная геометрия», «Инженерная графика», «Компьютерная графика» (рис. 2.3).

В Большом энциклопедическом словаре [5] начертательную геометрию называют «разделом геометрии, в котором пространственные фигуры изучаются при помощи построения их изображений на плоскостях проекций».

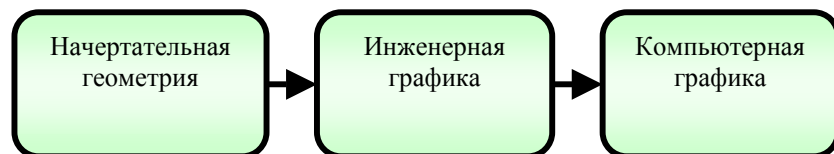


Рис. 2.3. Порядок изучения учебных дисциплин в рамках геометрической подготовки инженера

Вот какие определения начертательной геометрии дают известные современные ученые.

Гордон В.О. называет предметом начертательной геометрии «изложение и обоснование способов построения изображений пространственных форм на плоскости и способов решения задач геометрического характера по заданным изображениям этих форм» [13].

Бубенников А.В. называет начертательную геометрию наукой, занимающейся изучением графических методов отображения пространства. «Начертательная геометрия, - пишет ученый - область науки и техники, занимающаяся разработкой научных основ построения и исследова-

ования геометрических моделей проектируемых инженерных объектов и процессов и их графического отображения». Далее А.В. Бубенников отмечает, что начертательная геометрия является одним из разделов геометрии, в котором пространственные формы (совокупность точек, линий, поверхностей) с их геометрическими закономерностями изучаются в виде их изображений на плоскости» [7].

Посвянский А.Д. полагает, что «начертательная геометрия, являясь одной из ветвей геометрии, имеет ту же цель, что и геометрия вообще, а именно: изучение форм предметов окружающего нас действительного мира и отношений между ними, установление соответствующих закономерностей и применение их к решению практических задач, используя графический путь, при котором геометрические свойства фигур изучаются непосредственно по чертежу» [63]. К содержанию начертательной геометрии он относит: исследование способов построения проекционных чертежей; решение геометрических задач, относящихся к пространственным фигурам; приложение способов начертательной геометрии к исследованию практических и теоретических вопросов науки и техники.

Тевлин А.М. предлагает «толковать начертательную геометрию как раздел математики, изучающий теорию методов графического моделирования многообразий различного числа измерений и различной структуры, а чертеж рассматривать как графическую модель пространства. Методы отображения одних пространств на другие (в частности, на плоскость) позволяют», по его мнению, «взаимно обогащать геометрии оригинала и модели посредством перевода известных фактов одной геометрии на язык другой» [42]. Последнее, как утверждает Тевлин А.М., определяет место начертательной геометрии в системе высшего технического образования.

Вальков В.И. считает, что «основная задача начертательной геометрии заключается в сопоставлении трехмерного объекта с его плоской проекционной моделью» [55]. Сопоставление объекта и модели им понимается, как «уяснение всех тех законов и правил, при посредстве которых по данному объекту получить, построить, вычертить его проекционную модель и, наоборот, по данной модели представить, рекомендовать, фактически воздвигать соответствующий трехмерный

объект». Начертательную геометрию он считает ветвью геометрии, исходя из ее названия.

Согласно примерной программе, начертательная геометрия является «теоретической основой построения технических чертежей, которые представляют собой полные графические модели конкретных инженерных изделий. Задача изучения начертательной геометрии сводится к развитию пространственного представления и воображения, конструктивно-геометрического мышления, способностей к анализу и синтезу пространственных форм и отношений, изучения способов конструирования различных геометрических пространственных объектов (в основном - поверхностей), способов получения их чертежей на уровне графических моделей и умению решать на этих чертежах задачи, связанные с пространственными объектами и их зависимостями» [65].

Проанализируем изложенное ранее. Вначале рассмотрим название дисциплины «Начертательная геометрия». Термин «начертательная» означает рисование на плоскости, т.е. создание плоских изображений, или, по другому, двумерных изображений. Геометрия - это раздел математики, в котором изучаются пространственные отношения (например, взаимное расположение), формы (например, геометрия тела) и их обобщения. Термин "геометрия" в переводе с греческого означает «измерение земли». Таким образом, термин «начертательная геометрия» можно трактовать как изображение на плоскости пространственных объектов.

Большинство ученых, особенно в последнее время, называют графическое изображение «графической моделью», а процесс создания графической модели - моделированием. Итак, начертательную геометрию можно трактовать, как графическое моделирование пространственных объектов (трехмерных объектов) или, иначе, как двумерное моделирование трехмерных объектов. Как видим, из определения выпадает термин "графическая", а предметом моделирования являются трехмерные объекты. Таким образом, очевидно, начертательную геометрию будет более верно определить как двумерное геометрическое моделирование трехмерных объектов.

Следующая дисциплина в цепочке обучения геометрическому моделированию - «Инженерная графика». Согласно примерной програм-

ме дисциплины [65] инженерная графика «призвана дать студентам умения и навыки для изложения технических идей с помощью чертежа, а также понимания по чертежу объектов машиностроения и принципа действия изображаемого технического изделия.

Основная цель курса - выработка знаний и навыков, необходимых студентам для выполнения и чтения технических чертежей, выполнения эскизов деталей, составления конструкторской документации производства. Инженерная графика - первая ступень обучения студентов, на которой изучаются основные правила выполнения и оформления конструкторской документации. Полное овладение чертежом как средством выражения технической мысли и производственными документами, а также приобретение устойчивых навыков в черчении достигаются в результате усвоения всего комплекса технических дисциплин соответствующего профиля, подкрепленного практикой курсового и дипломного проектирования. Изучение курса инженерной графики основывается на теоретических положениях курса начертательной геометрии, а также нормативных документах, государственных стандартах и ЕСКД».

Профессор К.И. Вальков видит полное совпадение основных задач начертательной геометрии и инженерной графики. Что касается различий, то они, по его мнению, кроются главным образом в трактовке термина «трехмерный объект», а также и в трактовке термина «проекционная модель» [55].

«В области инженерной графики трехмерный объект - это конкретное, материально воплощенное здание, строительное сооружение или его часть, его фрагменты, узлы и детали. Никакого выхода в абстрактную геометрию здесь не допускается, хотя моделированию подвергаются в первую очередь именно геометрические характеристики объекта: его формы, размеры, относительное расположение элементов и пр. В этом смысле инженерная графика представляет собой очень частное ответвление начертательной геометрии, ее узкоспециализированный подраздел. Но именно благодаря такой узкой практической направленности инженерной графики, в ней появляются совершенно новые вопросы, к начертательной геометрии отношения не имеющие. Сюда относятся прежде всего развитая система условных обозначений, с помощью которых удается отображать на модели и некоторые

теоретически несущественные, а практически крайне важные геометрические отношения (видимость отдельных элементов, видимость внутреннего содержания, их размеры и т.д.) и многие другие (в том числе, чисто физические) особенности объекта (использованный материал, характер обработки поверхностей, состав строительных конструкций и т.п.). Сюда относятся также правила оформления чертежей, сведения об использовании технических стандартов, знакомство с некоторыми типовыми конструктивными или технологическими решениями и ряд других вопросов».

Что касается проекционной модели, то здесь К.И. Вальковым также на первый план выдвигается ее конкретная, материальная, вещественная сторона. Если в начертательной геометрии чертеж, говорит он, - это лишь удобное средство представления плоской модели, состоящей из таких абстрактных геометрических феноменов, как точка, прямые и кривые линии или различные плоские фигуры, то в области инженерной графики чертеж - это непременно возникающий конечный результат моделирования. Он должен быть полноценным в смысле своей информационной насыщенности. Должен обладать высокими качествами в смысле внешнего оформления и наглядности. Кроме того, эта проекционная модель дополняется, как правило, многими вспомогательными и отнюдь не проекционными символами и знаками: основными и вспомогательными надписями, таблицами спецификациями, иногда покраской, отмывкой и пр. Именно в силу этого центрального положения чертежа-модели, отмечает К.И. Вальков, сама дисциплина «инженерная графика» нередко обозначалась прежде и обозначается теперь одним словом: «черчение». Конечно, многие вопросы, относящиеся к этой области знаний, носят чисто справочный характер. Однако инженер не может и не должен пользоваться справочником поминутно. Часть таких сведений специалисту необходимо всегда иметь в своей памяти, другую часть следует закрепить в качестве автоматически действующих профессиональных навыков.

Итак, из вышеизложенного можно заключить, что объектами моделирования в инженерной графике являются трехмерные технические изделия, в то время как в начертательной геометрии - абстрактные трехмерные объекты, не подлежащие изготовлению. Результатом моделирования в инженерной графике является чертеж, т.е. так же, как и

в начертательной геометрии, двумерная геометрическая модель. Таким образом, инженерная графика - это двумерное геометрическое моделирование трехмерных технических объектов. В отличие от геометрической модели начертательной геометрии геометрическая модель инженерной графики содержит дополнительно информацию, необходимую для изготовления объекта моделирования.

Кроме того, начертательная геометрия и инженерная графика - это разделы одной и той же дисциплины, которую можно было бы назвать просто «Инженерное геометрическое моделирование». В последнее время предпринята попытка объединить данные дисциплины в одну со сложным названием «Начертательная геометрия. Инженерная графика». Однако в методическом плане эти дисциплины продолжают существовать как бы самостоятельно. В результате это нарушает целостность единой дисциплины.

Третья дисциплина в цикле подготовки студентов геометрическому моделированию - компьютерная графика. Согласно примерной программе дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика» компьютерная графика является самостоятельной учебной дисциплиной и должна изучаться после овладения студентами основами начертательной геометрии и инженерной графики [65]. Курс «Компьютерная графика», по мнению авторов примерной программы, является «элементарным введением в компьютерную инженерную графику. Цель преподавания «Компьютерной графики» - освоение студентами элементарных методов и средств компьютерной графики; приобретение знаний и умений: по работе с пакетом прикладных программ; выполнению чертежей типовых деталей и соединений».

Предметом инженерной компьютерной графики служит «автоматизация процесса построения графических моделей инженерной информации, их преобразование и исследование» [65].

Теоретической основой формирования графических моделей выступает геометрическое моделирование, т.е. представление информации с точки зрения геометрических свойств объекта.

Задачи, изучаемые в разделе «Компьютерная графика», можно отнести к классу задач на получение типовых варьируемых изображений, имеющих постоянную или переменную структуру, функциональную связь параметров которой легко предвидеть.

«Решение методами и средствами компьютерной графики задач специального технологического характера, графического моделирования специальных процессов, компоновочных, комбинаторных задач и задач конструкторского характера производится на специальных кафедрах на базе знаний, умений и навыков, приобретенных студентами» в процессе изучения раздела «Компьютерная графика»[65].

Таким образом, предметом компьютерной графики, по мнению авторов примерной программы [65], является автоматизация процесса построения графических моделей, т.е. автоматизация построения двухмерных моделей. Кроме того, компьютерная графика является средством (инструментом) геометрического моделирования. Тогда почему данная дисциплина изучается после завершения основного курса геометрического моделирования? Такой порядок изучения геометрического моделирования нарушает целостность дисциплины.

Подытоживая изложенное, следует отметить, что учебные дисциплины «Начертательная геометрия», «Инженерная графика» и «Компьютерная графика» образуют по существу единую дисциплину, ориентированную на двухмерное геометрическое моделирование трехмерных объектов. В то время как основное направление развития автоматизированного проектирования в промышленности - объектно-ориентированные САПР, т.е. ориентированные на трехмерные геометрические модели. Выходом из создавшегося положения является разработка принципиально новой структуры и содержания опережающей геометрической подготовки инженеров на основе диалектической концепции процесса его развития, позволяющей определить основные законы, направление и перспективы развития.

При разработке концепции будем опираться на положение, что гносеология и дидактика - звенья единой цепи познавательного процесса. Учитывая то, что научное познание стоит первым в этой цепи, можно предположить, что, отталкиваясь от концепции развития научного познания, представленной выше, можно разработать и сформулировать концепцию процесса развития геометрической подготовки инженеров в высшей технической школе.

Геометрическая подготовка инженеров в высшей школе, как собственно и сама высшая школа, появилась и развивается относительно недавно по сравнению с периодом развития геометрического модели-

рования. Поэтому наиболее полно и точно можно рассмотреть последний период развития, связанный со становлением начертательной геометрии. Начертательная геометрия сразу же, с появлением работы Г. Монжа в этой области, прочно вошла в учебные программы высших учебных технических заведений. С этого момента начинается период дифференциального развития геометрической подготовки.

С развитием промышленности и разработкой стандартов, регламентирующих правила оформления конструкторской документации, вслед за начертательной геометрией появляется вторая учебная дисциплина «Машиностроительное черчение», ориентированная на разработку чертежей (геометрических моделей) технических изделий, необходимых для их изготовления. Начертательная геометрия остается теоретической основой построения чертежей. В конце семидесятых годов прошлого столетия в учебных планах высших учебных заведений появляется учебная дисциплина «Компьютерная (машинная) графика», рассматривавшая вначале вопросы автоматизации выполнения чертежей, а в дальнейшем и методы трехмерного компьютерного геометрического моделирования.

С появлением методов трехмерного геометрического моделирования начался период интеграционного развития в области геометрической подготовки инженеров, который должен привести к разработке единой целостной качественно новой дисциплины «Инженерное геометрическое моделирование», имеющей принципиально новую идеологию геометрического моделирования.

Из приведенного анализа видно, что данный этап развития геометрической подготовки инженеров полностью совпадает с законами, направлением, механизмами развития соответствующей научной области. Закон перехода количественных изменений в качественные подтверждается тем, что вначале существовала одна учебная дисциплина «Начертательная геометрия», ориентированная на геометрическую подготовку, а затем последовательно появляются еще две - «Инженерная графика» и «Компьютерная графика». На следующем этапе на основе этих дисциплин идет формирование единого целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование». Второй закон - отрицание отрицания - подтверждается тем, что в начале существовала одна дисциплина, затем пошел процесс отрицания целостности и форми-

рования на основе этой дисциплины нескольких дисциплин, т.е. отрицание целостности, далее этап формирования целостной дисциплины (курса) на основе ранее появившихся, т.е. отрицание многопредметности. Третий закон диалектики - единство и борьба противоположностей. В качестве таких противоположностей в образовании может считаться дифференцированная (многопредметная) и интегрированная (единый целостный курс) форма обучения. В области геометрической подготовки мы имеем вначале дифференцированную (многопредметную) форму подготовки, а затем идет формирование единого целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование». В дальнейшем, очевидно, вновь начнет преобладать дифференцированная форма, но все это будет происходить уже на более высоком уровне.

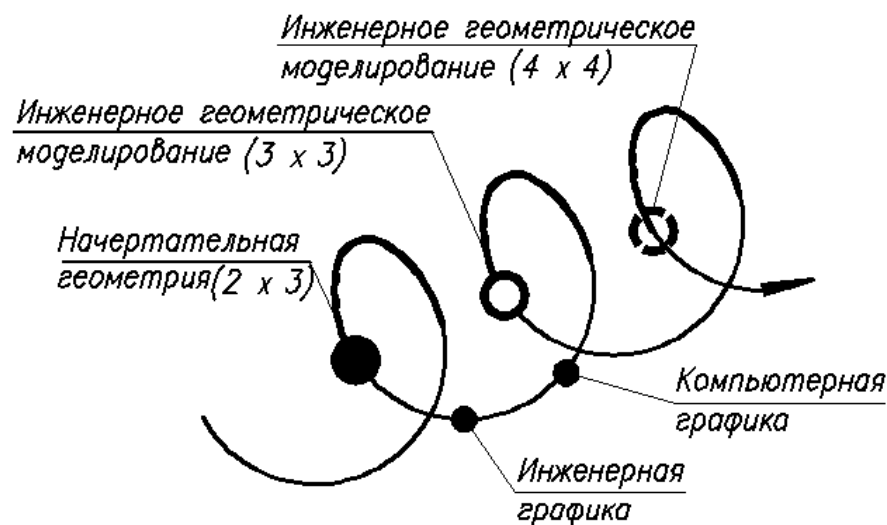


Рис. 2.4. Диалектическая модель процесса развития геометрической подготовки инженера

Таким образом, можно утверждать, что развитие геометрической подготовки инженеров осуществляется в полном соответствии с основными законами диалектики по спирали и отражает этапы развития

научной области (рис. 2.4). А источником развития геометрической подготовки инженеров является дифференциально-интеграционная форма обучения

Представленная модель развития геометрической подготовки позволяет осуществлять прогнозирование ее развития, предвидя ее качественные изменения, и разрабатывать технологию проектирования содержания, ориентируясь на перспективу. Таким образом, можно утверждать, что наступает новый период (виток диалектической спирали) - период трехмерного геометрического моделирования в области геометрической подготовки, а на очереди уже стоит период четырехмерного геометрического моделирования и т.д.

Если проанализировать временные рамки каждого периода развития геометрического моделирования, то мы увидим, что первый этап длился тысячелетия, второй - несколько тысяч лет, третий (начертательная геометрия) - двести лет, четвертый - несколько десятилетий, ну а пятый - порядка десяти лет. Следовательно, интенсивность развития геометрического моделирования возросла до такой степени, что будет трудно сориентироваться и принимать правильные решения при проектировании содержания геометрической подготовки инженеров завтрашнего дня, не зная основных законов, механизмов и направления его развития

Из приведенного анализа видно, что развитие геометрической подготовки значительно отстает в своем развитии от темпов развития соответствующей научной области. Так, в системе образования наступил только еще интеграционный этап формирования содержания геометрической подготовки на основе трехмерных методов геометрического моделирования. Однако это до сих пор никак не отражено в учебных программах и ГОСах второго поколения. Как уже было отмечено, интеграционный этап развития имеет скачкообразный тип формирования целого. Созрели все необходимые условия и предпосылки для разработки единого целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование», приходящего на смену трем учебным дисциплинам: «Начертательной геометрии», «Инженерной графики» и «Компьютерной графики».

2.4. Структурно-функциональная модель инженерного геометрического моделирования

Исследование инженерной деятельности показало, что функция инженерного геометрического моделирования при осуществлении различных видов инженерной деятельности выражается в трех основных видах умений: создавать, читать и использовать геометрические модели (см. табл. 2.1.) - и отличается в первую очередь типом моделируемого объекта, его сложностью и уровнем исследований, проводимых на основе геометрической модели.

В то же время функция инженерного геометрического моделирования сама является деятельностью и может рассматриваться как самостоятельный вид инженерной деятельности – инженерное геометрическое моделирование, являющееся составной частью всех основных видов инженерной деятельности.

Наиболее полно раскрывается инженерное геометрическое моделирование при осуществлении конструкторской деятельности. Поэтому целесообразно рассмотреть инженерное геометрическое моделирование именно в рамках конструкторской деятельности.

Исследование конструкторской деятельности показало, что инженеру-конструктору для осуществления инженерного геометрического моделирования необходимо хорошо знать визуально-образный геометрический язык. Причем язык должен соответствовать современному уровню развития науки, техники и требованиям производства. Инженер должен уметь мыслить на визуально-образном геометрическом языке, т.е. иметь развитое пространственное мышление (воображение).

Для этого инженер должен, во-первых, уметь осуществлять геометрическое моделирование технических объектов, создавая различные конструкторские документы (геометрические модели) разнообразных изделий. К таким изделиям относятся в соответствии с ГОСТ 2.101-68 детали, сборочные единицы, комплекты, комплексы. В процессе конструкторской деятельности выполняются следующие виды (ГОСТ 2.102-68) конструкторских документов (геометрических моделей): чертеж детали (геометрическая модель отдельной детали), сборочный чертеж (геометрическая модель сборочной единицы), чертеж

общего вида (геометрическая модель сборочной единицы на промежуточном этапе конструирования), схема (геометрические модели или обозначения составных частей изделия и связи между ними), спецификация (документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта), пояснительная записка (документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия) и т.д.

Таблица 2.1

Содержание инженерного геометрического моделирования в различных видах инженерной деятельности

<i>Вид инженерной деятельности</i>	<i>Содержание функции инженерного геометрического моделирования</i>
1	2
Научно-исследовательская деятельность	<ul style="list-style-type: none"> - Разработка и конструирование геометрических моделей, разрабатываемых наукой объектов. - Чтение и анализ информации, представленной в геометрической форме. - Определение и исследование параметров научного объекта исследования по его геометрической модели.
Проектно-конструкторская деятельность	<ul style="list-style-type: none"> - Конструирование геометрической модели объекта проектирования. - Чтение и анализ геометрической информации при осуществлении процесса проектирования. - Исследование и определение параметров объекта по его геометрической модели.
Производственно-управленческая деятельность	<ul style="list-style-type: none"> Разработка и конструирование геометрических моделей различных объектов производства при реконструкции, ремонте производственного оборудования.

Окончание табл.2.1

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> - Чтение и анализ информации, представленной на визуально-образном геометрическом языке, при монтаже, эксплуатации, ремонте и утилизации оборудования и продукции. - Исследование (испытание) и определение параметров объекта по его геометрической модели.
Системотехническая деятельность	<ul style="list-style-type: none"> - Разработка и конструирование геометрических моделей объектов различных производственных комплексов. - Чтение и анализ информации, представленной на визуально-образном геометрическом языке и необходимой при осуществлении системотехнической деятельности. - Исследование и определение параметров объекта по его геометрической модели при осуществлении системотехнической деятельности.
Социотехническая деятельность	<ul style="list-style-type: none"> - Разработка и конструирование геометрических моделей социотехнической сфер деятельности. - Чтение и анализ информации, представленной на визуально-образном геометрическом языке и необходимой для осуществления социотехнической деятельности. - Исследование и определение параметров объекта по его геометрической модели при осуществлении социотехнической деятельности.

Во-вторых, инженер должен уметь читать информацию, описанную на визуально-образном геометрическом языке. Для реализации этого умения инженер должен хорошо знать визуально-образный геометрический язык и его техническое расширение, а также основные конструкторские документы (геометрические модели) и уметь их анализировать.

В-третьих, инженер должен уметь использовать геометрические модели при проведении различных исследований, извлекать из них необходимую информацию.

Инженерное геометрическое моделирование, развиваясь по диалектической спирали, достигло трех- и четырехмерного уровня. А это означает, что и визуально-образный геометрический язык вышел соответственно на трех- и четырехмерный уровень. Это же подтверждается и исследованием наиболее продвинутых технологий конструирования, используемых в промышленности.

В качестве первого шага для разработки структурно-функциональной модели инженерного геометрического моделирования в рамках конструкторской деятельности выделим основные функции инженерного геометрического моделирования (рис. 2.5) и построим таблицу (табл. 2.2), отражающую основные функций инженерного геометрического моделирования и соответствующие им знания и умения, которыми должен обладать инженер-конструктор. А затем выделим те из них, которые должны быть получены при изучении единого целостного фундаментального курса «Инженерное геометрическое моделирование», в соответствии с уровнем и перспективами развития науки и требованиями современных производств, т.е. на уровне трех- и четырехмерного моделирования.

Рассматривая функции инженерного геометрического моделирования, замечаем, что большинство функций и их содержание очень сильно перекликаются с функциями конструкторской деятельности. И это неудивительно, ведь инженерное геометрическое моделирование является базовой (системообразующей) функцией конструкторской деятельности. Выделим следующие функции инженерного геометрического моделирования: функция геометрического моделирования, проектировочная, технологическая, коммуникативная, научно-техническая, гуманистическая.

Функция геометрического моделирования направлена на разработку геометрической модели изделия на визуально-образном геометрическом языке. Для осуществления этой функции инженер должен хорошо владеть современным визуально-образным геометрическим языком, развивать на его основе пространственное конструктивное мышление, свободно создавать, читать и использовать информацию, представленную на визуально-образном языке, а значит, уметь:

- использовать технологию геометрического моделирования (средства и методы) для описания геометрических объектов, технических объектов (или технических систем);
- редактировать модели с учетом изменений, вносимых в результате различных расчетов, в том числе оптимизации; собирать из отдельных геометрических моделей сложные модели сборочных технических систем;
- создавать динамические геометрические модели технических систем;
- создавать визуальные образы различных размерностей и осуществлять переход от моделей одной размерности к моделям другой размерности и т.д.

Другие функции, выделенные в процессе анализа инженерного геометрического моделирования, являются вспомогательными и ориентированы на более эффективное осуществление функции геометрического моделирования.

Проектировочная функция направлена на обеспечение возможности использования средств и методов расчета геометрических характеристик геометрической модели изделия. Для осуществления этой функции инженер-конструктор должен знать основные способы и методы расчета и уметь осуществлять поиск научно обоснованных, технически осуществимых и экономически целесообразных инженерных решений разработки геометрической модели.

Технологическая функция направлена на обеспечение технологичности геометрической модели, т.е. должна отвечать основным требованиям, определяющим реальность и оптимальность изготовления по ней изделия в рамках соответствующего производства. Для ее осуществления инженер-конструктор должен иметь необходимые знания по

технологии изготовления разрабатываемого объекта на производстве, уметь задавать технологичные формы и размеры геометрической модели с необходимыми допусками и отклонениями.

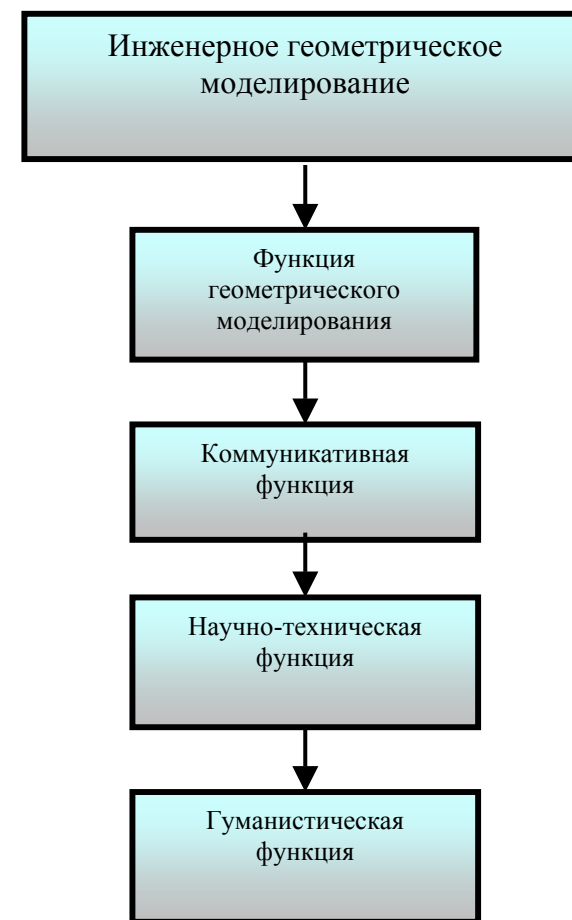


Рис. 2.5. Функции инженерного геометрического моделирования

Коммуникативная функция направлена на обеспечение связи между отдельными участниками процесса инженерного геометрического

моделирования с информационными и геометрическими базами данных и т.д. Для осуществления этой функции инженер-конструктор должен знать и уметь использовать современные средства и методы (в первую очередь компьютерные) хранения, передачи и извлечения геометрической информации; создавать и использовать компьютерные базы данных, содержащие необходимую геометрическую информацию, а также другие средства электронной связи (Интернет, компьютерные сети и т.д.); уметь читать информацию, выраженную на визуально-образном геометрическом языке.

Научно-техническая функция направлена на использование современных компьютерных технических и программных средств, обеспечивающих наивысшую производительность труда и качество геометрических моделей. Для этого инженер-конструктор должен постоянно изучать и уметь использовать последние достижения в области компьютерных технологий и обеспечивать преемственность при переходе от одних систем геометрического моделирования к другим.

Гуманистическая функция инженера-конструктора приобретает на современном этапе особое значение, так как к создаваемым техническим системам предъявляются все более высокие эстетические и эргономические требования. Для успешного выполнения этой функции инженер-конструктор должен знать и уметь применять при осуществлении геометрического моделирования современные технологии технического дизайна и промышленной эргономики.

Из приведенной таблицы видно, что такие функции, как проекторная и технологическая, в полном объеме изучаются после прохождения геометрической подготовки при изучении других учебных дисциплин, которые должны войти в будущий единый целостный цикл конструкторской подготовки.

Научно-техническая функция содержит пункт: уметь составлять программы на различных языках программирования. Этот пункт необходимо разделить на две части. Знания и умения программировать на алгоритмических языках относятся к области информатики и должны быть реализованы на кафедрах информатики. Но если это графические языки используемой геометрической компьютерной системы, то их целесообразно изучать в рамках геометрической подготовки, т.е. они

должны входить в проектируемый курс «Инженерное геометрическое моделирование».

Таблица 2.2

Соотнесение знаний и умений функциям инженерного геометрического моделирования

<i>Функции инженерного геометрического моделирования</i>	<i>Умения инженерного геометрического моделирования</i>
1	2
<p>Функция геометрического моделирования: - геометрическое моделирование геометрических моделей классических форм</p>	<p>Иметь пространственное конструктивное воображение, т.е. знать теоретические основы визуально-образного геометрического языка.</p> <p>Уметь создавать пространственные геометрические модели классических форм (тел):</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить и редактировать двухмерные геометрические модели с элементами сопряжений и лекальных кривых; - строить и редактировать трехмерные геометрические модели различных видов: каркасные, поверхностные, сплошные; - строить и редактировать четырехмерные геометрические модели. <p>Уметь располагать разрабатываемые визуально-образные геометрические модели в пространстве и осуществлять их взаимодействие, получая необходимые результаты.</p> <p>Уметь осуществлять перевод геометрических моделей одной размерности в другую, например трехмерной в двухмерную, и наоборот.</p>

Продолжение табл. 2.2

1	2
- геометрическое моделирование различных инженерных (технических) объектов	<p>Уметь из имеющихся (или создаваемых) визуально-образных геометрических моделей извлекать необходимую информацию и создавать геометрические модели другого типа. Например, построение разверток геометрических моделей.</p> <p>Уметь строить двух-, трех- и четырехмерные геометрические модели (конструкторские документы) технических изделий, используемых в современном производстве в соответствии с требованиями ГОСТ и производства.</p> <p>Уметь вносить необходимую информацию в геометрическую модель в соответствии с требованиями ГОСТ.</p> <p>Уметь читать и анализировать информацию, представленную на визуально-образном техническом языке.</p>
Научно-техническая функция	<p>Знать и уметь выбирать современные, перспективные, соответствующие уровню конкретного производства компьютерные технические и программные средства геометрического моделирования.</p> <p>Уметь работать в различных компьютерных системах геометрического моделирования.</p> <p>Уметь составлять компьютерные программы на различных языках программирования.</p> <p>Знать и уметь использовать технические средства компьютерных геометрических систем.</p>

Окончание табл. 2.2

1	2
Коммуникативная функция	<p>Знать и уметь использовать современные средства и методы сохранения, передачи, извлечения и систематизации геометрической информации.</p> <p>Знать и уметь создавать и использовать существующие современные базы данных геометрической информации.</p> <p>Знать и уметь использовать Internet, электронные сети, электронную почту и т.д.</p>
Гуманистическая функция	<p>Знать и уметь использовать средства и методы, наиболее приближенные к естественным, для создания геометрических моделей, максимально приближенных к объектам проектирования, на основе эстетико-эргономических требований, используя цвет, освещенность и движение, и т.д.</p>
Проектировочная функция	<p>Знать и уметь осуществлять различные механические, технологические и другие расчеты, используя самые современные подходы и программные продукты.</p>
Технологическая функция	<p>Знать и уметь осуществлять технологическую подготовку производства конструируемого изделия</p>

Эта же функция, предполагающая знания и умения использования технических и программных компьютерных средств, также тесно связана с информатикой. И поэтому должна согласовываться с учебными программами кафедр информатики. При прохождении проектируемого курса «Инженерное геометрическое моделирование» должны рассматриваться в первую очередь особенности технических и программных систем, ориентированных на геометрическое моделирование.

Из анализа конструкторской деятельности пришли к выводу, что при ее реализации инженер осуществляет несколько функций: одна системообразующая - инженерное геометрическое моделирование, пять вспомогательных - проектировочная, технологическая, коммуникативная, научно-техническая, гуманистическая. Причем знания и умения по геометрическому моделированию (системообразующая функция) студент получает при прохождении учебных дисциплин «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика». Основы знаний и умений по трем вспомогательным функциям: коммуникативной, научно-технической и гуманистической - также изучаются при прохождении этих дисциплин. А это означает, что знания и умения по этим четырем функциям инженерного геометрического моделирования должны изучаться при прохождении разрабатываемого единого целостного фундаментального курса «Инженерное геометрическое моделирование».

Отдавая должное методу анализа функций инженерного геометрического моделирования при осуществлении конструкторской деятельности, нельзя ограничиваться требованиями к знаниям и умениям, идущими только от его основных функций.

Рассмотрим специальные для инженерного геометрического моделирования понятия структуры труда: цель труда (конечный результат), объект труда, предмет, на который направлен труд инженера-конструктора при осуществлении инженерного геометрического моделирования, средства труда, способы деятельности, опираясь на подробно рассмотренные выше понятия целостной конструкторской деятельности.

Целью инженерного геометрического моделирования является геометрическая модель конструкции изделия, являющаяся основой конструкторской документации.

Предметом труда инженерного геометрического моделирования является процесс создания геометрической модели технического объекта, его закономерности и содержание, формы, методы и технология геометрического моделирования. В последнее время предмет труда инженерного геометрического моделирования претерпел принципиальные изменения. Это связано в первую очередь с появлением современных компьютерных систем геометрического моделирования, ис-

пользованием электронных баз данных и электронной связи, обеспечивающих быстрый доступ и мгновенное использование визуально-образной геометрической информации и передачи ее заказчику. Но самое главное то, что при переходе на трехмерное геометрическое моделирование отпала необходимость преобразования в результате огромной мыслительной деятельности трехмерного мысленного образа в двумерный визуальный образ и обратно. Геометрическое моделирование осуществляется теперь на естественном трехмерном визуальном языке.

Объектом инженерного геометрического моделирования являются геометрические модели, их взаимодействие и взаимоотношение существующих реально или созданных в результате мыслительной деятельности технических объектов. В результате интеграции научной и производственной сфер человеческих деятельности и перехода на новый уровень геометрического моделирования произошли качественные изменения объекта труда. На смену двумерным чертежам, выполняемым на бумаге с помощью чертежных инструментов, пришли электронные двух-, трех- и четырехмерные компьютерные модели, что позволило перейти на безбумажную технологию геометрического моделирования.

Средства инженерного геометрического моделирования также претерпели значительные изменения. На смену чертежным инструментам пришли современные компьютерные геометрические системы. Компьютер, в свою очередь, перестает быть электронным кульманом. Особенностью современного этапа является использование компьютерных средств хранения и передачи геометрической информации. Интерактивные средства геометрического моделирования позволяют в режиме диалога в реальном времени осуществлять геометрическое моделирование и визуально контролировать его. В качестве средств создания твердых копий используются высокоскоростные цветные высококачественные принтеры и плоттеры.

Изменение средств труда привело и к изменению *места труда*. Теперь инженер-конструктор может осуществлять геометрическое моделирование за монитором компьютера, находясь дома или в другом месте, удаленном от базового центра организации. Информацию, хранящуюся в базах данных, конструктор может получить за короткий

промежуток времени практически мгновенно, не выходя из-за рабочего места, независимо от того, где оно находится, дома или в офисе. В результате перехода на новый уровень геометрического моделирования (с двухмерного на трехмерный) изменилась технология построения геометрических моделей, что позволило значительно упростить процесс конструирования, резко сократить время конструирования.

Инженер для осуществления инженерного геометрического моделирования в рамках конструкторской деятельности должен обладать следующими качествами:

1) *пространственным воображением* — способностью мысленно представить изделие, конструктивную форму любых деталей, их относительное расположение и взаимную связь, возможные перемещения, действующие силы деформации, картину обслуживания изделия;

2) *умением комбинировать* — быстро создавать мысленные образы пространственного расположения механизмов и связей между ними, сопоставлять различные варианты и выбирать лучшие;

3) *систематичностью в работе* — соблюдением определенной последовательности при выполнении однотипных работ, систематизацией своих знаний, опыта; это обстоятельство положительно сказывается на качестве и производительности труда.

Для разработки модели инженера, осуществляющего инженерное геометрическое моделирование, принципиально важными являются следующие концептуальные положения.

- Визуально-образный геометрический язык является основным языком инженера, посредством которого осуществляется интеграция различных видов инженерной деятельности.

- Геометрическая модель - интеграционная основа всех видов инженерной деятельности. Так, в научно-исследовательской деятельности она используется в упрощенной форме и необходима для расчета и исследования ее параметров, в проектно-конструкторской - приобретает законченный вид, в производственной - используется для осуществления процесса изготовления технической системы.

- Уровень изделий, получаемых в результате инженерной деятельности, определяется во многом уровнем разрабатываемой конструкторской документации (геометрической модели) – конкурентоспособной, с высоким уровнем профессиональной культуры, соответ-

ствующим уровню развития науки, техники и требованиям производства; отвечающим современным требованиям технического дизайна и эргономики. Отсюда и цели инженерного геометрического моделирования расширяются. Их дополняют знания в области компьютерных информационных технологий (программных и технических средств), технического дизайна, эргономики и т.д.

- Инженеру, занимающемуся инженерным геометрическим моделированием, должны быть присущи такие качества, как способность к творческой деятельности, самостоятельность в принятии решений и владение научно-практическими навыками. Эти приоритетные черты являются важнейшими предпосылками высокой конкурентоспособности современного инженера, умеющего решать задачи, возникающие в условиях жестких механизмов рыночной экономики, востребованности его потенциала при трудоустройстве [221].

В основу разработки модели инженера, осуществляющего инженерное геометрическое моделирование, положен принцип диалектичности, позволяющий рассматривать ее в целом и в развитии и обеспечивающий выполнение таких *принципов*, как:

- целостность и полнота разрабатываемой модели, отражающие всю совокупность компонентов, функций, геометрических задач, определяющих содержание и процесс геометрического моделирования в рамках конструкторской деятельности;

- динамичность и прогностичность модели, отражающие динамику развития инженерного геометрического моделирования и перспективы ее развития;

- соответствие используемых технических и программных средств уровню решаемых проектных задач и требований производства.

- реалистичность и рациональность модели, обеспечивающиеся реальным соответствием между планируемыми целями, реальными возможностями и существующими средствами реализации геометрического моделирования на рациональной основе.

Материальным выражением модели подготовки специалиста в области инженерного геометрического моделирования в рамках конструкторской деятельности являются состав, содержание и последовательность выполнения специалистом задач инженерного геометриче-

ского моделирования, которые в комплексе охватывают все виды деятельности инженера.

Проблемы и затруднения инженерного геометрического моделирования. Инженерное геометрическое моделирование находится в стадии становления принципиально новой идеологии – идеологии трехмерного геометрического моделирования. Главным препятствием быстрого перехода является не наличие или отсутствие необходимых технических и программных компьютерных средств (сейчас это не проблема), а человеческий фактор (непонимание инженерами, подготовленными в рамках старой идеологии, происходящих изменений). Именно отсутствие концепции развития геометрического моделирования, рассматривающей данную область в целом и в развитии, и раскрывающей законы и механизмы его развития, не позволяет понять, что время начертательной геометрии прошло. Она умерла естественной смертью, и ей на смену пришло трех- и четырехмерное геометрическое моделирование. А это означает, что инженеры должны учиться мыслить на принципиально новом трех- и четырехмерном геометрическом языке. В то же время высшая техническая школа продолжает готовить инженерные кадры по старым программам и тем самым усугубляет положение, сложившееся в инженерной сфере.

ГЛАВА 3 ОПЕРЕЖАЮЩЕЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРА

3.1. Анализ структуры и содержания геометрической подготовки инженера

При разработке целостного цикла конструкторской подготовки именно геометрическая подготовка становится базовым курсом, уровень которого определяет уровень всего целостного цикла и даже возможность его реализации в системе инженерного образования. Таким курсом должен стать единый целостный учебный курс «Инженерное геометрическое моделирование», приходящий на смену трем учебным дисциплинам: «Начертательной геометрии», «Инженерной графики» и «Компьютерной графики». Но это должно быть не простое сложение трех учебных дисциплин, а именно их интеграция с выходом на принципиально новый уровень геометрической подготовки – на уровень трех- и четырехмерного геометрического моделирования, т.е. выход на принципиально новую идеологию геометрического моделирования. Поэтому вначале проанализируем современное состояние структуры и содержания геометрической подготовки инженеров, теоретической основой которой является начертательная геометрия.

Все содержание геометрической подготовки инженера можно разделить на две части: теоретические основы геометрического моделирования (начертательная геометрия) и техническое геометрическое моделирование (инженерная графика). Рассмотрим каждый из этих разделов.

В качестве примера для осуществления анализа теоретической основы геометрического моделирования возьмем учебный курс «Начертательная геометрия», изложенный в учебнике А.Д. Посвянского [63].

Представим теоретический материал дисциплины в виде таблицы, определяющей соотношение задач и теоретического материала, необходимого для их решения (табл. 3.1.). В левой колонке таблицы содержится перечень задач, решаемых начертательной геометрией, в правой колонке - теоретический материал начертательной геометрии, необходимый для решения указанных задач.

Таблица 3.1

Соотношение основных задач геометрического моделирования и теоретического материала начертательной геометрии, необходимого для их решения

<i>Задачи, решаемые начертательной геометрией</i>	<i>Теоретические основы начертательной геометрии</i>
1	2
Построение простейших геометрических элементов на комплексном чертеже.	Геометрическое и физическое пространство. Система координат геометрического пространства Методы проецирования. Эпюр Монжа. Комплексный чертеж точки, прямой, плоскости, плоских фигур. Частное положение и видимость геометрических элементов на комплексном чертеже. Геометрические модели, их классификация и свойства, способы задания. Кривые линии, их классификация и способ задания. Методика построения комплексного чертежа плоских и пространственных кривых линий.
Построение пространственных геометрических элементов (многогранников и поверхностей) на комплексном чертеже.	Многогранники: классификация, способы задания, свойства. Пересечение многогранника с плоскостью. Пересечение многогранника с прямой. Взаимное пересечение многогранников. Пересечение многогранника с плоскостью. Пересечение многогранника с прямой. Взаимное пересечение многогранников. Поверхности: методы образования, задание и классификация поверхностей (поверхности вращения, линейчатые поверхности, поверхности второго порядка, вин-

Продолжение табл. 3.1

1	2
	товые поверхности, цикловые и топографические поверхности). Технология (средства и методы) построения геометрических моделей начертательной геометрии.
Задачи позиционирования (расположения) геометрических элементов относительно плоскостей проекций и друг друга при построении геометрических моделей.	Взаимное расположение двух точек. Взаимное расположение точек и прямой. Взаимное положение двух прямых. Взаимное расположение точки и плоскости. Взаимное расположение прямой и плоскости. Взаимное расположение двух плоскостей. Ортогональная проекция прямого угла. Прямые наибольшего уклона плоскости. Перпендикулярность прямой и плоскости. Взаимная перпендикулярность плоскостей. Взаимная перпендикулярность прямых общего положения.
Задачи, направленные на определение геометрических характеристик геометрических моделей (метрические задачи): определение расстояний, истинных величин геометрических элементов.	Способ замены плоскостей проекций. Способ вращения вокруг проецирующей прямой. Способ вращения вокруг прямой уровня (способ совмещения). Способ дополнительного проектирования.
Задачи построения сложных (составных) геометрических моде-	Пересечение поверхностей с плоскостью. Пересечение поверхностей с прямой. Способ вспомогательных проецирующих

Окончание табл. 3.1

1	2
лей: взаимодействие (пересечение) геометрических моделей.	плоскостей (способ конкурирующих линий). Способ вспомогательных плоскостей общего положения (способ дополнительного проецирования). Способ вспомогательных сфер.
Построение разверток.	Общие понятия о разворачивании поверхностей. Теоретические основы построения разверток различных видов поверхностей.
Построение аксонометрических проекций	Теоретические основы построения разверток: ортогональная аксонометрическая, стандартные аксонометрические системы.

Из представленных результатов видно, что теоретический материал начертательной геометрии может быть поделен на две части. Первая часть - это теоретический материал, относящийся к непосредственному решению основных задач геометрического моделирования и образующий инвариантное ядро дисциплины; вторая часть - это теоретический материал, ориентированный на разработку средств и методов решения задач геометрического моделирования на комплексном чертеже Г. Монжа и образующий вариантную оболочку дисциплины. Содержание оболочки привязано к конкретной системе геометрического моделирования (начертательной геометрии) и изменяется при переходе с одного уровня геометрического моделирования на другой.

Создадим таблицу, отобрав в левую колонку материал, относящийся к инвариантному ядру дисциплины, а в правую – материал, относящийся к вариантной оболочке.

Из табл. 3.2. видно, что теоретический материал левой колонки (ядро дисциплины) относится к визуально-образному геометрическому языку, к семантике языка относится понятие геометрического пространства, классификация геометрических элементов, их свойства и способы формирования, к синтаксису языка - методы формирования сложных геометрических моделей из геометрических элементов (ме-

тоды взаимодействия и позиционирования геометрических элементов и т.д.).

К вариантной оболочке относятся система координат, методы создания геометрических моделей (методы проектирования), технология построения геометрических моделей и исследования их свойств. Это часть содержания составляет до 90% от общего объема теоретического материала и меняется с переходом на новый уровень геометрического моделирования. В рамках системы трехмерного геометрического моделирования формируется новая оболочка, выполняющая те же функции, но на качественно новом уровне. Теоретический материал оболочки начертательной геометрии заменяется логическими процедурами (командами) трехмерного геометрического моделирования.

Таблица 3.2

Структура содержания курса начертательной геометрии

<i>Ядро содержания</i>	<i>Оболочка содержания</i>
<p>Геометрическое пространство, геометрические элементы, проективное пространство и его размерность.</p> <p>Классификация геометрических элементов, определение, способы задания, свойства геометрических объектов.</p> <p>Взаимодействие и позиционирование геометрических моделей в трех- и четырехмерном пространстве: системы координат, методы ориентации моделей относительно друг друга и т.д.</p>	<p>Средства и методы отображения геометрических элементов: методы проецирования.</p> <p>Методы преобразования геометрического пространства в рамках выбранной системы координат и методов отображения.</p> <p>Технология построения геометрических объектов в рамках выбранной системы координат и методов отображения.</p> <p>Технология исследования свойств геометрических элементов в рамках выбранной системы координат и методов отображения.</p>

Рассмотрим практические задачи, решаемые в рамках начертательной геометрии, их структуру и назначение. Они так же, как и теоретический материал, делятся на две группы. К первой относятся непосредственно задачи геометрического моделирования, а ко второй - задачи, необходимые для освоения знаний и умений использования средств и методов начертательной геометрии для решения основных задач геометрического моделирования.

К первой группе относятся следующие задачи:

- построение простейших геометрических элементов (точка, отрезок, плоскость) на комплексном чертеже Г. Монжа;
- позиционирование и взаимодействие простейших геометрических элементов (определение точек, линий пересечения, видимости);
- определение метрических характеристик геометрических элементов;
- построение многогранников и поверхностей на комплексном чертеже;
- позиционирование и взаимодействие многогранников и поверхностей (размещение геометрических моделей относительно друг друга в соответствии с поставленной задачей, построение сложных (составных) объектов, определение их линии пересечения и видимости отдельных фрагментов модели);
- построение разверток поверхностей;
- построение аксонометрических проекций геометрических объектов.

Ко второй группе относятся задачи:

- задачи определения положения простейших геометрических элементов по отношению к плоскостям проекций;
- преобразование комплексного чертежа, направленное на достижение особого положения объекта проектирования по отношению к плоскостям проекций и наоборот;
- освоение знаний и умений использования различных способов решения основных задач взаимодействия отдельных геометрических моделей на комплексном чертеже.

Таким образом, мы выделили два типа задач и лабораторно-графических работ, решаемых в рамках курса начертательной геометрии. Все работы выполняются на комплексном чертеже Г. Монжа на

бумажном носителе в ручном варианте с помощью чертежных инструментов. Создаваемые изображения являются двухмерными.

Анализируя содержание основных задач геометрического моделирования, можно выделить четыре типа практических задач.

Первый тип задач направлен на освоение знаний и умений, необходимых для создания отдельных геометрических элементов на комплексном чертеже в соответствии с заданными параметрами. Для их решения необходимо знать теоретический материал, включающий классификацию геометрических элементов, их свойства и способы задания, а также теоретический материал построения на комплексном чертеже Г. Монжа.

Второй тип задач направлен на выработку знаний и умений, необходимых для исследования геометрических моделей, путем преобразования комплексного чертежа с целью определения геометрических свойств объекта по его модели на комплексном чертеже. Для решения второго типа задач необходимо знать, кроме указанного ранее, теоретический материал по преобразованию комплексного чертежа.

Третий тип задач направлен на получение знаний и умений, необходимых для построения сложных (составных) геометрических моделей, определения линий их пересечения. Для решения третьего типа задач необходимо, кроме теоретического материала, освоенного ранее, изучить методы позиционирования и взаимодействия геометрических моделей.

Четвертый тип задач - построение разверток отдельных поверхностей - направлен на освоение знаний и умений построения разверток по их двухмерным моделям.

Проанализировав представленную информацию, можно утверждать, что задачи первой группы направлены на освоение знаний и умений построения геометрических моделей в рамках конкретной системы координат, предложенной Г. Монжем. Второй тип задач появился в результате проблем, возникших из-за несоответствия размерности модели и объекта моделирования, и привязан к конкретной системе геометрического моделирования (начертательной геометрии). Переход к другому уровню геометрического моделирования автоматически исключает этот тип задач. Построение сложных геометрических моделей и разверток поверхностей, реализуемое в рамках конкретной системы

геометрического моделирования (начертательной геометрии), требует изучения большого объема теоретического материала применительно к этой системе моделирования.

В то же время необходимо отметить, что с переходом к трехмерному геометрическому моделированию расширяется или решается по-другому целый ряд задач: позиционирование, объединение, визуализация, динамика, связь с системами расчета разрабатываемой геометрической модели и т.д.



Рис. 3.1. Структурная модель начертательной геометрии

На основе проведенного анализа следует, что структура содержания начертательной геометрии, являющейся теоретической основой геометрической подготовки инженера, может быть представлена в виде структурной модели, изображенной на рис. 3.1.

Представим структуру и содержание учебной дисциплины «Инженерная графика» в виде табл. 3.3, где в левой колонке располагается перечень практических задач инженерной графики, а в правой - теоретический материал.

Таблица 3.3

Соотнесение теоретического материала задачам, решаемым в рамках учебной дисциплины «Инженерная графика»

Практические задачи инженерной графики	Теоретический материал «Инженерной графики»
<p>Чертежи плоских контуров с элементами сопряжений и лекальными кривыми, оформляемые в соответствии с требованиями ЕСКД.</p> <p>Чертежи оригинальных изделий, полученных снятием слоя материала, <i>литьем, листовых изделий и т.д.</i></p> <p>Чертежи деталей со стандартным изображением.</p> <p>Чертежи стандартных резьбовых изделий и резьбовых соединений.</p> <p><i>Чертежи неразъемных соединений: сварных, клеевых, паяных и др.</i></p> <p><i>Чертежи трубопроводов.</i></p> <p>Чертеж сборочной единицы - сборочный чертеж.</p>	<p>Правила оформления конструкторской документации в соответствии со стандартами ЕСКД.</p> <p>Изображения, выполняемые на чертежах.</p> <p>Правила нанесения размеров на чертежах.</p> <p>Правила изображения и обозначения резьбы, стандартных резьбовых изделий.</p> <p>Правила оформления рабочих чертежей: надписи на чертежах; обозначение материалов; нанесение размеров; обозначение шероховатости поверхности.</p> <p>Правила выполнения чертежей оригинальных деталей.</p> <p>Правила выполнения чертежей деталей со стандартным изображением: пружины, зубчатого колеса.</p> <p>Правила изображения и обозначения соединений деталей: резьбовых, шпоночных, сварных, клеевых, паяных, заклепочных.</p> <p>Виды изделий, их документация: чертеж общего вида, сборочный чертеж, схема.</p>

Проанализировав представленную информацию, можно выделить инвариантное ядро содержания инженерной графики, являющееся техническим расширением визуально-образного геометрического языка

ка. Модели конструктивных элементов инженерных изделий (фаски, проточки, ребра и т.д.), стандартных изделий (болты, шайбы, гайки и т.д.) и деталей со стандартным изображением (зубчатые колеса, пружины и т.д.) – семантика технического расширения геометрического языка. Технология взаимодействия отдельных моделей конструктивных элементов – синтаксис языка.

Технология построения и правила оформления геометрических моделей (чертежей) образуют вариантную оболочку содержания инженерной графики. При этом следует отметить, что правила оформления чертежей сейчас находятся на стадии перехода к новой форме в соответствии с требованиями компьютерных технологий (рис. 3.2).

Анализируя задачи (левая колонка табл. 3.3), решаемые в рамках инженерной графики, следует отметить, что многие из обозначенных задач не включаются в рабочие программы (выделены курсивом) или решаются в весьма ограниченном объеме ввиду нехватки времени.

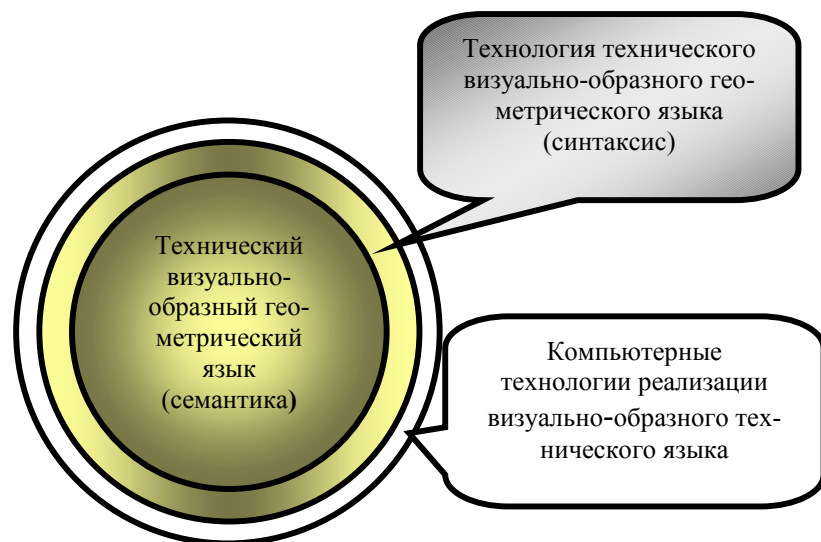


Рис. 3.2. Структурная модель инженерной графики

Таблица 3.4

Соотнесение теоретического материала задачам, решаемым в рамках учебной дисциплины «Компьютерная графика»

<i>Практические задачи «Компьютерной графики»</i>	<i>Теоретический материал «Компьютерной графики»</i>
Задачи геометрического моделирования для демонстрации технологии системы геометрического моделирования: - построение плоского контура; - построение элементарных геометрических моделей; - построение составных геометрических моделей	Компьютерная система геометрического моделирования: - устройство системы; - технология построения геометрических моделей; - позиционирование и взаимодействие геометрических моделей; - технология определения геометрических характеристик модели; - технология редактирования геометрических моделей; - технология создания, хранения, извлечения и передачи геометрической информации

Третьей учебной дисциплиной является «Компьютерная графика». Ее практическое и теоретическое содержание представлено в табл. 3.4. Главная цель этой дисциплины - освоение компьютерной системы геометрического моделирования, ее технологии построения, редактирования и исследования геометрических моделей. Компьютерная графика является средством реализации геометрического моделирования на визуально-образном геометрическом языке, поэтому теоретический материал дисциплины направлен именно на приобретение знаний и умений использования соответствующей системы геометрического моделирования. А практические задачи направлены на демонстрацию этой технологии. Следовательно, содержание учебной дисциплины «Компьютерная графика» является фактически оболочкой в структурной модели геометрического моделирования (рис. 3.3). Изучение оболочки (средств) после прохождения всего курса, в том числе и оболоч-

ки геометрического моделирования на уровне начертательной геометрии, имеющей принципиально иную идеологию, является нелогичным.

Таким образом, на основе проведенного анализа в курсе геометрической подготовки инженеров, построенном на основе начертательной геометрии, выделено три раздела: начертательная геометрия (теоретические основы геометрического моделирования), инженерная графика (техническое геометрическое моделирование) и компьютерная графика (средства компьютерного геометрического моделирования). Цель первого раздела - изучение визуально-образного языка (языка геометрического моделирования), а также средств и методов используемой системы геометрического моделирования. Цель второго раздела - освоение знаний и умений разработки геометрических моделей (конструкторской документации) технических изделий с учетом всех требований, предъявляемых Государственными стандартами, на основе теоретических знаний и умений, приобретенных при изучении первого раздела. Цель третьего раздела - освоение знаний и умений использования компьютерной системы геометрического моделирования.

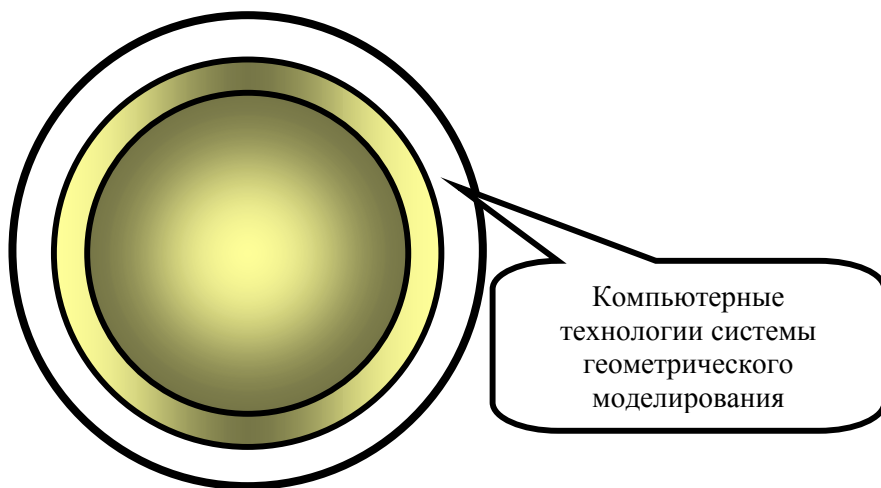


Рис 3.3. Структурная модель компьютерной графики

Анализ задач, решаемых в рамках начертательной геометрии и инженерной графики, показал, что часть задач является не задачами геометрического моделирования, а задачами, направленными на преодоление недостатков самой системы геометрического моделирования. В результате это привело к дефициту времени, отводимого на решение многих основных задач инженерного геометрического моделирования или их упрощенное рассмотрение.

3.2. Педагогическое проектирование содержания геометрической подготовки инженера

Исследования, проводимые в области педагогического проектирования содержания геометрической подготовки, ориентированы в основном на совершенствование структуры и содержания существующей системы подготовки, базирующейся на методах начертательной геометрии, т.е. на двухмерном геометрическом моделировании [1, 23, 97]. Можно выделить три основных направления в научных исследованиях, проводимых в области педагогического проектирования геометрической подготовки инженеров.

Первая группа исследователей делает упор на традиционную начертательную геометрию, структура и содержание которой со времен Г. Монжа не претерпели сколько-нибудь существенных изменений. Так, В.И. Якунин [97], опираясь на системно-деятельностные представления, предлагает обосновывать функции и структуру содержания по стадиям усвоения. На первой стадии формируется целостное представление деятельности, на втором - создается база знаний предметной области, на третьей - по ядру предметной области разрабатывается структура и содержание учебной дисциплины.

Используя системологический подход к разработке структуры и содержания геометрической подготовки, И.Н. Акимова [1] предлагает алгоритмизированную технологию обучения на основе существующего содержания.

Н.Ю. Ермолаева [23] подходит к проектированию содержания, используя модульный подход, обеспечивающий модульный характер обучения графическим дисциплинам.

Л.Г. Нартова [52, 53] предлагает концепцию единой геометрической подготовки, включающую начертательную и аналитическую геометрии. При этом начертательная геометрия называется прикладной геометрией, а в качестве главного принципа предлагается «изучение геометрических фигур на основе установления их общности и различия». Безусловно, вопрос интеграции различных геометрий необходимо рассматривать, но подходить к этому вопросу следует подготовленно и осторожно, так как эти дисциплины, имеют единый предмет изучения, но различные предметные языки. А обоснования такого подхода Л.Г. Нартова не дает, да и вряд ли его стоит делать, опираясь на морально устаревшие методы геометрического моделирования. После изучения геометрий «рекомендуется изучать курс инженерной графики с элементами компьютерной графики», т.е. автор еще раз подтверждает свою приверженность к устаревшей идеологии геометрического моделирования.

Ю.В. Котов [37, 38], соглашаясь с Г. Монжем, что начертательная геометрия, с одной стороны, язык, а с другой - средство и метод его реализации, видит так же, как и Л.Н. Нартова, главную ошибку в разделении геометрии на начертательную и аналитическую. С такой позицией согласиться, конечно же, нельзя. Аналитическая геометрия появилась в результате дифференцированного развития и сформировалась в самостоятельную область знания. В дальнейшем в результате интеграции начертательной геометрии с другими областями знания, в том числе и аналитической геометрией, геометрическое моделирование в своем развитии перешло на новый уровень – уровень трех- и четырехмерного геометрического моделирования.

Л.А. Найниш и др. разрабатывают основные дидактические принципы (научность, доступность, наглядность и связь с практикой) применительно к начертательной геометрии, рассматривая традиционную структуру и содержание графической подготовки.

В.В. Степакова [81] делает уклон на проектирование содержания черчения в средней школе, опираясь на идеологию начертательной геометрии. При этом она предлагает ввести элементы компьютерной графики и дизайна.

Вторая группа исследователей, не отвергая начертательную геометрию, большое внимание уделяет изучению компьютерной графики.

При этом обе учебные дисциплины рассматриваются как самостоятельные.

Так, И.Г. Ступак активно занимается проектированием содержания курса «Компьютерная графика» на основе компьютерных графических систем «Компас», используя личностный подход в обучении.

М.В. Лагунова [43], обозначая «уровень и качество многофункциональной графической подготовки» как «уровень графической культуры», предлагает эволюционную модель графической подготовки от «элементарной графической грамотности» до достижения уровня «графической культуры» в процессе графической подготовки, достигаемой на последнем курсе обучения. «Уровень графической культуры», по мнению М.В. Лагуновой, составляет «образовательный потенциал личности инженера». Из предлагаемой структуры уровней графической культуры видно, что в качестве теоретической основы геометрического моделирования предлагается начертательная геометрия, специальные главы которой изучаются вплоть до пятого курса. В то же время предлагается использовать компьютерную графику и системы автоматизированного проектирования.

Н.Т. Морозова [49] при изучении инженерной графики использует компьютерную графическую систему AutoCAD, а при проведении лекций - аудио- видеотехнику и различные программные продукты, например PowerPoint, Exel и др.

На кафедре «Начертательной геометрии и графики» Петербургского государственного университета путей сообщения проводится работа по внедрению основ компьютерной графики в учебный процесс (С.О. Немолотов) [56].

Компьютерные технологии геометрического моделирования активно внедряются в учебный процесс многих высших учебных заведений [64], при этом теоретической основой геометрического моделирования остается начертательная геометрия, т.е. продолжают попытки разработать структуру и содержание «графической подготовки» путем соединения двух принципиально различных идеологий геометрического моделирования.

Третья группа ученых, понимая, несовместимость идеологий начертательной геометрии и компьютерного геометрического моделирования, предлагает отказаться от начертательной геометрии и решать

задачи инженерной графики методами компьютерной графики [84, 85]. В США решили вопрос еще более радикально, заменив начертательную геометрию и инженерную графику единой учебной дисциплиной «Компьютерная графика» [99]. Безусловно, идеология начертательной геометрии морально устарела и ее изучение противоречит здравому смыслу, но это не дает повода для отказа от изучения теоретических основ геометрического моделирования, т.е. визуально-образного геометрического языка – основного языка инженера. Речь может идти только лишь о создании (педагогическом проектировании структуры и содержания) нового уровня геометрического моделирования, т.е. о переходе на теорию трех- и четырехмерного компьютерного геометрического моделирования [75, 76, 102].

Из приведенного литературного анализа видно, что глубоких теоретических исследований структуры и содержания геометрической подготовки не проводилось уже давно. Все исследования сводятся к попыткам внести косметические изменения, оставляя структуру и содержание фактически без изменений, или к применению новых подходов к изучению старого содержания с помощью современных компьютерных технологий.

При осуществлении педагогического проектирования структуры и содержания подготовки инженеров используются различные подходы, но наиболее продуктивным из них является широко известный метод анализа профессиональной деятельности. Он довольно широко описан в профессиональной педагогике для выявления структуры труда, состава трудовых функций, установления их удельного веса в трудовой деятельности и др. (С.Я. Батышев, А.П. Беляева, А.М. Новиков); при подготовке инженера к конструкторской деятельности (С.И. Дворецкий, Е.И. Муратова); при анализе педагогической деятельности учителя (В.А. Сластенин, Н.В. Кузьмина).

«Опережающее» педагогическое проектирование структуры и содержания единого целостного фундаментального курса «Инженерное геометрическое моделирование» будем осуществлять на основе деятельностного подхода, опираясь на модель инженерного геометрического моделирования в рамках конструкторской деятельности.

Назначение данного этапа проектирования состоит в том, чтобы, исходя из поэлементного анализа инженерного геометрического моде-

лирования, его функций, а также концепции развития научных теоретических основ геометрического моделирования, обосновать теоретическую модель и содержание единого целостного фундаментального курса геометрической подготовки инженера завтрашнего дня. Для этого недостаточно только деятельностного подхода, так как система подготовки специалиста должна опережать производственную область и опираться на самые последние, перспективные достижения в соответствующей области научного знания (в нашем случае это геометрическое моделирование). Использование диалектического подхода позволяет определить законы, механизмы и движущую силу развития данной области научного знания, не только описать современное состояние научной области, но и спрогнозировать ближайшие и дальние перспективы. Именно диалектический подход при формировании содержания учебного курса обеспечивает уровень подготовки специалистов завтрашнего дня, способных конкурировать в условиях рыночной экономики, характеризующейся быстро развивающейся и часто меняющейся производственной технологией.

На проектирование структуры и содержания геометрической подготовки студента существенное влияние оказывает и целый ряд других факторов. Так, действие научно-технических факторов проявляется в тех изменениях, которые происходят в технике, технологии и организации производства, в самом труде, что определяет новые направления в проектировании содержания геометрической подготовки инженеров. Такими направлениями являются:

- фундаментализация содержания подготовки инженера путем создания единого целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование»;

- концентрация учебного материала путем отсева устаревшего и не отвечающего современной идеологии геометрического моделирования и внедрения нового, представленного сжато, емко, с использованием последних достижений в области компьютерных технологий;

- мобильность знаний и способов деятельности, достигаемая тем, что получаемые знания в области геометрической подготовки ориентированы на перспективу, а быстро меняющаяся вариантная оболочка организована так, что переход на другую, более совершенную компьютерную систему может быть осуществлен в кратчайшее время. Это

объясняется тем, что при изучении средств и методов компьютерной системы геометрического моделирования делается упор на идеологию геометрического моделирования и перспективы его развития, а не на внутреннее устройство самой системы.

Рассматривая вопрос педагогического проектирования структуры и содержания геометрической подготовки инженера, необходимо определиться с некоторыми понятиями.

Содержание образования - это специально отобранная и признанная обществом (государством) система элементов объективного опыта человечества, усвоение которой необходимо для успешной деятельности индивида в избранной им сфере общественно полезной практики. Содержание образования задается учебным планом и соответствующими ему программами учебных дисциплин и отражается в учебниках, учебных пособиях и в других используемых средствах обучения [88].

Таким образом, конечным результатом педагогического проектирования учебного курса должна стать его рабочая программа, отражающая знания, умения и навыки, необходимые к моменту завершения обучения для продолжения образования.

Учебная дисциплина - это фрагмент содержания, выделенный с учетом его научной, методологической или прагматической специфики, самостоятельно обозначенный в учебном плане.

Учебный модуль - фрагмент содержания образования, характеризующийся явно обозначенными целью усвоения, составом объектов изучения, условиями начала изучения, плановой продолжительностью изучения, направленностью и значимостью результатов усвоения, формами отчетности и шкалой оценок результатов.

При проектировании важно определить, что вкладывается в понятия «знание» и «умение».

Знания - усвоенные или познанные индивидом вербальные, символические или операционные (манипулятивные) сведения, произвольно воспроизводимые индивидом в своей речи или действиях.

Умение - уровень освоения действия или деятельности, позволяющий индивиду осуществлять ее осознанно и с необходимым уровнем качества.

Главным конечным результатом геометрической подготовки является формирование системы знаний и умений как способности специалиста осуществлять инженерное геометрическое моделирование на основе имеющихся знаний.

Устанавливая состав и объем необходимых и достаточных умений для выполнения инженерного геометрического моделирования, мы одновременно устанавливаем состав и объем так называемых практических знаний, необходимых для овладения умениями.

Совокупность практических и лабораторных работ, выполняемых студентами, составляет модель практической геометрической подготовки инженера завтрашнего дня.

Поскольку требования ЕСКД не отменены и большинство предприятий продолжают работать с двухмерными геометрическими моделями (чертежами), то разработка чертежей остается пока необходимой. Однако технология их построения в рамках трехмерного геометрического моделирования полностью изменяется, так нет необходимости строить отдельные изображения чертежа методом проецирования. Теперь инженер разрабатывает трехмерную геометрическую модель и на ее основе формирует необходимые изображения, в автоматическом или полуавтоматическом режиме наносит размеры и другие параметры, необходимые для изготовления детали. В связи с этим весь теоретический материал, относящийся к правилам оформления конструкторской документации, пока должен остаться.

Кроме того, необходимо отметить, что изменение технологии построения геометрических моделей, позволило, с одной стороны, значительно ускорить процесс построения геометрических моделей, повысив их качество и наглядность. С другой стороны, использование информационно-геометрических баз данных, компьютерных сетей позволило конструктору использовать имеющиеся базовые геометрические элементы, что еще больше сократило время выполнения геометрических моделей средствами трехмерного моделирования.

В связи с тем, что время, отводимое геометрической подготовке в техническом вузе, ограничено, проанализирован круг задач, решаемых в настоящее время в существующих графических дисциплинах, определены новые задачи, решаемые современными компьютерными средствами. В результате анализа было установлено, что одни задачи пере-

стали быть задачами и либо превратились в процедуру, либо перестали существовать, в то же время появился целый круг новых задач, которые ранее были просто невозможны. Выделенный круг задач был проранжирован. Предпочтение отдавалось тем из них, которые наиболее часто встречаются и требуют специальной подготовки.

Таблица 3.5

Виды геометрических моделей и технология их построения

<i>Виды геометрических моделей, используемых в инженерной деятельности</i>	<i>Технология построения геометрических моделей методами трехмерного геометрического моделирования</i>
1	2
Геометрические модели деталей: плоских, точеных, литевых, листовых, кованных, со стандартным видом	<p>При построении моделей плоских деталей средствами компьютерной системы создается двухмерная геометрическая модель, а по ней трехмерная. Это позволяет освоить технологию построения плоских контуров с элементами сопряжений и лекальными кривыми. Модель может быть построена и в обратном порядке.</p> <p>Технология построения трехмерных точеных, литых, листовых, кованных моделей заложена в компьютерной системе геометрического моделирования. На основе трехмерной модели объекта при необходимости строится двухмерная модель (чертеж) в соответствии с требованиями ЕСКД в полуавтоматическом режиме.</p>
Геометрические модели разъемных соединений (резьбовых соединений)	Технология моделирования резьбы и резьбовых соединений, заключающаяся в выполнении не-

Продолжение табл. 3.5

1	2
	<p>сложных процедур (команд), заложена в компьютерной системе геометрического моделирования.</p> <p>На основе трехмерной геометрической модели объекта при необходимости создается двухмерная модель (чертеж) в соответствии с требованиями ЕСКД в полуавтоматическом режиме.</p>
Геометрические модели неразъемных соединений: сварных, клееных, паяных, заклепочных, а также соединений, полученных опрессовкой, заливкой, кернением, сшиванием, посадкой с натягом и др.	<p>Технология трехмерного геометрического моделирования различных видов неразъемных соединений заложена в компьютерную систему геометрического моделирования и заключается в выполнении несложных процедур (команд).</p> <p>На основе трехмерной геометрической модели соединения при необходимости строится двухмерная модель (чертеж) в соответствии с требованиями ЕСКД в полуавтоматическом режиме.</p>
Геометрические модели сборочных единиц	Технология трехмерного геометрического моделирования сборочных единиц заложена в системе компьютерного геометрического моделирования и осуществляется путем формирования ее из геометрических моделей отдельных деталей с помощью относительно несложных процедур (команды).

Окончание табл. 3.5

1	2
	На основе трехмерной геометрической модели сборочной единицы при необходимости может быть создана двухмерная модель (чертеж) в соответствии с требованиями ЕСКД в полуавтоматическом режиме.
Схемы	Технология создания двух- и трехмерных технологических схем содержится в компьютерных системах и реализуется в виде относительно несложных процедур (команд).
Геометрические модели четырехмерных объектов	Компьютерная технология построения трехмерных геометрических моделей, изменяющихся во времени, заложена в компьютерную систему геометрического моделирования и реализуется в виде процедур (команд).
Геометрические модели объектов, выполняемые по технологии технического дизайна	Компьютерная технология создания геометрических моделей, отвечающих современным требованиям эргономики и технического дизайна, включает необходимые для этого подсистемы, которые реализуются в виде процедур (команд).

Для оценки значимости и сложности задач использован метод экспертных оценок. В качестве экспертов выступали наиболее опытные преподаватели Казанского государственного технологического университета и других вузов Казани. В результате были выделены основные виды геометрических моделей, используемых в настоящее время в

инженерной деятельности, определена технология создания геометрических моделей методами трехмерного геометрического моделирования (табл. 3.5). Тем самым был определен круг решаемых задач, необходимых для освоения знаний и умений, используемых инженером при осуществлении инженерного геометрического моделирования и исследования геометрических моделей.

Ранжировка в теоретическом разделе осуществлялась исходя из сложности и актуальности прикладных задач, решаемых студентом во второй части целостного курса геометрической подготовки. Ранжировка задач, решаемых при изучении синтаксиса визуально-образного геометрического языка как инвариантного ядра теоретических основ, осуществлялась исходя из вида и сложности задач инженерного геометрического моделирования в увязке с задачами освоения и реализации, используемыми в конкретном случае средствами и методами компьютерной геометрической системы. Такой подход позволяет быстро перейти от одного уровня реализации визуально-образного языка к его новому, более совершенному уровню, достигнутому к этому времени. Этот подход позволяет быстро вносить изменения в рабочие программы и учебные планы, меняя лишь оболочку дисциплины в соответствии с уровнем развития средств и методов обработки визуально-образной информации, оставляя неизменным ядро дисциплины – визуально-образный язык.

Ранжировка задач, решаемых во второй (прикладной) части целостного курса, с одной стороны, определяется требованиями разработанной модели инженерного геометрического моделирования в рамках конструкторской деятельности, с другой, - уровнем теоретического раздела, ориентированного на подготовку инженера завтрашнего дня и соответственно в подавляющем большинстве опережающего в своем развитии производственную сферу.

При разработке комплексных задач, заданий и упражнений (в модели геометрической подготовки) руководствовались следующими исходными положениями:

- полнота разработанной модели, достаточно полно охватывающей все содержание геометрической подготовки студента;
- целостность теоретического и прикладного учебного материала курса подготовки;

Таблица 3.6.

Соотношение модели инженерной деятельности и модели подготовки инженера

- обобщенность задач, отражающих наиболее общие принципы, подходы поиска и решений при осуществлении визуально-образного геометрического моделирования в рамках инженерной деятельности;
- типизация и классификация задач и возможность переноса умения их решения на разные виды деятельности инженера;
- учет типичных затруднений и ошибок инженеров при осуществлении геометрического моделирования в рамках конструкторской деятельности.

Затруднения и ошибки вызываются, как правило, недостаточностью теоретических, практических знаний и умений осуществления инженерного геометрического моделирования.

Главным средством реализации разработанной системы обучения являются специально созданные методические материалы (методические указания и рекомендации для студентов, особое место занимают электронные учебники, указания, рекомендации, к которым студент может обратиться на любом этапе решения поставленной задачи).

Умения инженерного геометрического моделирования - это и есть та заданная цель, которая должна быть достигнута в процессе обучения. В совокупности они составляют модель инженерного геометрического моделирования. Для сопоставления модели деятельности и модели подготовки нами построена таблица 3.6. В графе "цели" указаны умения инженерного геометрического моделирования, а в графе "средства" – лекции, лабораторные и практические работы, направленные на овладение умениями.

В таблице 3.6 лекции, практические и лабораторные работы записываются в графе "средства" в строке напротив умений, на формирование которых они направлены. Если одна и та же практическая или лабораторная работа направлена на формирование нескольких умений, она вносится в таблицу неоднократно напротив записи каждого умения, на которое она направлена.

В результате проведенного анализа были выделены три основных учебных модуля, имеющих каждый свою цель усвоения, состав объектов, условия начала, продолжительность изучения, направленность и значимость результатов усвоения, формы отчетности.

<i>Цели: умения инженерного геометрического моделирования</i>	<i>Средства: практические работы, направленные на овладение данными умениями (дидактические средства)</i>
1	2
Умения, формируемые разделом «Теоретические основы геометрического моделирования»:	Темы лекций, практических, лабораторно-графических занятий, направленные на формирование теоретических умений геометрического моделирования:
Создание мысленных образов пространственных объектов и отображение их с помощью визуально-образного (геометрического) языка в виде геометрических моделей	Лекции и практические занятия по темам: «Геометрическое пространство, геометрические и физические объекты» «Классификация геометрических объектов и способы их задания» «Системы координат физического и геометрического пространства» «Средства и методы отображения геометрических моделей средствами компьютерной графики» Лабораторные работы: 1. Построение базовых двумерных геометрических моделей средствами и методами используемой компьютерной геометрической системы. 2. Построение базовых трехмерных геометрических моделей средствами и методами используемой компьютерной геометрической системы.
Создание и редактирование составных геометрических	Лекции и практические занятия по темам: «Синтез геометрических объектов из базовых геометрических элементов»

Продолжение табл. 3.6

1	2
моделей	<p>«Редактирование созданных геометрических объектов»</p> <p>«Взаимодействие геометрических объектов»</p> <p>«Средства и методы геометрической компьютерной системы создания сложных геометрических объектов»</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>1. Построение двумерных геометрических моделей, состоящих из двух и более базовых геометрических элементов, средствами и методами используемой компьютерной геометрической системы.</p> <p>2. Построение трехмерных геометрических моделей, состоящих из двух и более базовых геометрических элементов, средствами и методами используемой компьютерной геометрической системы.</p>
Исследование объектов по их геометрическим моделям	<p>Лекции и практические занятия по темам:</p> <p>«Метрические характеристики и их определение средствами компьютерной системы геометрического моделирования»</p> <p>«Позиционирование геометрических объектов средствами компьютерной системы геометрического моделирования»</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>1. Определение геометрических и массово-инерционных характеристик двумерных геометрических моделей средствами и методами используемой компьютерной геометрической системы</p> <p>2. Определение геометрических и массово-инерционных характеристик трехмерных геометрических моделей средствами и</p>

Продолжение табл. 3.6	
1	2
	<p>мето-</p> <p>дами используемой компьютерной геометрической системы</p> <p>3. Позиционирование двумерных геометрических моделей в соответствующей системе координат и относительно друг друга средствами и методами используемой компьютерной геометрической системы</p> <p>Позиционирование трехмерных геометрических моделей в соответствующей системе координат и относительно друг друга средствами и методами используемой компьютерной геометрической системы.</p>
Преобразование геометрических моделей одной размерности в другую	<p>Лекции и практические занятия по темам:</p> <p>«Создание двух- и трехмерных геометрических объектов по физической или мысленной модели»</p> <p>«Создание трехмерных геометрических моделей по двумерным»</p> <p>«Создание двумерных геометрических моделей по трехмерным средствами компьютерной системы геометрического моделирования»</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>1. Построение трехмерных геометрических моделей по их двумерным моделям средствами и методами используемой компьютерной геометрической системы</p> <p>2. Построение двумерных геометрических моделей по трехмерным моделям средствами и методами используемой компьютерной геометрической системы.</p>
Визуализация геометрических объек-	<p>Лекции и практические занятия по темам:</p> <p>«Закраска геометрических объектов, сред-</p>

тов	ства и методы ее реализации средствами
-----	--

Продолжение табл. 3.6

1	2
	<p>геометрической компьютерной системы» «Создание фона, средства и методы его реализации средствами геометрической компьютерной системы» «Построение геометрических моделей с использованием перспективы, средства и методы его реализации средствами геометрической компьютерной системы» «Построение и наложение теней на геометрические модели, средства и методы их реализации средствами геометрической компьютерной системы» Лабораторная работа: Визуализация геометрических моделей путем закраски, создания фона, теней и перспективы.</p>
<p>Четырехмерное геометрическое моделирование, т.е. моделирование процесса работы или изменения геометрической модели во времени</p>	<p>Лекции и практические занятия по теме: «Анимация геометрических объектов. Средства и методы ее реализации средствами геометрической компьютерной системы» Лабораторная работа: Построение трехмерной геометрической модели с изменением ее положения в пространстве или относительно других моделей во времени с использованием средств и методов используемой компьютерной геометрической системы.</p>
<p>Умения, формируемые разделом «Техническое геометрическое моделирование»:</p>	<p>Темы практических, лабораторных занятий, направленных на формирование умений технического геометрического моделирования:</p>

Продолжение табл. 3.6

1	2
<p>Оформление конструкторской документации (информации) в соответствии с требованиями ЕСКД</p>	<p>Практические и семинарские занятия по темам: «Форматы», «Масштабы», «Линии чертежа», «Шрифты», «Основная надпись», «Изображения - виды, разрезы, сечения», «Аксонметрические виды», «Размеры». Лабораторная работа: Выполнение конструкторского документа типа рабочий чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД.</p>
<p>Геометрическое моделирование двухмерных технических изделий</p>	<p>Практические и семинарские занятия по темам: «Плоский контур», «Сопряжение линий», «Лекальные кривые», «Простановка размеров и их отклонений», «Нанесение параметров шероховатости, отклонения формы». - лабораторная работа: Выполнение конструкторского документа типа рабочий чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД.</p>
<p>Геометрическое моделирование трехмерных технических деталей</p>	<p>Практические и семинарские занятия по темам: «Трехмерное моделирование технических изделий» «Построение двухмерных геометрических моделей технических изделий по трехмерным геометрическим моделям» «Технология построения геометрических моделей изделий из листового материала», «Технология построения геометрических моделей изделий методом литья» «Нанесение технологических характеристик для изготовления детали»</p>

«Обозначение материала детали»	
Продолжение табл. 3.6.	
1	2
	<p>«Моделирование стандартных и типовых деталей»</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>1. Построение трехмерных геометрических моделей технических изделий, изготавливаемых разными методами.</p> <p>2. Построение двухмерной конструкторской документации по трехмерным геометрическим моделям объектов, изготавливаемых различными методами.</p>
Геометрическое моделирование сборочных единиц технических изделий	<p>Практические и семинарские занятия по темам:</p> <p>«Создание трехмерной геометрической модели сборочной единицы из трехмерных геометрических моделей деталей»</p> <p>«Создание сборочного чертежа по его трехмерной модели»</p> <p>«Сборочный чертеж, спецификация»</p> <p>«Размеры на сборочном чертеже»</p> <p>«Техническая характеристика изделия»</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>1. Построение трехмерной геометрической модели сборочной единицы из трехмерных моделей деталей, входящих в нее, в соответствии с требованиями технологий производства.</p> <p>2. Построение двухмерных конструкторских документов сборочных единиц:</p> <p>а) по ее трехмерной геометрической модели;</p> <p>б) путем сборки из двухмерных моделей отдельных деталей.</p>
Геометрическое моделирование свар-	Практические и семинарские занятия по темам:

ных, клееных, пая-	
1. «Сварные соединения. Технология мо-	
Продолжение табл. 3.6.	
1	2
ных, клепаных соединений	<p>моделирования сварных технических изделий. Технические характеристики сварки. Обозначение сварных швов на двух- и трехмерных геометрических моделях»</p> <p>«Клееные соединения. Технология моделирования технических изделий, получаемых клеем. Технические характеристики клеев. Обозначение клееных швов на двух- и трехмерных геометрических моделях»</p> <p>«Паяные соединения. Технология моделирования технических изделий, получаемых пайкой. Технические характеристики пайки. Обозначение паяных швов на двух и трехмерных геометрических моделях»</p> <p>«Клепаные соединения. Технология моделирования технических изделий, получаемых клепкой. Технические характеристики клепки. Обозначение клепки на двух- и трехмерных геометрических моделях»</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>1. Построение двух- и трехмерных геометрических моделей изделий, соединенных с помощью сварки, пайки, клеев, пайки, построение двух- и трехмерных геометрических моделей изделий, отдельные элементы которого соединены с помощью склеивания.</p>
Визуализация трехмерных геометрических моделей деталей и сборочных единиц. Дизайн технических изделий.	<p>Практические и семинарские занятия по темам:</p> <p>«Освещенность геометрических моделей технических изделий»</p> <p>«Фон и заставки»</p> <p>«Геометрические модели перспективные».</p>

«Основы технического дизайна»	
Окончание табл. 3.6	
1	2
	Лабораторная работа: Создание сцен с различными вариантами освещенности, заставки и перспектив средствами и методами используемой компьютерной геометрической системы.
Анимация геометрических моделей	Практические и семинарские занятия по теме: «Моделирование перемещения отдельных геометрических моделей технических изделий в пространстве и относительно друг друга: моделирование работы изделия» Лабораторная работа: Разработка анимированной геометрической модели изделия (сборочной единицы).

Кроме того, в содержании каждого модуля определены инвариантное ядро и вариантная оболочка.

Ядро модуля представляет собой визуально-образный геометрический язык, а оболочка - компьютерные технологии геометрического моделирования. Образующими элементами языка являются базовые геометрические модели (семантика), ориентированные на назначение основного модуля, а технология их объединения и взаимодействия являются синтаксисом языка. Компьютерные технологии геометрического моделирования включают средства, методы и подходы реализации визуально-образного языка и комплекс задач и примеров, необходимый для изучения соответствующего раздела геометрического моделирования. По существу, переход от ядра одного модуля к ядру другого есть развитие базового визуально-образного языка в сторону, определенную целью этого модуля. В качестве вариантной оболочки модуля выступают средства и методы компьютерной геометрической системы реализации языка и технологии геометрического моделирования соответствующего модуля. Их уровень определяется возможностями используемых технических средств и системы компьютерного

геометрического моделирования. Поскольку технические и программные средства в течение 2...3 лет переходят на качественно новый уровень, то требуется постоянное отслеживание этого процесса и внедрение в учебный процесс все более и более совершенных средств реализации языка и технологии геометрического моделирования. С другой стороны, такая ситуация требует формирования содержания оболочки таким образом, чтобы оно отражало идеологию геометрического моделирования, законы и механизмы его развития, предвидя уровень еще только создаваемых компьютерных систем геометрического моде-

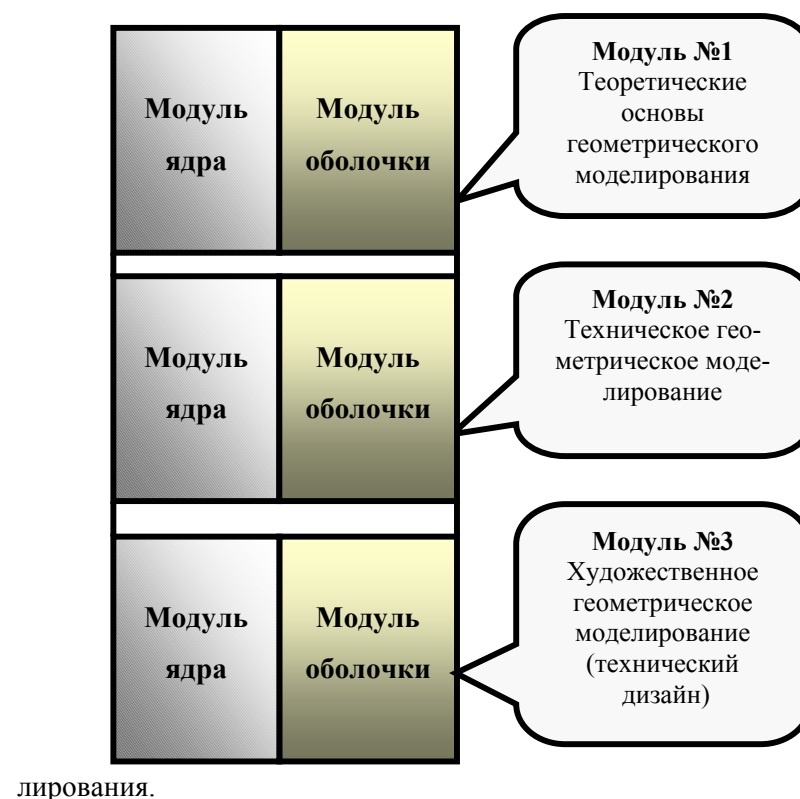


Рис. 3.4. Структура учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование»

Первый модуль. Теоретические основы геометрического моделирования, основной целью которого является развитие пространственного визуально-образного мышления путем изучения визуально-образного языка (семантики и синтаксиса) и технологии геометрического моделирования, т.е. средств и методов его реализации на основе современных компьютерных технологий. В качестве основных элементов языка выступают базовые геометрические модели.

Второй модуль. Техническое геометрическое моделирование. Целью этого модуля является развитие конструктивного пространственного мышления на уровне визуально-образного языка. Основными задачами модуля является формирование умений создавать геометрические модели технических изделий, наносить основные технологические характеристики, необходимые для изготовления, а также оформление, хранение и передача конструкторской документации. В качестве основных элементов языка выступают базовые технические геометрические модели. Изучение синтаксиса языка представляет собой расширение базового визуально-образного языка за счет базовых элементов, образующих технические изделия.

Третий модуль. Технический дизайн или художественное геометрическое моделирование технических изделий. Содержание данного модуля в настоящее время отсутствует в учебных программах геометрической подготовки инженеров. С другой стороны, промышленность испытывает огромную потребность в таких инженерах. В условиях рыночной экономики мало сконструировать модель изделия, необходимо, чтобы изделие было эргономичным, эстетичным и т.д. Часто в конкурентной борьбе это оказывается решающим. Целью данного модуля является развитие художественного пространственного мышления на уровне визуально-образного языка. В качестве основных элементов языка выступают геометрические базовые элементы и их визуально-образные свойства. По существу, это следующий (третий) уровень визуально-образного языка. Это язык технического дизайна.

Еще один очень важный момент при проектировании структуры и содержания геометрической подготовки инженера – это увязка содержательной части ядра и оболочки. Обе составляющие взаимосвязаны и взаимозависимы. Содержание должно быть разделено внутри модуля на отдельные содержательные модули, последовательность

которых определяется логикой изучаемого модуля. При этом содержание каждого модуля имеет две компоненты: первая относится к ядру, вторая к оболочке, т.е. происходит поэтапное изучение фрагмента языка и технологии геометрического моделирования, а также средств и методов их реализации, затем изучение следующего модуля и т.д. Поэтому модель содержания конструкторской подготовки специалиста инженерного профиля имеет модульную структуру по вертикали и модульную по горизонтали (по два блока). Таким образом, содержание геометрической подготовки имеет модульно-модульную структуру.

Таблица 3.7

**Структура курса
«Инженерное геометрическое моделирование»**

№ п/п	Название модуля	Содержание модуля учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование»
1	2	3
Первый модуль. Теоретические основы геометрического моделирования		
1	Теоретические основы геометрического языка	Раскрывается инвариантное ядро теоретических основ геометрического моделирования, представляющее собой визуально-образный язык. Рассматривается синтаксис языка: элементарные составляющие языка (алфавит) и правила образования выражений и их преобразований. Рассматриваются средства и методы используемой компьютерной системы геометрического моделирования. Раскрывается современное состояние в области компьютерных геометрических систем. Рассматриваются перспективные средства и методы формирования геометрических моделей и их редактирования.

Продолжение табл. 3.7

1	2	3
2	Средства и методы формирования составных геометрических моделей.	Раскрываются методы и подходы формирования геометрических моделей, их взаимодействия и позиционирования. Рассматриваются средства и методы компьютерных систем геометрического моделирования, используемые для реализации процесса взаимодействия и позиционирования геометрических моделей при создании сложных (составных) геометрических моделей, формируются соответствующие умения и навыки.
3	Средства и методы исследования геометрических моделей.	Раскрываются современные подходы исследования конструируемых изделий по их геометрическим моделям. Рассматриваются средства и методы используемых компьютерных систем геометрического моделирования определения геометрических и других характеристик объектов по их геометрическим моделям. Формируются соответствующие умения и навыки.
4	Визуализация геометрических моделей.	Раскрываются вопросы визуализации геометрических моделей (цвет, тень, прозрачность, освещенность и т.д.). Рассматриваются средства и методы компьютерных систем для решения вопросов визуализации. Формируются соответствующие умения и навыки.
Второй модуль. Техническое геометрическое моделирование		
1	Подготовка конструкторской документации	Формирует знания и умения оформлять, сохранять, передавать,

Продолжение табл. 3.7

1	2	3
	с помощью компьютерной системы геометрического моделирования.	создавать твердые копии конструкторской документации в соответствии с требованиями производства и ЕСКД. Средства и методы оформления и преобразования конструкторской документации с помощью используемой компьютерной системы геометрического моделирования в соответствии с ЕСКД.
2	Геометрическое моделирование двухмерных технических изделий.	Формирование теоретических и практических знаний и умений двухмерного геометрического моделирования технических изделий. Формирование знаний и умений использования средств и методов компьютерной системы геометрической моделирования при осуществлении двухмерного геометрического моделирования.
3	Геометрическое моделирование трехмерных изделий.	Формирование теоретических и практических знаний и умений трехмерного геометрического моделирования технических изделий. Формирование знаний и умений использования средств и методов компьютерной системы геометрической моделирования при осуществлении трехмерного геометрического моделирования.

Продолжение табл. 3.7

1	2	3
Третий модуль. Художественное геометрическое моделирование (Технический дизайн)		
1	Геометрическое моделирование четырехмерных изделий.	Формирование теоретических и практических знаний и умений использования основ технологии четырехмерного геометрического моделирования технических изделий и инженерной анимации. Формирование знаний и умений использования средств и методов компьютерной системы геометрического моделирования при осуществлении четырехмерного геометрического моделирования.
2	Визуализация геометрических моделей технических изделий.	Раскрывает природу визуализации геометрических моделей технических изделий путем придания объекту цвета материала, из которого он должен быть изготовлен, наложения других свойств наглядности: прозрачности, тени, освещенности, перспективы и т.д. Формирование знаний и умений использования средств и методов компьютерной системы геометрического моделирования при реализации вопросов визуализации построенных геометрических моделей.
3	Дизайн	Формирование знаний и умений решения вопросов технического дизайна инженерных объектов. Формирование знаний и умений использования средств и методов

Окончание табл. 3.7.

1	2	3
		компьютерной системы геометрического моделирования при осуществлении дизайнерских разработок технических изделий.

Учебный курс делится на три раздела по их ведущему компоненту:

- первый раздел с ведущим компонентом «научные знания» (теоретические основы визуально-образного языка (геометрического языка) и технология геометрического моделирования, т.е. средства и методы компьютерной геометрической системы, используемой в моделировании);
- второй раздел с ведущим компонентом «технические знания», т.е. практическое освоение технологии инженерного геометрического моделирования при создании геометрических моделей технических изделий с помощью технического визуально-образного геометрического языка;
- третий раздел с ведущим компонентом "художественно-технические знания" (дизайн геометрических моделей технических изделий посредством формирования соответствующей формы, окраски, освещения, теней, форм и их соотношений, перспективы отображения и т.д.).

Третий раздел, как уже отмечалось, является новым, и стал находить свое место именно с разработкой современных компьютерных средств и методов геометрического моделирования. Поэтому отношение к этому разделу особое. Он требует поиска новых подходов к его реализации. С другой стороны, именно этот раздел вносит весомую составляющую гуманизации в геометрической подготовке инженеров.

а. Внедрение курса «Инженерное геометрическое моделирование»

Первым шагом по внедрению курса «Инженерное геометрическое моделирование» стала разработка примерной рабочей программы на

основе предложенной технологии конструирования курса, включающей требования к содержанию, этапы и методику разработки.

Так, рабочая программа учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование» должна удовлетворять следующим требованиям:

- содержать инвариантный компонент (ядро) учебного курса, номенклатуру обязательно изучаемых понятий, закономерностей, теорий, методов; эта номенклатура является минимальной, то есть содержит только те знания и умения, которые должны быть усвоены всеми студентами независимо от рода их деятельности, базового среднего образования, форм и сроков получения геометрической подготовки;

- задавать методический уровень усвоения материала всеми студентам, то есть уровень требований к сформированности знаний и умений по инвариантному компоненту содержания;

- жестко регламентировать последовательность (порядок) изучения содержания учебной дисциплины.

Технология конструирования примерной рабочей программы целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование» включает в себя определенные этапы:

- исходя из общих целей геометрической подготовки определяют частные цели обучения по каждому модулю курса, входящему в рабочую программу;

- проводится анализ содержания, структуры научной области «Геометрическое моделирование», которая отражена в конкретном модуле курса геометрической подготовки;

- определяются элементы содержания целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование» на основе сравнительного анализа отечественного и зарубежного опыта и современного уровня развития данной области знания и человеческой деятельности;

- отбирается содержание модулей учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование» на предмет выделения и дифференциации его в качестве инвариантного и варьируемого компонентов;

- дается оценка инвариантного содержания по дидактическим параметрам (цельности, логической структуре, связанности элементов содержания, системности, межмодульным связям);

- оформляется макет рабочей программы целостного курса геометрической подготовки и ее экспертная оценка по научным, дидактическим и методическим параметрам;

- осуществляется доработка макета рабочей программы с учетом результатов экспертной оценки.

Разработка рабочей программы учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование» осуществляется по следующей методике:

1. Определение роли и места геометрической подготовки инженера в системе подготовки инженера в целом и в системе конструкторской подготовки в частности:

- анализ инженерного геометрического моделирования в рамках конструкторской деятельности;

- установление широты профиля деятельности;

- анализ структуры труда (выявление цели, предмета, средств труда, способов инженерного геометрического моделирования).

2. Анализ квалификационных (характеристик) требований к инженерному геометрическому моделированию в рамках проектно-конструкторской и конструкторской подготовки инженера:

- выявление обобщенных функций инженерного геометрического моделирования в рамках конструкторской деятельности;

- определение требований и умений инженера в области геометрической подготовки;

- определение требований к профессионально-значимым качествам при осуществлении инженерного геометрического моделирования.

3. Разработка содержания модуля «Теоретические основы геометрического моделирования» (семантика и синтаксис визуально-образного геометрического языка, средства и методы его реализации):

- формирование и разработка структуры лекций и практических занятий;

- установление перечня необходимых лабораторных работ;

- выявление связей между разделами курса, устранение избыточного и дублирующего материала;

- корректировка намеченных затрат времени на реализацию содержания визуально-образной геометрической подготовки инженеров;

- определение завершающих форм обучения.

4. Разработка содержания модуля «Техническое геометрическое моделирование». Ориентировочное определение его объема:

- формирование и разработка структуры практических занятий и лабораторных работ;

- установление перечня необходимых лабораторных работ;

- выявление связей данного модуля с модулем «Теоретические основы геометрического моделирования» целостного курса визуально-образной геометрической подготовки, устранение избыточного и дублирующего материала;

- корректировка намеченных затрат времени на реализацию содержания модуля геометрического моделирования технических изделий;

- определение завершающих форм обучения.

5. Составление рабочей учебной программы целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование» с регламентацией сроков обучения.

- установление целесообразной последовательности изучения учебного материала с учетом связей в целостном курсе «Инженерное геометрическое моделирование»;

- конкретизация содержания учебной информации и комплекса задач, заданий и упражнений;

- определение видов самостоятельных работ и распределение учебного материала;

- составление графика учебного процесса геометрической подготовки;

- оформление учебной рабочей программы как документа.

В соответствии с рассмотренной выше концепцией педагогического проектирования содержания и процесса геометрической подготовки специалистов инженерного профиля, установленными процедурами проектирования подготовки и технологией конструирования целостного учебного курса была разработана рабочая программа курса «Инженерное геометрическое моделирование» (см. приложение).

Внедрение учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование» в учебный процесс столкнулось с целым рядом трудностей. Во-первых, содержание и структура геометрической подготовки ин-

женеров строго регламентированы Государственными образовательными стандартами (ГОСами) теперь уже второго поколения, а также примерной программой дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика», разработанной и утвержденной научно-методическим советом по начертательной геометрии и инженерной графике еще в 1996 году. Государственные образовательные стандарты второго поколения еще более запутали ситуацию. Так, по различным специальностям было предложено более десятка названий дисциплины, ориентированной на геометрическую подготовку: «Начертательная геометрия. Инженерная графика», «Начертательная геометрия и графика», «Инженерная и компьютерная графика», «Геометрическое моделирование и инженерная графика», «Компьютерная геометрия и графика» и т.д. Но еще большее удивление вызывает устанавливаемое содержание ядра дисциплины. С одной стороны, родственные специальности, имеющие одинаковое название учебной дисциплины, значительно отличаются в содержательной части. Например, специальности 655400 – «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и 170500 – «Машины и аппараты химических производств» вообще не содержат раздела «Компьютерная графика». В то же время содержание раздела «Компьютерная графика», включенного в некоторые специальности (например, 121100 – «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика», 101500 – «Вакуумная и компрессорная техника физических установок»), не соответствует поставленным задачам, давно морально устарело или должно изучаться в учебной дисциплине «Информатика». С другой стороны, теоретической основой «графической подготовки» остается начертательная геометрия, а о новых методах компьютерного геометрического моделирования (трех- и четырехмерного моделирования) не говорится ни слова.

В ГОСе отмечается, что выпускник высшего технического заведения должен владеть «методами и информационными технологиями конструирования оборудования, элементов, узлов и систем» и «методами исполнения схем, графиков, чертежей, диаграмм, номограмм и других профессионально значимых изображений». Из приведенной цитаты видно, что геометрическая подготовка, или, как ее пока называют «графическая подготовка» сводится не к изучению визуально-

образного геометрического языка – основного языка инженера, не к изучению технологии геометрического моделирования, а к «исполнению чертежей». Конструирование и «исполнение чертежей» рассматриваются как совершенно независимые дисциплины.

Появление ГОСа второго поколения никак не повлияло на содержание геометрической (графической) подготовки инженера, что, можно предположить, связано в первую очередь с отсутствием современной концепции развития геометрического моделирования и геометрической подготовки инженера. Это еще раз подтверждает актуальность проведенных теоретических исследований и консервативности ГОСов, тормозящих развитие системы образования в области геометрической подготовки. Поэтому внедрение и исследование полученных результатов возможно либо по отдельным разделам, либо в дисциплине, не ограниченной требованиями ГОСов.

Во-вторых, отсутствие необходимого количества компьютерных классов, оборудованных техническими и программными средствами, не позволяет в полном объеме реализовать заложенное в рабочую программу содержание. При этом компьютерный класс должен быть не перегружен студентами (за одним компьютером один студент).

В-третьих, отсутствие компьютеров и программного обеспечения у значительной части студентов дома, т.е. отсутствие возможности выполнять геометрические работы за пределами вуза, как это делается в случае выполнения графических работ (чертежей), резко снижает усвоение содержания курса в результате значительного сокращения времени работы студента за монитором компьютера. Это ведет также к невозможности самостоятельного изучения и закрепления курса с использованием электронных средств обучения (учебники, пособия, тренажеры, справочники и т.д.), в том числе с использованием Internet.

В-четвертых, недостаток учебников, учебных пособий, методических указаний, заданий геометрических работ, примеров для практических работ, в том числе в электронной форме, соответствующих идеологии разработанной рабочей программы целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование».

В-пятых, отсутствует возможность работать в компьютерном классе для осуществления самостоятельной работы студентов (СРС).

В-шестых, нехватка подготовленных преподавателей, готовых работать в рамках принципиально новой идеологии геометрического моделирования.

В-седьмых, отсутствие Internet-сайта с необходимой информацией по изучаемому курсу: курсы лекций, электронные учебники, пособия, методические указания, задания с примерами их выполнения, контрольные вопросы, тесты и т.д.

Поэтому внедрение целостного учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование» в сложившихся условиях, с учетом перечисленных выше сложностей возможно в двух вариантах. В качестве первого варианта было решено осуществить внедрение фрагментов программы в курсы компьютерной графики в трех учебных заведениях: в Казанском государственном технологическом университете, Казанской государственной архитектурно-строительной академии, Высшей школе экономики. По второму варианту данная рабочая программа использована при разработке содержания рабочей программы специальной дисциплины «Основы геометрического моделирования и проектирования» на социально-экономическом факультете. В нее были включены фрагменты первых двух разделов рабочей программы «Инженерное геометрическое моделирование».

В Казанской архитектурно-строительной академии разработан курс «Машинная графика» в объеме 36 часов: 18 часов лекций и 18 часов практических занятий. В курсе лекций давались теоретические основы геометрического моделирования в рамках компьютерной трехмерной идеологии. При выполнении лабораторных работ студенты создавали двух- и трехмерные геометрические модели. Поскольку еще на практике используется конструкторская документация на уровне старой идеологии, то студентами выполнялась и обратная задача - получение чертежа по трехмерной модели.

Аналогичный курс «Компьютерная графика» внедрен в Высшей школе экономики при КГТУ. Курс компьютерной графики содержит 36 часов и реализуется по такой же схеме.

Основной исследовательской базой был Казанский государственный технологический университет. В КГТУ в рамках учебной дисциплины «Компьютерная графика» в объеме 17 часов на механическом факультете и ряде других была разработана рабочая программа, в ос-

нову которой положена идеология трехмерного геометрического моделирования. В этом курсе компьютерная графика рассматривалась не только как средство автоматизации графических работ, что предусматривается ГОСом и примерной программой [160], но и как новый уровень геометрического моделирования. Проводилось сравнение существующих теоретических подходов в геометрическом моделировании и неоспоримое преимущество трехмерного геометрического моделирования. В чем студенты убеждаются на конкретных примерах, решая задачи геометрического моделирования.

Но наиболее полно результаты исследования были реализованы в новом курсе «Основы геометрического моделирования и проектирования», введенном решением Ученого совета университета на социально-экономическом факультете КГТУ в 1996 году. Эта дисциплина изучается на 4 курсе в течение одного семестра и относится к специальным дисциплинам, конкретное содержание которых не оговорено ГОС. Курс включает 30 часов лекций 30 часов практических занятий и 30 часов лабораторных работ.

Современный курс ОГМП полностью построен на идеологии трехмерного геометрического моделирования. При этом в нем учитывались все существующие требования ЕСКД, предъявляемые к конструкторской документации.

В содержание дисциплины регулярно вносились изменения, совершенствовались задания, методика преподавания, разрабатывались компьютерные программные продукты, автоматизирующие рутинные не интеллектуальные этапы работы: «Заполнение основной надписи», «Нанесение параметров шероховатости поверхностей», «Обозначение изображений в соответствии с требованиями ЕСКД» и т.д. Были разработаны и внедрены в учебный процесс программы вариантного выполнения чертежей: «Болтовое соединение», «Соединение шпилькой» и т.д. Сами программы даны в приложении.

Разработан комплекс заданий, реализуемый в рамках новой идеологии по темам: «Плоский контур с элементами сопряжения», «Трехмерное моделирование пространственных объектов», «Трехмерное моделирование технических деталей», «Трехмерное моделирование трехмерных сборочных единиц».

Рабочая программа курса уточнялась и изменялась с переходом к более совершенным версиям компьютерных графических систем. На протяжении всего периода исследования использовалась графическая система AutoCAD. Сейчас успешно проходит апробацию система Solid Edge, позволяющая разрабатывать более сложные параметрические геометрические модели. Такие модели могут быть напрямую увязаны с механическими или технологическими расчетами ее параметров, изменение которых ведет к изменению всей уже построенной модели.

На основе результатов, полученных в процессе внедрения, было установлено, что для успешного преодоления трудностей и внедрения в учебный процесс курса «Инженерное геометрическое моделирование», обеспечивающего современный уровень геометрической подготовки инженера необходимо в первую очередь:

1. Внести изменения в содержание ГОС в области геометрической (графической) подготовки, предусмотрев создание единого целостного учебного курса, отвечающего уровню развития науки, техники и современным требованиям производства и образовательной парадигмы.

2. Изменить название учебного курса геометрической подготовки. Новое название должно отражать предмет изучения и название предметного языка и не должно быть увязано с методами и средствами реализации этого языка, в противном случае с появлением новых методов название дисциплины вновь станет тормозом в развитии геометрической подготовки инженера. Таким названием курса, на мой взгляд, могло бы стать «Инженерное геометрическое моделирование». Такое предложение уже нашло большую поддержку у заведующих кафедр графических дисциплин России, высказанное мной на семинаре-совещании и опубликованное в международном сборнике [175]. В следующем номере этого же сборника В.И. Якунин (председатель научно-методического совета по «Начертательной геометрии инженерной графике») вместе с соавторами прямо говорит, что сейчас уже никто не сомневается в том, что «нет лучшего названия» для первой части курса (теоретических основ), чем «геометрическое моделирование» [129]. Но тут же предлагает добавить к названию «Инженерная графика», обосновывая это тем, что студенты должны частично чертить и в ручную. Нужно ли чертить чертежи и как это делать отдельный вопрос и здесь не рассматривается. Но ведь название «Инженерное геометри-

ческое моделирование» и не говорит о том, как должна строиться геометрическая модель. Поэтому, на мой взгляд, лучшее название всего целостного курса «Инженерное геометрическое моделирование». Но вместе с тем, следует отметить и положительные сдвиги в названии дисциплины, высказанные в статье. Ранее название «Начертательная геометрия» считалось неприкосновенным.

3. Необходимо срочно начать подготовку и переподготовку преподавателей, которые смогли бы осуществлять «опережающую» геометрическую подготовку специалистов в рамках новой идеологии.

4. Должны проводиться и дальше интенсивные исследования в области методологии и методики геометрической подготовки специалистов в современных условиях интенсивной интеграции науки, производства и образования.

5. Необходима разработка и выпуск учебников нового поколения для осуществления геометрической подготовки инженеров в рамках трех и четырехмерного геометрического моделирования.

6. Необходимо создание компьютерных классов с соответствующим техническим и программным обеспечением. Должны соблюдаться требования: за одним компьютером один студент, на один час занятий не менее двух часов возможности самостоятельной работы в компьютерном классе, количество студентов на занятии не более 7...10 человек.

7. Программные продукты должны быть доступны студентам для использования их дома. Примером может служить договор, который заключил Казанский государственный технологический университет с фирмой «Форт Диалог». В соответствии с договором фирма предоставляет университету бесплатно графическую систему Solid Edge. Ею могут пользоваться для самостоятельной работы как преподаватели, так и студенты.

8. Технические средства по своим характеристикам должны соответствовать требованиям геометрической подготовки специалистов.

9. Параллельно с реформированием геометрической подготовки специалистов должна начинаться реформа и всей вертикали конструкторской и проектно-конструкторской подготовки. Это позволит избежать несогласованности с другими кафедрами в результате их неподготовленности. Другими словами, необходимо срочно продолжить ра-

боту по созданию единого целостного цикла конструкторской подготовки инженеров.

10. Внедрение целостного курса геометрической подготовки должно происходить поэтапно, на отдельных факультетах или даже специальностях, а не широким фронтом. Только достигнув определенных результатов, убедившись в их правильности и том, что все необходимые условия для расширения круга охваченных факультетов есть, можно делать следующий шаг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенное исследование полностью подтверждает правомерность постановки и разработки проблемы педагогического проектирования учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование» как методологической основы подготовки инженера в техническом вузе.

2. Анализ современного периода общественного производства показал, что основным сдерживающим фактором его развития является этап проектирования. Проектно-конструкторская деятельность относится к основным видам инженерной деятельности.

3. Установлено, что деятельность рассматривается как неразвивающаяся система, что делает невозможным проследить динамику ее развития, перспективы, изменения ее структуры и т.д. Предложена диалектическая модель процесса развития деятельности. Каждый виток содержит четыре фазы: фазу формирования движущей силы, фазу формирования идеальной модели деятельности, фазу объективации деятельности, фазу материализации. Фаза объективации вводится как необходимый переход от фазы идеальной модели к фазе изготовления материального объекта. В качестве языка объективации предлагается визуально-образный геометрический язык.

4. Историко-логические исследования профессиональной инженерной деятельности позволили определить основные этапы ее развития. В качестве основных функций инженерной деятельности выделены: научно-техническая, проектно-конструкторская, производственно-организационная, системотехническая, социотехническая. Показана особая интеграционная роль геометрических моделей и визуально-образного геометрического языка в развитии как отдельного вида инженерной деятельности, так и инженерной деятельности в целом. Составной частью каждого вида инженерной деятельности выступает инженерное геометрическое моделирование.

5. Предложена диалектическая модель процесса развития профессионально-инженерной деятельности. В соответствии с этой моделью развитие инженерной деятельности осуществляется по диалектической спирали (четыре витка), что подтверждается основными законами диалектики и исторической практикой.

6. Показано, что функция инженерного геометрического моделирования, выступая интеграционной основой всех видов инженерной деятельности, наиболее полно раскрывается при осуществлении конструкторской деятельности. Раскрыты структура и содержание проектно-конструкторской и конструкторской деятельности, определены основные стадии проектирования и конструирования. Даны основные характеристики конструкторской деятельности и происходящие в них изменения.

7. Предложена структурно-функциональная модель конструкторской деятельности. Рассмотрены основные функции конструкторской деятельности. Главной функцией является функция инженерного геометрического моделирования, направленная на решение главной задачи конструирования – на разработку конструкции. Кроме этого, предлагается ряд вспомогательных функций: проектная, технологическая, научно-техническая, коммуникативная, гуманистическая. Вспомогательные функции ориентированы на обеспечение выполнения главной функции – геометрического моделирования. Определены основные проблемы, с которыми сталкивается современный конструктор.

8. Установлено, что современная компьютерная геометрическая модель по своим свойствам представляет собой синтез визуально-образной геометрической, математической и физической моделей. Ее структура состоит из ядра с программно-математической начинкой и визуально-образной оболочки, посредством которой происходит взаимодействие человека с моделью.

9. На основе терминологического анализа показано, что использование терминов «начертательная геометрия» и «графическая модель» является одной из причин, сдерживающих развитие геометрической (графической) подготовки инженера. Предлагается использовать взамен существующих названия «геометрическое моделирование» и «геометрическая модель».

10. Поскольку научное и учебное познание (образование) - звенья одной цепи познавательного процесса и должны рассматриваться в диалектическом единстве, то делается вывод о необходимости исследования и разработки концепции развития геометрического моделирования как основы для разработки концепции развития геометрической подготовки инженера.

Даны историко-логическая и диалектическая модели процесса развития геометрического моделирования. Установлено, что геометрическое моделирование прошло в своем развитии четыре этапа, причем на каждом из них оно имело свое название (геометрия, начертательная геометрия и уже предполагается дать название новому уровню – компьютерная графика). Разные названия одной и той же области знания на разных этапах ее развития способствовали тому, что их рассматривали как самостоятельные независимые области знания, что в свою очередь, стало еще одной причиной, приведшей к кризису в области геометрической подготовки инженера.

11. Предложена концепция фундаментализации инженерного образования, опирающаяся на подход, предложенный А. Сухановым, путем создания целостных курсов по направлениям деятельности. Дана структура целостного цикла конструкторской подготовки, показано, что ее системообразующим элементом является геометрическая модель, а системообразующей дисциплиной - курс геометрической подготовки инженера. Предложено начать создание целостного цикла конструкторской подготовки, а в качестве первого шага разработать единый целостный курс геометрической подготовки «Инженерное геометрическое моделирование». Определены перечень требований и основания целостности курса «Инженерное геометрическое моделирование»: единые цель, предмет исследования, методический подход, предметный язык (визуально-образный геометрический язык). В качестве инструмента обеспечения целостности курса предлагается диалектическая модель процесса развития геометрической подготовки. В качестве формы оценки степени целостности предлагается по его завершении экзамен или курсовая работа.

12. Предложена концепция опережающего педагогического проектирования единого целостного учебного курса «Инженерное геометрическое проектирование». В качестве компонент, обеспечивающих опережающее педагогическое проектирование, выступают диалектические модели процесса развития геометрического моделирования и геометрической подготовки инженера. Кроме диалектического подхода, используются деятельностный и системный подходы, регламентируемые системой принципов.

13. Предложена диалектическая модель процесса развития геометрической подготовки инженера, полностью подтверждаемая исторической практикой и основными законами диалектики. Каждый виток диалектической спирали состоит из двух этапов: дифференциального (многопредметного) и интеграционного (целостного) обучения и совпадает с соответствующим витком диалектической спирали развития геометрического моделирования, но с некоторым отставанием во времени. Так, в геометрической подготовке наступает только фаза интеграции, формирующая переход на подготовку на уровне трехмерного геометрического моделирования, в то время как в научной области идет формирование следующего витка (четырёхмерное геометрическое моделирование). Представленная модель развития геометрической подготовки позволяет осуществлять прогнозирование ее развития, предвидя ее качественные изменения, и разрабатывать технологию проектирования содержания, ориентируясь на перспективу.

14. Разработана структурно-функциональная модель инженерного геометрического моделирования в рамках конструкторской деятельности инженера. Ее базовой функцией выступает функция геометрического моделирования. Определены основные характеристики инженерного геометрического моделирования. На основе структурно-функциональной модели инженерного геометрического моделирования предложена таблица соответствия типа «цель-средства». Такая таблица является основой для осуществления педагогического проектирования содержания геометрической подготовки инженера.

15. Установлено, что геометрическую подготовку инженера обеспечивают три учебные дисциплины: начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика. Все задачи, решаемые в рамках начертательной геометрии, делятся на две группы. В первую входят собственно задачи геометрического моделирования, во вторую - задачи, необходимые для преодоления проблем, вызванных несоответствием размерности (двухмерной) геометрической модели и размерности (трехмерной) объекта моделирования. Причем второй группе задач отводится до 90% общего объема теоретического материала начертательной геометрии. Переход на трехмерное геометрическое моделирование делает эти задачи и теоретический материал, посвященный им, ненужными. Выделено инвариантное ядро начертательной геометрии,

представляющее собой визуально-образный язык. К вариантной оболочке относится технология построения геометрических моделей и исследования их свойств.

Анализ содержания инженерной графики также позволил выделить инвариантное ядро, являющееся техническим расширением визуально-образного геометрического языка. Технология построения и правила оформления геометрических моделей (чертежей) образуют вариантную оболочку содержания инженерной графики. При этом отмечается, что правила оформления чертежей сейчас находятся на стадии перехода к новой форме в соответствии с требованиями компьютерных технологий.

Показано, что компьютерная графика является средством реализации геометрического моделирования, поэтому теоретический материал дисциплины направлен именно на приобретение знаний и умений использования соответствующей системы геометрического моделирования, а практические задачи направлены на демонстрацию этой технологии. Поэтому содержание учебной дисциплины «Компьютерная графика» является фактически оболочкой в структурной модели геометрического моделирования. Изучение оболочки (средств) после прохождения всего курса, в том числе и оболочки геометрического моделирования на уровне начертательной геометрии, имеющей принципиально иную идеологию, является нелогичным.

16. Анализ литературных источников, посвященных педагогическому проектированию геометрической (графической) подготовки, позволил выделить три основных направления. В первом акцент делается на начертательную геометрию как теоретическую основу геометрического моделирования. Во втором случае рассматриваются как самостоятельные направления начертательная геометрия и компьютерная графика. В третьем приоритет отдается только компьютерной графике.

17. Разработана таблица соответствия типа «цель-средства», левая колонка, которой содержит знания и умения, необходимые для реализации функций инженерного геометрического моделирования, а правая - темы практических и теоретических занятий, необходимых для достижения этих умений.

18. Предложена модульная структура курса «Инженерное геометрическое моделирование». Выделено три модуля по вертикали: теоретические основы геометрического моделирования, техническое геометрическое моделирование и технический дизайн. Кроме того, содержание каждого из этих модулей дисциплины, в свою очередь, разбито на два модуля по горизонтали. Первый модуль представляет инвариантное ядро, второй - вариантную оболочку. Такая структура позволяет в дальнейшем с появлением новых технологий геометрического моделирования безболезненно вносить необходимые изменения лишь в модуль вариантной оболочки, не меняя содержания курса в целом.

Таким образом, было установлено, что современный уровень развития геометрической подготовки инженера является основным сдерживающим фактором общественного производства. Смена идеологии геометрического моделирования и фундаментализация инженерного образования потребовали разработки нового подхода к геометрической подготовке инженера, соответствующего современному уровню развития науки, техники и требованиям производства. В результате проведенных исследований предложена структурно-содержательная модель курса «Инженерное геометрическое моделирование», отвечающая этим требованиям, дана методика разработки рабочей программы и ее пример.

Результаты данной работы могут быть использованы при разработке научных и учебно-методических материалов, направленных на совершенствование подготовки инженера, особенно в области инженерного геометрического моделирования, а также при разработке Государственных образовательных стандартов нового поколения в этой области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Акимова И.Н., Якунин В.И.* Системологические подходы к преподаванию графических дисциплин //Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика: Матер. семинара-совещания зав. каф. - Н. Новгород: ННГАСУ, 1997. - С. 12-13.
2. *Алехин В.В.* Инженерно-технический труд и творчество как предмет философского анализа: Дис. ... д-ра филос. наук. Донецк, 1982. - 335 с.
3. *Амиров Ю.Ф.* Основы конструирования: творчество – стандартизация- экономика: Справочное пособие. - М.: Изд-во стандартов, 1991. - 392 с.
4. *Барбаки Н.* Элементы математики. Очерки по истории математики. - М., 1985.
5. Большой энциклопедический словарь: В 2 т. /Под ред. А. М. Прохорова. - М.: Сов. энциклопедия, 1991. - Т.1. - 863 с.
6. Большой энциклопедический словарь: В 2 т. /Под ред. А. М. Прохорова. - М.: Сов. энциклопедия, 1991. - Т.2. - 768 с.
7. *Бубенников А.В.* Начертательная геометрия: Учебник для вузов. - М.: Высш. шк., 1985. - 288 с.
8. *Вальков В.А.* Лекции по основам геометрического моделирования. - Л.: ЛГУ, 1975. - 175 с.
9. *Виницкий И.Г.* Александр Михайлович Сеницын (1900-1996). К 100-летию со дня рождения //Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: Межвуз. научн.-метод. сб. /СГТУ. Саратов, 2000. - С. 51.
10. В помощь конструктору-станкостроителю /В.И. Калинин, В.Н. Никифоров, Н.Я. Анисеев и др. - М.: Машиностроение, 1983. - 288 с.
11. *Гладун А.Д.* Роль фундаментального естественнонаучного образования в становлении специалиста //Высшее образование в России. - 1994. - №4. - С. 21- 23.
12. *Голубева О.Н.* Концепция фундаментального естественнонаучного курса в новой парадигме образования //Высшее образование в России. - 1994. - №4. - С. 23- 27.
13. *Гордон В.О., Семенов-Огиевский М.А.* Курс начертательной геометрии. - М.: Наука, 1971. - 368 с.
14. *Горохов В.Г., Розин В.М.* Введение в философию техники: Учеб. пособие / Под ред. Ц.Г. Арзаканяна. - М.: ИНФРА-М, 1998. - 224 с.
15. *Горохов В.Г.* Знать, чтобы делать: История инженерной профессии и ее роль в современной культуре. - М.: Знание, 1987. - 175 с.
16. ГОСТ 23501.0-79 Системы автоматизированного проектирования. Основные положения. - Введ. 01.01.78. – М: Изд-во стандартов, 1979.
17. *Гуд Г.Х., Макол Р.Э.* Системотехника. Введение в проектирование больших систем. - М., 1962.
18. *Гусев Д.О.* Диалектика становления и развития функций инженерной деятельности: Автореф. дис. ... канд. филос. наук. - Новосибирск, 1987. - 16 с.
19. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка. - М.: ГИИНС, 1955. - Т.2. - 780 с.
20. *Динамов Б., Чернилевский Д.* Проектирование содержания учебного предмета //Среднее специальное образование. - 1987. - № 6. - С. 25-29.
21. *Душков А.* Индустриально-педагогическая психология: Учеб. пособие. - М.: Просвещение, 1981. - 208 с.
22. *Елисеев Н.А.* Истоки истории начертательной геометрии в трудах российских геометров //Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: Межвуз. научн.-метод. сб. /СГТУ. Саратов, 2000. - С. 16-18.
23. *Ермилова Н.Ю.* Некоторые принципы модульного обучения студентов графическим дисциплинам //Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: Межвуз. науч.-метод. сб. /СГТУ. Саратов, 1999. - С. 60-62.
24. *Кинелев В.Г.* Фундаментализация университетского образования //Высшее образование в России. - 1995. - №4. - С.6-13.
25. *Кириллин В.А.* Страницы истории науки и техники. - М.: Наука, 1989. - 493 с.
26. *Кирсанов А.А.* Концептуальные идеи создания прогностической модели специалиста: Тез. док. / КГТУ. Казань, 2000. - С. 264.
27. *Клещева Н.А., Штагер Е.В.* Технология обучения фундаментальным дисциплинам в техническом вузе на основе системного подхода. *Padagogisch Probleme in der Ingenieurausbildung: Referate des 27.*

Internationalen Symposiums «Ingenieurpädagogik '98», Moskau, Band 1. - S. 301-304.

28. *Козлов Б.И.* Возникновение и развитие наук: Опыт историко-теоретического исследования. - Л.: Наука, 1987. - 248 с.

29. *Коллин К.К.* Информационный подход в методологии науки и проблемы образования //Педагогическая информатика. - 1998. - № 2. - С. 37-43.

30. *Кондратьев В.В.* Фундаментализация профессионального образования специалиста в технологическом университете. /КГТУ. Казань, 2000. - 323 с.

31. *Кондратьев В.В.* Методологические основы инженерного образования в условиях постиндустриального общества: Тез. докл. /КГТУ. Казань, 2000. - С. 265-266.

32. *Кондратьев В.В.* Фундаментализация профессионального образования специалиста на основе непрерывной математической подготовки в условиях технологического университета: Автореф. дис. ... д-ра. пед. наук. /КГТУ. Казань, 2000.

33. *Корнилов И.К.* Методологические основы инженерной деятельности. - М.: МГУП, 1999. - 207 с.

34. *Корнилов И.К.* Инновационная деятельность и инженерное искусство. - М.: Мир книги, 1996. - 196 с.

35. *Корнилов И.К.* Конструктивно-технологические особенности книжных изданий. Системный подход: Учеб. пособие. - М.: Мир книги, 1995. - 56 с.

36. *Котов И.И., Полозов В.С., Широкова Л.В.* Алгоритмы машинной графики. - М.: Машиностроение, 1977. - 231 с.

37. *Котов Ю.В., Арциховская-Кузнецова Л.В.* Компьютерная геометрия - краеугольный камень фундамента инженерного образования // Padagogisch Probleme in der Ingenieurausbildung: Referate des 27. Internationalen Symposiums «Ingenieurpädagogik '98», Moskau, Band 2. S. 277-280.

38. *Котов Ю.В.* Как рисует машина. - М.: Наука, 1988. - 224 с.

39. *Кочнев А.М.* Проектирование и реализация подготовки специалистов двойной компетенции в техническом вузе: Дис. ... д-ра пед. наук. /КГТУ. Казань, 1998. - 402 с.

40. *Кузнецов В.И., Корнилов И.К.* История науки в реализации ключевой задачи реформы образования //Вопросы истории естествознания и техники. - 1996. - № 4. - С. 135-142.

41. *Курлов А.Б.* Эффективность и качество инженерной подготовки как социальная проблема: Автореф. дис. ... д-ра. социол. наук. /Уфа, 1994. - 37 с.

42. Курс начертательной геометрии (на базе ЭВМ): Учебник для инж.-тех. вузов / А.М. Тевлин, Г.С. Иванов, Л.Г. Нартова и др.; Под ред. А.М. Тевлина. - М.: Высш. шк., 1983. - 175 с.

43. *Лагунова М.В.* Графическая культура как высший уровень результативности графической подготовки студентов, ее структура и иерархия //Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика: Сб. /ННГАСУ. Н. Новгород.; 2001. - Вып 7. - С. 158-162.

44. *Леднев В.С.* Содержание образования: сущность, структура, перспективы. - М.: Высш. шк., 1991. - 224 с.

45. *Мадер В.В.* Введение в методологию математики. - М.: Интерпракс, 1995. - 464 с.

46. *Мартинкус В.Й.* Инженерно-творческая деятельность как социологическая проблема: Дис. ... канд. филос. наук. / Вильнюс, 1981. - 184с.

47. Методологические и методические основы профессионально-педагогической подготовки преподавателя высшей технической школы. - Казань: Карпол, 1997. - 293 с.

48. *Митчел К.* Что такое философия техники? - М.: Аспект Пресс, 1995. - 149 с.

49. *Морозова Н.Т.* Компьютерная технология преподавания дисциплины «Инженерная графика» //Padagogisch Probleme in der Ingenieurausbildung: Referate des 27. Internationalen Symposiums «Ingenieurpädagogik '98», Moskau, Band 2. S.406-409.

50. *Мухамедшин И.С.* Реформа внешнеэкономической деятельности и вопросы передачи технологий. - М.: ВНИИПИ, 1989. - 52 с.

51. *Найханов В.В., Трифонова В.В., Якунин В.И.* Обоснование содержания курса «Геометрическое моделирование и инженерная графика» //Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика: Междунар. межвуз. науч.-метод. сб. /ННГАСУ Н.Новгород, 2001. - Вып. 6. - С. 4-8.

52. *Нартова Д.Г., Луцкий Д.О., Терещенко В.П.* Концепция современного геометрического образования во втузе //Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика: Междунар. межвуз. науч.-метод. сб. /ННГАСУ Н. Новгород, 2000. - Вып. 5. - С. 62-64.

53. *Нартова Л.Г.* Об общей концепции преподавания дисциплин геометрического цикла во втузе //Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: Межвуз. науч.-метод. сб. /СГТУ. Саратов, 1999. - С. 14-16.

54. Научно-технический прогресс: Словарь. - М.: Политиздат, 1987.

55. Начертательная геометрия. Инженерная и машинная графика. /К.И. Вальков, Б.И. Дралин, В.Ю. Клементьев и др. - М.: Высш. шк., 1997. - 495 с.

56. *Немолов С.О.* Внедрение компьютерной графики в учебный процесс на кафедре "Начертательная геометрия и графика" ПГУПС //Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: Межвуз. науч.-метод. сб. /СГТУ. Саратов, 1999. - С. 16-17.

57. *Ньюмен У., Спрул Р.* Основы интерактивной машинной графики. - М.: Мир, 1976. - 574 с.

58. *Норенков И.П.* CALS-технология и модели распределения ресурсов //Педагогическая информатика. - 1999. - №3. - С. 16-23.

59. *Орлов П.И.* Основы методологии проектирования машин: Справочно-методическое пособие: 3 кн. Кн. 1. - М.: Машиностроение, 1977. - 623 с.

60. *Осипова С.И.* Проблемы фундаментализации инженерного образования // Padagogisch Probleme in der Ingenieurausbildung: Referate des 27. Internationalen Symposiums «Ingenieurpadagogik '98», Moskau, Band 1. - S. 321-324.

61. *Полозов В.С., Ротков С.И.* Современные информационные технологии и графические дисциплины в вузах //Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика: Междунар. межвуз. науч.-метод. сб. / ННГАСУ. Н. Новгород, 2000. - Вып. 5. - С. 8-12.

62. *Попов Е.В.* Метод натянутых сеток в задачах геометрического моделирования: Автореф. дис. ... д-ра тех. наук. /ННГАСУ. Н. Новгород, 2001. - 45 с.

63. *Посвянский А.Д.* Краткий курс начертательной геометрии: Учебник для втузов. - М.: Высш. шк., 1970. - 240 с.

64. Применение АРМ WinMachine в обучении современным компьютерным технологиям проектирования /В.В. Шелофаст, Е.Г. Стайнова, Вад.В. Шелофаст //Padagogisch Probleme in der Ingenieurausbildung: Referate des 27. Internationalen Symposiums «Ingenieurpadagogik '98», Moskau, Band 2. - S. 422-425.

65. Примерная программа дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика». - М.: Станкин, 1996. -18 с.

66. Программа дисциплины «Начертательная графика. Инженерная графика». - М.: 1989. - 32 с.

67. *Прохоров А.Ф.* Конструктор и ЭВМ. - М.: Машиностроение. 1987. - 272 с.

68. Программные средства машинной графики. Международный стандарт GKS: Пер. с англ. /Г. Эндерле, К. Кэнси, Г. Пфафф. и др. - М.: Радио и связь, 1988. - 480 с.

69. *Ройтман И.А.* Практикум по машиностроительному черчению. - М.: Просвещение, 1978. - 102 с.

70. *Ракитов А.И.* Философия компьютерной революции. - М.: Политиздат, 1991. - 284 с.

71. *Ридлер А.* Машиностроительное черчение. - М., 1902.

72. *Романов Е.В.* Введение в специальность инженера: психолого-педагогический аспект: Учеб. пособие. - Магнитогорск, 1997. - 91 с.

73. *Романьчева Э.Т., Сидорова Т.И., Сидоров С.Ю.* AutoCAD: Практическое руководство. - М.: ДМК, Радио и связь, 1997. - 480 с.

74. *Рукавишников В.А.* К вопросу о целостности графического образования //Начертательная геометрия, инженерная графика: Междунар. межвуз. науч.-метод. сб. / ННГАСУ. Нижний Новгород, 2000. - Вып. 5. - С. 107-111.

75. *Рукавишников В.А., Голубева И.Л., Альтапов А.Р.* Новый уровень в развитии графического образования: Матер. третьих Вавиловских чтений. Ч. 1. /МПИ. Йошкар-Ола, 1999. - С. 200-202.

76. *Рукавишников В.А.* К вопросу о целостности графической подготовки //Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: Межвуз. науч.-метод. сб. /СГТУ. Саратов, 2000. - С.69-74.

77. *Саксельцев Г.А.* Актуальность проблемы изучения истории инженерно-технического образования. - Саратов, 1993. - 218 с.

78. Системы автоматизированного проектирования: В 9 кн. Кн. 9 Иллюстрированный словарь: Учеб. пособие для втузов / Д.М. Жук, П.К. Кузьмик, В.Б. Маничев и др.; Под ред. И.П. Норенкова. - М.: Высш. шк., 1986. - 159 с.

79. Справочник по машинной графике в проектировании / В.Е. Михайленко, В.А. Анпилогова, Л.А. Кириевский и др.; Под ред. В.Е. Михайленко, А.А. Лященко. - К.: Будівельник, 1984. - 184 с.

80. *Ставская Н.Р.* Философские вопросы развития современной науки. - М.: Высш. шк., 1974. - 231 с.

81. *Степакова В.В., Кирсанова О.Г.* Методические аспекты преподавания начертательной геометрии в технических лицеях //Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: Сб. /СГТУ. Саратов, 2000. - С.62-64.

82. *Суханов А.* Концепция фундаментализации высшего образования и ее отражение в ГОСах //Высшее образование в России. - 1996. - №3. - С. 17-24.

83. *Таленс Я.Ф.* Работа конструктора. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1987. - 255 с.

84. *Тунаков А.П., Филимонова М.Ю.* К вопросу о преподавании компьютерной графики //Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика: Междунар. межвуз. науч.-метод. сб. /НГАСУ. Н. Новгород, 2000. - Вып 6. - С. 103-106.

85. *Тунаков А.П.* Чертежи будущего //Изв. вузов. Сер «Авиационная техника». - 1997. - №2. - С. 98-102.

86. *Ушинский К.Д.* Избранные педагогические сочинения. - Т. 1-2. М., 1974.

87. Философский энциклопедический словарь. - М.: Сов. энциклопедия, 1989. - 815 с.

88. *Фокин Ю.Г.* Определение основных терминов дидактики высшей школы: Обзор. информ. - М.: НИИВО, 1995. - Вып. 4. - 60 с.

89. *Фоли Дж., вен Дэм А.* Основы интерактивной машинной графики. - М.: Мир, 1985. - 368 с.

90. Формирование творческой личности будущего инженера / В.С.Кагерманьян, В.К. Маригодов, А.А. Слободянюк и др. - М.: Высш. шк., 1993. 216 с.

91. *Фролов С.А.* Автоматизация процесса графического решения задач. - Минск: Вышэйшая школа, 1980. - 256 с.

92. *Чебышев Н., Коган В.* Высшая школа XXI века: проблема качества //Высшее образование в России. - 2000. - №1. - С. 19-26.

93. *Чепиков М.Г.* Интеграция науки. - М.: Мысль, 1981. - 276 с.

94. *Чигишев Ю.* Слухи о дороговизне Unigraphics оказались сильно преувеличенными //CADmaster. - 2001. - № 1. - С. 7-9.

95. *Энгельмейер П.К.* Технический итог XIX века. - М.: Тип. им. К.А. Казначеева, 1898. - 107 с.

96. Энциклопедический словарь юного математика / Сост. А.П. Савин. - М.: Педагогика, 1989. - 352 с.

97. *Якунин В.И., Горшков Г.Ф.* Проблемы и перспективы совершенствования дидактических основ обучения инженерным графо-геометрическим дисциплинам // Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика: Междунар. науч.-метод. сб. /ННГАСУ. Н. Новгород, 2000. - Вып. 5. - С. 4-8.

98. *Boyse J.W. Gilchrist I.E.:* GMSOLID: Interactive Modelling for Disign and Analysis of solids . IEEECG&A, MARCH 1982.

99. *Connolly P.E., Ross W.A.* Incorporating Graphics, Audio, and Motion in a Freshman Engineering Technology Course //GraphiCon' 2001, Nizhny Novgorod (Russia), September 10-15, 2001. - P. 303-306.

100. International Organization for Standardization: Data Processing Vocabulary, Section 13: Computer Graphics. ISO/DIS 2382/13 (1982).

101. *Jensen J.* The impact of computer graphics on instruction in engineering graphics // Engineering Design Graphics, 1986, v.50, N 2.

102. *Rukavishnikov V.* The concept of the geometrical education development. GRAPHICON' 2001 September 10 - September 15, 2001, Nizhny Novgorod, Russia. - P. 310-312.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА КУРСА «ИНЖЕНЕРНОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

ВВЕДЕНИЕ

Учебный курс «Инженерное геометрическое моделирование» является общеинженерным и обеспечивает геометрическую подготовку инженеров. Он дает знания визуально-образного геометрического языка, и умения и навыки использования его при осуществлении геометрического моделирования, необходимые для изучения последующих инженерных, специальных, технических и естественнонаучных дисциплин.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания курса является развитие пространственного конструктивного мышления и умения создавать, читать и исследовать геометрическую информацию.

1.2. ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Научить будущего специалиста использовать теоретические основы визуально-образного геометрического языка и компьютерные технологии геометрического моделирования при создании, чтении и исследовании геометрических моделей.

2. Научить будущего специалиста использовать технический визуально-образный геометрический язык и компьютерные технологии

технического геометрического моделирования при создании, чтении и исследовании геометрических моделей технических изделий.

1. Научить будущего специалиста использовать художественно-технический визуально-образный геометрический язык и компьютерные технологии художественно-технического геометрического моделирования (технического дизайна) при создании, чтении и исследовании визуально-образных художественных геометрических моделей технических изделий.

1.3. ЦЕЛИ, ДОСТИГАЕМЫЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ

1. Знание студентом теоретических основ визуально-образного геометрического языка, компьютерных технологий геометрического моделирования, а также овладение умениями и навыками создавать, читать и исследовать геометрические модели.

2. Знание студентом технического визуально-образного геометрического языка, компьютерных технологий технического геометрического моделирования, а также овладение умениями и навыками создавать, читать и исследовать геометрические модели технических изделий.

3. Знание студентом художественно-технического визуально-образного геометрического языка, компьютерных технологий художественно-технического геометрического моделирования (технический дизайн), а также овладение умениями и навыками создавать, читать и исследовать визуально-образные художественные геометрические модели технических изделий.

4. Приобретение знаний основных правил оформления чертежей (визуально-образных геометрических моделей), установленных стандартами ЕСКД, а также умений и навыков использования их при оформлении конструкторской документации.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ I

«Теоретические основы геометрического моделирования»

Лекции

№ п/п	<i>Язык геометрического моделирования. (инвариантное ядро дисциплины)</i>	<i>Компьютерные технологии геометрического моделирования (вариантная оболочка дисциплины)</i>
1	<p>Введение: цель, предмет, задачи геометрического моделирования; визуально-образный геометрический язык, его структура (семантика и синтаксис), роль и место в развитии науки, образования и геометрического моделирования; роль и место геометрического моделирования в системе инженерного образования и конструкторской деятельности; область применения.</p> <p>Концепция развития геометрического моделирования: начертательная геометрия как исторический этап развития геометрического моделирования;</p> <p>компьютерная графика: определение; исторические этапы развития; классификация компьютерных систем геометрического моделирования (основные понятия)</p>	<p>Средства и методы начертательной геометрии: методы проецирования, метод Монжа (двухмерное геометрическое моделирование).</p> <p>Средства и методы компьютерной графики. Введение в компьютерную систему геометрического моделирования, используемую в учебном процессе.</p>

2	Правила оформления конструкторской документации: форматы, масштабы, линии чертежа, шрифты, изображения.	Компьютерные средства и методы оформления конструкторской документации.
3	Геометрическое пространство и геометрические и физические объекты: определение геометрического и физического пространства; классификация геометрических объектов и способы их задания; системы координат физического и геометрического пространства; понятие точки, прямой, линии, плоскости и т.д., способы их задания и свойства.	<p>Средства и методы задания точек, прямых, линий и плоскостей на комплексном чертеже Монжа.</p> <p>Средства и методы задания точек, прямых, линий, плоскостей и многогранников в компьютерной системе геометрического моделирования.</p>
4	Плоские линии: построение плоских контуров с элементами сопряжений и лекальных кривых. Классификация, методы определения и основные понятия сопряжений и лекальных кривых.	Компьютерная технология построения плоских контуров с элементами сопряжений и лекальных кривых.
5	Позиционирование плоских геометрических моделей: принадлежность, параллельность, пересечение двухмерных геометрических моделей (точек, прямых, кривых, дуг, окружностей, многоугольников и др. простейших элементов).	Компьютерные средства и методы позиционирования двухмерных геометрических моделей: принадлежности, параллельности, пересечения простейших геометрических.
6	Определение метрических характеристик геометрических моделей: основные метриче-	Средства и методы определения метрических характеристик двухмерных

	ские характеристики двумерных геометрических элементов и их соотношения (координаты точек, длина, размер угла, площадь и т.д.)	геометрических объектов.
7	Трехмерные геометрические элементы (каркасные, поверхностные и твердотельные геометрические модели); способы формирования трехмерных геометрических моделей (кинематический, вращения, метод синтеза и т.д.); редактирование созданных геометрических объектов; взаимодействие геометрических объектов.	Компьютерные средства и методы формирования и редактирования простых и составных каркасных, поверхностных и твердотельных геометрических моделей.
8	Способы задания и преобразования различных видов геометрических моделей: главные, дополнительные, аксонометрические виды; системы координат.	Компьютерные средства и методы задания главных, дополнительных, аксонометрических видов. Пользовательская система координат и ее привязки к геометрическому объекту.
9	Визуализация геометрических моделей: закраска, освещенность, тени, фон, перспектива и т.д.	Компьютерные средства и методы визуализации геометрических моделей.
10	Многогранники: классификация и способы задания многогранников; их основные свойства.	Компьютерные средства и методы создания многогранников и определение их основных геометрических характеристик.
11	Пространственные кривые линии: определение, классификация, способы задания, основные свойства.	Компьютерные средства и методы построения плоских и пространственных кривых линий. Определение их основных геометрических характеристик.

12	<p>Поверхности: классификация; определитель; кинематический и каркасный способы задания; критерии заданности поверхности.</p> <p>Поверхности вращения: понятие главного меридиана; поверхности вращения второго порядка; сфера; коническая и цилиндрическая поверхности вращения; однополостный гиперболоид вращения; тор.</p> <p>Линейчатые поверхности: основные определения; поверхности с тремя направляющими; поверхности с плоскостью параллелизма (циклоид, коноид, гиперболический параболоид); конические и цилиндрические поверхности общего вида; торсы.</p> <p>Винтовые поверхности: прямой геликоид; геликоид с наклонной образующей; поверхности параллельного переноса – эллиптический и гиперболический параболоиды.</p> <p>Циклические поверхности: кинематические поверхности.</p>	<p>Компьютерные средства и методы построения поверхностей.</p> <p>Компьютерные средства и методы построения поверхностей вращения.</p> <p>Компьютерные средства и методы построения линейчатых поверхностей.</p> <p>Компьютерные средства и методы построения винтовых поверхностей.</p> <p>Компьютерные средства и методы построения циклических поверхностей.</p>
13	<p>Тела: определение; классификация, способы задания; использование поверхностей при формировании тел.</p>	<p>Компьютерные средства и методы построения плоских и пространственных тел.</p>

14	Пересечение поверхностей: определение линии пересечения поверхностей.	Компьютерные средства и методы построения линий пересечения различных поверхностей.
15	Пересечение тел: определение поверхности и линии пересечения геометрических тел.	Компьютерные средства и методы построения поверхности и линии пересечения различных тел.
16	Преобразование геометрических моделей одной размерности в другую: создание двух- и трехмерных геометрических объектов по физической или мысленной модели; создание трехмерных геометрических моделей по двумерным; создание двумерных геометрических моделей по трехмерным средствами компьютерной системы геометрического моделирования»	Компьютерные средства и методы преобразования геометрических моделей одной размерности в другую
17	Развертка поверхностей: способы построения разверток.	Компьютерные средства и методы построения разверток поверхностей.
18	Ведение в четырехмерное геометрическое моделирование, т.е. моделирование процесса работы или изменения геометрической модели во времени: Определения, подходы, область применения и т.д.	Компьютерные средства и методы четырехмерного геометрического моделирования.

Лабораторно-практические занятия

№ темы	Наименование темы
1	<i>Компьютерная система геометрического моделирования.</i> Графический редактор. Способы ввода команд, координат. Основные команды геометрической системы. Создание, сохранение, открытие файлов с геометрической информацией.
2	<i>Построение двумерных геометрических моделей.</i> Построение плоских контуров с элементами сопряжений, локальных и другими конструктивными элементами.
3	<i>Построение трехмерных геометрических моделей</i> на основе построенных ранее плоских контуров.
4	<i>Построение трехмерных геометрических моделей, содержащих основные базовые формы</i>
5	<i>Построение двумерных геометрических моделей (чертежей) по трехмерной геометрической модели.</i>

РАЗДЕЛ 2

«Техническое геометрическое моделирование»

Лекции

№ п/п	Язык геометрического моделирования. (инвариантное ядро дисциплины)	Компьютерные технологии геометрического моделирования (вариантная оболочка дисциплины)
1	ЕСКД. Виды изделий. Виды конструкторских документов. Общие правила оформления конструкторской документации.	Компьютерные методы оформления конструкторской документации.
2	Двухмерное геометрическое моделирование двумерных объектов. Виды двумерных геометрических элементов (плоских линий:	Компьютерная технология построения плоских контуров: вариантный, модульный и др. методы.

	прямых, дуг, окружностей, лекальных кривых и т.д.). Методы построения плоских контуров (сопряжений, лекальных линий, фасок, и других конструктивных элементов).	
3	Нанесение размеров и других технологических параметров на двухмерных геометрических моделях (чертежах).	Компьютерная технология нанесения размеров на двухмерных геометрических моделях (чертежах).
4	<p><i>Трехмерное геометрическое моделирование технических изделий:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • трехмерных геометрических моделей технических деталей; • конструктивных элементов технических деталей и их технологическое назначение; • двухмерных геометрических моделей технических изделий по трехмерным геометрическим моделям; • геометрических моделей изделий из листового материала; • геометрических моделей изделий, получаемых методом литья; • геометрических моделей тонкостенных деталей; • стандартных и типовых деталей. <p>Нанесение технологических характеристик для изгото-</p>	Компьютерные технологии трехмерные геометрического моделирования различных технических деталей и их конструктивных элементов.

	товления детали, обозначение материала детали.	
5	<p><i>Геометрическое моделирование разъемных соединений.</i> Резьбы и резьбовые соединения: определение и классификация резьб. Изображение и обозначение резьб на двухмерных геометрических моделях (чертежах); стандартные резьбовые изделия, их изображение и обозначение на чертежах; создание трехмерных геометрических моделей деталей с резьбой и резьбовых крепежных соединений.</p>	Компьютерные технологии двух и трехмерного геометрического моделирования деталей с резьбой и резьбовых соединений.
6	<p><i>Геометрическое моделирование неразъемных соединений.</i></p> <p>Соединения сваркой: классификация, обозначение, и изображение при двух и трехмерном моделировании.</p> <p>Соединения клеейкой: классификация, обозначение, и изображение при двух и трехмерном моделировании.</p> <p>Соединения пайкой: классификация, обозначение, и изображение при двух и трехмерном моделировании.</p> <p>Соединения клепкой: классификация, обозначение, и изображение при двух и трехмерном моделировании.</p>	Компьютерные технологии двух и трехмерного геометрического моделирования соединений полученных сваркой, клеейкой, пайкой и клепкой.
7	<i>Геометрическое модели-</i>	Компьютерные средства и ме-

<p>рование сборочных единиц технических изделий:</p> <ul style="list-style-type: none"> • создание трехмерной геометрической модели сборочной единицы из трехмерных геометрических моделей деталей; • создание сборочного чертежа по его трехмерной модели; • создание спецификации; • размеры на сборочном чертеже; • техническая характеристика изделия и т.д. 	<p>тоды создания трехмерных геометрических моделей сборочных единиц и преобразования их в двухмерные сборочные чертежи.</p>
---	---

Лабораторно-практические занятия

№ темы	Наименование темы
1	Построение двухмерных геометрических моделей (чертежей).
2	Построение трехмерных геометрических моделей и по ним двухмерных геометрических моделей (чертежей) деталей, изготавливаемых точением, литьем, из листового материала, тонкостенных, стандартных и типовых деталей и т.д.
3	Построение трехмерных геометрических моделей и по ним двухмерных геометрических моделей разъемных (резьбовых) и неразъемных (сварки, клейки, клепки и др.) соединений.
4	Построение трехмерных геометрических моделей и по ним двухмерных геометрических моделей (сборочных чертежей) сборочных единиц, на основе предварительно выполненных геометрических моделей отдельных деталей, входящих в сборочную единицу.
5	Построение технологических схем.

РАЗДЕЛ 3 «Художественное геометрическое моделирование» или «Технический дизайн»

Лекции

№ п/п	Язык геометрического моделирования. (инвариантное ядро дисциплины)	Компьютерные технологии геометрического моделирования (вариантная оболочка дисциплины)
1	Основы технологии технического дизайна.	Компьютерные технологии художественного технического геометрического моделирования.
2	Визуализация трехмерных геометрических моделей деталей и сборочных единиц: <ul style="list-style-type: none"> • освещенность геометрических моделей технических изделий»; • фон и заставки; • геометрические модели перспективные; • технологии основ технического дизайна. 	Компьютерные средства и методы визуализации трехмерных геометрических моделей.
3	Анимация геометрических моделей: моделирование перемещений отдельных геометрических моделей технических изделий в пространстве и относительно друг друга (моделирование работы изделия).	Компьютерные средства и методы анимации трехмерных геометрических моделей.

Лабораторно-практические занятия

№ темы	Наименование темы
1	Построение и визуализация геометрических моделей изделия с использованием технологий технического дизайна.
2	Построение и анимация геометрических моделей изделия с использованием технологий технического дизайна.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК СИСТЕМНЫЙ ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ	8
1.1. Структурно-функциональная и диалектическая модели инженерной деятельности	8
1.2. Структурно-функциональная модель конструкторской деятельности	22
1.3. Диалектическая модель геометрического моделирования	41
ГЛАВА 2. ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРА	56
2.1. Геометрическое моделирование как интеграционная основа подготовки инженера	56
2.2. Концепция опережающего педагогического проектирования геометрической подготовки инженера	71
2.3. Диалектическая модель геометрической подготовки инженера	76
2.4. Структурно-функциональная модель инженерного геометрического моделирования	91
ГЛАВА 3. ОПЕРЕЖАЮЩЕЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРА	106
3.1. Анализ структуры и содержания геометрической подготовки инженера	106
3.2. Педагогическое проектирование структуры и содержания геометрической подготовки инженеров	118
3.3. Внедрение курса «Инженерное геометрическое моделирование»	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	155
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	161
ПРИЛОЖЕНИЕ	169

Рукавишников Виктор Алексеевич

**Геометрическое моделирование
как методологическая основа
подготовки инженера**

Редактор *Л.Г. Шевчук*
Корректор *Ю.Е. Стрыхарь*
Технический редактор *Г.П. Дудичева*

Сдано в печать 20.02.2003 г.
Подписано в печать 07.03.2003 г.
Формат 60 x 84 1/16
Бумага офсетная №1
Печать на ризографе
Усл.-печ. л. 11,0
Уч.-изд. л. 10,65
Тираж 500 экз.
Заказ №

Издательство Казанского университета
420008, Казань, ул. Кремлевская, 18

Отпечатано с готового оригинал макета в офсетной лаборатории
Казанского государственного технологического университета
420015, Казань, К. Маркса, 68