

В. Ф. Кригер

ПРОСТРАНСТВЕННО- ГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ



В. Ф. Кригер

ПРОСТРАНСТВЕННО-
ГРАФИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И РАЗВИТИЕ
ТВОРЧЕСКИХ
СПОСОБНОСТЕЙ
СТУДЕНТОВ

ВОРОНЕЖ
ИЗДАТЕЛЬСТВО
ВОРОНЕЖСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

1989

Кригер В. Ф. Пространственно-графическое моделирование и развитие творческих способностей студентов. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1989. — 184 с.

В монографии рассматриваются вопросы усиления творческого аспекта графического образования инженера, связанные с автоматизацией проектирования и концепцией качества в технике. Предлагается использовать в учебном процессе по графическим дисциплинам отдельные стороны творческого метода дизайна, в частности разнообразные задачи пространственно-графического моделирования.

Книга адресована преподавателям инженерной графики и основ художественного конструирования в техническом вузе, а также преподавателям техникумов и общеобразовательных школ. Материалы работы могут быть использованы в научно-исследовательской работе студентов по графическим дисциплинам.

Библиогр. 59 назв. Табл. 2.

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Воронежского университета

Научный редактор —
д-р техн. наук, проф. И. Г. Винницкий

Рецензенты:

канд. техн. наук, доц. Б. П. Краснов,
канд. техн. наук, доц. И. М. Халдеев

Валерий Федорович Кригер

ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

Редактор О. Е. Макарова. Обложка В. Н. Сысуева. Художественный редактор Л. А. Ключков. Технический редактор Ю. А. Фосс. Корректоры Г. И. Старухина, Е. В. Орлова.

ИБ № 1749. Сдано в набор 31.01.89. Подп. в печ. 26.05.89. ЛЕ10806. Форм. бум. 60 х 90/16. Бумага книжно-журнальная. Литературная гарнитура. Высокая печать. Усл. п. л. 11,5. Усл. кр.-отт. 11,7. Уч.-изд. л. 12,3. Тираж 2400. Заказ 371. Цена 1 р. 80 к.

Издательство Воронежского университета. 394000. Воронеж, ул. Ф. Энгельса, 8. Типография издательства ВГУ. 394000. Воронеж, ул. Пушкинская, 3.

К $\frac{2004020000-008}{M174(03)-89}$ 64-89

ISBN 5-7455-0149-9

© Издательство
Воронежского университета, 1989

Проблема развития творческих способностей студентов становится все более актуальной в связи с повышением роли двух системообразующих факторов развития современной техники: конкуренции качества и кибернетизации интеллектуальной деятельности инженера. В структуре технического проектирования на первый план выдвигаются вопросы, которые определяют качество проекта в условиях возрастающей конкуренции принципиально новых технических решений. Если в период экстенсивного развития техники в производство шло единственное проектное предложение, то сегодня значительно увеличивается количество независимых выполненных поисковых проектов на одно изделие и повышается общий уровень творческой проработки проекта, определяемый концепцией потребительско-эксплуатационного качества. Возможность автоматизации наиболее трудоемких сторон деятельности проектирования еще выше поднимает значение начального интеллектуального этапа разработки конструкции.

Указанные изменения в структуре профессиональной деятельности должны найти отражение в высшем образовании инженера. Ориентация студента на поисковое конструирование должна осуществляться с начального периода обучения в техническом вузе. И здесь важную роль может сыграть инженерная графика — учебная дисциплина, в которой формируются первые навыки студентов в техническом проектировании. Инженерная графика как научная дисциплина и область практической деятельности переживает сейчас период коренной реконструкции, связанный с автоматизацией подсистемы графического обеспечения САПР. Необходимо, чтобы эта реконструкция нашла верное отражение в учебном процессе. Основные дидактические задачи инженерной графики должны соответствовать общетехническим целям перестройки инженерного образования.

Именно поэтому в данной работе, посвященной анализу отдельных вопросов творчества при обучении графическим дисциплинам, уделено внимание изменениям, происходящим в подсистеме графического отображения информации, а также постановке общих дидактических целей развития личности будущего специалиста. Только такое укрупненное рассмотрение дидактических единиц специального знания, согласованное в общесистемном плане со всей структурой профессионального образования, может привести к намеченной цели — развитию творческих способностей инженера.

Проблема развития творчества в процессе графической подготовки студента в вузе неразрывно связывается нами с воспитанием определенных эмоционально-ценностных отношений к профессии. Идея выделения процесса пространственно-графического формообразования на базе ЭВМ

как центрального (поискового) элемента деятельности по созданию технологической графической модели (машиностроительного чертежа), по нашему мнению, наиболее точно соответствует общей цели обучения инженерной графике в современном техническом вузе.

Целесообразность включения структурных компонентов дизайна в систему графической подготовки студентов вуза определяется двумя аспектами. Прежде всего, дизайн — это поисковое конструирование, отражающее требование прогнозирования потребительско-эксплуатационного качества будущего технического изделия. Кроме того, основной метод дизайнера — художественное конструирование — представляет собой визуально-графический метод композиционного формообразования, который сходен по своей структуре с методом машинной разработки изделия, осуществляемой в графической подсистеме САПР. Ориентированный на дизайн, метод пространственно-графического моделирования оказывается органически связанным с проблемой автоматизации учебно-проектировочной деятельности студентов, а также с вопросами поискового конструирования.

Анализ возможностей подсистемы графического отображения информации САПР показывает, что при автоматизации поискового конструирования (в профессиональном и учебном аспекте) графическая деятельность приближается к процессу реального (макетного) моделирования. Структурно-динамический характер интерактивной машинной модели определяет большие возможности поискового объемно-пространственного моделирования на ЭВМ. Эти возможности не могут быть до конца реализованы при односторонней графической подготовке студента, ориентированной на традиционное конструирование и чертежный способ отображения технической информации.

Основу профессиональной деятельности художника-конструктора составляет процесс пространственно-графического формообразования. Дизайнер создает целостную форму технического изделия с помощью разнообразных графических моделей, которые выступают в его поисковой деятельности основным средством достижения необходимого результата. Предлагаемые в работе учебные задания для развития технического творчества связаны с дизайнерской деятельностью не столько профессионально-композиционной направленностью, сколько методом моделирования структуры объектов окружающей действительности с помощью карандаша и бумаги.

Особенности профессиональной деятельности дизайнера, ее актуальность для подготовки инженера определяют основную концепцию построения экспериментального курса «Пространственное эскизирование». Пространственная графическая модель является в этом курсе средством решения конкретной поисковой (проблемной) задачи. Процесс целесообразного формообразования выступает в учебных графических заданиях главным фактором усвоения необходимых интеллектуальных качеств мышления, формирования творческих способностей, без которых немалым успехом профессиональная деятельность современного инженера.

В работе рассмотрены структурные основы пространственно-графи-

ческой модели и методические стороны формирования требуемых перцептивно-моторных навыков. В практической части работы особое внимание обращается на вопросы правильной ориентировки деятельности студентов, которые приводят к развивающим эффектам обучения.

Полученные выводы основаны на проводимых автором в течение ряда лет научно-методических исследованиях отдельных вопросов данной темы. Непосредственным материалом работы служит экспериментальный курс «Пространственное эскизирование», включенный в общую систему графической подготовки студентов первого курса специальности «Самолетостроение», а также отдельные разделы лабораторного цикла курса «Основы художественного конструирования» для тех же специальностей четвертого года обучения. Кроме того, в некоторых разделах использованы материалы внеаудиторных занятий автора со студентами различных специальностей в рамках «дизайн-студии». На этом отделении факультета общественных профессий студенты успешно осваивают основы метода пространственно-графического моделирования и возможности творческого использования его в различных технических задачах.

Автор надеется, что работа окажет практическую помощь тем преподавателям инженерной графики, которые интересуются вопросами активизации учебного процесса и развития творческих способностей студентов. Отдельные положения, затронутые в работе, будут несомненно полезны специалистам по методологии проектирования и разработчикам учебно-проектировочных автоматизированных обучающих систем (САПР вуза).

В решениях XXVII съезда КПСС и ряде директивных документов Коммунистической партии и Советского правительства поставлена важная задача всеобщей реконструкции техники на основе ЭВМ и передовой технологии. Эта задача предусматривает резкое повышение эффективности и качества инженерного труда, обогащение его творческим содержанием, идейной направленностью, инициативой.

Основные факторы, определяющие коренное изменение характера научно-технической революции в современную эпоху, связаны с концепцией качества в технике и с кибернетизацией почти всех видов деятельности человека в обществе. Первая концепция определяет ориентацию развития техники на оптимизацию социальных задач развития общества, на общегосударственную и потребительскую эффективность промышленной продукции. Вторая концепция связана с первой своим конечным результатом — повышением эффективности общественно полезной деятельности человека. ЭВМ позволяет повысить качество труда за счет обеспечения его практически неограниченной по быстродействию и объему информационной базой, а также за счет автоматизированного управления деятельностью больших коллективов людей, решающих сообща единую техническую задачу.

Кибернетизация затрагивает не только производство, но и такие виды интеллектуальной деятельности, как поисковое конструирование (изобретательство), а также изобразительно-графическую деятельность по отображению на визуально-пространственной модели существенных для конструктора структурных свойств разрабатываемых объектов.

Проектирование закладывает необходимые изменения в предметной среде, составляющей основу социальной жизни общества. Добиться того, чтобы эта среда наиболее полно удовлетворяла материальным и духовным потребностям человека, — важная задача техники вообще и проектирования в частности. Главной составляющей предметной среды являются объекты машиностроения, т. е. сама техника. Первоочередное развитие этой отрасли, ее реконструкция на новой качественной основе — задача, которую необходимо начинать с проектирования. Не секрет, что во многих проектировочных организациях уже у кульмана закладывается низкое качество продукции, намного уступающее соответствующим образцам, производимым за рубежом. Именно «из-за конструкторских недоработок, отступлений от техно-

логии ... мы несем большие материальные и моральные издержки» [14, с. 54]. Интеллектуальный брак конструктора обходится обществу очень дорого. Качество его деятельности является первым необходимым условием успешной работы больших коллективов производственников, вовлеченных в дело создания новой техники.

Концепция качества в промышленном проектировании исторически связана с появлением в его структуре новых специалистов, проектировщиков формы промышленных изделий, — дизайнеров. «Конструкторами качества» называли первых представителей этой профессии, так как понятие формы промышленного изделия включает разработку структуры изделия, которая отвечает параметрам потребительско-эксплуатационного качества. Сегодня данная концепция в значительной мере переросла узкие рамки одной профессии. Современные задачи социального развития общества, возросшие возможности по их техническому обеспечению требуют научной обоснованности принимаемых проектных решений. Одной интуиции и художественного воображения дизайнеров уже недостаточно для удовлетворения в проекте многочисленных параметров качества промышленного изделия. В настоящее время дизайнер выступает как специалист главным образом в производстве товаров массового потребления. В машиностроении и отраслях производства средств производства проектировщиком формы промышленного изделия является сегодня инженер, в распоряжении которого имеется определенная система информационно-научного обеспечения качества.

Участие инженера в вопросах «макропроектирования», которые включают прогнозирование конкурентоспособности и потребительского качества изделия, является главной чертой изменившегося характера профессиональной деятельности проектировщика. Новая функция проектирования, заключающаяся в разработке «архитектуры сложности» [45] будущего изделия, требует от специалиста характерного «художественно-конструкторского» целостного мышления, присущего дизайнеру-профессионалу.

Сегодня эксплуатационное качество становится основной системообразующей концепцией проектирования. Эксплуатационно-потребительское качество технического изделия, воплощенное в его проекте, является главным фактором конкурентоспособности советской техники. Данная концепция требует, чтобы проектные решения, принимаемые конструктором сегодня, завтра приводили бы к гарантированному эффекту в сфере эксплуатации техники.

При увеличении сложности технических задач растет влияние проектирования на различные социальные вопросы жизни общества и, следовательно, ответственность конструктора.

торов за те или иные результаты этого процесса [13, 17]. Традиционный подход к принятию проекторочных решений оправдывался на определенном этапе развития техники относительной простотой объекта проектирования и очевидностью его связи с социальной системой эксплуатации техники. Вопросы качества при проектировании решались на основе одного здравого смысла. Заключение об успешности проекторочной деятельности и качества спроектированного изделия выносилось сразу после технологического освоения изделия и успешной «сдачи» внутрипроизводственных испытаний. Эксплуатационная сфера, оценка общегосударственной эффективности, конкурентоспособность изделия выходили из поля зрения проектировщика.

Возрастание производительности труда в проектировании, связанное с автоматизацией деятельности, приводит к четкому разграничению профессиональных задач на два класса: типовых и системных. Почти все задачи, относящиеся к традиционному проектированию, попадают в разряд типовых, т. е. тех, в которых известные технические функции «прототипов» почти не подвергаются изменениям. Осуществляется только новая компоновка, соответствующая заданным ограничениям и оптимизации принятых параметров.

Основная черта таких задач заключается в том, что они почти полностью поддаются автоматизации. Творческими в них являются, главным образом, процесс формулирования задачи на проектирование и соответствующая формализация рабочих процедур для ЭВМ. При наличии развитой информационной системы (базы данных) и достаточно полного программного обеспечения решение таких задач не представляет сегодня профессиональной сложности.

Но существуют задачи, связанные с проектированием качественно новых технических изделий или систем. Именно такое проектирование становится определяющим в эпоху конкуренции качества*. Его задачи характеризуются тем, что в них входит проблема достижения требуемого уровня качества изделия. Кроме того, проектирование должно обеспечить дополнительную функцию постановки технических задач на качественные изменения. Последняя проблема является наиболее сложной для сегодняшнего проектирования. Концепция качества диктует необходимость реализации в новом проекте все более высокого уровня совершенства технического решения, его принципиального отличия от образцов техники нынешнего поколения.

* Начиная с 60-х гг. во всех отраслях промышленности наметился переход от ценовой конкуренции к конкуренции качества. Этот процесс закончился в конце 70-х гг. Конкурентоспособность изделия рассматривается сейчас только в связи с характеристиками его качества [21].

Следует подчеркнуть, что понятие качества имеет системный характер, оно не может быть сведено к совокупности отдельных технических параметров. Требуемый уровень качества может достигаться не только техническими, но и организационными, эргономическими, эстетическими и социально-психологическими средствами. Ведь сегодня речь идет не о техническом, а об эксплуатационно-потребительском качестве, проявляющемся как интегральное свойство целого в определенной организационной структуре деятельности людей. Поэтому характеристики последней могут конкурировать по своей значимости с более осязаемыми для проектировщика техническими параметрами будущего изделия.

В связи с появлением качественных критериев формирования в технике существенно меняется характер задач современного проектирования. Оно становится системным, и задача на проектирование формулируется не как техническая, а как социально-морфологическая. Только такой подход может разрешить проблему управляемого роста уровня качества технических разработок. Если раньше рассматривалась проблема внутри системы «техническое изделие», то теперь проектировщики обязаны осуществлять поиск в системе «техническое изделие — общественная потребность в нем». Эта система отличается от первой своим социальным характером. В ее центре находится деятельность людей, характеристики которой являются исходными данными на проектирование. Техническое изделие входит в структуру этой деятельности как средство повышения эффективности труда. Параметры проектируемого изделия являются производными от соответствующих характеристик деятельности. Следовательно, последняя подсистема есть информационный источник параметров качества, определяющих постановку задач на техническое проектирование. Тщательность анализа этой подсистемы определяет в конечном счете результат всего проекта.

Таким образом, информационное обеспечение является определяющим вопросом в проектировании качества техники.

В системном проектировании меняется как общий характер поискового объекта, так и техническое содержание проектировочной деятельности. Изменение характера рассматриваемой системы определяет уменьшение четкости формализации задачи, отсутствие ее прямой детерминированности. Большое количество разнохарактерных компонентов, сложных и неопределенных связей между ними приводит к возрастанию роли анализа, который осуществляется на методологической базе системного подхода. Как свидетельствуют теоретики системного проектирования [17], центр тяжести поисковой деятельности в условиях автоматизированного про-

ектирования перемещается на исследовательский этап анализа системы, непосредственно предшествующий традиционному этапу конструирования.

Для осуществления качественных изменений в технике необходим изобретательский уровень решения задач, связанный с выработкой новых технических идей. Этот уровень технического творчества характеризуется **большим количеством научных исследований**, связанных с различными областями человеческой деятельности. **Изобретательские задачи**, встающие в процессе системного проектирования, характеризуются трудностями анализа и построения полной модели. Решение их более длительно по сравнению с задачами, требующими изменения системы на уровне компонентов. Ориентировочное количество проб и ошибок, которое необходимо для успешного поиска, определяется уже не десятками, а сотнями и тысячами [4]. Естественно, что только быстроедействие современных ЭВМ дает возможность планировать массовое решение задач подобной сложности. Удешевление проектирования, связанное с его автоматизацией, быстрота перебора и оценки сочетаний всевозможных факторов позволяют вести проектирование параллельно различными творческими коллективами и получать одновременно большое количество целостных решений, выполненных независимо друг от друга. Дополнительный отбор вариантов проекта повышает шансы на «выживание» одного из них в конкуренции качества. По данным работы [7], в 1975 г. в США на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы было затрачено около 40 млрд долларов. Восемьдесят пять процентов этой суммы было истрачено на опытные конструкторские разработки и всевозможные исследования, непосредственно связанные с созданием новых товаров. Причем большая часть этой суммы была затрачена на избыточное проектирование. Так, например, в компании «Джек Уитни энд К°» из 2100 изделий, разработанных за определенный срок, лишь семнадцать были отобраны к производству как заслуживающие внимания. Из них только два смогли добиться значительного, пять — умеренного рыночного успеха. Остальные были отбракованы на различных этапах производственного освоения и рыночных испытаний изделий.

Необходимо отметить еще одну особенность, связанную с ростом сложности проектировочных задач, все более диффузным характером рассматриваемой системы и многовариантностью получаемых решений. Проектировщик вынужден действовать в условиях возрастающей неопределенности критериев отбора того или иного оптимального варианта. Можно предполагать, что критерий полезности, характерный для технического творчества, будет вытесняться критерием удовлетворительности. В связи с системным характером про-

сктирования поднимается роль стилевых факторов, т. е. таких, которые не входят в систему основных условий задачи. Эти факторы традиционны в эстетическом проектировании (архитектура, художественное проектирование). В техническом проекте они появляются в качестве средства ограничения поля поиска, отсекающего с первых же шагов некоторых возможных сочетаний-альтернатив, которые приводят к нежелательным эффектам в социальной сфере.

Благодаря дизайну в техническом проектировании стала выделяться в качестве самостоятельной подзадача анализа социальной потребности, в результате решения которой проектировщик получает научно обоснованные данные о качестве будущего промышленного изделия. Изменение характера поисковой деятельности потребовало включения в проектировочный коллектив новых специалистов, которые могли бы осуществлять всесторонний анализ вопросов человеческого фактора. Эргономический анализ групповой деятельности людей по решению стоящей перед ними социальной или технической задачи позволяет выделить характеристики исходного состояния системы, определить суть проблем, связанных с низкими показателями эффективности организационной структуры деятельности. Результатом построения модели социальной системы являются конкретные функциональные характеристики технических объектов, отвечающих требуемому уровню качества. Только такой подход даст возможность проектировщику получить необходимую информацию, относящуюся к параметрам качества изделия. Предпроектный анализ эксплуатационно-потребительской системы позволяет оптимизировать затраты дорогостоящих технических средств, предназначенных для повышения эффективности деятельности.

Описание функционального назначения необходимых технических устройств является исходным моментом инженерно-технического этапа поисковой задачи, который принципиально не отличается от традиционного изобретательства и конструирования.

Итак, распространение дизайнерских идей и концепций привело к возникновению системного проектирования, в котором центр тяжести творческих изысканий перемещается на начальный, «предтехнический» этап работ, связанный с выяснением характеристик качества на проектируемое изделие.

Дизайнерское творчество отличается от системного технического проектирования не качественно, а количественно. Глубина профессионального уровня художественно-конструкторской разработки заключается в точности отображения «дизайн-формой» всей совокупности потребительских представлений о качестве данного промышленного изделия. Крупносерийное производство подразумевает высокую степень со-

вершенства типовой модели. Нерациональная модель ведет как к снижению эффективности производства, так и к сбою в сфере торговли [38]. Именно с этой стороны необходимо рассматривать роль дизайнера в современной технике. Дизайнер нужен там, где риск ошибиться в точности оценки потребительского предпочтения очень велик. Такой риск можно грубо оценить «рыночными» показателями товаров, предназначенных для удовлетворения одной социальной функции и одновременно участвующих в торговом обороте. Если объекты системного технического проектирования на мировом рынке появляются одновременно единицами-десятками, то «простые» изделия дизайнеров должны выдерживать конкуренцию среди сотен и тысяч себе подобных. Поэтому профессиональная глубина исследования социальной подзадачи у дизайнера не уступает глубине соответствующей разработки технического проекта сложного характера.

Казалось бы, система графической подготовки в техническом вузе никак не связана с проблемой обеспечения качества промышленной продукции. Но при более глубоком проникновении в суть проблемы можно увидеть значительную внутреннюю связь. Изменение характера проектировочной деятельности, вызванное системообразующей концепцией качества и кибернетизацией техники, существенно изменяет и подсистему графического отображения информации. В ней возникают сдвиги качественного характера, учет которых в системе высшего образования совершенно необходим.

Если в техническом проектировании благодаря активному внедрению автоматизации проектирования и системному характеру творческого процесса наблюдается устойчивая тенденция смещения наиболее важных сторон профессиональной деятельности инженера в область, близкую к дизайну (по характеру задач и применяемому методу исследования), то следует ожидать и в системе графического отображения аналогичную ассимиляцию идей и методов. Тем более, что основной метод синтеза технической формы в дизайне — метод графического пространственного моделирования — близок к технике своей конструктивной ориентацией.

Конкуренция качества требует от инженера все большей способности генерировать новые технические идеи. Дизайнерское творчество основано именно на этом интеллектуальном процессе. Поэтому графические методы поиска целостной пространственной структуры, отвечающей всей системе функциональных требований, не могут не интересовать специалистов по инженерной графике.

Современное проектирование приобретает системный характер. В поисковой деятельности изобретатель, как и дизайнер, всегда осмысливал конструктивную форму воплощения заданной функции, которую он понимал как чисто техни-

ческую, и весь поиск ограничивал технической возможностью формообразования.

Дизайнер в технике, проектируя форму технического изделия, исходит из потребности общества в повышении результативности труда. С первых дней появления в технике данного специалиста проблема проектирования целостной структуры технического изделия, вытекающая из анализа эксплуатационно-потребительской системы, становится общей концепцией техники. Современная методология проектирования принимает дизайнерскую концепцию проектирования как основную стратегию поискового конструирования во всех отраслях техники.

В связи с этим следует предположить, что в будущем элементы графического метода дизайнерского формообразования займут определенное место в системе поискового конструирования.

Метод дизайнерского формообразования носит принципиально целостный характер. Дизайнер разрабатывает форму как «макропроектировщик», исходя из требований систем, внешних по отношению к рассматриваемой.

Современное автоматизированное проектирование требует от проектировщика общей эрудиции, компетентности в анализе человеческого фактора, а также в различных вопросах, связанных с потребительским качеством разрабатываемого изделия. Прогресс компьютерных средств выдвигает вопросы макропроектирования в деятельности проектировщика на первый план [17, 49].

Графические средства обеспечения автоматизированного проектирования не отвечают характеру мышления сегодняшнего проектировщика. Поэтому необходимо тщательно проанализировать возможности, предоставляемые другими системами графического отображения информации, с точки зрения их использования в графической подготовке студентов инженерного вуза.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ЕЕ СТРУКТУРА И ВОЗМОЖНОСТИ В СОВРЕМЕННОМ ПОИСКОВОМ КОНСТРУИРОВАНИИ

При анализе проектировочной деятельности конструктора мы встречаемся с тремя информационными планами, связанными соответственно с объектом проектирования, умственным образом объекта проектирования, символической моделью объекта проектирования. Последняя позволяет наглядно представить интересующие нас свойства объекта до момента создания изделия и тем самым заменить его на промежуточных этапах технического синтеза. В качестве символической модели может выступать словесное или алгоритмическое описание конструкции, но удобнее всего использовать различные графические формы представления технической информации в силу их конструктивной емкости.

1.1. НЕОБХОДИМОСТЬ ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ

Символические модели, применяемые в проектировании на различных этапах технического творчества, подразделяются сегодня на два типа: математические и графические. Математическая модель используется при машинном описании структуры изделия [19, 40], графические относятся к более традиционным видам символических моделей.

Наиболее известная форма отображения графической информации — комплексный чертеж — появилась в начале XIX в., когда Г. Монж разработал основные положения своего теоретического метода — начертательной геометрии. С этого периода система графического представления информации в технике почти не претерпела никаких изменений. Ортогональный чертеж прочно вошел в жизнь и стал одним из главных факторов, определивших технический прогресс XIX—XX вв.

Метод графического моделирования, предложенный Монжем, имел значительные преимущества перед изобразительным методом, применявшимся до XIX в. для решения разнообразных задач технического творчества. Эти преимущества определялись строгой формализацией модели, геометрической верностью построения, простотой графического выражения. Черчение в масштабе стало главным фактором, определившим появление новой профессиональной деятельности — технического проектирования.

Ортогональный чертеж соответствует технической задаче формообразования прежде всего по своей геометрической основе. Он дает структурно верный эквивалент реальной конструкции. Трехмерный объект и плоское изображение могут рассматриваться в плане как позиционного, так и метрического соответствия. Складывающийся на основе чертежа в сознании конструктора образ по своей структуре вполне соответствует реальному пространству. Метрическая эквивалентность чертежа и технического объекта определяет возможность увязки размеров всех деталей в единое целое. Благодаря данной графической модели конструктор получил эффективное средство анализа и синтеза задач, которые практически не поддавались решению в дочертежный период.

Автоматизация проектирования и системный подход явились в наше время главной причиной того, что традиционный метод технического синтеза перестал соответствовать современным задачам конструирования. Чертежный способ, отлично зарекомендовавший себя на уровне компонентов, оказался совсем неэффективным на уровне проектирования систем [17]. Основная трудность проектирования в настоящее время заключается в том, что для системных задач анализа и синтеза нет ни одного метода отображения конструктивной информации, который мог бы выполнить, подобно чертежу, роль структурообразующего звена поисковой деятельности. В традиционных задачах проектирования по прототипам вокруг графической модели, как около некоторого структурного центра, разворачивался интеллектуальный процесс поиска решения. Сейчас роль такого системообразующего стержня деятельности должна взять на себя информационная система (база данных) ЭВМ.

Графическая модель в деятельности проектирования и изготовления изделия все больше вытесняется математической моделью. ЕСКД различает понятия «Изделие» и «Геометрический образ изделия», относя к последнему только пространственно-метрические свойства реальной конструкции. Понятие «Геометрический образ изделия» используется в проектировании, определяя ту часть деятельности, которая может быть названа формообразованием. Этот процесс включает параметры потребительско-эксплуатационного и технологического плана, но только в виде условий, определяющих форму. Сам же геометрический образ изделия является структурно-пространственным. Его математическое описание в ЭВМ представляет математическую модель, являющуюся основной структурной единицей процесса создания технического изделия. При добавлении к ней необходимой технологической информации эта модель служит для управления процессом изготовления деталей на станках с ЧПУ. С помощью стандартных программ математическая модель геометрического

Визуальная модель геометрического образа изделия (ГОИ) — это графический образ пространственной структуры изделия на экране дисплея. Изобразительные и графические характеристики подобной модели намного превышают возможности «ручного» графического изображения за счет введения в пространство модели фактора времени. По своим динамическим возможностям машинная визуализация ГОИ максимально приближается к натурной модели. Конструктор на самом раннем этапе разработки формы получает возможность увидеть структуру будущего изделия в полном соответствии с кинематикой и динамикой всех входящих в нее элементов. Увязку кинематически связанных звеньев конструкции можно осуществлять на движущейся модели-изображении в любом масштабе времени. При разработке изделий сложной объемно-пространственной структуры для уточнения кинематических взаимосвязей компонентов приходилось осуществлять построение экспериментальных натуральных моделей. В процессе испытаний на таких моделях уточнялся и окончательно отрабатывался мысленный образ конструкции (рис. 1.1.2,а). Преимущества визуальной модели перед статическими графическими моделями выступают особо ярко в сложных элементах конструкций, каковыми являются средства механизации летательных аппаратов.

Кроме преимуществ, связанных с полнотой отображения кинематических свойств объекта, визуальная кибернетическая модель превосходит свои статические аналоги в плане психологии ее восприятия. Динамические свойства модели позволяют приблизить восприятие изображенной пространственной сцены к естественному процессу, протекающему в повседневной жизни. Как известно [2], основная черта зрительного восприятия пространственных структур заключается в его целостности, в способности глаза выхватывать из поступающей на сетчатку информации наиболее общие и существенные свойства объектов. Последние же выступают как некоторые инварианты динамического процесса восприятия. Недостаток формирования пространственного образа на основе традиционной графической модели заключается в невозможности выделения главных геометрических инвариант пространственной структуры из несущественных для строения формы факторов, выступающих в данном случае в роли помех. С целью ликвидации нежелательных последствий статического характера восприятия в ортогональном чертеже приходится использовать два, а в некоторых случаях и больше статических изображений для получения образа, соответствующего реальной пространственной структуре.

Кибернетическая модель, реализующая возможности динамического представления пространственной сцены, способствует более естественному процессу восприятия и более пол-

ному осознанию основных пространственных характеристик формы. При этом почти устраняется возможность неадекватного восприятия, представляющая серьезную проблему в случае статических графических моделей.

Соответствующие программы инвариантных преобразований геометрических структур позволяют совместить процесс визуализации математической модели изделия с желаемым изменением точки зрения, относительно которой строится изображение на традиционной графической модели. Тем самым значительно расширяется возможность автоматизированной пространственно-графической модели в качестве необходимого средства познавательной деятельности в поисковом конструировании. Взаимодействие проектировщика (при уточнении мысленного образа изделия) с визуальной моделью геометрического образа изделия показано на рис. 1.1.2,б.

В процессе работы конструктора над изделием графическая модель выполняет две функции: коммуникативную, которая является средством общения между участниками создания технического изделия, и познавательную, помогающую осмыслить структуру появляющегося конструктивного образа и фиксирующую определенные этапы мыслительной деятельности проектировщика. Коммуникативная функция графической модели требует строгой формализации изображения. Ортогональный чертеж, выполненный по всем правилам стандартов, наиболее полно отражает эту функцию.

Познавательная функция графической модели может быть реализована в иных формах изображения, более удобных для восприятия самим автором. Пространственно-графическая модель в этом случае служит промежуточной опорой сознания в творческом процессе создания искомой конструкции и поэтому выступает главным средством представления информации. Пространственный эскиз, технический набросок элемента конструкции, ее структуры является здесь основной формой изображения. Одних ортогональных проекций в подобных задачах бывает недостаточно для выявления характера объемно-пространственной структуры, особенно на начальных стадиях формирования конструктивного образа. Даже от опытных проектировщиков можно слышать жалобы на недостаточное пространственное воображение и на трудности, связанные с графическим выражением первоначально нечетких конструктивных идей. Ход от общего и неясного к конкретному и определенному — естественный путь рождения нового в познавательном процессе. Особенно это важно в условиях автоматизации проектирования, когда всю работу, связанную с окончанием выполнения чертежной конструкции, берет на себя машина.

Как математическая, так и визуальная модель геометри-

ческого образа изделия предполагают наличие предварительно разработанной целостной структуры. Только в том случае, когда пространственное строение формы в виде мысленного образа осознается самим автором, можно говорить о выражении этого образа в более строго формализованных языках символических моделей, предназначенных для восприятия конструкции другими участниками технического синтеза.

Традиционные формы графических моделей в технике являются именно такими документами, предназначенными для координации деятельности большого количества людей, участвующих в создании нового изделия. Поэтому познавательная функция графической модели не находила до настоящего времени должного развития и выражения в профессионально-конструкторской деятельности. Аналогичная картина складывается и в системе подготовки будущих инженеров.

Только с появлением дизайна основным средством решения профессиональных задач в проектировании становится поисковая графическая модель. С ее помощью дизайнер разрабатывает целостную структуру изделия, обусловленную всей совокупностью социальных и потребительских требований к нему. В силу того что дизайнер принимает участие в проектировании на самом начальном этапе, коммуникативная функция графической модели в его творчестве отодвигается на второй план. Дизайнер создает исходную графическую модель будущего изделия, именно с нее начинается дальнейшее уточнение и развитие найденной конструктивной идеи. Потребность в создании подобной первичной графической модели имеется и в чисто техническом проекте в том случае, когда отсутствуют базовые аналоги и прототипы. А ведь именно такая ситуация выдвигается сегодня на первый план требованиями конкуренции качества.

Так же, как и в дизайне, в техническом конструировании на начальном этапе поиска решения задачи появляется необходимость в определенных технических средствах анализа и синтеза, свободных от жестких ограничений, накладываемых на мышление ортогональным чертежом. Таким средством, как и в дизайнерском творчестве, должна являться пространственно-графическая модель, конструктивный эскиз дизайн-формы, на основе которой создается визуально-математическая модель геометрического образа изделия на ЭВМ. Основное возражение против этого заключалось в том, что построение параллельных, тем более центральных проекций недоступно для инженера в силу невозможности получения соответствующих профессиональных навыков (в структуре содержания образования дизайнера графическая подготовка является основной).

Но в данном случае недооценивались те коррективы, ко-

которые постоянно вносит в наш мир прогресс ЭВМ. То, что еще вчера исключалось из рассмотрения как невозможная идея, сегодня воспринимается как реальность. Сейчас, на самом начальном этапе создания информационно-графических систем на базе ЭВМ, уже имеются средства «конструирования» визуальных пространственно-графических моделей изделия. В предвидимом будущем этот процесс станет доступным всем проектировщикам. Уметь пользоваться возможностями, предоставляемыми ЭВМ в этом плане, — одна из задач профессиональной подготовки будущего инженера.

Если основным средством построения пространственно-графической модели рассматривать ЭВМ, то в структуру содержания образования инженера можно не включать цели формирования навыков графических построений, необходим лишь определенный уровень знаний о правилах выражения конструктивной мысли в эскизных концептуальных моделях, уточнение и строгое построение которых осуществляется уже с помощью ЭВМ. Такая ориентация содержания образования инженера вполне целесообразна, и в будущем пространственно-графическое моделирование на базе ЭВМ займет должное место в системе теоретической подготовки технического вуза. Ни чертеж, ни визуальная компьютерная модель не могут заменить фантазии, воображения, технической интуиции проектировщика. За ним остается основное требование современного проектирования — выдвижение целостной структуры гипотезы, создание с ее помощью математической модели геометрического образа изделия.

Так как постоянно возрастающие требования конкуренции качества в технике приводят к изменениям на уровне новых структурных решений изделия, то возникает необходимость привести в соответствие содержание образования с новым типом подсистемы графического отображения информации, которая предназначена обслуживать процесс системного синтеза целостной структуры технического изделия.

Эта необходимость определяется прежде всего двумя видами изменений в подсистеме графического отображения информации. Первый из них связан со сменой доминирующей ориентации графической модели в поисковом конструировании с коммуникативной функции на познавательную. Второе изменение связано с присущим ЭВМ способом визуализации геометрического образа изделия. Самый простой для машины и одновременно наиболее удобный для восприятия человеком способ графического представления геометрического образа, заложенного в математической модели изделия, заключается в построении параллельной проекции. Предусматривается возможность динамического восприятия ее на дисплее. Необходимые операции, связанные с уточнением пространствен-

ной структуры геометрического образа изделия, вводятся пользователем по своему усмотрению.

Чертеж для ЭВМ является графической моделью, которая не расширяет, а в значительной мере сужает возможности визуализации геометрического образа изделия. Поэтому автоматизированное построение чертежа имеет в основном технологическую ориентацию, в познавательном плане оно не представляет особого интереса.

Кроме этого, следует остановиться на характере процесса создания основной рабочей модели объекта проектирования и ее визуального образа на экране дисплея. Для автоматизированного проектирования основным структурообразующим стержнем, объединяющим всех участников технического синтеза, является математическая модель. Ее создание может осуществляться аналитически или с помощью специальных пакетов программ и геометрических образов базы данных. В последнем случае параллельно с математической создается и визуальная модель формы изделия, позволяющая контролировать основной процесс математического моделирования. Внешне это напоминает создание графического изображения. Но внутренняя сущность процесса не графическая, а структурно-композиционная. На экране дисплея изображение не строится с помощью линий, точек, плоскостей, а конструируется из целостных объемных элементов базы данных посредством операторов теоретико-множественных операций склейки, вычитания, объединения и т. д. Этот процесс может быть представлен как некоторая фиксация в визуальном выходном устройстве отдельных этапов процесса объемно-пространственного композиционного формообразования.

Структура машинной графики в данной постановке и структура дизайнерского композиционно-графического формообразования оказываются сходными по своей методологической основе. Деятельность проектировщика в том и другом случае выступает как системно-композиционная.

В заключение можно кратко резюмировать основные положения, приводящие к идее о необходимости пространственно-графического моделирования в современном поисковом конструировании.

В структуру технического проектирования вошел дизайн, как специальная деятельность по проектированию формы технического изделия, отвечающей показателям социально-потребительского качества.

С дизайном в общее техническое проектирование пришла идея о необходимости предварительной разработки концептуальной структуры технического изделия, отвечающей социально-потребительским требованиям его качества. Такое проектирование базируется не на технических прототипах и воз-

возможностях по их улучшению, а на принципах системного проектирования.

Возрастание роли поискового конструирования, связанного с «проектированием качества», требует анализа и оценки большого количества целостных структур-решений, соответствующих частичному оптимуму системы социальной потребности. Данная деятельность по своему содержанию является технической, но по форме — дизайнерской поисковой деятельностью.

В качестве отправной точки при разработке пространственно-графического моделирования целесообразно ориентироваться на графические средства поискового конструирования, сложившиеся в дизайне.

Возрастающие возможности ЭВМ предполагают необходимость их использования на всех этапах конструирования, в том числе и на этапе поиска концептуальной структуры изделия. Графическая деятельность по созданию пространственного эскиза и разработка компьютерной визуальной модели взаимодополняют друг друга.

Процесс создания математической модели носит при интерактивном автоматизированном режиме работы не графический, а композиционный характер. Он во многом определяется законами структурно-пространственного формообразования, разработанными в дизайне.

1.2. ВОЗМОЖНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Предметом обсуждения в последующих разделах работы является учебная деятельность по созданию пространственно-графических моделей, наиболее полно отвечающая концепции построения эффективной информационно-графической системы. Эта деятельность не только включается в машинную разработку графического образа изделия, но и дополняет машинную графику, особенно на этапе создания первоначального решения. В связи с поставленной целью представляет интерес сравнительный анализ существующих систем визуального отображения информации: изобразительного искусства, дизайна, инженерной графики и машинной (компьютерной) графики. В табл. 1.2.1 приведено сравнение графических систем по отдельным характеристикам, определяющим целесообразную ориентацию учебного процесса на конкретную профессиональную деятельность.

В первой строке таблицы отмечается принципиальное отличие изобразительной деятельности от графической, основанной на строгом геометрическом подходе.

Т а б л и ц а 1.2.1
Сравнение существующих типов профессиональной графической деятельности

№ строки	Сравниваемый фактор	Художественный рисунок	Дизайнерская графика	Инженерная графика	Машинная графика
	1	2	3	4	5
1	Абстрагирование от: чувственных свойств реальных предметов	Передача визуальных свойств предметов во всей чувственной полноте	Абстрагирование от несущественных визуальных характеристик	Абстрагирование от конкретных чувственных свойств	Широкие возможности моделирования
2	Доминирующий подход в графической деятельности	Целостный подход от общего к частному	Доминирует целостный подход	Подход от частного к общему	Подход от общего к частному
3	Соотношение анализа и синтеза	Синтез художественной формы	Доминирует синтез. Анализ через синтез	Доминирует анализ. Синтез путем анализа	Синтез целостных структур-решений
4	Геометрическая строгость воплощаемого произведения	Пространство воображения, произвольно соотносимое с геометрическим	Соответствие геометрическим требованиям	Соответствие чертежа проекционной основе	Программное обеспечение геометрической правильности
5	Формализация изображения	Форма изображения как творчество	Соответствие формализации цели графического моделирования	Строгая формализация, зафиксированная в стандартах	Соответствие формализации цели моделирования
9	Связь с изобретательством	Высокий уровень фантазии и воображения	Синтез целостных структур	Внешняя связь по объекту деятельности	Автоматизация второстепенных вопросов

При внешнем сходстве объектов изображения, используемых в начальном курсе изобразительной грамоты и в техническом рисунке, выявляется внутреннее различие методов визуализации пространственных образов. В искусстве метод деятельности может быть охарактеризован как изобразительный. Его основное содержание заключается в эмоционально-чувственном отношении к окружающей действительности. Подход к рисунку, реализуемый в деятельности дизайнера и инженера, базируется на геометрическом анализе необходимых пространственных и метрических зависимостей реальных объектов.

Техническое рисование — это раздел инженерной графики, и ему присущи все черты графической деятельности черчения. Технический рисунок представляет собой чертеж в аксонометрических (параллельных невырожденных) проекциях. Его построение подчиняется строгим правилам начертательной геометрии. Выполнять «от руки» все требуемые проекцией построения трудно, так как при этом невозможно обеспечить качество вспомогательных геометрических операций. Принятие аппарата параллельного проецирования на первых шагах построения приводит к жесткой геометрической детерминированности элементов формы, к необходимости решения многочисленных вспомогательных позиционных задач.

Во второй строке табл. 1.2.1 осуществлено сравнение различных типов графической деятельности по целостности подхода к проблеме формообразования.

Изобразительный метод предполагает опору не на аппарат проецирования, а на правильное «видение натуры». Даже при построении по воображению художник подходит с подобной изобразительной концепцией, задает на основе чувственных представлений все структурные составляющие формы. Только после этого найденное конструктивное решение уточняется геометрически. Такой метод изображения обладает важным преимуществом по сравнению с инструментальным черчением. Он соответствует целостному подходу. Изображение с первого момента схватывает самые общие структурные закономерности формы, что является отражением психологической основы «видения» реальных объектов нашим глазом. Все действия художника, даже геометрический анализ, включаемый в создание изображения, имеют ярко выраженную перцептивную основу.

Специфика графической деятельности в технике связана с необходимостью использования чертежных инструментов. Уже одно это приводит к закреплению навыка мышления, идущего от детали, от проводимой линии, от разрабатываемой части изображения. Поэтому графическая деятельность вне зависимости от того, какого вида будет чертеж (в ортогональных проекциях или аксонометрический), предусматри-

васт наличие внешней целостной опоры, которая служит основой для управления деятельностью.

Объединение достоинств изобразительного и конструктивного методов имеет место в деятельности дизайнера. Строгость геометрического подхода объединяется в ней с целостностью процесса графического формообразования. Последняя характеристика деятельности появляется в этой профессии как результат направленного поиска геометрического образа изделия. У дизайнера целостный подход возникает естественно при создании новой структуры, не имеющей никаких аналогов, внешних прототипов. Единственной опорой мыслительному образу может служить эскиз, набрасываемый одновременно с обдумыванием задачи. Развитая целостность «видения», объединенная с трезвостью конструктивного мышления, наиболее полно характеризует профессиональные черты дизайнера. Эти же качества необходимы сегодня и для системного проектировщика.

В гретей строке табл. 1.2.1 приводится сравнение графической деятельности различных типов по доминированию в ней анализа или синтеза. Профессия художника, как и дизайнера, предполагает преимущественное развитие в мышлении синтеза. На первом месте в этих профессиях стоит деятельность по продуцированию целостных структур. Как и художник, дизайнер способен действовать в условиях неопределенности исходных данных, когда традиционные методы анализа не приводят к приемлемому результату.

Схема поисковой деятельности дизайнера может быть приблизительно представлена следующим образом: анализ исходной проектной ситуации, синтез решения, его оценка. В результате решение принимается или отвергается в целом. Затем элементарный цикл поиска повторяется, при этом предыдущий вариант лишь концептуально связан с последующим. Таким образом, анализ в этой схеме имеет системный характер и выступает не на уровне компонента, а на уровне структуры целого.

Графическая деятельность инженера определяется сложным переплетением анализа и синтеза. Но доминирует здесь, в отличие от дизайна, анализ, разложение целого на части. Синтез, продуцирование пространственных образов, также является неременным условием профессиональной деятельности конструктора. Но последний включается в структуру анализа только на отдельных его этапах. В отличие от дизайна, синтез у конструктора реализуется на уровне отдельных компонентов задачи, а не на уровне продуцирования целого.

В условиях автоматизированного проектирования ситуация для инженера существенно меняется. Осуществимость решения на ЭВМ определяется целиком возможностью фор-

мализации условия, и с этой позиции почти все задачи черчения могут быть отнесены к разрешаемым в автоматизированном режиме, предусматривающем контроль и участие человека только на определенных этапах принятия конструктивных решений. Поэтому в условиях автоматизированного преектирования традиционные компоновочные задачи выходят из поля зрения инженера. Ему все чаще приходится сталкиваться с недостаточно определенными многовариантными задачами, аналогичными дизайнерским.

Представляет интерес сравнение двух видов технической деятельности: изобретательской и конструкторской. По свидетельству изобретателей [4], эти два вида деятельности различаются по доминирующему принципу решения профессиональных задач. У изобретателя так же, как и у дизайнера, основу творческого мышления составляет синтез. Анализ выполняет роль важного, но подготовительного этапа. В методе мышления изобретателя можно заметить черты анализа через синтез, характерного для профессионального дизайнерского творчества. В противоположность этому деятельность конструктора связана с разложением заданного целого на компоненты. Этой деятельности сопутствует и определенный тип мышления с явным доминированием анализа по отношению к синтезу.

Таким образом, автоматизированное проектирование требует смещения акцентов в образовании инженера. Если вся система подготовки дизайнеров подчинена формированию изобретательского мышления, то подготовка инженера ориентирована в основном на разностороннюю аналитическую подготовку. Система образования инженера входит в противоречие с требованием формирования целостного мышления. Поэтому неудивительна изобретательская бесплодность основной массы выпускников вузов технического профиля [4]. Попытки дать студентам-старшекурсникам на занятиях по пространственно-графическому моделированию задачи с неопределенными и неполными условиями приводят к непониманию их смысла. Требуется специальная подготовка студентов к самой простой проблемно-ориентированной деятельности.

В четвертой и пятой строках табл. 1.2.1 приводится сравнение изобразительной и графической деятельности по степени «реалистичности» передачи трехмерного пространства и уровню формализации изображения. В художественном творчестве всегда присутствует элемент геометрического произвола, неправильности воплощения пространства. Визуальный эффект восприятия при этом может быть вполне адекватным реальной действительности. Проведение строгого анализа изображения приводит к нахождению многих нарушений про-

екционной геометрической структуры, соответствующей реальному пространству [43].

В отличие от изобразительного искусства, в технических и дизайнерских рисунках так же, как и в машинной графике, безусловно должно выполняться требование геометрической верности изображения. Даже при исполнении рисунка «от руки» (эскиза) приходится строго контролировать все необходимые геометрические построения. При сравнении графических систем по возможной мере условности (формализации) изображения наблюдается иная ситуация. Здесь дизайнерская графика сближается с изобразительным искусством. Техническое изображение строго формализовано, приемы этой формализации доведены до уровня стандартов. Формализация служит целям эффективного информационного обслуживания большого количества людей, одновременно участвующих в процессе создания технического изделия.

Машинная графика в этом отношении представляет строго упорядоченную систему с запрограммированными формальными приемами построения. Естественно, что их количество для техники будет ограниченным. Стилизовое разнообразие, эстетическое проектирование формы останется всегда за человеком. Эти типы деятельности по своему характеру являются взаимодополняющими [18].

Шестая строка табл. 1.2.1 содержит информацию о связи графической деятельности с задачами изобретательского творчества. Непосредственной связи между изобретательством и графической деятельностью не существует. Но последняя может соответствовать характеру изобретательского творчества или ему противоречить. Изобразительная деятельность художника кажется нам далекой от задач технического творчества. Но художника и изобретателя связывает единство доминирующего механизма мышления — развитой фантазии, способности легко продуцировать целостные композиции-конструкции.

Подход к графической деятельности инженера-конструктора внешне должен быть наиболее близким к техническому творчеству изобретателя. При детальном анализе внутренней структуры мышления эти подходы оказываются противоположными друг другу. Подход к проблеме «от частного к общему» определяет стратегию конструкторского поиска, которая носит компоновочный характер.

Изобретатель мыслит целостными решениями, он пытается не примирить противоречия, а снять их. Для этого ему приходится расширить поле поиска, выйти за пределы узко поставленного условия задачи и найти в некоторой метасистеме новый вариант решения проблемы, приводящий к необходимым результатам без исходных препятствий. В основе такого подхода лежит не анализ «равновесия» системы,

а неоднократно повторяющийся процесс выхода из нее в иное поле представлений (иногда совершенно фантастическое), которое на определенном этапе позволит удовлетворить начальным альтернативным условиям. Последовательная цепь таких целостно-структурных задач-решений приводит в конечном счете к варианту, способному выдержать строгую критику [4].

Способность мышления изобретателя продуцировать целостные картины-образы, конструктивные решения проблем в самых различных «полях-представлениях» — одна из характерных черт психологической организации, сближающая его с художником. Что касается графической деятельности дизайнера, то она полностью соответствует требованиям изобретательства по структурному подходу и методу продуцирования целостных образов. Задачи дизайна более просты в поисковом плане, кроме того, первое место в нем занимает графический метод формообразования. У инженера поиск осуществляется в самых различных «полях» мышления, графические методы участвуют в них эпизодически как некоторый вспомогательный элемент. Но не следует забывать того, что графическое образование дизайнера является главным компонентом творческого багажа, получаемого за время обучения в вузе. Изобретатель-инженер чаще всего испытывает трудности как раз в вопросах, касающихся графических методов пространственной комбинаторики. Он способен мыслить только визуальными образами чертежа, который на определенных этапах творческого процесса может оказаться совершенно бесполезным. Мыслительный процесс на абстрактном уровне анализа систем и поиска целостного образа осуществляется зачастую с большими трудностями из-за многомерности структуры проблемной задачи и роста вариантов альтернативных сочетаний решения.

Подводя итог, отметим наиболее важные утверждения, связанные с изменением характера графической деятельности и требованием повышения творческой активности выпускника вуза.

Системный подход и автоматизация проектирования требуют расширения традиционных средств графического отображения информации.

Первоначальная разработка концептуальной структуры геометрического образа изделия связана с необходимостью создания вспомогательных графических моделей эскизного вида. Основная потребность в их использовании возникает при разработке технического объекта сложной пространственной структуры.

В отличие от чертежного метода, отражающего принцип деятельности «от частного к общему», метод структурно-пространственного формообразования в дизайне характеризу-

ется целостностью в выявлении основных закономерностей строения геометрического образа изделия.

Главное содержание эскизной графической модели составляет пространственная структура формы. Функция модели заключается в фиксации определенных этапов поисковой деятельности проектировщика.

С развитием систем автоматического проектирования выявляется методологическое родство технического и дизайнерского проектирования. Сближение этих видов деятельности основано на доминировании творческого, поискового аспекта.

Пространственно-графическое моделирование, присущее дизайну, является поисковым методом, с помощью которого определяется пространственная структура формы технического изделия на базе функциональных и технологических требований.

В связи с недостаточной разработанностью вопросов графического обеспечения познавательной деятельности в поисковом конструировании возникает необходимость в подробном анализе структуры пространственно-графической модели и соответствующей учебной деятельности, включенной в структуру общеграфической подготовки инженера.

1.3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В любой информационной модели устанавливается структурная эквивалентность с реальным объектом только по некоторым, отвечающим целям моделирования, характеристикам. Машиностроительный чертеж является примером максимально полной графической модели технологического плана. В отличие от него в поисковом конструировании при моделировании возникает потребность в сохранении небольшой части информации, связанной с объемно-пространственным строением формы.

В любой пространственно-графической модели можно выделить четыре типа данных, каждый из которых представляет определенную основу для структурного анализа. К таким данным графической модели относятся: точка, линия, поверхность, объем. Эти элементы изображения иерархически возрастают по уровню своей структурной сложности, каждый последующий включает в себя графический тип более низкого уровня.

Пространственная структура узловых точек однозначно определяет математическую модель формы, при ручном построении пространственно-графической модели эта структура лежит в основе проверки геометрической верности изображения.

Линейная структура изображения играет основную роль

в конструктивном анализе формы, она определяет методику дизайнерского рисунка, главным структурным элементом которого является линия. По сравнению с чертежом в дизайнерском эскизе реализуется большое разнообразие выразительных возможностей этого графического элемента.

Структура поверхностей, образующих форму, определяет объемную и пространственную выразительность изображения, и, наконец, структура объемов и организованный с их помощью пространство отражает композиционные свойства объектов графического моделирования.

Самым общим требованием к графическому отображению информации в технике является геометрическая верность, т. е. соответствие пространственно-графической модели одной из проекций оригинала. Нарушение этого принципа приводит к возникновению абсурдных изображений, т. е. таких, в которых отсутствует логика пространственного построения формы. Данное требование является необходимым в любом виде графической модели, но наиболее явно оно выступает только при автоматизированном создании компьютерной визуальной модели. При этом структура пространственно-графической модели рассматривается с позиций необходимого количества параметров формы, а также свободы варьирования этими параметрами с целью предвидения конечного результата на более ранних этапах изображения.

Геометрический анализ пространственно-графической модели сводится к рассмотрению ее точечной структуры. Так как в начертательной геометрии отдельные поверхности задаются своими каркасами, то основными элементами построения для композиции из таких поверхностей служат узловые точки-инциденции двух или нескольких каркасных элементов. Геометрический анализ структуры изображений сводится к анализу таких инциденций. Точечная структура изображения редко акцентируется при ручном создании пространственно-графической модели, но она лежит в основе математического моделирования на ЭВМ и поэтому имеет большое значение для перевода эскизного наброска в окончательную форму машинной модели разрабатываемой конструкции. В отличие от эскизирования в последнем случае ставится требование не только пространственного (позиционного), но и метрического соответствия модели оригиналу.

Требование математической строгости построения формы всегда входило в противоречие со свободой эскизного характера выражения конструктивной мысли. Точное построение пространственной модели связано с применением известных из курса начертательной геометрии аксонометрических проекций и требует концентрации внимания на технике правильного определения пространственного положения конструктивных элементов формы.

Обычно как в технических документах, так и в научной литературе наглядные изображения используются с иллюстративной целью, поэтому вопросам их геометрической верности не уделяется должного внимания. По словам Н. Ф. Четверухина [54, с. 5], «...пользование неверными чертежами приводит к тому, что еще слабая интуиция учащихся не укрепляется, а, наоборот, направляется в неправильную сторону при частом употреблении таких чертежей».

Любое графическое изображение начинается с выбора аппарата проецирования и определения его положения относительно объекта изображения. Тем самым изображение становится однозначным, оно всегда может быть построено с помощью правил начертательной геометрии.

Используя теорему Польке и ту свободу выбора аксонометрической проекции, которую она предоставляет, можно задать систему проецирования первоначальными элементами изображения. Но дальнейшее построение связано с необходимостью выполнять строгие алгоритмы решения позиционных и метрических задач.

Пример 1.3.1. Осуществим двойное проецирование точки A из центров S_1 и S_2 на плоскость π (рис. 1.3.1). Необходимые графические операции, связанные с построением исходной плоскости и определением проекции точки A , осуществляются пока произвольно. Само изображение задает некоторую аксонометрическую проекцию. Но если мы возьмем вторую произвольную точку B и попытаемся определить две ее центральные проекции на ту же плоскость, то заданный аппарат проецирования требует осуществления уже совершенно строгого построения. Так, две плоскости $\alpha(S_1A \cap S_2A)$ и $\beta(S_1B \cap S_2B)$ имеют следы на плоскости π , задаваемые проекциями точек A и B . Эти следы пересекаются в точке M , лежащей на прямой S_1S_2 . Из данного анализа следует, что произвольно задать можно лишь одну проекцию точки B , вторую же проекцию необходимо построить исходя из общих структурных требований принятой системы проецирования.

В работе [54] рассматривается геометрическая теория так называемых условных наглядных изображений. Их характерная черта заключается в том, что аппарат проецирования выбирается не заранее, а в ходе графической деятельности из параметров структуры изображения. Определяющим фактором таких изображений являются условия, наложенные на оригинал. В пространственно-графическом формообразовании в качестве таких условий выступают функциональные и конструктивные ограничения на пространственную структуру формы.

Для рассматриваемых целей теория условных изображений должна быть дополнена целостным подходом к вы-

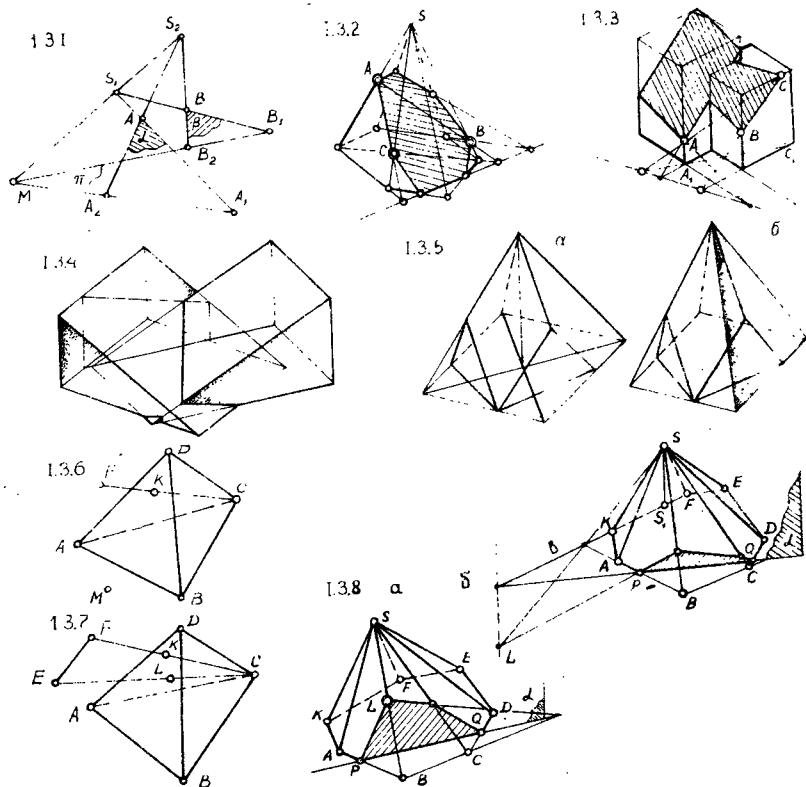


Рис. 1.3.1. Пример на двойное просцирование двух точек А и В

Рис. 1.3.2. Сечение пирамиды плоскостью, заданной точками А, В, С

Рис. 1.3.3. Сечение композиции из двух элементов плоскостью, заданной тремя точками А, В, С

Рис. 1.3.4. Типичная позиционная задача — определение линии связи композиции двух тел

Рис. 1.3.5. Пример сверхполного изображения (а); причина возникновения ошибки — пропуск стадии построения базового объема (б)

Рис. 1.3.6. Тетраэдр — простейшее тело, четыре вершины которого задают точечный базис полного изображения. Добавление к нему точки делает изображение неполным ($k=1$)

Рис. 1.3.7. Добавление к тетраэдру отрезка, произвольно расположенного в пространстве, увеличивает коэффициент неполноты до двух

Рис. 1.3.8. Определение сечения пирамиды вертикальной плоскостью на неполном (а), на полном (б) изображении

бору параметров, определяющих аппарат параллельного (или центрального) проецирования. Как правило, объекты дизайнерского формообразования имеют композиционную структуру: окончательная форма складывается в них из нескольких элементарных, так называемых «непроизводных» фигур. Структурное сложение формы соответствует принци-

пу «от частного к общему», он характерен для инженерного творчества и в основном применяется при моделировании формообразования на ЭВМ. Путь «от целого к частному» предполагает нахождение сначала геометрической формы, обобщающей конечную структуру. Последняя получается не сложением непроектируемых элементов, а вычитанием их из базового объема. В рассмотренном примере путь «от частного к общему» требует специальных построений для нахождения элементов, добавляемых в первоначально определенную (в проективном отношении) пространственную сцену. Целостный подход предусматривает максимальное обобщение геометрических образов пространственной композиции до какой-то наиболее простой фигуры. В приведенном примере такой фигурой является трехгранный угол с вершиной M и плоскостями α , β , π . Все дальнейшие построения из пространственных превращаются в плоскостные и не требуют специальных обоснований.

Теория условных изображений Н. Ф. Четверухина, дополненная целостным композиционным анализом процесса формообразования, позволяет организовать графическую деятельность конструктора (дизайнера) таким образом, чтобы в максимальной степени обеспечить свободу творчества. Ограничение такой свободы связано только с конкретной структурой изображаемой формы и необходимостью подсчета параметров, расходуемых при изображении пространственной сцены. При небольшом навыке чувство полноты изображения и параметража становится «внутренним» чувством, определяющим деятельность конструктора.

В основе теории условных изображений лежит понятие полноты. Изображение называется полным, если на нем определены все инцидентности элементов оригинала. Рассмотрение полноты изображения ограничивается классом позиционных (визуальных) задач, в которых сохраняются только пространственные соотношения между отдельными элементами. Именно такая структура отвечает функциональным требованиям пространственно-графической модели.

Полнота изображения рассматривается в геометрии относительно двух основных плоскостей. Последние могут быть выбраны произвольно. Обычно для суждения о полноте изображения целесообразно взять какие-нибудь две соседние грани самой фигуры.

Элементы изображения, принадлежащие основным плоскостям, называются элементами нулевого порядка. Элементы первого порядка задаются элементами нулевого порядка и т. д. Можно доказать, что любой заданный элемент n -го порядка может быть определен (и построен) с помощью элементов первого порядка. Действительно, если этот элемент представляет отрезок прямой, произвольным образом

расположенный в пространстве, то, продолжив его в обе стороны, можно найти следы прямой, которые и будут определять задающую прямую первого порядка. Аналогично можно построить рассуждение относительно любого отсека плоскости, произвольно расположенного в пространстве (по иерархии построения в структуре объекта, относящегося к элементу n -го порядка). Рассмотрим несколько примеров.

Пример 1.3.2. Изображение произвольной пирамиды полное. Основание и любая боковая грань могут быть выбраны за основные плоскости, тогда все остальные грани будут определенными элементами первого порядка, так как они заданы двумя элементами нулевого порядка. Значит, на пирамиде определены все инцидентии. Построим сечение пирамиды плоскостью, заданной тремя точками A, B, C (рис. 1.3.2). Решение осуществляется способом построения горизонтальных следов прямых, лежащих в сечении.

Пример 1.3.3. На рис. 1.3.3. приведено условие позиционной задачи композиционного типа. Дана фигура, составленная из двух прямоугольных параллелепипедов. Обе исходные фигуры составляют полное изображение. Проверим, будет ли полной композиция из этих фигур. Тем же способом, что и в предыдущем примере, попытаемся построить сечение пирамиды плоскостью, заданной тремя точками A, B, C . Разрешимость задачи может свидетельствовать о полноте изображения. Для этого определим следы каждой грани заданной формы с плоскостью ABC . Как видим, решение такой задачи оказывается достаточно простым.

Наиболее распространенная в практике позиционная задача заключается в нахождении линии пересечения двух элементарных тел при их композиционном объединении в одну деталь.

Пример 1.3.4. Определим линию пересечения двух многогранников. Последовательность построений, приводящих к ее решению, довольно ясно следует из приведенного чертежа. Выполнимость позиционной задачи является свидетельством полноты изображения композиции из двух многогранников (рис. 1.3.4).

Большой интерес в практике учебной деятельности имеют различные ошибочные изображения. Часто такие изображения являются сверхполными. Примером может служить рисунок 1.3.5, *а*. Ошибочность не является очевидной, так как неправильно построенные инцидентии не связаны с определенными элементами базового объема. Причина появления абсурдных изображений в учебных работах заключается в реализации принципа деятельности «от частного к общему». Кажущийся очевидным образ выполняется сразу, исходя из отдельных составляющих его элементов — линий и

плоскостей. Показ на изображении структуры базовой формы сразу вскрывает причину ошибки (рис. 1.3.5, б).

Отрабатываемый в пространственном эскизе подход от общего к частному соответствует геометрическому методу построения верного изображения. Сначала строится некоторый базовый объем, который задает оптимальную структуру последующих построений. Так как базовая форма представляет собой простую фигуру (многогранник, цилиндр, конус), то можно легко убедиться в полноте, а следовательно, в верности изображения. Затем следует этап членений формы первого, второго и высших порядков. При этом осуществляется иерархическая структура верификации производимых на графической модели построений. Конструктивные операции следующего этапа определяют инцидентии n -го порядка через геометрические элементы $(n-1)$ -го порядка. При ручном построении параллельной проекции инцидентии обычно специально не выделяются, но сам графический метод требует построения элемента n -го порядка путем членения и разметки элемента $(n-1)$ -го порядка. Геометрическая определенность каждого такого элемента достигается самой алгоритмической структурой действия.

Пооперационная верификация графических действий, связанных с созданием графических пространственных моделей, приводит к верности окончательного результата. Верификация законченной графической модели (см. например, рис. 1.3.5) предусматривает специальный геометрический анализ полноты изображения. Такой анализ может быть осуществлен в двух возможных вариантах. В первом варианте анализа ставится цель восстановить иерархическую структуру действий, определяющих инцидентии изображения. Сама структура формы, ясность базового объема подсказывают часто такой «технологический» подход к анализу верности изображения (см. рис. 1.3.5, б). Возможен и второй путь, требующий дополнительных геометрических построений, не связанных с созданием пространственной модели формы на изображении. В данном случае определяются две основные плоскости изображения и с помощью специальных построений ищутся элементы первого порядка, определяющие все конструктивные элементы пространственно-графической модели. После выполнения такой процедуры анализ определенности всех инцидентий и, как следствие, однозначности пространственных соотношений элементов не представляет особой трудности.

Если первый подход к верификации изображения может быть назван конструктивным, то второму подходу более всего соответствует название геометрического. Решение примеров 1.3.2 — 1.3.3 хорошо иллюстрирует характер построений, соответствующих данному методу анализа.

Порядок действий «от общего к частному» идеально соответствует ручной «технологии» создания пространственно-графической модели, так как оптимизирует трудовые затраты на оценку верности изображения.

С точки зрения теории множеств данная структура действий основана на единственной операции вычитания множеств (объемных элементов). Последовательно осуществляя эту операцию над базовым объемом первого и последующих уровней, мы получаем верное изображение любой сложности.

В практике поискового и дизайнерского конструирования широко используется еще один алгоритм формообразования, предназначенный для получения композиционной структуры из исходных «целостных» геометрических образований. Этот алгоритм соответствует теоретико-множественной операции «объединение» и определяет структуру производной формы как сумму нескольких непроеизводных элементов.

При графической реализации алгоритма «суммирования» пространственных конфигураций на первый план выступают трудности геометрического характера. Если в алгоритме «вычитания» процесс построения шел от простой фигуры к сложной и сам собой приводил к геометрической верности результата, то во втором алгоритме мы имеем дело с несколькими целостными фигурами, которые необходимо пространственно увязать в композиционную структуру. А для этого надо проанализировать строение исходных фигур в контексте требуемой пространственной связи. Геометрический анализ параллельных проекций имеет поэтому в данном алгоритме гораздо большее значение, чем в предыдущем (см. рис. 1.3.4).

При использовании ЭВМ проблемы математической трудности (сложности вычислений или построений) не имеют самостоятельного значения. В этом случае на первый план выступают более общие осложнения структурного характера.

Рассмотрим результат композиционного формообразования как некоторую систему с заранее заданными структурными характеристиками. Последние определяют целевую функцию задачи, которая оптимизируется при помощи вариации свойств композиционных элементов и их связей. Целевая функция по своему содержанию выходит за рамки графического моделирования, но конечное воплощение вариантов целостных решений фиксируется в виде определенной объемно-пространственной структуры на изображении.

Пространственно-графическая модель должна иметь возможность варьирования пространственной структуры элементов композиции, а также структуры композиционных связей. Причем последние имеют значительно больший эффект

воздействия на целостные характеристики системы, чем пространственные свойства элементов.

Композиционные операции объединения, производимые на полных изображениях, не обладают возможностью изменения свойств композиционных связей. Предусмотрены только вариации пространственных свойств исходных элементов композиции. Характер связи двух или нескольких элементов становится ясным лишь после решения задачи на пересечение исходных форм. Задав вводимый объемный элемент полным изображением и решив задачу пересечения поверхностей с заданной конфигурацией, получаем композицию, которая имеет свой характер, совпадающий или нет с той целевой функцией, которая определяет поисковую деятельность.

Устранения этого недостатка аксонометрических проекций можно добиться путем широкого использования в структуре пространственно-графического формообразования так называемых неполных изображений. Понятие полноты связывается с характером соответствия модели и оригинала. Полная графическая модель однозначно соответствует порождающей трехмерной структуре, так как она имеет строго необходимое количество параметров такого соответствия. В неполном изображении заданных инцидентий не хватает для однозначности проекционного соответствия.

Если окончательный этап построения пространственно-графической модели подразумевает полную определенность в отношении структуры оригинала, то на начальных его этапах возможность использования неполных изображений ничем не ограничена. А преимущества моделей, основанных на не полностью определенных проекциях, выявляются с несомненной очевидностью, так как они не только позволяют устранить сложные геометрические построения, но и дают возможность вывести процесс вариации композиционных связей на первый план.

Термин «неполное изображение» не означает его неверности. Просто изображение недостаточно определено для взаимно однозначного соответствия с оригиналом. А наличие в его структуре некоторых проекционных свобод позволяет расходовать параметры, однозначно определяющие композицию, в тех местах, которые имеют наибольшее значение для получения требуемых целостных эффектов. Это главное достоинство использования неполных изображений. Оно одинаково важно как для «ручного» создания эскиза, так и для машинной реализации алгоритмов пространственно-графического моделирования. При добавлении к композиции нового элемента имеется возможность задавать его параметрами композиционной связи, а не отыскивать специально каждую линию пересечения поверхностей. Следует в связи с этим

подчеркнуть, что при машинной реализации операций с неполными изображениями производные фигуры базы данных должны иметь возможность свободного выбора параметров, определяющих полноту задания пространственной конфигурации на экране дисплея.

При ручном создании пространственно-графической модели, несмотря на упрощение структуры действий с неполными изображениями, необходима глубокая геометрическая культура видения формы. Аксонометрические проекции, выполняемые без однозначного задания проецирующего аппарата, содержат в своей основе много «подводных камней» принципиального характера. Их использование при построении пространственно-графических моделей требует как понимания структурных закономерностей формообразования, так и сущности метода моделирования.

Включение операций на неполных изображениях в структуру учебных заданий отвечает системному подходу построения учебного предмета. Оно формирует навыки, имеющие ценность не в узких рамках учебной дисциплины, а в масштабе необходимого уровня развития профессионального мышления, ориентированного на решение творческих задач поискового конструирования.

Степень неполноты изображения можно оценить, пользуясь понятием точечного базиса изображения. Для практической работы следует руководствоваться достаточно очевидными положениями: точечный базис точки есть точка; точечный базис прямой — система из двух точек, точечный базис любой плоской фигуры представляет собой систему трех произвольных точек; точечный базис любой элементарной непрямой фигуры определяется четырьмя произвольными точками. Пирамида, призма, цилиндр, конус — это тела, сводимые к элементарному точечному базису. Так, самое простейшее объемное тело — тетраэдр имеет только четыре вершины, которые и образуют базис формы. К элементарным фигурам, точечный базис которых равен четырем, относятся призмы, призматойды, пирамиды. Если у многогранника все углы при вершинах трехгранные, его точечный базис равен четырем. Из правильных многогранников полными являются изображения тетраэдра, куба, додекаэдра. Изображения октаэдра, икосаэдра, так же как и их топологических эквивалентов*, являются неполными изображениями с коэффициентом неполноты, равным $K=n-4$, где n — количество вершин [54].

Как видим, изображения почти всех поверхностей, ис-

* Необходима эквивалентность фигур по количеству вершин многогранника в целом и по количеству вершин отдельной грани.

пользуемых в технике, являются полными. Понятие неполноты изображения относится в основном к композиционным образованиям. Когда к базовому (полному) изображению добавляются другие элементы, то их количество может превысить число, соответствующее пространственной определенности геометрической структуры. Если точечный базис композиции элементов на изображении равен n , то коэффициент неполноты изображения будет $K=n-4$.

Пусть на изображении имеем треугольник ABC. Если к нему добавить точку D, то изображение всей композиции остается полным, так как оно пространственно определено своими четырьмя точками. Если же к исходному треугольнику добавить произвольную пространственную прямую DE, то это изображение будет неполным с коэффициентом неполноты, равным $K=5-4=1$.

Перейдем к объемным фигурам. Пусть исходной формой на изображении служит тетраэдр. Добавление к нему «свободной» точки делает изображение неполным ($5-4=1$). Построив на изображении прямую, связывающую точку с любым элементом тетраэдра, например с точкой C, можно убедиться, что для полноты изображения нужно задать произвольную точку K. Если точка, добавляемая к имеющейся композиции полного изображения, по контексту задачи как-то связана с имеющимися определенными компонентами, то такая точка входит в структуру изображения, не меняя полноты.

Например, на рис. 1.3.6 точка $M \in \alpha(ABC)$ является связанной и не меняет точечного базиса изображения. Таким образом, связь точки с заданной структурой может определяться словесно. Если к полному изображению добавить отрезок EF, произвольно расположенный в пространстве (рис. 1.3.7), то такая операция будет эквивалентна увеличению точечного базиса на две единицы. Для определения элемента связи отрезка EF с имеющейся фигурой необходимо задать два параметра.

Процесс определения неполноты изображения носит характер расширения полной системы, имеющейся на изображении, путем постепенного включения в нее новых элементов. Количество произвольных параметров (инциденций), которые необходимо при этом ввести для получения новых элементов, определяет коэффициент неполноты исходного изображения.

Пример 1.3.5. Определить сечение пирамиды вертикальной плоскостью α .

Подсчитаем коэффициент неполноты изображения. Заданная плоскость не является произвольной (в противном случае она добавляла бы к изображению три свободных параметра). Две точки P и Q плоскости представляют собой

инциденции пирамиды. Третья точка, определяющая плоскость, может быть задана произвольно, следовательно, коэффициент неполноты равен 1.

Распорядиться свободным параметром можно различным образом, задав, например, точку пересечения ребра пирамиды с секущей плоскостью. Пусть точка пересечения ребра SB с этой плоскостью L . Тогда изображение будет полным и все остальные точки, определяющие искомое сечение, должны находиться с помощью построений (рис. 1.3.8, *а*).

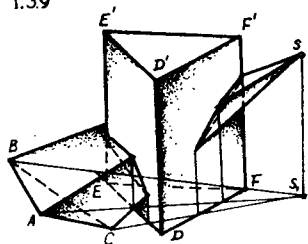
Посмотрим, имеет ли значение конкретный выбор инцидентий для разрешимости задачи. Неопределенность, возникшую вследствие неполноты изображения, можно ликвидировать путем задания точки основания высоты пирамиды S . Пусть она лежит на ребре $KF \{S_1 \in KF\}$. Выбор такой инциденции определяет положение вершины S относительно заданной плоскости α . Теперь изображение стало полным, и сечение фигуры может быть построено единственным образом. Действительно, грань KSF вертикальная, она пересекается с заданной плоскостью по вертикальной прямой MK . Последняя прямая пересекает грань ASB в точке L , которая и определяет первый отрезок сечения. Остальные части ломаной кривой находятся аналогично предыдущему варианту решения задачи.

Как видим из произведенных построений, разрешимость задачи не зависит от выбора свободной инциденции, лишь бы она прямо или косвенно определяла пространственную связь между фигурами. Однако этот выбор может существенно повлиять на сложность построений, которые придется выполнять для достижения поставленной цели. Прямое задание инциденции как элемента связи (см. рис. 1.3.8, *а*) приводит к упрощению построений. Косвенное задание инцидентий требует специальных построений, связывающих ее с искомой линией пересечения пространственных объектов (см. рис. 1.3.8, *б*).

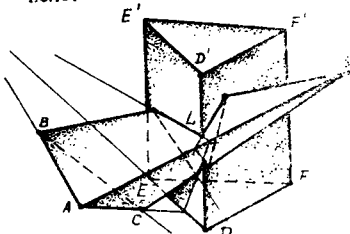
В последнем примере свободная инциденция была задана так, как это требуется при полном изображении пирамиды. Таким образом, построение во втором варианте условия задачи соответствует графическим действиям на полных изображениях. Упрощение процедуры построения при неполных изображениях связано с тем, что параметры полноты можно задать непосредственно на линии пересечения пространственных конфигураций.

Пример 1.3.6. Две фигуры, приведенные на рис. 1.3.9 и 1.3.10, стоят на одной плоскости. Для изображения композиции этих фигур и нахождения характера их связи необходимо построить линию пересечения. Предварительный анализ возможности решения задачи приводит к определению коэффициента неполноты, равного единице. Действительно,

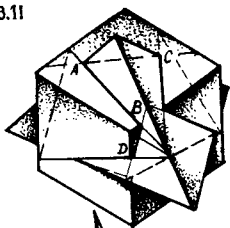
1.3.9



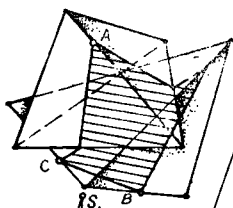
1.3.10.



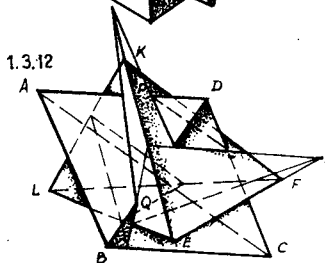
1.3.11



1.3.13



1.3.12



1.3.14

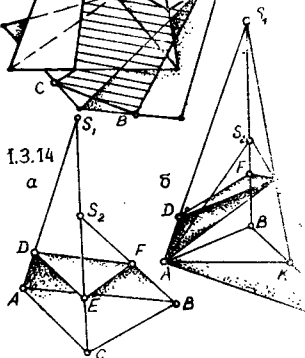


Рис. 1.3.9. Решение позиционной задачи на полном изображении
Рис. 1.3.10. Вариант решения задачи при неполном изображении: задана точка I.

Рис. 1.3.11. Решение позиционной задачи на изображении с коэффициентом неполноты $k=4$; пересечение произвольно ориентированного тетраэдра с кубом

Рис. 1.3.12. Определение линии пересечения тетраэдров при условии, что основания их параллельны ($k=1$)

Рис. 1.3.13. Определение сечения тела, образованного двумя тетраэдрами, имеющими общую грань. Плоскость задана четырьмя точками, поскольку $k=1$

Рис. 1.3.14. Пример неверного изображения: одна грань — плоскость (а); изображение стало верным при введении дополнительного ребра DE (б)

общая плоскость двух фигур связывает три из четырех параметров, приносимых в композицию изображением второй фигуры. Оставшийся свободным параметр может быть использован различным образом. Обычно в начертательной геометрии для однозначности решения требуется задание второй проекции S_1 вершины пирамиды S на общую плоскость

кость оснований. Такое опосредствованное задание инцидентий, определяющее пространственную связь фигур, приводит к достаточно сложным построениям (см. рис. 1.3.9). Более удобно для связи свободной вершины S с геометрическими элементами призмы воспользоваться любым ребром пирамиды. Исходя из этого, зададим произвольно (с учетом желаемого эффекта пересечения фигур на изображении) точку встречи ребра BS с гранью $EDD'E'$. Теперь задача имеет единственное решение, которое по сравнению с предыдущим подходом осуществить гораздо проще (см. рис. 1.3.10).

Пример 1.3.7. Изображены две фигуры: прямоугольный параллелепипед и тетраэдр. Никаких оговорок насчет их взаимного расположения нет. Каждое из изображений в отдельности является полным. Внутренняя система связей определяет в каждом изображении любые инцидентии. Композиция этих двух фигур на изображении является неполной системой. Если принять за базовую поверхность параллелепипеда, то относительно нее все четыре вершины тетраэдра не являются связанными. Для объединения двух изображений в единую проекционную систему необходимо задать четыре параметра (независимые точки, наилучшим образом отвечающие конструктивной или эстетической задаче). Такая большая степень вариативности пространственно-графической модели позволяет архитектору или дизайнеру достичь необходимой выразительности в целостном визуальном эффекте их взаимосвязи. При этом исчезают сложные геометрические построения, сопутствующие графическим действиям на полных изображениях. На рис. 1.3.11 приводится решение данной задачи. Выбираем последовательно произвольные инцидентии, обозначенные буквами A, B, C, D . Остальные точки, определяющие линию пересечения плоскостей, должны быть построены точно, что сделать совсем нетрудно.

Пример 1.3.8. Дано изображение двух тетраэдров, имеющих общую плоскость оснований (рис. 1.3.12). Построить сечение композиции плоскостью, заданной тремя произвольными точками.

Задача может быть полностью определена только на полном изображении. В данном случае имеются некоторые «произволы» задачи, которые мы должны сначала выбрать, прежде чем приступить к геометрическому построению. Вспомним, что свободное расположение в пространстве двух объемных фигур дает нам коэффициент неполноты изображения, равный четырем. Совпадение двух граней уменьшает коэффициент до одного, так как задание плоскости эквивалентно трем параметрам изображения. Таким образом, свободной остается только одна инцидентия. Учитывая желаемый характер пересечения, выберем точку, определяющую сечение на одном из ребер основания, тем самым зададим

след плоскости α (ABC) в общей для двух фигур плоскости основания. Дальнейшее построение осуществляется достаточно просто (см. рис. 1.3.12).

Пример 1.3.9. Рассмотрим задачу на построение композиции из двух тетраэдров и примем связывающее условие, что грани ABC и KFE параллельны (рис. 1.3.13). Наложение дополнительных условий должно привести к уменьшению коэффициента неполноты по сравнению с примером 1.3.7.

Действительно, параллельность граней накладывает две связи на изображение и уменьшает коэффициент неполноты до двух. Учитывая это, выбираем две точки P и Q искомой ломаной кривой. Остальные узловые точки этой кривой достраиваются легко, что можно видеть на рис. 1.3.12.

На рис. 1.3.3 и 1.3.4, рассмотренных ранее, приведены композиции из двух фигур. Определим, какие пространственные ограничения накладывает каждое условие задачи на изображение. Обе композиции предусматривают общее основание фигур. Следовательно, это условие связывает три из четырех свободных параметров данной композиции. Для ликвидации имеющейся неопределенности пространственно-графической модели задается хотя бы одна точка, общая для двух фигур. Так как эти точки заданы, то изображение считается полным, определенным единственным образом.

Неполнота изображения является во многих практических случаях важным свойством пространственно-графической модели, позволяющим проектировщику предвидеть результат композиционного объединения нескольких элементарных фигур в целое за счет контролируемого варьирования элементами связи. Это свойство визуальной системы дает возможность эффективно создавать модель, структурно соответствующую имеющемуся в сознании проектировщика пространственному образу. Традиционный путь построения аксонометрических изображений связан с жесткостью, сопряженной с необходимостью создания аппарата проецирования в отношении к каждому объекту. Результат построения при этом трудно предвидеть, требуется некоторое число прикидочных построений для получения желаемого композиционного эффекта.

Дизайнеры и архитекторы обычно обходят трудности, связанные с построением геометрически определенных параллельных проекций, интуитивно следуя по пути, намеченному в теории условных изображений. Высокий уровень изобразительной грамотности позволяет им в своих графических эскизах не строить изображение, а как бы «срисовывать» его с мысленного образа. Инженеру этот путь недоступен, так как у него отсутствует требуемый уровень развития пространственного воображения.

При работе на ЭВМ с графическим устройством ввода инженер сможет свободно оперировать пространственно-графическими моделями любой сложности. Теория условных изображений, давая возможность с первых шагов работы предвидеть конструктивный результат графического моделирования, объединяет целостность подхода, присущую художественному творчеству, с рациональным методом изображения, удобным для проектировщика технических объектов.

Главное значение теории неполных изображений заключается в возможности создания человеко-машинного интерфейса* для широкого класса задач композиционного характера, в которых ЭВМ играет хотя и важную, но все же вспомогательную роль. Человек осуществляет решение поисковой части задачи. Окончательное воплощение конструктивного замысла выражается в форме построения пространственно-графической модели, служащей основой для разработки технической документации на будущее изделие.

Как отмечалось ранее, неполные изображения часто путают с неверными. Но неоднозначность визуальных следствий из заданных пространственно-графической модели инцидентий не является ошибкой. В противоположность этому, если на полном изображении не задан необходимый конструктивный элемент, такая «неполнота» тождественна с неверностью. Рассмотрим рисунок 1.3.14. Если перед конструктором стояла задача создать форму типа усеченной пирамиды, то одна грань построена неверно, так как представляет поверхность — косую плоскость (см. рис. 1.3.14, а). Если же изображена часть двух пересекающихся пирамид с общим основанием и двумя общими боковыми гранями, то здесь просто не показано одно ребро, которое обязательно должно присутствовать на эскизе (см. рис. 1.3.14, б). Данное изображение относится к композиционным, но во всех рассмотренных вариантах оно является геометрически полным. Учитывая конструктивный контекст модели, предусматривающий объект, который не имеет в своей структуре сложных поверхностей, следует признать исходный вариант модели (см. рис. 1.3.14, а) за ошибочное изображение.

Полнота изображения позволяет определить на нем любые инцидентии элементов. Однако оригинал полного изображения определен только структурно, но не метрически. Поэтому задача нахождения оригинала по изображению (или построение на ЭВМ математической модели оригинала) должна быть рассмотрена особо.

Изображения, которые кроме всевозможных инцидентий определяют и оригинал, называются метрически определен-

* Интерфейс — канал связи в кибернетических системах.

ными. Полные изображения (до метрической определенности) допускают некоторый произвол в отношении метрических операций, выполняемых на изображении. Подсчет свободных параметров, превращающих изображение в метрически определенное, называется параметражем изображения.

В параллельной проекции параметрическое число полного изображения $P=5$ [54]. Анализ условий, наложенных на оригинал, позволяет задать некоторые параметры. Их запас будет представлять разность между параметрическим числом полного изображения и общим числом заданных параметров. Если такая разность будет равна нулю, то изображение метрически определено.

Перечень условий, накладываемых на плоское изображение, и количество параметров, задаваемых этими условиями, приведены в работе [54]. Так как параметрическое число плоского изображения равно двум, то, варьируя эти условия, можно добиться метрической определенности плоского изображения.

В основе идеи метрической адекватности пространственно-графической модели лежит известная теорема Польке—Шварца, согласно которой произвольному в метрическом отношении заданию тетраэдра соответствует проекция, которая дает изображение оригинала, совпадающее с заданным. Возможно решение и обратной задачи: по произвольному изображению тетраэдра определяется метрическая структура оригинала. Для последнего действия необходимо предварительно задать на изображении пять параметров, пять произвольно выбранных метрических условий.

Данное фундаментальное положение позволяет осуществлять математическую идентификацию изображения, выполненного на экране дисплея. Оператору, осуществляющему «свободное» эскизирование на входном устройстве ЭВМ, необходимо только знать, какому количеству параметров соответствуют те или другие метрические операции, и ориентировочно представлять области существования этих параметров.

Подробные сведения о подсчете параметров пространственного изображения и о характере условий, соответствующих требуемому количеству параметров, можно получить в работе [54].

Следует помнить, что параметрическое число параллельной проекции, равное пяти, относится к полным изображениям. В противном случае количество условий, накладываемых на изображение, будет большим на то число параметров, которое соответствует коэффициенту неполноты изображения. Таким образом, неполные изображения еще более вариативны, ими можно графически обозначить гораздо большее количество метрически определенных оригиналов.

В заключение сделаем некоторые выводы.

Любая пространственная графическая модель должна быть верной, т. е. соответствовать одной из проекций оригинала.

Методика пространственно-графического моделирования должна быть построена так, чтобы первое положение не входило в противоречие с требованием свободы выражения творческой мысли проектировщика.

Процесс создания изображения должен сопровождаться его верификацией, т. е. анализом полноты и, при необходимости, метрической определенности структуры пространственно-графической модели.

Анализ верности имеет особое значение при автоматизированном проектировании, предусматривающем на конечном этапе перевод изображения в структуру математической модели.

1.4. КОНСТРУКТИВНО-ЛИНЕЙНАЯ СТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Возможности конструктивного анализа формы на пространственно-графической модели определяются вторым по иерархии сложности базовым элементом изображения. Линия является основным средством воплощения конструктивной мысли в процессе графического формообразования. Так же, как и точечная инцидентность, она представляет собой идеальное образование, не выступающее в качестве самостоятельного элемента реальной объемно-пространственной композиции.

Если точечная структура ориентирована в основном на возможности ЭВМ, то линейная структура изображения отвечает прежде всего «ручной технологии» построения модели. Геометрический анализ формы в графическом пространственном эскизировании может быть осуществлен только с помощью определенных линейных построений. Плоскость, поверхность, как воспринимаемые элементы композиции, возникают на пространственно-графической модели также при помощи линий.

Дизайнерская графика целиком основывается на данной структуре пространственно-графической модели. Поэтому дизайнерский рисунок, в отличие от художественного, называют конструктивно-линейным.

Главные проблемы использования методики дизайнерского рисования в техническом вузе заключаются в сложности графической техники исполнения, а также в способности студента к переработке соответствующей визуальной информации. И если с автоматизацией графического моделирования вопросы формирования чисто технических навы-

ков должны отойти на второй план, то развитию психологических механизмов мышления, определяющих успешную ориентировку в структуре соответствующих графических моделей, будет уделяться все большее внимание.

В настоящее время в практике дизайнерского формообразования и машинной графики получили широкое распространение три типа изображений: контурно-каркасные, конструктивно-линейные и тональные. Конечно, эта классификация условна, и конкретное изображение может быть отнесено к тому или иному типу по доминирующему признаку.

В контурном каркасном рисунке линейная структура целиком определяется предварительно построенным контуром границы поверхностей формы. Первый вид графической модели выполняется однородной по толщине и характеру линией, показывающей изломы поверхностей и внешние очертания формы (рис. 1.4.1). В терминологии машинной графики такие графические образы называются проволочными (с показом или без показа невидимых линий). Уже при изображении простейших объемов мы можем столкнуться с неоднозначностью восприятия формы (рис. 1.4.2). Для сложных объемно-пространственных структур подобные рисунки становятся совершенно непригодными прежде всего из-за недостатка наглядности. Только при изъятии невидимых линий изображение дает однозначное отображение пространственной сцены, но по-прежнему остается схематичным.

Контурный рисунок широко используется в интерактивной машинной графике и при создании систем искусственного машинного зрения. Он является для ЭВМ главным средством идентификации и восприятия реального объекта независимо от конкретных условий освещения. На рис. 1.4.3, а, б изображена одна и та же пространственная сцена. Для ее опознания и машинной классификации приходится «очистить» образ от теней и осуществить переход к контурной точечной интерпретации.

Внешне изображения на рис. 1.4.3 совершенно различны, но структура порождающей формы одна и та же. Именно ее прежде всего схватывает наш глаз, благодаря целостности механизмов визуального восприятия.

Тональный тип визуальной модели более всего удаляется от графической деятельности, основанной на структурном и геометрическом подходе, и приближается к изобразительному искусству с его доминирующей концепцией эмоционально-образного отображения реальной действительности.

Тональные рисунки представляют собой наиболее наглядные, но вместе с тем наиболее трудоемкие изображения. С точки зрения возможностей отображения конструктивных характеристик формы, их наиболее ярко выступают

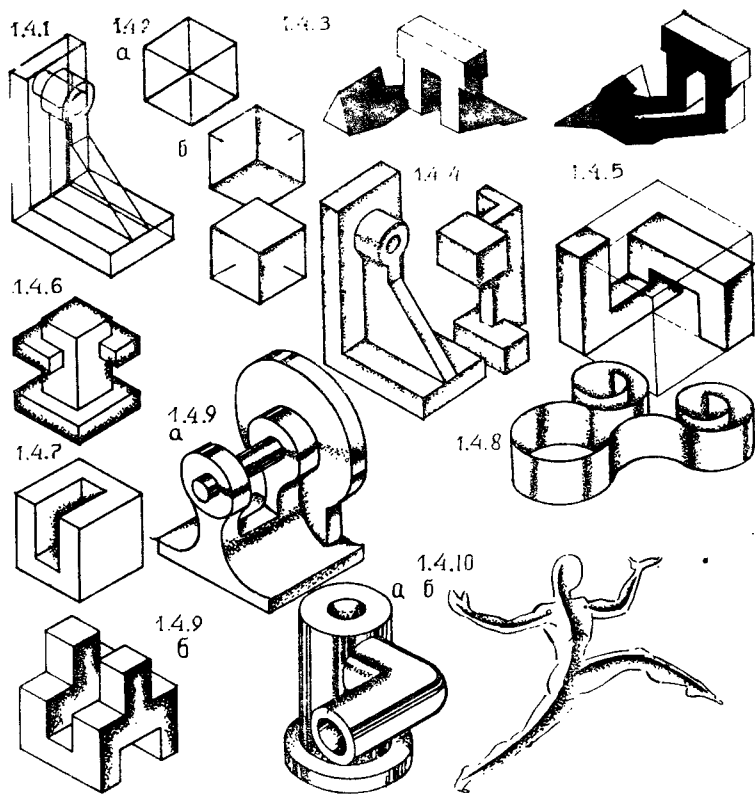


Рис. 1.4.1. Контурный рисунок «проволочного» типа

Рис. 1.4.2. Неоднозначность восприятия куба в проволочном изображении (а); варианты пространственного положения (б)

Рис. 1.4.3. Восприятие структуры, порождающей изображение формы

Рис. 1.4.4. Пример конструктивно-линейного рисунка

Рис. 1.4.5. Изображение с большим количеством построенческих линий

Рис. 1.4.6. Силуэтное изображение детали

Рис. 1.4.7. Выделение контурно-очерковых линий

Рис. 1.4.8. Показ линии сопряжения в цилиндрических поверхностях

Рис. 1.4.9. Линии связи в деталях простой пространственной структуры: в цилиндрических поверхностях (а), в многогранных поверхностях (б)

Рис. 1.4.10. Линии связи в изображениях сложной пространственной структуры: в машиностроительных деталях (а), в изобразительном искусстве (б)

щее отличие и достоинство оборачиваются основным недостатком. Наглядность сама по себе не является достоинством. Модель изобразительного типа не позволяет воспользоваться

какими-либо абстрактными средствами выявления структуры формы — она совершенно «равнодушна» к строению изображаемых объектов, одинаково тщательно «рисует» главное и второстепенное, не позволяет проникнуть к внутренним, глубинным связям, акцентировать по желанию автора те или иные геометрические, функциональные особенности разрабатываемой формы.

Дизайнеры в своих рисунках (тем более эскизах) предпочитают тон и тени изображать условно, ограничиваясь небольшой степенью отображения этого визуального свойства, чтобы только дать намек на объемные и пространственные характеристики формы. Это позволяет не отходить от линейной структуры изображения и в то же время добиваться многих эффектов светотеневой проработки формы, являющихся несомненным достоинством тональных моделей.

Но если рисунок художника-конструктора далек от рисунка академического (живописного), то он еще более далек от механического изображения проволочного типа. Прежде всего, линейная структура дизайнерского рисунка (пространственного эскиза) неоднородна. Основной изобразительный элемент — линия — варьируется в зависимости от целей, изобразительных функций, пространственной ориентации объекта как по толщине, так и по характеру. Всевозможными вариациями линии дизайнер добивается точной передачи конструктивных особенностей формы. Она позволяет эффективно передать глубину и объемность формы (рис. 1.4.4), что приводит к ликвидации основного недостатка каркасно-контурного типа изображения. В пространственно-графической модели появляется возможность изображать невидимые линии контура. Они не только не мешают целостному восприятию формы, но и помогают более точно отобразить важные структурные характеристики, привнося дополнительную информацию о внутреннем строении объекта.

Линия в пространственном эскизе несет основную изобразительную функцию, является главным средством структурного упорядочения визуального образа, его соответствия пространственному строению формы и целостному характеру восприятия. Знание выразительных возможностей линии является первым требованием обучения практическим навыкам графической деятельности по пространственному эскизированию.

По своему функциональному назначению в структуре изображения линии могут быть разделены на следующие типы: построенческие, контурно-изобразительные, линии сопряжения различных элементов формы, линии связи формы, линии, отображающие собственно линейный элемент композиции.

Количественное и качественное доминирование постро-

енческих линий как в алгоритмически-процедурной, так и в окончательной визуальной структуре модели является основным показателем графической деятельности в отличие от изобразительной. В дизайнерском графическом формообразовании последовательно проводится принцип геометрического структурного подхода, который связан с осуществлением большого числа всевозможных построений, гарантирующих создание верного изображения. Назначение построенческих линий заключается в структурном упорядочении различных частей композиции, разметке пространства (объема) в соответствии с конструктивным замыслом, в нахождении инцидентий, определяющих полноту изображения. Пример изображения с большим количеством построенческих линий приведен на рис. 1.4.5.

К контурам, изображающим на рисунке внешние границы формы или отдельных ее элементов, относятся линии пересечения поверхностей (граней), силуэтные линии, локально-очерковые линии. Такое подразделение изобразительных линий соответствует специфике основных графических действий. Умение различать эти линии является необходимым условием их правильного выполнения. Основная задача первой группы линий — передача излома плоскости или поверхности. Поэтому по характеру эти линии должны быть четко очерчены с той стороны, с которой условно падает свет. В сторону тени линия несколько «размывается» и исчезает.

Линии, очерчивающие внешний контур изображения в целом, называются силуэтными. Некоторое выделение этих линий в конце работы значительно повышает целостность впечатления от рисунка. Характер линии должен быть таким, чтобы обрисовывались достаточно четко наружные границы формы. Силуэтное изображение детали показано на рис. 1.4.6.

Очерковые линии, в отличие от силуэтных, ограничивают внешний контур не целостной фигуры, а только отдельных ее элементов. Эти линии отделяют изображение переднего плана от других частей, уходящих в глубину пространственной сцены. Умение опознавать очерковые линии и выявлять разницу пространственных уровней «детали-фона» в каждой части композиции является основным средством придания эскизу пространственной активности (рис. 1.4.7).

Конструктивная ясность и пространственная выразительность эскиза определяются линиями сопряжения различных поверхностей. Несмотря на то что во многих случаях переход поверхностей по этим линиям плавный и формально не требует специально контурного выражения, структурно-графическое акцентирование их в модели целесообразно для визуальной систематизации и повышения связности формы. Условный «теневого блик» является важной характеристикой

пространственной связи таких поверхностей как друг с другом, так и с элементами их каркаса. Активность линии зависит от места ее расположения в структуре сопрягаемых поверхностей и в пространстве относительно основных элементов композиции (рис. 1.4.8).

Большое сходство с только что рассмотренными имеют линии связи, которые характеризуют целостную объемно-пространственную структуру. Такие линии представляют наибольшую сложность в усвоении, так как отражают системные связи элементов формы. Грамотное выявление этих связей определяет целостность построения модели и конечный результат воздействия ее на зрителя (рис. 1.4.9). В простейших вариантах объемной формы в качестве таких линий выступают линии излома, сопряжения поверхностей. В сложных случаях — это линии, интегрально отображающие организацию частей композиции в целое (рис. 1.4.10). На первоначальное выявление этих линий в художественном рисунке обращал внимание великий педагог, учитель известных художников XIX в. П. П. Чистяков [15].

В пространственно-графическом моделировании линии связи являются основным средством выявления композиционных связей формы, придания пространственной сцене целостности и единства.

При пространственно-графическом формообразовании часто приходится отображать характеристики собственно линейных элементов конструкции. Чтобы изображение таких элементов формы ясно отличалось от линий, ограничивающих поверхности и объемы, рекомендуется несколько утрированно показывать их объемно с видимой толщиной. Изменяя активность такой парной линии, можно придать линейному элементу конструкции соответствующие пространственные характеристики. Если рисунок выполняется как быстрый набросок и не претендует на законченность, то желательно для четкости восприятия пространственной структуры изображения помещать конструкцию в воображаемый базовый объем, выполненный с помощью построенческих линий.

Выразительные возможности пространственно-графической модели определяются связью плана содержания и плана выражения. Каждая линия при ее воссоздании на модели вводится в контекст семантической структуры формы. Но этот процесс сопровождается и определенной перестройку синтаксической структуры: появляются многочисленные связи новой линии с имеющимися на изображении элементами.

Одним из самых простых принципов связи двух семиотических планов модели является строгий контроль за иерархическим возрастанием активности линий в соответствии с семантикой формообразования.

В процессе графической деятельности формальная линейная структура изображения все время изменяется. Это изменение сопровождается постоянным возрастанием активности каждого последующего этапа работы. Следует отметить, что структура предыдущего этапа не исчезает при появлении новой, а лишь отодвигается на «задний» план. Новая структура изображения, соответствующая новому этапу построения, как бы накладывается на предыдущую систему линий. Иерархическое выделение различных структур соответственно основным этапам построения осуществляется за счет формальных качеств линии, прежде всего за счет ее активности.

Дифференциация активности линейной структуры изображения тесно связана с такой ее характеристикой, как пространственность. Уже в простом линейном рисунке можно показать глубину и пространство только за счет варьирования силы звучания линий. Психология восприятия объектов окружающего мира такова, что в первую очередь нами схватывается информация обо всех выступающих вперед частях формы. Поэтому в согласии с восприятием окружающей действительности следует подчеркивать активность линий, выступающих на передний план и, наоборот, ослаблять линии заднего плана. Этот эффект внешне напоминает требования «воздушной перспективы».

Качества линейной структуры, связывающие формальные графические элементы с семантическим планом модели, имеют интегральный характер и сопряжены с таким понятием, как ее целостность. Рассмотренный пример привел нас в конечном счете к целостности восприятия линейной структуры в общем контексте содержания изображения. Целостность характеризует восприятие графической модели, а также психологические механизмы мышления, сопровождающие процесс ее создания.

Информационное моделирование предусматривает установление структурной эквивалентности между реальным объектом и моделью. Прямой перенос этой идеи на учебный процесс приводит к возникновению установки на доминирование в нем деятельности по задаваемому образцу. У студентов появляется интерференция навыков бессмысленного копирования внешних, наиболее бросающихся в глаза признаков объектов. Ни о какой структуре изображения, системных качествах модели не может в этом случае идти речь [24].

Получающиеся при таком подходе линии оказываются оторванными от несущей их формы, органически из нее не вытекают. Они не обладают возможностью выражения какой-либо реальной сущности. Поэтому подобные упражнения отнесены нами на конечный этап обучения моделированию. В

них надо строго следить за целостностью восприятия натуры и построением фигуры от внутренних геометрических основ.

Предметом особого рассмотрения в учебных работах по пространственно-графическому моделированию является синтаксический анализ изображения без какой-либо связи с натурной моделью или конкретным функционально-конструктивным содержанием. Дидактическая цель данного этапа обучения в согласии с принципом системного подхода заключается в предварительном изучении языка пространственно-графического моделирования. Студентам дается ориентировка в законах образования формальных графических структур, средствах выражения и возможностях в достижении различных целей. Оказалось, что такая ориентация в вопросах синтактики формообразования, определяющих возможности графического моделирования, совершенно необходима для творческого овладения рассматриваемым предметом.

Выделение в качестве самостоятельных вопросов, связанных с алгоритмами образования производной синтаксической структуры, отражает принципы системного подхода к деятельности и составляет одно из основных отличий дидактических целей пространственно-графического моделирования от задач обучения техническому рисованию.

1.5. ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТЬ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ФОРМЫ НА ГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Пространственное расположение плоскостей и поверхностей определяет на изображении визуальную структуру графической модели. Адекватность восприятия объекта графического моделирования по изображению выдвигает на первый план его целостно-визуальные характеристики, задаваемые геометрическими свойствами внешних поверхностей формы и подразумеваемыми условиями моделируемой световой пространственной среды. Учет дифференциации оптических свойств поверхностей позволяет осуществить на графической модели акцентирование отдельных частей формы, показать тождество или различие локальных областей, связанных одним характером пространственной ориентации. Варьирование визуальных характеристик поверхностей позволяет достигать необходимой выразительности изображения, явления как объемных, так и пространственных отношений основных частей формы.

Рассматриваемая характеристика изображения имеет наибольшее значение для художественного рисования, так как дает возможность помещать объект в среду, соответствующую желаемому образному звучанию композиции. Главными выразительными элементами структуры изображения в этом случае являются не простейшие геометрические обра-

зования — точки и линии, а тон, отражающий все нюансы визуальных свойств объекта при различных конкретных условиях световоздушной пространственной среды. В наиболее последовательных тональных изображениях линия почти полностью исчезает как самостоятельный элемент их структуры, уступая место многообразию светотеневых характеристик среды. Естественно, что тон сам по себе не может являться элементом графической композиции. Он дает определяющую характеристику локальной области «графического листа», которая приобретает при этом важное свойство визуально-пространственной активности.

Целостные характеристики такой визуально-пространственной структуры и являются предметом нашего рассмотрения. Хотя в дизайнерском или техническом рисовании тон не имеет такого значения, как в изобразительном искусстве, намеченный анализ представляется полезным, так как позволяет из имеющегося в арсенале искусства запаса средств выразительности выделить те, которые оптимально соответствуют цели пространственно-графического моделирования.

Для студентов большие трудности представляет мысленная систематизация поверхностей при чисто линейном характере изображения. Сохранение построенческих линий, соответствующих промежуточным этапам формообразования, приводит к тому, что неразвитое восприятие не может схватить целостные закономерности моделируемой пространственной сцены. На этапе овладения методикой пространственно-графического моделирования студентам необходимо доступное средство систематизации визуально-пространственной структуры. И если вначале студенты несколько злоупотребляют тональными средствами, то по мере совершенствования навыков моделирования визуально-пространственная структура изображения эффективно отображается лишь характеристиками формообразующих линий.

Рассматривая семантику пространственно-графической модели, можно выделить те конструктивные отношения, которые актуализируются формальными процедурами тональных преобразований. Если на уровне линейной структуры изображения мы достигали выявления геометрических и формообразующих факторов, то на рассматриваемом уровне на первый план выступают пространственные отношения между элементами формы.

Тональные преобразования подразделяются на два основных алгоритма, в семантическом плане выражающих отношения объемности основных частей конструкции и отношения их глубинности по вырожденному направлению параллельной проекции.

Точная передача на графической модели тональных переходов реального объекта, освещенного даже простейшим

образом, — достаточно трудная задача, требующая большой наблюдательности и длительного времени, затрачиваемого на обучение соответствующим техническим приемам.

В архитектуре, дизайне, технике разработаны различные способы условной передачи светотени, учитывающие особенности психологии зрительного восприятия реального предмета и его изображения на листе бумаги. Разберем несколько возможных и применяемых в различных областях деятельности моделей передачи светотеневого характера пространственной сцены. Затем проанализируем возможные способы формализации действий с позиции поставленной цели и требуемой для ее достижения трудоемкости.

На рис. 1.5.1 представлен пример, требующий для светотеневой характеристики пространственной сцены построения трех областей: области, непосредственно освещенной источником света, области отброшенной тени и области собственной тени (обращенной в сторону источника света).

В общем случае такая графическая модель содержит три различных тона: свет, тень собственную и тень падающую. В частных случаях возможны объединения тонов любых двух областей. Для построения падающих теней требуется использование аппарата параллельного проецирования. Наглядность получаемого изображения зависит от характера пространственной сцены и от выбора направления проецирования (светового луча). В некоторых случаях конфигурация падающей тени приносит дополнительную геометрическую характеристику формы, ее пространственного расположения, тем самым в значительной мере повышая выразительность изображения. Но, с другой стороны, в световую зону и в зону собственной тени попадают грани, различным образом ориентированные в пространстве. Тональное же их решение в этой графической модели одинаково.

В случае криволинейной поверхности алгоритм анализа областей различного тона приводит к сложным геометрическим процедурам. Только при точном построении граничной линии тени пластический характер поверхности воспринимается на изображении достаточно полно, несмотря на одноплановость тонального решения «освещенных» частей формы.

Достоинство светотеневой моделировки формы (см. рис. 1.5.1) определило ее применение прежде всего в архитектуре. Имеются машинные алгоритмы интерпретации пространственных сцен по такой схеме с реализацией на дисплейном терминале [1, 48].

Выразительность данного метода формализации целиком определяется точностью выполнения всех процедур построения теней. Для этого требуется изучение дополнительного раздела начертательной геометрии. Так как он не вхо-

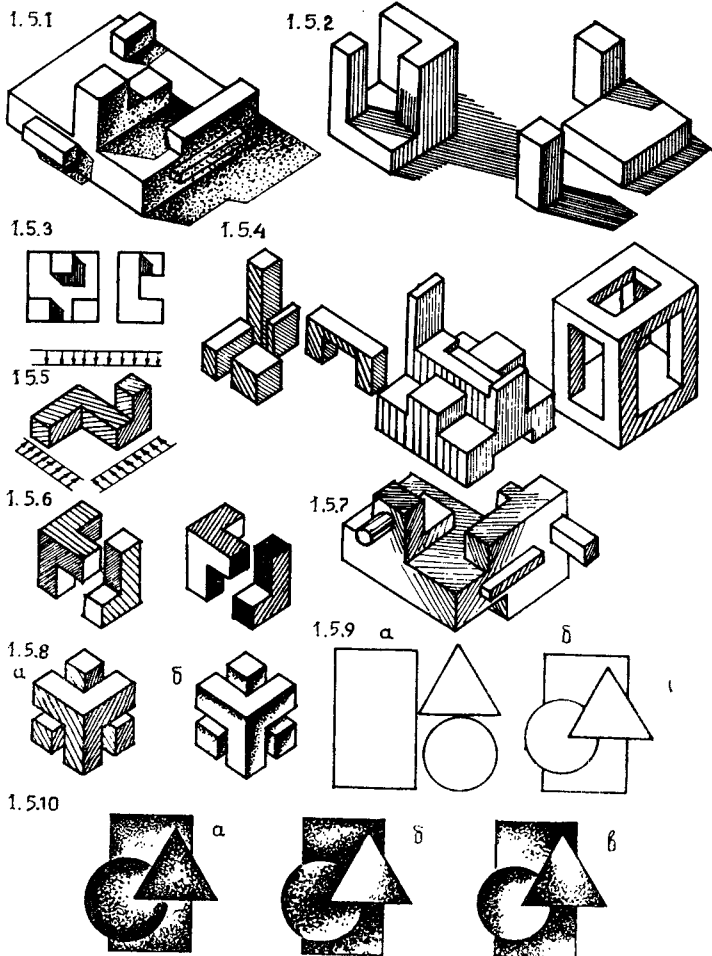


Рис. 1.5.1. Выявление пространственного характера формы с помощью построения падающей тени

Рис. 1.5.2. Наибольший эффект структурного алгоритма выявляется при отображении пространственной сцены

Рис. 1.5.3. Построение падающей тени служит эффективным средством показа глубины в ортогональных проекциях

Рис. 1.5.4. Построение пространственной выразительности объемной композиции с помощью показа собственной тени

Рис. 1.5.5. Физическая интерпретация простейших способов тонального решения плоскостей

Рис. 1.5.6. Примеры ошибочных решений объемно-пространственной структуры с помощью формального алгоритма

дит в программы инженерных вузов, то желающие овладеть данным вариантом пространственно-графического моделирования должны самостоятельно расширить свои познания в области начертательной геометрии.

Сравнение выразительности получаемого решения для объемной и пространственной композиции позволяет сделать вывод о предпочтительности данного структурного алгоритма для отображения пространственной сцены (рис. 1.5.2). Особенно удобно его использование для ортогональных проекций технических объектов, которые получают от построения теней как бы дополнительную пространственную характеристику (рис. 1.5.3).

Поскольку основными объектами инженерной графики являются объемные тела, то для их светотеневой характеристики можно использовать довольно простую модель, не требующую построения падающих теней. В этом случае необходимо показать на изображении тональные различия трех областей: света, тени, полутени.

В первую область включается система параллельных плоскостей, находящихся в наилучших условиях освещения. Вторую область составляют плоскости, ориентация которых относительно источника света наихудшая. И наконец, в третью попадают все параллельные плоскости оставшегося ортогонального направления. Тональная сила воздействия этих граней на восприятие имеет промежуточное значение.

Модели объемных тел, тонально решенных по данной схеме, показаны на рис. 1.5.4. Хотя в алгоритме не учитываются падающие тени, общая выразительность изображения остается достаточно высокой за счет определенности показа принадлежности грани той или иной системе ортогонально ориентированных плоскостей. Если три отмеченные выше области изобразить на рисунке разным цветом, то эффект будет еще большим. Физическая модель такого графического решения представлена на рис. 1.5.5. В ее основе заложен принцип освещения объекта тремя источниками различного цвета, расположенными в соответствии с принятой системой ортогональных плоскостей. Если свет направлен указанным

Рис. 1.5.7. Типичная ошибка студентов в тональном решении изображения детали

Рис. 1.5.8. Сравнение двух алгоритмов тональной разработки объемно-пространственной структуры: однородная штриховка граней (а), неоднородная штриховка (б)

Рис. 1.5.9. Восприятие уровней глубины плоских элементов композиции: композиция одноуровневая (а), многоуровневая (б) — при наложении конфигураций

Рис. 1.5.10. Различные алгоритмы выявления уровней глубины элементов композиции: высветлением фона (а), уплотнением фона (б), смешанным алгоритмом (в)

образом, то падающих теней не будет, а каждая грань получает определенную характеристику принадлежности той или другой системе плоскостей.

Для пространственного эскиза данный метод является наиболее простым. Для придания объемного характера модели на эскизе необходимо лишь единообразие визуального признака каждой плоскости. Независимо от очертания области, ее величины все теневые грани должны быть тождественными по своему тональному решению. То же самое относится к светлым граням и полутеням изображения. Именно визуальный контраст разных систем и единообразие решения тона плоскостей, принадлежащих к одной системе, приводит к должной выразительности решения. Пример ошибочного решения, в котором нарушен этот принцип, показан на рис. 1.5.6.

Наиболее удобно применять данный способ характеристики пространственной ориентации поверхности при изображении объектов, ограниченных плоскостями, ортогонально ориентированными в пространстве. Если встает вопрос о передаче с помощью этого метода тональных характеристик модели с произвольным расположением граней в пространстве, то задача оказывается неразрешимой. В этом случае необходимо усложнить метод, введя градации полутонов в таком количестве, сколько будет различно ориентированных в пространстве плоскостей.

Ограниченность алгоритма тонального преобразования еще более выявляется при необходимости изображения объекта сложного пространственного характера, включающего в себя кривые поверхности. В этом случае их приходится заменять многогранной структурой, число граней которой достаточно велико, для лучшей имитации поверхностей.

Кроме трудностей выразительного плана при ориентации пространственно-графического моделирования на поисковую деятельность, выявляется еще один серьезный недостаток, связанный с ограниченной возможностью использования модели в познавательном процессе.

Рисуя от руки, сложно обеспечить единообразие тонального решения всех граней, принадлежащих одной системе плоскостей. Для компенсации такого естественного различия при эскизной реализации метода приходится вводить значительные контрасты между тремя основными тонами. Это приводит к повышенной плотности графической структуры и, как правило, к небрежному виду рисунка.

Даже в случае верного выполнения тональной структуры изображения согласно данному алгоритму выявляется еще один недостаток. Конструктору в своей работе над эскизом необходимо постоянно оставлять возможность вносить изменения, добавления, исправления. При большой плотности

ти штриховки это делать трудно, приходится пользоваться резинкой, что быстро приводит эскиз в негодность (рис. 1.5.7).

Для пространственного эскиза, выступающего как иллюстрация беглой, только оформляющей конструктивной мысли, желательна техника, несложная по выполнению и «прозрачная» по графическому результату.

В связи с этим может быть предложена третья модель тонального решения, характеризующаяся следующими особенностями:

- ясное визуальное различие тонального решения каждой из трех основных ортогональных систем плоскостей;

- в пределах ограничений замкнутого контура вместо однородного тонального покрытия локальной области вводится ее неоднородная разработка;

- в качестве основного ориентира действия принимается передняя, выступающая к зрителю, вершина замкнутого контура элементарной тональной области, вблизи нее реализуется максимальный тональный контраст, быстро убывающий в глубь плоскости.

Первое требование связано с отмеченным выше принципом единообразия визуальной характеристики системы параллельных плоскостей, одинаково расположенных относительно источника света. В этом отношении данный метод ничем не отличается от предыдущего. Основное отличие данной графической модели заключается в способе тональной характеристики плоскости. Ранее ее идентификация осуществлялась за счет равномерной штриховки, закраски или забрызгивания всей области, ограниченной контуром. В данном случае различные линии контура оказываются неравноценными. Штриховка плоскости начинается в той граничной зоне, которая наиболее выступает к зрителю. В пределах контура тон будет неравномерным, его интенсивность падает с отходом карандаша от выступающей границы контура. Те части плоскости, которые расположены в глубине подразумеваемого пространства, остаются совершенно незаштрихованными (по крайней мере, на данном этапе идентификации пространственной ориентации плоскостей).

Сравнение двух алгоритмов тональной разработки объемно-пространственной структуры представлено на рис. 1.5.8.

Данный способ определения светотеневой структуры модели основан на психологии зрительного восприятия реального объекта. Возможности человеческого глаза оказываются ограниченными в отношении определения абсолютной освещенности предмета. В то же время глаз способен точно отмечать относительную тональную яркость близко расположенных элементов, воспринимая в целом большое количество оттенков тона одновременно и в тенях, и в светлых частях формы.

Настройка сетчатки глаза на среднюю яркость локальной области объясняет явление пограничного контраста тона на линиях встречи светлых и затененных частей формы. Вблизи этой границы светлая область становится еще более яркой, а темная еще более усиливает свою плотность. Художники издавна знают такие явления и используют их в своих работах. Вблизи светлого тон несколько усиливается ими, а вблизи темного ослабляется.

Учитывая это, затененность плоскостей в объемной форме удастся выразить с помощью намека на пограничный контраст различных тонов. При этом, конечно, возникает некоторая дробность формы, данный алгоритм уступает по целостности предыдущему. Эскиз, выполненный по такой методике, оставляет впечатление промежуточного (между линейным и законченным тональным) изображения. Главное преимущество алгоритма, учитывающего пограничный контраст, заключается в том, что чистота всех граней допускает возможность переделки деталей формы. Техника выполнения кажется сложной только в начале работы. Уже несколько минут спустя у студентов вырабатывается устойчивый навык придания единообразной тональной характеристики системам плоскостей с помощью показа пограничного контраста света и тени. Отмеченные преимущества рассматриваемого алгоритма позволяют применять легкую тональную разработку формы на ранних этапах построения и тем самым повышать наглядность и осознанность работы.

Вне зависимости от конкретного типа тональной разработки пространственно-графической модели приведенные алгоритмы повышают выразительность ее визуальной структуры лишь за счет выявления объемности выступающих частей формы. Традиционно применяемый в техническом рисунке алгоритм штрифировки ограничивается этой группой тональных преобразований модели.

В связи с тем, что изображение с подобной визуальной структурой игнорирует пространственные связи между частями формы, интегральный эффект от его восприятия напоминает плоский рельеф, а не объемно-пространственную конструкцию. Будем называть тональные преобразования этого рода в дальнейшем рельефной разработкой модели.

В пространственно-графическом моделировании основное внимание уделяется второй, пространственной, группе тональных преобразований модели. Подробный анализ формальных алгоритмов таких преобразований будет приведен в третьей главе, здесь же ограничимся беглой иллюстрацией графической идеи выделения пространственных уровней, соответствующих различным частям разрабатываемой конструкции.

На рис. 1.5.9 изображены три плоских предмета. Рису-

нок 1.5.9, а воспринимается как одноуровневый. Все предметы, изображенные на нем, лежат как бы в одной плоскости. Наложение предметов друг на друга (см. рис. 1.5.9, б) дает основу для представления уровней глубины, но выразительность такого изображения еще очень мала.

На рис. 1.5.10 показаны графические модели, в которых посредством тона достигается визуальная ясность разделения уровней глубины каждой фигуры. Рис. 1.5.10 представляет три различных варианта тонального решения пространства с тремя уровнями глубины. Из их рассмотрения можно сделать вывод, что эффект пространственного разделения между двумя плоскими фигурами целиком зависит от уровня контраста между фигурой и фоном. Под фигурой здесь понимается очертание плоскости переднего плана, противопоставленное всем формам, частично перекрываемым ею. Для каждой передней фигуры все, что лежит сзади, является фоном. За счет такого противопоставления фигуры и фона возникает подчеркнутая силуэтность изображения контура одного пространственного уровня. Граница формы равномерно по всему контуру подчеркивается единым тональным ореолом. В свою очередь, фон при подходе к этой границе приобретает противоположный светлый или темный оттенок.

По типу тонального отношения между фигурой и фоном, передним планом и тональным окружением можно выделить два основных способа показа уровня глубины. На рис. 1.5.10, а реализован алгоритм высветления глубинных уровней пространства изображения. Каждая последующая фигура как бы подсвечивается боковым источником света. На рис. 1.5.10, б соотношение контраста фигуры и фона обратное. Каждая фигура переднего плана более светлая, чем окружающий ее фон. Выступление переднего плана осуществляется здесь за счет контраста светлого на темном. Вся композиция при такой тональной разработке соответствует случаю лобового освещения объекта единым источником света. С удалением в глубину пространство все более темнеет и уплотняется, вокруг предметов переднего плана образуются как бы подпирающие их сзади тени — ореолы. На рис. 1.5.10, в многоуровневость достигается комбинацией двух основных алгоритмов передачи глубины пространства.

Данный алгоритм формального преобразования тональной структуры, приводящий к визуальным эффектам пространственного разделения, будем в дальнейшем называть алгоритмом разработки глубины и многоплановости.

1.6. КОМПОЗИЦИОННАЯ СТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Композиционный аспект формообразования значительно шире проблемы графического моделирования. Он имеет объемно-пространственную природу. Основными элементами композиции в технике являются объем и пространство как единое целесообразно организованное целое. Пространственно-графическая модель отображает лишь одну возможную сторону данного системного образования. Изображение на конструктивном эскизе всегда связано с определенной статической точкой зрения на моделируемое пространство. Гораздо большими возможностями обладает в этом плане визуальная пространственно-графическая модель на базе ЭВМ. Существующие программы «осмотра» пространственной сцены позволяют максимально приблизить восприятие композиции на модели к реальной действительности.

В учебном процессе знакомство с основными понятиями композиционного метода необходимо из соображений возможности включения различных проблемных ситуаций графического содержания. Как было показано ранее, композиционные задачи относятся к числу многовариантных с качественными критериями формообразования. Эстетические критерии вполне доступны даже для студентов-первокурсников. В учебном процессе они могут заменить гораздо более сложные научные и технические критерии качественного типа. Эти особенности графических заданий на композицию позволяют широко использовать их для придания графической деятельности целесообразного характера. Они же определили повсеместное использование подобных задач в качестве компьютерных игр для развития специального структурного мышления, необходимого человеку для общения с ЭВМ.

Выразительность формы технического изделия достигается акцентированием функциональных связей, подчеркиванием системообразующей роли их в ряду других композиционных связей. В разрешении данных задач находят максимальное выражение как профессиональная компетенция инженера, так и характер содружества его с дизайнером в процессе творческого создания качественного технического изделия. В реальной разработке формы художественному осмыслению функции уделяется основное внимание [38].

В учебных работах функциональная выразительность формы может быть успешно достигнута лишь на старших курсах. В начале обучения более доступными для студентов оказываются не функциональные, а более общие структурные связи, входящие в так называемые средства гармонизации композиции: симметрия, ритм, пропорции.

В учебном курсе по пространственному эскизированию

1

основное внимание студентов концентрируется на определении закона объединения отдельных частей композиции в целое. Закон формообразования может накладывать только размерные связи или же вводить различные геометрические ограничения на организацию композиционного материала.

Не вдаваясь в специальные вопросы анализа композиционной структуры, следует отметить, что данный подход к анализу формы имеет следующие характерные черты, определяющие целесообразность его использования в задачах пространственно-графического моделирования:

- соответствие поисковой деятельности с качественным критерием формообразования;

- доступность для понимания студентами-первокурсниками целей и эстетического характера критериев формообразования;

- большой развивающий эффект и непреднамеренный характер освоения навыков графических процедур построения;

- адекватность компьютерной графической деятельности по созданию математической модели технической структуры с помощью исходной базы данных конструктивных объектов.

Несмотря на то что внешне композиционная деятельность не имеет технической природы и прямо не связана с целями инженерной подготовки, в пространственно-графическом моделировании широко используются задания композиционного характера с целью создания поисковой ситуации и неформального овладения графическими навыками.

ОБУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ И ПРОБЛЕМЫ ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

Постановка учебных целей начинается с разработки той части содержания социального опыта, которая включает в себя творческую деятельность. Прежде чем определить содержание и форму конкретного учебного задания по разрабатываемому курсу, нужно ясно представить его место в системе подготовки современного специалиста, выяснить те аспекты творческой деятельности, которые должны формироваться в процессе обучения.

2.3. ДИДАКТИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ РАЗВИВАЮЩЕГО ОБУЧЕНИЯ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ

Постановка развивающих целей на обобщенном уровне является обязательной, так как она определяет требуемый характер построения учебного процесса. Во всех умениях и навыках, формируемых на учебных занятиях, можно выделить утилитарные и мыслительные компоненты, связанные с характером ориентировки и выполнения действия, с оценкой его в контексте той или иной деятельности. Если формирование необходимых профессиональных навыков осуществлять без постановки обобщенных дидактических целей развивающего уровня, то мы не достигнем желаемого результата в умственном развитии студента, в эффективности его профессиональной деятельности. Односторонняя концентрация усилий методистов на качестве отработки конкретных умений и навыков приводит к известным недостаткам рецептурного типа обучения. Навыки конкретного типа характеризуются узостью целей, ориентацией на готовые образцы, пезначительной интеллектуальной напряженностью. Даже при высокой степени сформированности умения решать конкретные учебные задачи (без должного их обобщения) в памяти студента накапливается большое число не связанных друг с другом частных алгоритмов.

При правильной постановке учебного процесса конкретные алгоритмы задач должны определяться самим студентом исходя из нескольких обобщенных алгоритмов поисковой деятельности. Одни и те же мыслительные процедуры обслуживают большие классы задач. С другой стороны, каждая конкретная задача требует специального информационного

моделирования, ее структурных особенностей и, как следствие этого, привлечение обобщенных мыслительных действий интеллектуального уровня. Дидактическое планирование структуры задания должно учитывать композиционные взаимосвязи этих мыслительных действий, обеспечивая возможность развития студентов до уровня требований профессионально-творческой деятельности.

Формирование специальных умений и навыков в рамках развивающего обучения предусматривает предварительный системный анализ профессионального мышления, из структуры которого выделяются и кладутся в основу планирования организации учебного процесса обобщенные умственные действия.

В центре технического творчества находится вопрос изобретательской деятельности. Специфическое мышление конструктора-изобретателя включает в себя логические процедуры, определяющие структурную увязку элементов технического объекта до момента его создания.

В обширной библиографии, посвященной изобретательскому творчеству [4, 41, 57], определены наиболее важные черты мышления современного изобретателя, которые определяют его творческую инициативу и эффективность поисковой деятельности:

— Мышление изобретателя характеризуется целостностью, позволяющей анализировать любую проблему во всем многообразии и единстве ее противоречий. Благодаря этому качеству мышления конструктор не только легко определяет основные альтернативы проблемы, но и находит пути снятия этих проблем, выходя за рамки системы, в которой эти альтернативы реализуются.

— Познавательное сознание изобретателя прежде всего схватывает структуру объектов, процессов, явлений, с которыми имеет дело. Это качество мышления может быть условно названо как видение структуры окружающих объектов.

— Изобретатель способен видеть новое в повседневной ситуации. В конструктивном объекте он прежде всего замечает новые функции, отличные от традиционных.

— Мышление изобретателя обладает способностью к широкому переносу знаний, умений, навыков, применению их в совершенно новой системной ситуации (внутрисистемный и межсистемный перенос).

— Опытный конструктор-изобретатель легко переключается от первоначально принятой стратегии поиска к новой, способен на любой стадии вхождения в проблему сменить точку зрения на нее, как бы увидеть ее изнутри. Такое мышление иногда называют инверсионным [57].

Для специальной дисциплины вышеперечисленные черты

мышления соответствуют наиболее общему уровню постановки развивающих целей, характеризуют интеллектуальные способности, объединяющие в целое внутренний потенциал личности. Эти компоненты не могут быть сформированы в рамках одного предметного цикла. Ценность их постановки заключается в том, что они ориентируют каждую учебную дисциплину на системообразующие связи, определяющие правильный характер организационных форм построения учебного процесса. Эти связи, синтезирующие новое качество, предполагают наличие ясной целевой установки на выявление в частнодисциплинарном учебном материале общих существенных свойств, на формирование такого способа мышления, который позволяет не только овладеть предметом, но и определить общие черты структуры личности будущего специалиста, характер его поведения в профессиональной среде [30].

Итак, система графической подготовки студентов в вузе должна быть построена таким образом, чтобы за время обучения были сформированы следующие интеллектуальные качества мышления:

- навыки целостного мышления, системного анализа и синтеза технических структур, основанные на широком использовании информационно-графических моделей;

- навыки структурного «видения», т. е. восприятия, представления, переработки технической информации, заданной в форме различных графических моделей;

- навыки комбинаторно-пространственного мышления, умение выполнять задачи пространственно-структурной комбинаторики в воображении или с помощью вспомогательных пространственно-графических моделей;

- навыки поисковой деятельности с использованием различных информационно-графических моделей;

- навыки инверсионного мышления в задачах объемно-пространственного формообразования.

Приведенный перечень объединяет в себе различные качества мышления, которые должны проявляться в процессе решения заданий графического конструирования. В каждой графической задаче используются, как правило, все перечисленные качества, но всегда можно выделить доминирующую линию, которая должна быть положена в основу разработки целей обучения.

Первый из приведенного перечня показатель качества относится к возможностям личности, определяющим успешное решение задач системного анализа и синтеза. Применительно к инженерной графике они концентрируются прежде всего вокруг интеллектуальных проблем деятельности с использованием информационных моделей. Системный характер языка графического моделирования проявляется в специ-

альных вопросах оптимального кодирования технической информации, достижения легкости восприятия, быстроты осмысливания и принятия адекватных оперативных решений.

Второй показатель развития технического мышления является достаточно традиционным, так как определяет структурно-геометрическую основу технического анализа и синтеза. Здесь мы делаем акцент на строгости проведения системного подхода в задачах графического моделирования. Только такой подход позволяет увязать в целое структурную сущность информационного моделирования с конкретным многообразием методов и средств графического отображения информации.

Остальные показатели интеллектуального развития затрагивают более частные стороны способностей студентов, определяющие возможности решения творческих задач и эффективность использования тех или иных приемов графического моделирования.

В учебном процессе, построенном на принципах развивающего обучения, должны быть управляемы не столько внешние стороны графической деятельности, сколько характер активации таких «рабочих» психических состояний, как восприятие, воображение, представление. На конкретных учебных занятиях по пространственно-графическому моделированию графическая деятельность студентов широко включается в более общую — поисковую. Обращается внимание на системное видение проблемной ситуации и умение отобразить ее в целостной графической структуре.

Таким образом, перечисленные развивающие цели реализуются в учебном процессе по инженерной графике не сами собой, а только при условии наличия строго определенных форм его организации. Такие формы должны максимально способствовать выражению отмеченных целей во всей структуре учебной деятельности (содержании, средствах, методах), во всех конкретных действиях студентов. В дальнейшей развивающие цели, представленные в общей формулировке, будут детализированы и доведены до элементарных умственных действий на конкретных примерах, связанных с заданиями по пространственно-графическому моделированию. Только в этом случае система целевого планирования будет завершена и преподаватель будет знать, какой вклад в умственное развитие студента вносит отдельная графическая задача, отработка того или иного графического навыка.

2.2. ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СВЕТЕ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ И ТЕОРИИ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ УМСТВЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ

В современной педагогике имеются два направления, представляющие интерес для целей дидактической разработки процесса графического моделирования. Это психолого-педагогическая разработка проблемного обучения [29, 36] и теория поэтапного формирования умственных действий [12, 53].

Теория проблемного обучения свои основные концепции связывает с развитием творчества и поэтому представляет несомненный интерес. Проблемное обучение позволяет моделировать в учебном процессе элементы поисковой деятельности и способствует лучшему усвоению знаний за счет его самостоятельного открытия в учебном процессе.

Учить творчеству посредством решения творческих задач — самый простой и, несомненно, самый эффективный путь достижения профессиональной активности будущего специалиста. Системное проектирование в условиях все возрастающей автоматизации требует от вуза управляемого наступления на тот уровень творчества, который связан с качественными изменениями в технической сфере.

Достоинство проблемного метода заключается в целостности процесса решения задачи, во включении в нее всех психологических элементов реального технического поиска. В процессе решения проблемных задач вырабатывается положительная установка на поисковую деятельность и формируются необходимые механизмы ее психологической регуляции.

Проблемный метод в вузе важен прежде всего как некоторая теоретическая основа постановки поисковых задач и структуры психической регуляции действий при их решении.

Практика подтверждает эффективность проблемного метода, позволяющего увеличивать глубину усвоения студентами наиболее важных разделов теоретических курсов на лекциях. Прямое же его применение для тренировки творческих способностей имеет некоторые сложности, которые рассматриваются ниже.

В предыдущей главе было отмечено, что современный инженер по характеру решаемых проблем становится макропроектировщиком. Он должен обладать способностями к решению проблем, выходящих за рамки узкотехнических. «Строить процесс творческого поиска на традиционном применении чертежей изделий, рассматриваемых как неизменные элементы, значит полностью заблокировать возможность новаторства на уровне систем» [17, с. 56]. Сложность современ-

ных проектировочных задач заключается в том, что изобретательский аспект в них не является чисто техническим, а включен в более общую (социальную) систему. Кроме этого, в современные поисковые проблемы включается информационный материал, достаточно сложный для усвоения в учебной деятельности. Этот материал является лишь компонентом в масштабе рассматриваемых проблем.

Творческие моменты нового подхода к технической проблеме носят целостный характер, отражение же его в учебном процессе будет фрагментарным. Основное внимание студентов направлено не на саму проблему, а на различные научные исследования, возникающие в результате поиска. Это связано с большим масштабом разрабатываемой системы, ее диффузностью и наличием критериев качественного характера.

Таким образом, чтобы готовить студента к современному проектированию, перед ним надо ставить большое количество целостных проблем, максимально приближенных к системному анализу проектной ситуации и к соответствующим методам технического синтеза; но практика реального проектирования по сложности своих задач все более отдаляется от возможностей учебного проекта, уводит методистов от целостной интерпретации характерных для сегодняшнего дня системных задач технического творчества.

Если строить учебный процесс согласно традиционной концепции, то решение проблемы можно найти в следующем компромиссе: с одной стороны, подбор задач технического творчества можно ограничить достаточно простыми, с другой — требованию целостности можно не придавать такого значения и сгладить его, оставив обсуждению этого вопроса определенное место в одном из имеющихся курсов. В результате такая учебная интерпретация материала, основная дидактическая цель изучения которого должна заключаться в формировании системного поискового мышления, закрепит у студентов поэлементное, механистическое, мышление.

С позиций системного подхода решение проблемы должно осуществляться не с помощью достижения «равновесия» между альтернативными требованиями, а путем снятия противоречия. Конкретные решения данной проблемы в общетехническом плане должны быть разработаны методистами — проектировщиками учебного процесса. Для более узкого класса задач, связанных с подсистемой графических методов отображения поисковой информации в САПР, предлагается один из вариантов такого снятия проблемы,

Учитывая потребности формирования целостного подхода к технической проблеме, предлагается использовать в учебных графических заданиях элементы дизайнерского поискового творчества. В первой главе была подробно про-

анализирована структурная эквивалентность задач системного проектирования и задач, решаемых дизайнером.

Дизайнерские проблемные ситуации отличаются от технических тем, что «системность» присутствует в них на любом уровне сложности и простота задачи не связывается с потерей целостности. Кроме того, для расширения «поля учебных представлений» учащихся задачи дизайна представляют благодатный материал потому, что основной метод разрешения проблем — художественно-конструкторский. Графическое моделирование включается в него на всех этапах поисковой деятельности. В условиях автоматизации проектирования и использования ЭВМ в учебном процессе методы дизайна могут найти широкое применение для расширения «кибернетических» возможностей языка инженерной графики.

В связи с этим интересно проследить процесс развития проблемы в дизайнерском поиске от незнания к знанию. Для мышления дизайнера типична идея о фазах развития проблемы формообразования. Каждая фаза промежуточного преобразования формы по отношению к предыдущим фазам является решением, а по отношению к последующим — проблемой. Метод дизайна, внешне воспринимаемый неспециалистами как чисто интуитивный, построенный на одной фантазии и способности к пространственному воображению, на самом деле основывается на детальном структурно-комбинаторном анализе создаваемой формы. Начальный момент дизайнерского творчества можно представить в виде следующих этапов:

- поверхностный анализ структуры поставленной задачи, выявление причин невозможности решения ее известными способами;

- анализ исходного «материала» проблемной ситуации (целей, средств, условий), выделение сущностей, составление списочных структур компонентов системы, связей между ними;

- построение различных моделей целостной структуры системы путем использования найденных сущностей и связей между ними. Такие структуры продуцируются путем фантазии, анализируются и после критической оценки уступают место другому варианту строения «факт-системы»;

- нахождение окончательного варианта формулировки поисковой задачи, изменение психологической установки на проблемную ситуацию.

Только проведя такой анализ, профессиональный дизайнер выдвигает различные конструктивные идеи.

Таким образом, у дизайнера этап анализа занимает такое же важное место, как и в деятельности изобретателя. Но в отличие от последнего дизайнер имеет возможность при-

менить специальный метод графического моделирования. Использование системных графических моделей (на третьем этапе приведенной схемы) помогает художнику-конструктору осознать все множество исходных данных в единстве целого, увидеть за разрозненными факторами целостную структуру задачи.

В связи с вышесказанным целесообразно рассмотреть теорию поэтапного формирования умственных действий. Сначала она была выдвинута П. Я. Гальпериным применительно к формированию мышления детей в раннем возрасте [12]. Известно, что обучение детей более успешно осуществляется на конкретном материале с помощью так называемых «материальных» опор действий. В процессе обучения благодаря соответствующей форме его организационной структуры с конкретных действий «снимается» их мыслительное абстрактное содержание. В дальнейшем исследования Н. Ф. Талызиной [52, 53] показали, что у взрослых формирование новых мыслительных процедур (действий) протекает значительно более успешно, когда они проходят аналогичный практически-действенный этап, предлагаемый им в виде схем, плакатов, набросков.

Практический метод формирования абстрактных мыслительных действий путем отработки его на более элементарной чувственной основе отличается следующими характеристиками:

- быстротой формирования умственных действий;
- высоким уровнем формирования соответствующих мыслительных процессов, полнотой, мерой освоенности действий;
- высокой степенью внутреннего присвоения процедурной стороны мыслительных действий;
- высокими характеристиками по переносу усвоенной процедурной стороны мыслительных действий [53].

Эффективность теории достаточно полно проверена на практике. Для нашего исследования представляет интерес следующая сторона, определяющая связь ее с идеей графического формообразования.

Прежде всего, эта теория показывает природу абстрактных форм мышления, связывает профессионально-практическую деятельность с интеллектуальной. Согласно основным ее идеям можно, опираясь на практическую деятельность и «снимая» с нее некоторые процедурные или логические формы, построить рабочие модели структуры соответствующего профессионального мышления. Это имеет большое значение для таких практически-действенных дисциплин, как инженерная графика. С одной стороны, мы говорим о деятельности черчения как высокоинтеллектуальной, связанной с техническим творчеством. С другой — когда речь заходит о мыш-

лении, соответствующем этой деятельности, мы можем только определить его расплывчатой формулировкой: «практически-действенное», «образно-действенное». В структуре мыслительного процесса, сопровождающего практическую деятельность, довольно сложно переплетаются абстрактные формы геометрического мышления с конкретно-действенными и образными компонентами «визуального» мышления. Для повышения эффективности обучения необходимо определить элементарные мыслительные процедуры, сопровождающие графическую деятельность в структуре технического творчества. Если эти вопросы будут успешно разрешены, то, используя теорию поэтапного формирования умственных действий, можно наметить конкретную программу развития компонентов мышления, которые определяют творческую деятельность. Поэтому разработка этого метода для конкретной специальности заключается в выявлении творческих аспектов профессиональной деятельности и соответствующих психологических механизмов мышления.

Наконец, данная теория позволяет нам объяснить характерные особенности дизайнерского поиска в процессе решения проблемной задачи. На первом этапе предварительного знакомства с исходной проектной ситуацией дизайнер убеждается в невозможности использовать имеющиеся в запасе готовые мыслительные приемы. Следующий этап его поиска означает переключение мышления на режим самообучения, «вживания» в исходную проектную ситуацию. Построение графических моделей исходной системы, их структурный анализ не несет сначала никакой самостоятельной «конструктивной» цели, кроме как «материализацию» проблемной ситуации, ее представление в наиболее приемлемом для сознания виде. Каждой проблемной ситуации соответствует свой метод графической разработки. Перебирая целостные образы-модели, художник-конструктор все время меняет установку на проблему, ищет метод мышления, адекватный реальной проблемной ситуации. В работе [17, с. 179] данный метод описывается как метод мышления «образами»: «По-видимому, он заключается в том, чтобы мысленно представить себе или вычертить геометрические схемы, позволяющие проектировщику сопоставить контрольные методы проектирования с формами его собственного опыта и мышления. Рисунки, с помощью которых Метчетт (автор метода) и его ученики иллюстрируют этот режим мышления, напоминают карты астрологов и магические слова и образы таких художников, как Марсель Дюшан... Основное назначение «мышления образами», видимо, заключается в том, чтобы дать проектировщику запоминающийся образ взаимосвязей между задачами проектирования, процессом проектирования и решением».

Важной задачей графического моделирования на данном

этапе поиска является экономная организация процесса запоминания множества фактов, относящихся к проблеме. В работе В. Ф. Шаталова [55] читателю предлагается запомнить какое-то множество разнородных объектов в виде материала только что изложенной главы, в котором выделено 45 компонентов. Механически запомнить их довольно трудно, характеристики такого «знания» будут низкими. Когда же читатели (вслед за учениками В. Ф. Шаталова) обращаются к методу структурирования и объединения материала в единую графическую систему, тогда визуальная обозримость системы-модели позволяет легко запомнить все 45 компонентов в связанном виде. У учеников В. Ф. Шаталова запоминание осуществляется непреднамеренно, в самом процессе создания модели, оно характеризуется высокой степенью внутреннего присваивания. Этот пример наглядно показывает результативность такого «структурного» графического моделирования. По сути дела, В. Ф. Шаталов здесь использует материализованный этап формирования сложной интеллектуальной деятельности, которую можно сформулировать как «организацию внутренней системы новых знаний» [35].

Предварительные информационно-графические модели имеют своей целью не само запоминание, а «вхождение» в образ проблемной ситуации, понимание ее структуры не с одной, а со всех точек зрения. Художник в отличие от ученого должен не «рассчитать» конечный результат, а «увидеть» его. Но видение возможно только при глубоком внутреннем осознании единства проблемы во всем ее многообразии. Если рассмотреть психологическую схему взаимодействия информации, располагаемой в кратковременном и долговременном хранилище человеческой памяти (КВХ и ДВХ), то открывается еще одна сторона роли графической модели в развитии мышления. Согласно [6] большинство характеристик мышления определяется возможностью обработки внешнего материала (кодирования) и эффективностью процессов взаимодействия каналов связи между этими двумя хранилищами информации в памяти.

Мышление человека представляет собой реализацию навыков целесообразной обработки информации, размещенной в кратковременной и долговременной памяти. Сюда обычно относят операции поиска и принятия решения, устойчивые алгоритмические процедуры, контролируемые сознанием, операции управления информационными потоками. Большая часть перечисленных операций предполагает разнообразные преобразования информации, постоянный перенос ее из одного хранилища в другое. В конечном счете новая информация должна приобрести форму, соответствующую образной структуре памяти индивидуума, а также интегрированную с ее основными структурными компонентами [6, 35, 48].

Эффективность и непосредственность запоминания материала при объединении его компонентов в единую графическую структуру объясняется несколькими причинами: временем удержания информации в КВХ, высокой степенью структурной переработки информации в целостные «информационные коды», включением в них индивидуально-образных и ассоциативных компонентов. Многие черты в учебном методе графического моделирования В. Ф. Шаталова совпадают с дизайнерскими схемами. Это прежде всего индивидуальной образный характер организации внешней структуры материала, соответствующий внутренней структуре кодов памяти. Графическо-информационные модели предназначены для «внутреннего» использования (опора сознания), а не для коммуникации между людьми (иллюстративная схема). Ядром отдельных смысловых блоков для графических схем, по терминологии В. Ф. Шаталова, служат опорные сигналы — условные знаки, символы, значимые только для субъекта. Эту же цель преследует отказ от навязывания каких-либо стандартов в создании таких моделей. У каждого ученика они должны быть по-своему разнообразны.

Особенность дизайнерского метода графического моделирования («мышление образами») заключается также в необходимости использовать хорошо развитое пространственное представление и умение отобразить его элементарные акты в простых графических образах. По свидетельству исследователей современного системного проектирования [17], проектировочные задачи имеют многомерный характер. Задачи, информационное «поле данных» которых укладывается в одномерные и двумерные структуры, обычно не требуют для своего решения сложных графических моделей и могут быть представлены в воображении сразу. В таких задачах необходимо только строго проанализировать цепочку логических суждений или структурных преобразований. Сложность многомерных задач заключается в создании целостного информационного образа, в котором многочисленные компоненты будут объединены в общую структуру. Если учащемуся удастся справиться с такой задачей, то выявление ограничений и противоречий задачи не представит трудностей. Двумерная логическая задача решается сравнительно просто, но при ее анализе уже возникает потребность в использовании графической модели. Переход к трехмерным задачам требует от учащегося значительного напряжения внимания и, по-видимому, большинство из них невозможно решить без построения соответствующих трехмерных графических моделей. Интересная книга венгерских авторов Д. Бибама и Я. Герцега [9] является популярным введением в трехмерные логические задачи. Решение некоторых из них связано с глубоким математическим искусством. Книга ил-

люстрирована многочисленными графическими моделями, позволяющими рационально выполнить логический поиск.

В современном системном проектировании разработано много методов получения алгоритма решения многомерных задач, в которых используются графические модели. Их содержание представляет информацию об определенных функциях компонентов, об их совместимости (метод морфологических карт, матриц, сетей взаимодействия). Благодаря анализу различных запретов и ограничений, графические модели позволяют сузить поле поиска решения задачи до обозримого предела.

В процессе построения концептуальной графической модели проектной проблемы осуществляются циклически два типа операций и соответствующих мыслительных процедур: конвергенции и дивергенции. В результате дивергенции поисковая задача как бы раздвигается в своих границах, при таком режиме поиска привлекается информация со стороны, подробно анализируются внешние связи, отыскиваются системы со сколько-нибудь полезными характеристиками. Как правило, дивергенция — это основной процесс, связанный с анализом исходной проектной ситуации. Конвергенция (объединение информации в целостные структуры) предупреждает проектировщика от «увлечения» детализацией, не позволяет уйти от намеченной цели исследования. Главную роль для дизайнера в этом процессе играет метод графического моделирования. Модель в процессе поиска влияет и на дивергенцию, так как последняя осуществляется не простым изменением списка данных задачи, а трансформацией концептуальной модели, добавлением или изъятием определенных целостных блоков информации.

В процессах конвергенции — дивергенции можно выделить критические узлы поиска, соответствующие моменту смены точки зрения на задачу, перехода к новой концептуальной модели исходного противоречия. Это наиболее важные этапы поиска, так как именно изменение точки зрения перемещает трудности ее решения в другой план. Одно из таких критических состояний дает возможность проектировщику «увидеть» решение. Количество спонтанных идей, идущих вразрез с принятой концепцией, уменьшается от начала поиска к концу, ценность их возрастает в обратной зависимости.

Конвергенция дает возможность проектировщику держать основной стратегический план решения. Дивергенция и импульсивные идеи противоречат упорядоченному поиску и в какие-то моменты времени приводят к необходимости перестройки исходной концепции проблемной ситуации. Это происходит тогда, когда факты и спонтанные идеи складываются в новую устойчивую целостную модель, которая начинает конкурировать с первой.

Итак, роль дизайнерских графических схем, своеобразных «опорных конспектов» поискового мышления дизайнера, заключается в фиксации и закреплении определенных устойчивых этапов хода решения проблемы.

Теория поэтапного формирования умственных действий при решении поисковых задач методом пространственно-графического моделирования является для нас прежде всего концептуальной основой, позволяющей выявить гносеологическую роль этапа графического моделирования. Для организации учебного процесса по графическим дисциплинам эта теория позволяет наметить план формирующего обучения, основанного на укрупненных дидактических единицах знания. С помощью графической материализации процесса формирования (в различных его структурных аспектах) предполагается возможным найти конкретные пути реализации принципов развивающего обучения.

Согласно теории поэтапного формирования умственных действий, графическая деятельность должна быть включена в структуру более общей поисковой деятельности. Только в этом случае процесс формирования профессиональных навыков приобретает целесообразный характер, а графические работы студентов выступают не как простые копии реальных технических объектов (прототипов), а как информационно-графические модели, являющиеся необходимым условием развития у них интеллектуальных качеств системного мышления.

2.3. РОЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ДИДАКТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

Концепция пространственно-графического моделирования позволяет не только осуществить обучение необходимым графическим приемам эскизирования, но и достичь высокого уровня сформированности некоторых характеристик профессионального творческого мышления.

В связи с этим обсудим более детально роль пространственно-графического моделирования в реализации некоторых перечисленных выше дидактических целей развития мышления.

В данном разделе рассмотрим возможности учебных графических заданий по первым трем компонентам мышления, положенным в основу дидактического планирования учебного процесса. Формирование навыков поискового и инверсионного мышления будет рассмотрено несколько позже в связи с обсуждением вопросов развития творческих способностей студентов.

Такое разбиение объясняется тем, что первые три из перечисленных компонентов отражают основные характеристики системного мышления в технике, они активно реализуются в процессе информационно-графического моделирования любого типа. Данные компоненты определяют связь между содержанием усваиваемого в процессе обучения материала и формируемыми интеллектуальными возможностями учащихся. Согласно [12] содержание обучения может основываться на разных типах ориентировочной деятельности, в соответствии с которыми устанавливается различное отношение к интеллектуальному развитию.

Развитие мышления осуществляется только при единственном типе ориентировки (третьем типе [12]), характеризуемом тем, что ориентировочная основа деятельности формируется не стихийно, а под влиянием некоторой системы ориентиров. Кроме этого, данная система определяет не узкую область знания, а охватывает предельно широкий класс задач.

2.3.1. Структура объемно-пространственного мышления в задачах графического формообразования

Важный компонент профессионального развития будущего инженера — комбинаторно-пространственное мышление. Теоретическое и практическое пространство органически включается в объект деятельности конструктора. Структура пространства является предметом учебной деятельности студентов в вузе. Требование свободной ориентации в теоретическом пространстве графического изображения является обязательным для будущего инженера.

Исследованию процесса создания пространственного образа и оперирования им посвящено большое число работ советских ученых. Особый интерес в связи с данной проблематикой представляют те работы, в которых пространственное мышление рассматривается в контексте конструктивно-технической деятельности. Среди таких работ можно выделить исследования Т. В. Кудрявцева [20], В. А. Моляко [37], П. М. Якобсона [58], Б. Ф. Ломова [32] и др. Работы Н. Ф. Четверухина [55] и А. Д. Ботвинникова [8] посвящены учебной деятельности черчения и развитию пространственного воображения студентов и учащихся средних школ.

Несмотря на обилие литературы, так или иначе касающейся вопросов формирования пространственного мышления, вопросам анализа его структуры в графическом аспекте технического творчества посвящено очень малое число работ. Наиболее близко к тематике исследования стоит работа И. С. Якиманской [58], в которой дается описание структуры пространственного мышления школьника с позиции системного

анализа учебной деятельности. В названной работе И. С. Якиманская вскрывает некоторые базовые механизмы пространственного мышления школьника, которые являются основой развития различных специальных видов структурного мышления, формируемых на уроках географии, геометрии, черчения и т. д. Пространственное мышление рассматривается как специфический вид деятельности, который обеспечивается различными психическими процессами (восприятием, памятью, воображением). Активную роль в нем играет речь. Основу пространственного мышления составляет деятельность представления [58], протекающая в разнообразных формах и на разном уровне. Эта деятельность складывается из отдельных составных действий, характеризующихся специфическим типом оперирования пространственным образом. Таких действий вскрыто, по сути дела, два: пространственное изменение объекта как целого (без изменения его структуры) и преобразование структуры объекта в соответствии с заданными условиями. Отмечается третий тип оперирования пространственным образом, который сводится к суммированию предыдущих. В связи с выделением элементарных действий, определяющих развитость, полноту, прочность пространственного мышления, разрабатывается система упражнений, направленных на отработку указанных действий и на формирование пространственного мышления.

Определенный интерес с позиции поставленной проблемы представляет работа Г. И. Лернер [31], основанная на теории поэтапного формирования умственных действий. Эта работа, хотя и затрагивает только часть проблемы, а именно восприятие модели и ее графического эквивалента, является, по нашему мнению, интересной в методологическом аспекте. В основе исследования положена теория создания образа восприятия как некоторого свернутого практического действия, совершенного субъектом ранее. Исходя из такой постановки вопроса, Г. И. Лернер рассматривает восприятие объемных форм как целенаправленную перцептивную деятельность, по своему содержанию представляющую идеальное восстановление фигуры в его исходной материальной форме. Новое видение изображения есть результат переноса действия в план восприятия.

Пространственное мышление в отличие от вербального является в первую очередь мышлением перцептивным. Оно основано на работе сенсорного аппарата личности. Человеческая деятельность определяет развитие значимой для данной профессии вида чувствительности [31]. Чувство пространства, трехмерности объектов, с которыми приходится иметь дело инженеру, развивается в процессе сначала игровой, затем целенаправленной учебной и трудовой деятельности с объемными телами. Это чувство закрепляется в сознании как

внутреннее ощущение пространственной протяженности в глубину, высоту и ширину. Это ощущение не только зрительное, оно более глубокое, связанное с вестибулярным аппаратом и другими внутренними механизмами ориентации организма в пространстве. В работе [17] отмечается, что у опытных изобретателей способность конструктивно-пространственного воображения определяется в значительной мере сформированными ранее физическими навыками выполнения всевозможных быстрых и точных движений сложной пространственной структуры (в акробатике, прыжках в воду, горнолыжном спорте и т. д.). На основе подобных двигательных стереотипов формируется специальная система пространственных образов, являющихся стержнем структурного языка технического творчества.

Однако наибольшее значение в развитии у человека пространственных представлений имеет зрительный аппарат и система целостных картин-образов, получаемых на основе его функционирования. Внутренние механизмы зрительного восприятия составляют главный компонент понятия перцептивного мышления. Восприятие — это не пассивный процесс, в него включаются такие составляющие компоненты, как анализ, синтез, сравнение, обобщение, классификация. Сложность изучения этих механизмов сознания заключается в том, что они работают непроизвольно. По мнению многих исследователей [31], специфика восприятия как сложного интеллектуального процесса состоит в его неполной детерминированности стимулом, т. е. объектом восприятия. Восприятие «трехмерных» изображений имеет основной механизм, включающий два различных процесса: 1) получение информации после беглого взгляда на объект; 2) структурирование, организация первичных данных, осуществляемая в результате действий перцептивной интеграции.

Сложность процесса восприятия предмета подчеркивал Н. Ф. Четверухин [55]. Он считал, что чтение изображений есть процесс реконструкции геометрического образа оригинала по его проекциям. В работах, посвященных роли восприятия в процессе формирования пространственного образа [34, 44, 46], отмечается, что подобные задачи вызывают у учащихся затруднения в силу отсутствия целостности пространственного восприятия. Подчеркивается «планиметрический» способ восприятия проекций школьниками [28].

Н. Ф. Четверухин отмечает, что видение фигуры на изображении возникает в результате обучения, когда действие переходит в «мысленную сферу», в план «воссоздающего воображения» [54, 55].

Процессам восприятия, представления, воображения в исследованиях, посвященных особенностям мышления учащихся при овладении графическими и перцептивными дей-

ствиями, отведено достаточно много места. Гораздо меньше внимания уделено внутренним механизмам памяти. Считается, что в графических дисциплинах отсутствует проблема механического заучивания и значение памяти в организации процесса обучения сводится к минимуму. На практике мы сталкиваемся с проблемой запоминания как алгоритмической структуры, так и ориентировочной основы деятельности. Особенно это проявляется в неумении самостоятельно выделить ориентировочную основу действий в конкретных графических операциях. При незначительном изменении формы задания условия, требующем изменения графических операций, студенты сталкиваются с серьезными трудностями.

Таким образом, изучение механизмов памяти, рациональная организация процессов запоминания графической информации является важнейшей составной частью управления учебным процессом.

Основные положения о формировании в сознании структурных (временных и пространственных) образов, о характере запоминаемой информации и взаимодействии уровней КВХ и ДВХ-памяти излагаются нами по работе [6]. Экспериментальный анализ характера связей в запоминаемом студентами материале, специфики организации этого материала, особенностей произвольной памяти представляет большой практический интерес для выяснения внутренних механизмов формирования основных графических действий.

Фазе реактивации и актуализации усвоенного материала соответствует изучение таких важных компонентов образного мышления, как представление и воображение. Эти психические процессы органически включаются в то содержание, которое мы вкладываем в понятие «пространственное мышление», и составляют его наиболее характерную черту. Отделить представление и воображение в графическом мышлении трудно, так как каждый элементарный акт реактивации ранее воздействовавшего или сконструированного в воображении пространственного образа происходит в контексте конкретной практической деятельности и поэтому обязательно включает в себя компоненты мысленной трансформации объекта и произвольного комбинирования его структурных составляющих.

На основании приведенного обзора работ, а также специального эксперимента построена структурная модель пространственного мышления студентов в процессе решения графических задач. Намечены пути количественного измерения уровня сформированности отдельных компонентов, частично реализованные в применяемой на кафедре тестовой проверке подготовленности студентов к обучению по графическим дисциплинам. В дальнейшем при рассмотрении конкретной методики пространственного эскизирования предлагаются спо-

собы оптимальной организации учебной деятельности, приводящие к развитию тех или иных компонентов пространственного мышления.

Пространственное мышление — вид умственной деятельности, обеспечивающий создание пространственного образа и оперирование им в процессе решения различных конструкторских, практических и теоретических задач [58]. Оно является частным случаем визуального мышления, т. е. мышления посредством визуальных операций [2].

Особенности пространственного мышления ярко выступают в процессе решения графических задач, где выявление пространственных соотношений, структурное преобразование целого или отдельных компонентов осуществляется на основе условных изображений — чертежей и рисунков. Поэтому в данном разделе анализ мышления ограничивается рамками конкретной учебной постановки задач графического конструирования.

Если обратиться к уточнению термина «пространство», употребляемого в графической деятельности, то мы сразу переместимся из чувственного мира в мир строгих геометрических понятий. Если реальное трехмерное пространство является конкретно-чувственным, то его графические модели, используемые в строго формализованном языке инженерной графики, обладают гораздо большей степенью обобщения. Промежуточное положение между этими крайними формами представления пространства занимают информационно-графические модели, используемые в различных наглядных изображениях.

В конкретных условиях процесса обучения инженерной графике полнота и динамичность пространственного образа будут определяться как характером наглядной основы, так и особенностью задачи, в которой требуется использование этого образа. В процессе решения графических задач формирование образа возникает не на одной наглядной основе, а в результате анализа нескольких изображений, использующих различные уровни обобщения и абстракции. В отдельных случаях могут применяться наглядные изображения внешнего вида, объемно-пространственной структуры, принципиальные схемы функционирования различных элементов, кинематические схемы и т. д.

Основу рабочей модели пространственного мышления составляют три самостоятельные системы действий. Первая группа включает систему действий анализа (рис. 2.3.1). В нее входят действия геометрического и пространственного анализа тех объектов, которые включены в условие, а также сопровождают все этапы поиска, особенно явно выступая при различных переформулировках исходной задачи. Результатом правильного выполнения графической модели техниче-



Рис. 2.3.1. Рабочая модель пространственного мышления: блок действия анализа

кого объекта является пространственный образ, включающий следующие составляющие: а) пространственный геометрический образ конечного состояния объекта; б) пространственный образ исходного состояния объекта; в) пространственный образ возможных путей преобразования заданных объектов.

Основными показателями пространственного мышления в данной системе действий являются характеристики пространственного образа, сформированного в результате анализа задачи. К таким характеристикам можно отнести полноту, связанность, уровень абстрактности пространственного образа.

Вторая группа действий, определяющих пространственное мышление, обобщена в систему действий синтеза

(рис. 2.3.2). Эта группа действий направлена на выявление характеристик преобразования пространственных образов.

Качество развитости мышления в этой системе действий измеряется главным образом динамичностью созданного в результате анализа пространственного образа. Этот показа-

2.3.2

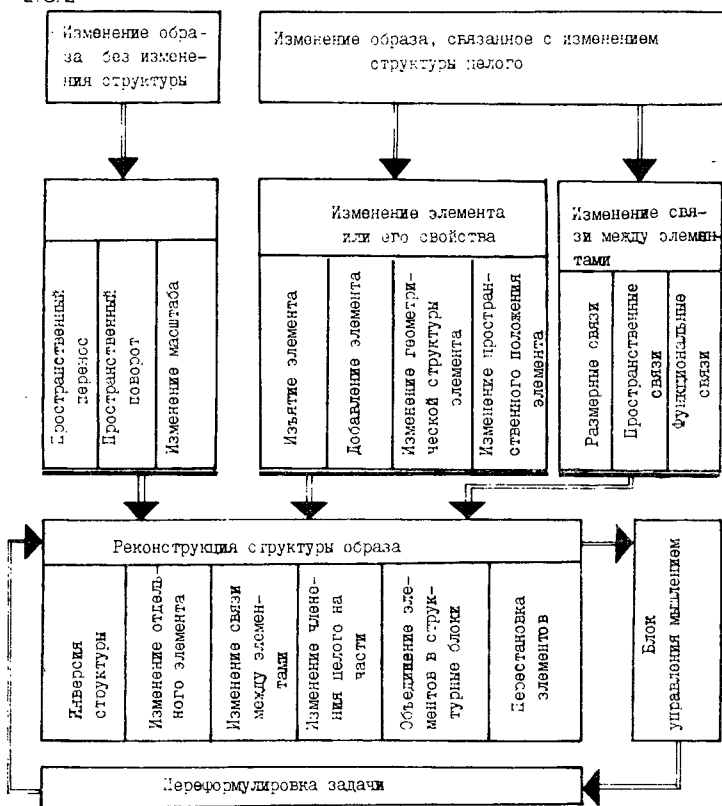


Рис. 2.3.2. Рабочая модель пространственного мышления: блок действия синтеза

тель характеризует мыслительную способность деформировать однажды созданный образ, приспособлять его к нуждам конкретной деятельности [58].

В третью группу действий, характеризующих пространственное мышление, входят действия по его управлению в процессе поиска. Эти действия органически включаются в решение задач и связаны с рассматриваемыми ниже навыками поисковой деятельности графического формообразования.

2.3.2. Развитие структурного и целостного характера мышления в курсе «Пространственное эскизирование»

Вопросы структурного восприятия технических объектов и их графических изображений, а также структурный характер запоминания и реактивации хранимой в памяти конструктивно-пространственной информации входят в число важнейших показателей профессионального мышления инженера.

Все объекты технической деятельности представляют собой реальные трехмерные фигуры. Они отражаются в сознании во всей полноте чувственно-воспринимаемых свойств. Предмет графической деятельности предполагает абстрагирование от этих свойств, анализ только структурных характеристик объектов, связанных с функциональными и технологическими вопросами формообразования.

В пространственно-графическом моделировании предметом изучения являются структура плоской конфигурации, структура объемной формы и структура пространства. Все эти понятия чисто геометрические, они не присутствуют сами по себе в акте чувственного восприятия реального объекта. Поэтому с позиции формирования конструктивного мышления мы должны научить студента видению реальных предметов во всей полноте их геометрической и пространственной структуры. Культура восприятия технических объектов предусматривает наличие в этом психологическом акте сложных умственных действий по классификации объекта, выделению характерных признаков, определяющих конструктивные особенности формы и положение ее в пространстве.

Наиболее простой путь формирования данных умственных действий — это специально организованный учебный процесс по курсу «Пространственное эскизирование». Дизайнерский рисунок, выполняемый «от руки», объединяет структурную строгость подхода, характерного для технической деятельности, со свободой выражения, присущей изобразительному творчеству. Пространственный эскиз — это структурный эквивалент определенного трехмерного объекта. Процесс рисования начинается и кончается последовательным структурным анализом создаваемой формы. Художники-конструкторы обычно говорят, что иметь глаза еще не значит уметь видеть. Правильная постановка «зрения», настройка глаза на структурное видение объектов — важная задача, реализация которой начинается с первых дней обучения конструктивному рисунку.

Конечно, у опытных рисовальщиков анализ структурной формы осуществляется автоматически в свернутом виде, он естественно входит в структуру непосредственного чувствен-

ного восприятия. У студентов, начинающих обучение пространственному эскизированию, требование структурности подхода вступает в противоречие с неразвитостью конструктивного восприятия формы. Им бывает трудно связать видимую форму с абстрактными понятиями геометрии, такими как пространство, структура. Это хорошо видно по характеру изображений, которые выполняют студенты-первокурсники на первом занятии без предварительного инструктажа и формирующего обучения. На рис. 2.3.3,а показан пример такого эскиза, в котором старательно зафиксированы внешние очертания формы и ее основных частей. На эскизе отсутствуют признаки, свидетельствующие о понимании характера пространственного строения формы, структурных особенностей связи ее частей.

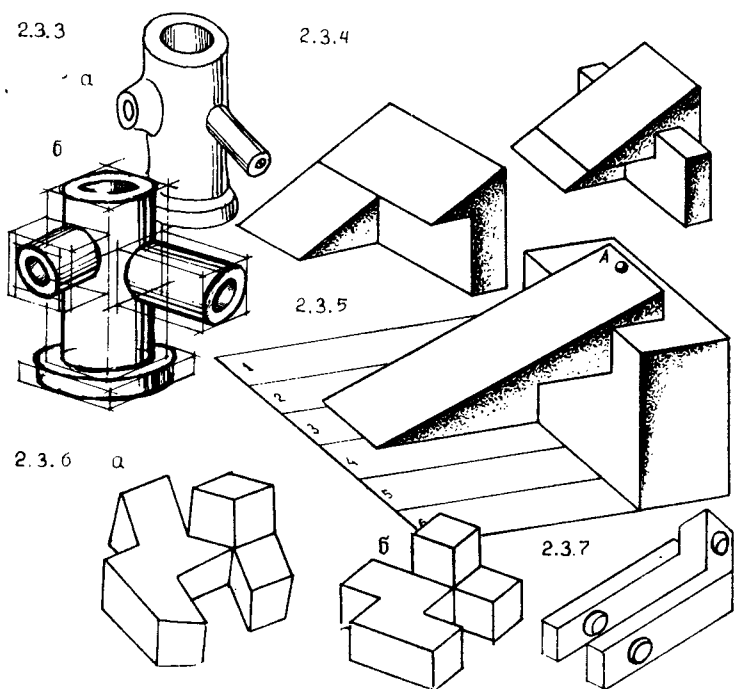


Рис. 2.3.3. Стихийно-эмоциональный (а) и структурно-геометрический (б) подходы в изображении технических объектов

Рис. 2.3.4. Неадекватное восприятие пространственных соотношений элементов композиций

Рис. 2.3.5. Пример практически действенной задачи с неадекватно воспринимаемой графической моделью: шарик А скатывается по наклонной плоскости. Определить, в какой зоне основания он окажется

Рис. 2.3.6. Отсутствие целостности изображения формы: построение, начинающееся от элемента (а), правильное построение (б)

Рис. 2.3.7. Геометрическая абсурдность структуры изображения в работе студента первого курса

Большое значение для начального обучения структурному анализу внешней формы технических объектов имеет знакомство с практикой машинного моделирования графической деятельности. Машинные алгоритмы геометрических и графических задач исходят из структурной тождественности математического описания детали и ее графической модели. Центральными понятиями графического моделирования на ЭВМ являются параметрический и структурный базисы формы, полнота задания структурных элементов графического изображения. Эти понятия широко используются как в теоретических курсах начертательной геометрии и машинной графики, так и на практических занятиях по пространственному эскизированию (см. гл. 3).

Для суждения об уровне сформированности структурного характера видения технических объектов целесообразно использовать следующие показатели, удобные для непосредственного наблюдения и контроля:

- умение на каждом этапе построения формы выделить на эскизе главные структурные элементы, определяющие ее пространственное строение;
- умение указать количество геометрических параметров, необходимых для однозначного описания элемента формы в математической модели ЭВМ;
- умение использовать графические приемы выявления пространственных соотношений между элементами формы;
- умение определять на основе общих структурных соотношений конструктивные линии сопряжения различных элементов формы;
- умение дать словесный анализ структуры формы и характеристику графических методов формообразования;
- умение пользоваться стандартной системой классификации деталей машиностроения для целей технологической подготовки производства.

Геометрическая культура восприятия графической информации формируется в процессе учебной деятельности с чертежами и рисунками прежде всего при самостоятельном воссоздании их на листе бумаги. На первый взгляд, восприятие рисунка не является сложной проблемой по сравнению с восприятием чертежа, предусматривающем более активную мыслительную деятельность по реконструкции в сознании целостного пространственного образа на основе двух или трех частных видов. Но, с другой стороны, машиностроительный чертеж представляет собой строго формализованное изображение, в котором все элементы выступают в ясно воспринимаемом структурно-геометрическом виде.

В пространственном эскизе плоские конфигурации имеют искаженный вид. Кроме этого, они часто находятся в сложном сочетании различных уровней глубины проективного про-

странства. Если у автора рисунка нет соответствующего опыта (особенно, если он предпочитает использовать простую изометрическую проекцию), то возникают ложные пространственные представления. Неумелое использование изобразительных средств с целью повышения наглядности не только не ликвидирует неадекватность восприятия графического листа, но еще сильнее подчеркивает структурное противоречие формы. Появление графических «абсурдов» имеет глубокую структурную природу и связано с особенностями построения пространственной формы на плоском листе бумаги. Проективные противоречия изображения возникают в работах студентов довольно часто, их анализ постоянно должен быть включен в практику учебных занятий для полноты закрепления навыков графического анализа изображения.

Часто наглядность рисунка выступает как основной фактор, скрывающий за собой заведомо ложную информацию. В этих случаях принципиальная сторона ошибок в восприятии пространственного эскиза заключается в переоценке достоверности чувственной информации. Ошибки подобного рода имеют композиционно-эстетическую природу и возникают из-за определенных особенностей зрительного восприятия реального пространства (рис. 2.3.4).

Например, на рис. 2.3.5 студенты должны определить траекторию движения шарика на наклонной плоскости. Неверное восприятие ее возникает из-за композиционного согласования элементов формы. Чем больше факторов будет подчеркивать визуальное сходство элементов, тем вероятнее возникновение неадекватного пространственного образа. Формальная светотеневая разработка изображения по методике технического рисования увеличивает это противоречие. Воспринимаемое целое входит в конфликт с реальной структурно-геометрической основой, которая в рассматриваемой задаче осознается довольно просто. Для этого достаточно предложить студентам построить ортогональные проекции графической модели. При сложной структуре изображения заметить сразу визуальные несоответствия графической модели нелегко. Проблемная ситуация в восприятии сама собой не возникает, неразвитый глаз студента просто не замечает в изображении никаких структурных противоречий. Но при специальной постановке проблемной ситуации, акцентировании внимания на основном пространственном несоответствии студенты с воодушевлением и большим интересом начинают искать сущность абсурдного характера восприятия формы.

Большое значение в правильной постановке «глаза» будущего конструктора имеет деятельность графического формообразования, эскизного построения «от руки» пространственных моделей формы. В акте восприятия реализуется в свернутом виде целая программа знаний о воспринимае-

мой форме, о возможных действиях с ней, об алгоритме ее создания. Таким образом, характеристики восприятия дают наиболее полное представление о глубине формирования геометрических навыков анализа формы, основы которых закладываются в курсах начертательной геометрии и машинной графики. Деятельность с графическими объектами — чертежами, рисунками — это последний этап освоения геометрических действий. Процесс «чтения» графической информации, правильного восприятия смысла каждого элемента изображения в контексте целого должен быть управляем в процессе обучения. Восприятие графической информации имеет особое значение в аспекте возрастающей роли интерактивной машинной графики. Изображение в вычислительных системах становится все более важным средством связи между человеком и ЭВМ, средством контроля за различными внутренними процессами. Умение быстро и правильно воспринимать графическое изображение любого типа является обязательным требованием успешности профессиональной деятельности. Навыки геометрического анализа, закладываемые в курсе начертательной геометрии, только в том случае могут считаться достаточно сформированными, если они будут автоматически включаться в процесс восприятия изображения на всех этапах его создания на листе бумаги или экране дисплея. В противном случае теоретические знания, не доведенные в своем формировании до уровня возможности их реализации в практической деятельности, не будут обладать достаточной прочностью и быстро исчезнут из памяти студента.

Дидактическая цель развития структурного характера восприятия изображения (пространственно-графической модели) реализуется в задачах обучения студентов некоторым конкретным умениям и навыкам, при этом основное внимание обращается на правильную постановку следующих вопросов:

- требуемую последовательность изображения объемной формы на листе бумаги, определяющую верность ее структуры;
- структурно-геометрический анализ формы, сопровождающий все последовательные этапы изображения;
- умение на любом этапе изображения установить пространственные и метрические соотношения между отдельными элементами формы;
- умение пользоваться для изображения пространственной модели необходимым количеством структурообразующих параметров.

Для разработки формирующего обучения по пространственно-графическому моделированию большой интерес представляет детальное изучение психологических механизмов пре-

образования чувственно-воспринимаемой зрительной информации в визуальный образ и обратный процесс развертывания образа в представлении и воображении.

На основании общих исследований памяти [48] можно выделить некоторые важные для практического использования результаты. Визуальная информация хранится в памяти в образном виде. Визуальный образ — это целостное образование структурного типа, которое не имеет ничего общего с внешним видом объекта, но в свернутом виде хранит основную (субъективно необходимую) информацию о нем.

Неразвитое в конструктивном отношении сознание продуцирует образы диффузно-эмоционального типа. Образ памяти соответствует структуре психического состояния (эмоционального переживания этого состояния), возникающего в связи с рассматриваемым предметом. В процессе реактивации образа в сознании прежде всего генерируется первичное эмоциональное переживание и только затем собственно зрительный образ. Последний характеризуется структурной произвольностью, расплывчатостью, аморфностью. Запоминаются главным образом те объекты, которые доставляют психически яркие переживания, преимущественно связанные с получением положительных эмоций. Структурная информация, имеющая ценность для формообразования, зачастую полностью игнорируется сознанием. В связи с этим возникает задача дидактической адаптации учебного материала, которая успешно осуществляется, как было показано выше, с помощью графических моделей [36]. Необходимо, чтобы в процессе обучения студент не только получал определенную сумму знаний, но и осознавал особенности своего мышления, умел бы контролировать процессы, происходящие в памяти.

Реактивация зрительного образа в акте представления — это не механическое повторение первоначально воспринятого образа, а как бы новое его создание в сознании. Возникающий зрительный образ отвечает по своим конкретным визуальным характеристикам той практической (проблемной) ситуации, которая стимулировала его появление [6, 35].

При оценке как геометрических, так и конструктивных способностей мы сталкиваемся с наличием двух тесно связанных компонентов памяти: визуального и моторного. Умозрительные методы передачи учебной информации могут иметь успех только в том случае, если они опираются на отработанный ранее этап материально действенного освоения всех необходимых компонентов, входящих в эту информацию. Поэтому попытки полной автоматизации отдельных графических действий предварительно должны тщательно анализироваться, чтобы не привести к обратному результату. Для формирования развитого конструктивного мышления

«разумная» рука имеет такое же значение, что и «разумный» глаз.

Пространственное эскизирование предназначено заполнить этот серьезный пробел в развитии, возникающий при одностороннем кибернетическом подходе к обучению. Решение графических задач на ЭВМ должно сопровождаться предварительным структурным эскизированием. Развитие структурного характера зрительной памяти может быть реализовано практически на всех занятиях графического цикла, но наибольшее значение имеет пространственно-графическое моделирование, так как оно реализует поэтапную отработку процесса образования умственного образа. Особенно полезны графические задачи, в которых задаются словесно условия и отсутствуют какие-либо наглядные опоры, кроме создаваемых самим студентом. В процессе работы осуществляется постепенное вхождение студента в образ, активное присвоение его сознанием.

Понятие целостности — центральное понятие современного системного анализа. Формирование целостного подхода к анализу объектов, процессов, явлений — необходимое условие развития творческой личности инженера. Целостность видения, наряду со структурным подходом, определяет как композиционный характер мышления дизайнера, так и специфику системного метода разрешения проблемных ситуаций в технике.

Умение держать в своем сознании объемную форму в целом, а не отдельную деталь, разрабатываемую в данный момент времени, составляет важное свойство профессионально поставленного восприятия как реальных объектов, так и их графических эквивалентов. Особенно большое значение имеет сказанное при эскизировании технической детали или конструкции по реальному образцу (рис. 2.3.6, а, б). Если у студента к этому времени не сформированы прочные навыки целостного подхода к изображению, то процесс эскизирования сводится к «механическому срисовыванию» деталей, внешних очерковых контуров, соответствующих отдельным частям формы (см. рис. 2.3.6, а). Так как при этом в построении отсутствует какая-либо геометрическая основа, то такой подход должен пресекаться преподавателем в самом начале его возникновения.

При эскизировании по воображению также могут возникнуть нежелательные тенденции, связанные с отсутствием целостности видения. Например, многие студенты в первых работах пытаются начинать изображение какого-то одного пространственного элемента, а затем к нему последовательно пристраивать все остальные. Такой подход правомочен при условии высокого уровня сформированности целостного и структурного видения. Он реализуется в программах гра-

фического конструирования изображения на дисплее ЭВМ. Но, как будет показано в следующей главе, он требует высшей геометрической культуры. Начинаящие не обладают соответствующей прочностью структурных навыков и при переходе от одного элемента к другому теряют чувство единого проективного пространства изображения. Каждый элемент формы в рисунке оказывается в своей совершенно самостоятельной системе проецирования.

Встречается небольшое количество студентов с очень слабо развитым целостным видением формы. Такие студенты могут держать в поле своего внимания только часть изображаемой формы, переходя же к другой, они полностью отключаются от того, что выполненной работы. Поэтому в рисунках не только нарушается пространственно-ориентационная структура, но и появляется принципиальная геометрическая абсурдность изображения (рис. 2.3.7).

Анализ подобных примеров привел нас к выводу о необходимости особого контроля за выполнением всех графических операций по отношению к сохранению целостности сопровождающего работу мысленного образа. Возникла необходимость формирования у студентов метода «видения», идущего от «внутренних» форм. При этом на занятиях практикуется показ студентам рисунков, выполненных в профессиональном дизайнерском вузе. Учащиеся убеждаются, что любой рисунок, даже изображение человека, строится по тем же законам, что и построение детали в пространственном эскизе. Разница только в сложности объекта, в конечных целях, к которым стремятся авторы, но не в методе анализа пространства.

С позиции оптимизации процесса формирования целостности видения было пересмотрено содержание первых занятий. Так как у студентов технического вуза отсутствуют навыки рисования с натуры, то было принято решение осуществлять первоначальное обучение студентов на графических моделях, выполняемых по воображению. При отсутствии в них чувственного компонента в восприятии студенту приходится самостоятельно воссоздавать изображение на бумаге, используя для этого метод «от общего к частному». Геометрия как инструмент построения формы выступает здесь в наиболее явной форме. Уже на первом занятии студенту дается понимание единого проективного пространства изображения, указываются типичные ошибки в построении, анализируются работы, выполненные ранее. Обращается внимание на правильность разметки согласующихся элементов формы, на те условия, которые определяют целостность изображения. Вводится понятие (с примерами конкретной реализации) базовой формы, обобщающей основные части изображения и составляющей основу ее целостности. Уже

на первых занятиях студент осознает необходимость строгой дисциплины в выполнении всей последовательности структурных операций построения формы.

Даже самые элементарные навыки, например, проведение линии или уничтожение ее с помощью резинки, должны опираться на развитие целостности ощущения создаваемой формы. Так, при проведении линии студент должен держать в сознании не саму линию, а форму, которую эта линия ограничивает. Об этом постоянно приходится напоминать в течение первых занятий, разбирая результаты, к которым приводит неправильный подход к данной операции. Тем самым удается с первых упражнений добиться правильного соотношения между мыслительной функцией сознания и моторной функцией руки. С этой же целью на начальном этапе студентам дается подробная ориентировочная основа каждого действия, разъясняется микроструктура входящих в него операций. Вместе взятое это позволяет создать правильную установку на выполнение конкретных перцептивно-моторных действий.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

Эскизирование технических объектов представляет собой комплексную графическую деятельность, на отдельных ее этапах реализуются различные функционально-геометрические и визуально-психологические цели. В зависимости от поставленных целей можно выделить четыре группы действий пространственно-графического моделирования: 1) конструктивно-геометрическая; 2) визуально-графическая; 3) композиционно-системная; 4) редакционно-обобщающая. Каждая из названных групп действий характеризуется специфическим типом ориентировки, определяющим необходимость самостоятельной учебной отработки [25].

Первая группа включает в себя действия, объединенные проекционным принципом отображения объекта на плоскость листа. Сюда входят такие геометрические действия построения изображения, как создание структурного эквивалента пространства, построение базового объема, основных формообразующих частей изображения и деталей формы.

Вторая группа представляет собой действия, которые носят визуально-психологический перцептивный характер. Выполняя эти действия, студент должен концентрировать внимание не на рациональных сторонах своего мышления, а на соответствии разрабатываемой графической модели субъективным образам «визуального мышления». Критериями, регулирующими процесс выполнения действий, являются визуально-оценочные суждения.

Композиционно-системная группа действий связывает изобразительную форму и функциональное содержание разрабатываемого изделия. Системный характер действий данной группы заключается в достижении композиционной целостности решения и его выразительности.

К редакционно-обобщающей группе действий относятся заключительный контроль, редакция и оценка целостности результата.

3.1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРЦЕПТИВНО-ГРАФИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ

В 1977 г. в Воронежском политехническом институте был введен курс «Пространственное эскизирование» с целью повышения творческого аспекта преподавания графических дисциплин. Сначала его программа почти полностью соответствовала традиционному учебному курсу «Техническое рисо-

вание». С первых же дней обучения выявились недостатки не только отдельных приемов и реализуемых в них методов обучения, но главным образом основной концепции, не отвечающей системной ориентации развития творчества.

Прежде всего была признана ошибочной установка на включение студентов сразу в комплексную деятельность по созданию изображения. В курсе технического рисования сложилась определенная традиция давать студентам задания, отличающиеся постепенным нарастанием сложности структуры объекта. Но изображение как простого, так и сложного объекта включает в себя полный состав необходимых действий: конструктивных, графических, визуальных. Каждое из них требует специальной подготовки в теоретическом и в процедурно-корректировочном плане.

В инженерной практике априори считается, что необходимая подготовка для «рисования» весьма элементарна и не требует специального формирующего обучения. Геометрический анализ параллельных проекций общего вида упрощается за счет наглядности образов, возможности использования «догадки», основанной на непосредственных чувственных представлениях. Рисунку (эскизу) отводится роль вспомогательного изображения для усвоения более сложной алгоритмической структуры действий на вырожденных проекциях комплексного чертежа. Подразумевается, что необходимую иллюстрацию, вспомогательную графическую модель студент способен создать самостоятельно на основе имеющегося у него запаса навыков «элементарного рисования».

На практике мы сталкиваемся с обратной картиной: четкость строго формализованных действий на комплексном чертеже устраняет необходимость наглядности, ограничивает ее узкими рамками начального этапа обучения. Начертательная геометрия предусматривает глубокое понимание геометрических основ знаний, а не аппелирование к его чувственной стороне. При попытке построения наглядного изображения возникают трудности объединения известных студентам геометрических знаний с имеющимися у них структурно не оформленными визуальными представлениями о конструктивной форме, с законами синтактики ее моделирования на листе бумаги.

Ориентировочная основа действия, которая давалась студентам на первых занятиях по пространственному эскизированию в виде вступительных бесед, образцов работ и специально отснятого видеофильма, оказалась неполной. Был нарушен важный дидактический принцип, заключающийся в последовательности включения в учебную деятельность ее отдельных структурных единиц-действий. Ориентировочная основа большого количества действий не могла быть усвоена студентами сразу, поэтому в своей непосредственной работе

они вынуждены были самостоятельно формировать ее для каждого составляющего действия методом проб и ошибок. Как известно [12, 53], такой тип ориентировочной основы действий характеризуется самой низкой эффективностью. Графические работы студентов имели принципиальные недостатки, которые трудно было классифицировать и невозможно исправить.

После первых неудачных занятий пришлось в ходе учебного процесса перестраиваться и искать новые пути, соответствующие принятой концепции творческого развития студентов.

Поиск новых путей обучения был определен следующими положениями: обучение должно носить системный характер и соответствовать принятой концепции развития творчества; отработка навыков технического плана не является самоцелью; техника изображения в эскизе и методы геометрического анализа естественно объединяются в процессе целесобразной деятельности.

В основу данной методической концепции были положены общие принципы конструктивно-пространственного рисунка, практикуемые при подготовке дизайнеров. Уже ко второму году обучения была разработана новая система заданий, ориентированная на более целостный подход к проблеме моделирования, развитие у студентов структурно-геометрической основы действий.

С позиции системного подхода произведена попытка проанализировать как объект исследования, так и предмет обучения в контексте конкретного вида учебной деятельности.

Согласно работе [12] структура графической деятельности должна быть разбита на элементарные составляющие единицы-действия, формирования которых осуществляется поэтапно, начиная с материализованного уровня усвоения действия и кончая отработкой наиболее высокого умственного этапа. Но данная теория относится в основном к проблеме формирования понятий, умственных действий. В нашем же случае предметом обучения является изображение, входящее в структуру первого (материализованного) этапа формирования действия как необходимое средство достижения высоких показателей качества усвоения учебного материала на последующих этапах.

Означает ли это, что предметом обучения в пространственном эскизировании является лишь материализованный этап действия? Отдельные методисты-практики поддерживают это мнение, так как единственный учебный прием связан у них с использованием натуральных деталей или образцов, заданных в другой форме графического отображения информации (например, чертеж).

Осуществленный нами поиск интеллектуального содержа-

ния в объекте изучения привел к изменению ориентации предмета обучения с процесса формирования навыков рисования натурального объекта на формирование интеллектуально-структурных действий пространственно-графического моделирования.

В рисовании по заданному образцу на первый план выступают навыки, которые могут быть отнесены к перцептивно-моторному типу. В основе их лежат сложные психологические механизмы согласования визуально-оценочных суждений с моторными действиями руки. При геометрическом создании формы по воображению перцептивно-моторные действия вступают в сложную взаимосвязь с процессами информационного обмена между структурами кратковременной и долговременной памяти [6]. Эти действия определяют интеллектуальное начало графической деятельности, как и практически-действенное мышление инженера. При этом в учебном процессе должна акцентироваться такая характеристика деятельности, как ее целесообразность. В новом курсе «Пространственное эскизирование» изображение понимается не как простой процесс рисования заданного объекта, а как некоторый вспомогательный процесс, обслуживающий решение поисковой задачи. Метод решения такой задачи должен быть графическим. В этом случае графическая деятельность имеет эвристическую мотивацию и все элементарные ее составляющие — действия выступают в целесообразной форме.

Профессиональное содержание задач, в которые включается графическая деятельность, не рассматривается как первоочередное требование, оно отходит на второй план, уступая место методологическим принципам системного подхода. На первый план выступает целесообразность изображения. Только в этом случае процесс формирования графических навыков приводит к необходимому результату интеллектуального развития личности.

Узкое понимание целесообразности как непосредственной связи учебных заданий с профессиональными объектами не меняет структуры учебной деятельности и формируемых в этом случае навыков. Так, в силу особенностей профессиональных объектов инженерное рисование у строителей совершенно иное, чем у машиностроителей, хотя современные цели развития инженерного технического мышления одни и те же. Используемые ранее в строительной практике гипсовые украшения определили прочную ориентацию инженерного эскиза в строительстве на технику изобразительного рисования. Инженер-механик, в свою очередь, предпочитает опору на инструментальную графическую деятельность, связанную с необходимостью выполнять сложные геометрические

кие построения. В «ручном» рисовании он чувствует себя менее свободно, чем строитель.

Несмотря на существенные различия в ориентации на эталоны формируемых навыков, в том и другом случае реализуется в учебном процессе «мертвая» схема копирования сложившихся в профессиональной деятельности технических приемов рисования реальных объектов. В этом случае мы сталкиваемся с проявлением психологического механизма стереотипного воспроизведения. В отличие от этой концепции принципы, заложенные в курсе «Пространственное эскизирование», должны реализовать механизм целесообразного приспособления.

Исходя из основного положения теории деятельности, провозглашающей цель главной характеристикой действия, можно утверждать, что даже формирование элементарного перцептивно-графического действия отличается по своему содержанию и структуре от формирования «технических приемов» рисования.

В связи с тем, что в основу обучения кладется целесообразное действие, необходимо определить учебную форму создания такой целесообразности. Для этого следует классифицировать действия, определить их внутреннюю структуру и для каждого из них найти оптимальную систему учебных задач и упражнений. Подбор графических заданий для студентов осуществлен по принципу постепенного включения в их процедурный состав некоторого количества новых перцептивных или геометрических действий. Большое внимание уделяется задачам поискового или проблемного характера в связи с тем, что в них реализуется внутренняя мотивация графического действия.

Инженерное эскизирование рассматривает пространственно-графическую модель не как конечную цель, а как средство разрешения поисковой задачи. На первый план здесь выступает не само изображение, а графический метод как один из инструментов, приводящих конструктора к нахождению оптимальной функциональной структуры технического изделия.

В принятой постановке графическая деятельность рассматривается как процесс моделирования, характеризующийся большой информационной емкостью и доступностью для восприятия человеком. Системный подход к моделированию информационных структур требует привлечения к анализу графических действий большого числа теоретических сведений. Анализ действия должен осуществляться не только с геометрической точки зрения, но и в аспекте психологии поискового мышления, психологии перцептивно-графической деятельности.

Предметом усвоения в графическом моделировании является не само изображение, а некоторое свойство, позволяющее перевести его в разряд инструмента поисковой деятельности. Такие свойства определяют опосредствованный характер графической модели и лежат в основе развития определенных интеллектуальных сторон личности.

Для успешного решения поискового задания в ориентировочной основе необходимо акцентировать те структурные элементы, которые наиболее важны для правильного выполнения действия. Особенно это относится к учебным задачам, используемым на начальном, материализованном этапе действия. При этом первоочередное внимание уделяется отбору материала, подлежащего изображению, и форме его задания. Использование вспомогательных абстрактных моделей и схем, выделение характерных признаков объекта, предписание характера проводимых операций является основой создания прочных опор в сознании студента.

После проведенного теоретического анализа в пространственном эскизировании был отклонен традиционный путь построения изображения по заданной модели (машиностроительной детали), по крайней мере, на первых занятиях. Вначале нам казалось, что возможность выявления всех геометрических и оптико-физических свойств с помощью натурального образца соответствует требованию первого материального этапа освоения действия. Но на практике мы столкнулись с фактом неразвитости у студентов информационно-образной стороны визуального восприятия объекта. Студенты создают структурный эквивалент модели на основе чувственных представлений об окружающем предметном мире. Даже при заданной ориентировочной основе действия студент оказывается неспособным выделить опорные элементы восприятия структуры формы, так как не владеет еще навыками визуального анализа самих объектов изображения. Модель в этом случае материализует не те свойства, которые необходимы студенту для правильной ориентации в существе вопросов пространственного формообразования.

Поэтому структура учебных заданий на первых занятиях занимала особое место в разработке дидактически обоснованного построения курса. Прежде всего они формулировались не как графические, а как геометрические, их условие отличалось от соответствующих задач начертательной геометрии и черчения только тем, что результат должен быть получен без применения чертежных инструментов. Содержанием поисковой части задания является определение линии пересечения двух многогранников. Геометрический алгоритм решения такой задачи студентам еще неизвестен. Его поиск составляет содержание первой части работы. Вариантность

заданий * позволяет студентам успешно исследовать проблему и на наиболее простом варианте найти удовлетворительный способ решения. Но на этом поиск не заканчивается. От студента требуется исследовать решение и найти опорные элементы, которые являются ориентиром построения в общем случае. Затем ему следует составить алгоритм выполнения действия, пригодный для всех вариантов. Постепенное усложнение графического условия задачи уточняет как состав опорных элементов, так и алгоритмическую структуру действия. В заключение второго этапа студенты приходят к обобщению первоначально найденного способа решения на более широкий класс геометрических объектов. При выполнении данного исследования студентам приходится делать эскизные наброски решения отдельных вариантов задач от наиболее простых к сложным. Такая структура задания позволяет выявить предел возможностей каждого студента, стимулирует преодоление все возрастающих трудностей в процессе исследовательской части работы. Управление учебной деятельностью по основным характеристикам передается самим студентам. Все это в целом способствует мотивации деятельности и повышению творческой активности студентов.

На данном этапе заканчивается исследовательская часть работы и начинается окончательное оформление полученного результата в виде отчетного графического документа. Требуемая ориентировочная основа дается студентам непосредственно перед заключительным этапом построения пространственного эскиза.

В графическом задании студенты используют лишь два действия из группы конструктивно-геометрических: создание структурного эквивалента пространства и построение базового объема. Это позволяет ограничиться простой, знакомой из школьного курса геометрии, ориентировочной основой и сконцентрировать все внимание на геометрической стороне эскизного изображения. Окончательный результат представляется на листе бумаги в виде нескольких эскизов одной и той же пространственной композиции в различных поворотах. Такая форма выполнения работы введена для создания правильной установки, ориентирующей деятельность графического формообразования только на геометрические знания и собственное воображение.

Представление одной композиции в нескольких поворо-

* В карточке первого задания студенту предлагается шесть постепенно усложняющихся композиций из двух пересекающихся фигур. Наиболее простая задача — пересечение двух параллелепипедов с параллельными гранями.

тах имеет самостоятельную цель передачи инвариантного характера линии пересечения. Таким образом, в процессе окончательного оформления результата поиска в виде графического изображения студентам приходится продолжать исследование, находить геометрические инварианты пространственно-графического преобразования.

На заключительных этапах работы, связанных с проблемами пространственного поворота композиции, приводятся некоторые сведения из теории условных изображений [54]. Ее отдельные положения удобно использовать для сохранения характера линии пересечения в различных пространственных положениях. Студенты самостоятельно находят опорные элементы линии пересечения, а также определяют новый тип фигур, участвующих в композиционном взаимодействии. Например, отказ от условия общей плоскости основания позволяет уменьшить коэффициент неполноты изображения и воспользоваться возможностью свободного задания одного или нескольких параметров непосредственно на линии пересечения.

При наличии графических дисплейных терминалов данная работа может быть закончена машинным построением линии пересечения фигур и поиском оптимального поворота композиции. Использование машины целесообразно только при наличии программного обеспечения высокого уровня обобщения. В содержание требуемых для работы процедур должны входить команды вызова из базы данных производных геометрических фигур, а также команды реализации пространственной взаимосвязи фигур для получения целостной композиции.

Итак, на первом занятии создается необходимая установка на «качество» моделирования, на характер деятельности и тип ее ориентировочной основы. Структурно-геометрическая сторона моделирования, выступающая на первом занятии как единственно определяющая учебную деятельность, в дальнейшем будет включаться в более сложные отношения с другими действиями, но она все равно останется основной, системообразующей. Главное достоинство такого опосредствованного способа достижения цели заключается в том, что на первом занятии студенты строят форму, ищут геометрические параметры, определяют пространственные характеристики. Эти качества при моделировании технических структур являются доминирующими, и их первоочередное выявление отличает конструктивный подход от других видов графической деятельности.

В учебном процессе по пространственному эскизированию используются следующие типы задач, ориентированных на непреднамеренное усвоение графических навыков:

— геометрические позиционные задачи на пересечение

тел с использованием возможностей условных аксонометрических изображений;

— практически-действенные задачи (пространственная комбинаторика, сборка, разборка) с активным использованием вспомогательных графических моделей;

— задачи композиционного формообразования с качественной оптимизацией графического решения;

— задачи на графический анализ геометрической природы абсурдных изображений;

— задачи на построение графического эквивалента заданной детали сложной пространственной структуры.

Только на последнем занятии студентам предлагаются задания на изображение детали по образцу. К этому времени должны быть сформированы как геометрические навыки анализа графического изображения, так и ориентировочная основа всех элементарных моторных и перцептивных действий. Даже в этом случае у студентов появляются попытки механически срисовывать деталь. В связи с этим особо подчеркивается факт, что натурный образец служит лишь формой задания условия, сама же задача заключается в создании структурной графической модели, пространственного эквивалента детали на изображении.

Так же, как и в подробно рассмотренном нами случае геометрических заданий, включение графического моделирования в структуру различной поисковой деятельности сообщает ей нужный характер и подчеркивает ту или иную его сторону. В результате системного подхода характер изучения проблемы графического моделирования приближается к исследовательской форме. Пространственно-графическое моделирование рассматривается на этих занятиях как один из способов организации познавательной деятельности, выполняет инструментальную функцию в разрешении проблемных ситуаций.

Произведено сравнение результатов обучения по изложенной методике с контрольной группой, учебный процесс в которой был целиком построен на изображении объектов, задаваемых в виде натуральных образцов. В качестве последних использовались геометрические модели многогранников и детали машиностроительных конструкций. В сравниваемых группах была обеспечена идентичность методических средств формирования ориентировочной основы действий. В контрольной группе новые действия включались в структуру уже сформированных, как и в основной группе. Достигалось это за счет требования «схематизации» первых графических работ, которые напоминали чертежи. Только в последующих работах изобразительная сторона эскиза постепенно усложнялась за счет полноты операционного состава деятельности.

Главное отличие, которое экспериментаторы по возмож-

ности старались оттенить тождественностью остальных факторов, заключалось в том, что в основных группах устраивалась возможность деятельности по образцу. Результат проверялся в конце семестра на основе контрольного задания на изображение детали сложной пространственной структуры, а также при помощи специального тестирования. Структура и характер тестов были достаточно знакомы студентам обеих сравниваемых групп, так как подобные задания предлагались им в течение учебного семестра.

Предполагалось, что реализация в учебном процессе идей графического моделирования путем включения графической деятельности в более общую поисковую приведет к улучшению сформированности основных показателей интеллектуального развития студентов. Эти показатели содержали следующие компоненты конструктивного мышления: структурно-графические, комбинаторно-пространственные, геометрические и инверсионные.

Результаты измерения этих показателей представлены в табл. 3.3.1. Основная группа студентов значительно отличалась от контрольной как по интеллектуальному развитию,

Таблица 3.3.1

Результаты измерения показателей развития мышления в учебных группах, работавших по различным методикам пространственного эскизирования

№ п/п	Компоненты мышления	Конкретный показатель	Индекс	
			основная группа (50)	контрольная группа (50)
1	Структурно-графическое	Количество работ, оцененных на хорошо/отлично	12/20	10/8
2	Комбинаторно-пространственное	Средний показатель тестирования группы (макс. индекс 16)	10,33	7,8
		Средний показатель из трех лучших	14,33	11,7
3	Геометрическое	Средний показатель тестирования группы (макс. индекс 14)	9,6	6,5
		Средний показатель из трех лучших	13,33	10,33
4	Инверсионное	Средний показатель тестирования группы (макс. индекс 12)	7,4	6,5
		Средний показатель из трех лучших	10,33	8,7

так и по общим графическим навыкам, что убедительно показывает правильность принятой гипотезы. Особенно наглядно разница выступала в графических работах. В основной группе наблюдалось более четкое выявление пространственно-геометрической структуры изображения, которой подчинялись конкретные графические приемы изобразительной деятельности.

Итак, концепция пространственно-графического моделирования в инженерной графике способствует развитию творческих способностей студентов в двух направлениях. Разрешение поставленной проблемной ситуации приводит к непосредственному обучению творчеству, тем поисковым процедурам, которые связаны с применением графических моделей. Кроме этого, динамическое использование изображения как графической модели в процессе работы требует от студентов специальных структурных и комбинаторных приемов мышления. Можно считать, что проведенные исследования достаточно убедительно показывают целесообразность включения курса «Пространственное эскизирование» в систему непрерывной графической подготовки студентов механических специальностей технических вузов.

3.2. СОДЕРЖАНИЕ И ДИДАКТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ

Конструктивно-геометрическая группа действий является исходной в построении эскиза, ее полный процедурный состав обязательно включается в начальную стадию любого изображения, так как имеет геометрическую проекционную основу.

В курсе пространственного эскизирования предусматривается преимущественно такой вид учебной деятельности, как создание модели по воображению. В этом случае наиболее естественно реализуются структурные методы графического формообразования. При отсутствии внешних наглядных опор студент вынужден создавать на листе конструкцию правильным путем «от общего к частному», от обобщающего базового объема к законченной форме.

В состав конструктивно-геометрических действий по созданию графической пространственной модели входит компоновка изображения на листе бумаги, членение целого с определением основных формообразующих частей, а также локальная дифференциация каждой части, приводящая к окончательному построению формы.

Каждое составляющее действие характеризуется своей структурой: целью, ориентировочной основой, составом исполнительных и контрольных операций. Все они входят в инструкцию по выполнению действия и обязательно должны

быть усвоены студентом перед началом работы. Первый этап работы над эскизом — это компоновка изображения. Ее цель — наиболее рациональное размещение формы на листе бумаги, отвечающее структурно-информационным особенностям модели и поставленной задаче изображения. Так как перед началом работы перед студентом находится чистый лист бумаги, то осуществить поставленную цель можно только используя построение вспомогательного (базового) объема.

Второе графическое действие включает в себя нахождение основных членений базового объема, определяющих различные вырезы и выступы. На этом этапе самым важным является соблюдение размерных соотношений между найденными членениями, правильное определение координат точек в подразумеваемом пространстве рисунка.

Только после окончания такой подготовительной стадии можно рекомендовать приступить к изображению основных формообразующих частей модели. Членение базового объема не выявляет всех деталей формы, а только дает общую характеристику пространственной структуры изделия.

В содержание третьего графического действия входит построение всевозможных деталей изображения. На этом этапе отрабатываются навыки графической разработки рельефа и контррельефа на базе плоскостей, построенных на предыдущих стадиях.

Отличие данного действия от предшествующего заключается в том, что оно осуществляется на основе локальных частей изображения. Поэтому разметка, членение и изображение рельефа могут производиться сразу для каждой части детали. Параллельно выявляются мелкие детали, такие как отверстия для крепежа, переходные элементы и т. д.

При изображении геометрической натурной модели или машиностроительной детали по образцу студенты выполняют работу по тем же процедурам, которые были указаны выше. Создается предварительная установка на то, что натурный образец дается не для срисовывания внешнего вида, а является лишь материальным носителем условия графической задачи.

По сравнению с графическими задачами, в которых деятельность формообразования осуществляется на основе необходимых проекционно-геометрических знаний, в данное задание входит совершенно самостоятельное действие структурно-геометрического анализа предложенной «натуры», особенностей ее графической интерпретации. Требуемый уровень формирования этого действия не ограничивается основными понятиями и ориентировкой в их применении, но должен быть доведен до устойчивых навыков, включенных во внутренние механизмы психической деятельности. В простран-

ственном эскизировании анализ реальной формы входит в элементарный психический акт восприятия и определяет структурный характер профессионального технического мышления.

Процесс формирования отмеченного умственного действия наиболее благоприятно протекает в учебной деятельности пространственно-графического формообразования. Упражнения на создание формы в материализованном виде по общим структурным законам проекционного метода — это наиболее эффективный путь обучения требуемому навыку. Поэтому задания на изображение с «натуры» или по заданному образцу должны включаться в учебную деятельность на заключительном этапе, когда будут достаточно сформированы навыки структурного восприятия реальной формы и синтактики построения графической модели.

3.2.1. Компоновка изображения

Компоновка изображения преследует двоякую цель: рациональное размещение модели на листе бумаги и создание некоторого структурного эквивалента пространства, позволяющего в дальнейшем ориентироваться в позиционных и метрических отношениях элементов.

Первая цель может быть достигнута посредством выполнения приблизительного наброска объемно-пространственной структуры модели в свободном углу листа (рис. 3.2.1). В результате предварительной (поисковой) стадии анализа пространственной структуры объекта должен определиться конструктивный характер изображаемой формы, основные геометрические особенности образующих ее элементов. Студент должен представить характер базового объема, размерные соотношения его по трем осям координат. Если потребуется, то принимается решение о наиболее рациональном виде аксонометрического проецирования. Так как в конкретных условиях учебного процесса (первый семестр) студенты еще не знакомы с основными понятиями начертательной геометрии, то в большинстве работ можно рекомендовать использовать прямоугольную изометрическую проекцию.

В компоновочном наброске схематически указываются основные элементы базового объема при сохранении общих пропорциональных соотношений. Чаще всего в учебных работах исходным базовым объемом является прямоугольный параллелепипед. Главное внимание следует уделить построению параллельной проекции и соотношению размеров по трем координатам.

Первая исполнительная операция заключается в построении, связанном с созданием зрительной опоры для восприятия пространства на плоскости листа бумаги. Такое построение должно предшествовать изобразительным операциям, так

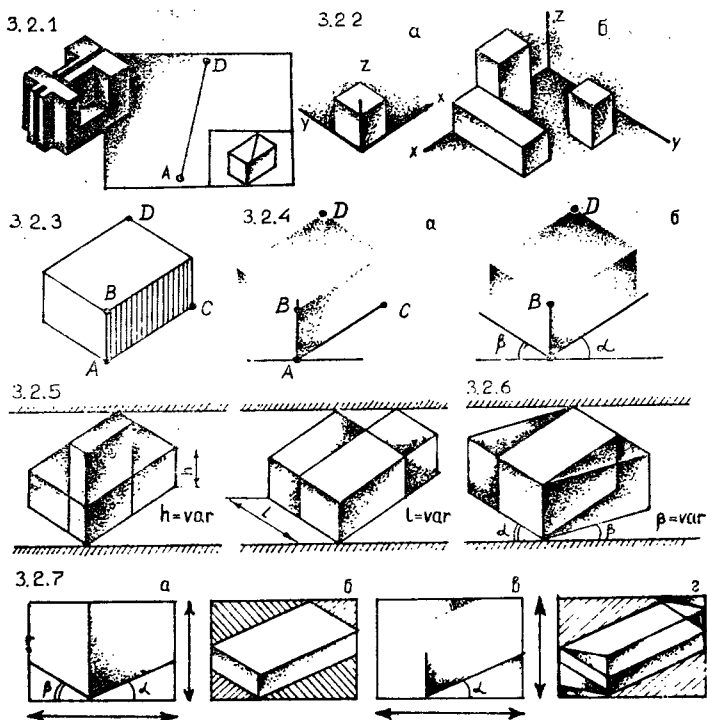


Рис. 3.2.1. Размещение на листе базовой системы координат в соответствии с пространственной структурой модели

Рис. 3.2.2. Системы координат закрытого (а) и открытого (б) типа

Рис. 3.2.3. Параметры простейшего базового объема

Рис. 3.2.4. Анализ полноты параметров базового объема: задание четырех точек (а), задание угловых и точечных параметров (б)

Рис. 3.2.5. Вариации габаритного размера при ограничении по вертикали

Рис. 3.2.6. Вариация угла наклона координатной оси при ограничении по вертикали

Рис. 3.2.7. Габариты изображения и углы координатных осей (а) полностью определяют базовую форму (б), изменение угла α или β (в) позволяет варьировать пропорции базовой формы (г)

как имеется необходимость в предварительном задании исходного аппарата проецирования.

Перцептивно-графический характер данной группы действий заключается в установке восприятия на проведение линий и осуществление всех построений не в плоскости, а в воображаемом пространстве изображения. Требуемая установка должна быть создана до начала построения формы, она

предусматривает наличие достаточно ясных для воображения опор, отвечающих требованию геометрической верности.

Формирование данного умственного действия сопряжено на практике с большими трудностями. Перестроить характер восприятия создаваемого изображения сложно, так как проявляется интерференция предшествующей изобразительной деятельности*. Поэтому операция создания на плоскости структурного эквивалента пространства выделяется в данном действии в качестве основной, подчиняющей себе вторую исполнительную операцию — изображение базового объема.

Согласно теории аксонометрических проекций, пространственная система координат на плоскости задается с помощью трех лучей, исходящих из одной вершины и образующих определенные углы с вертикалью и горизонталью изображения. Например, для прямоугольной изометрии один луч располагается вертикально, а два других — под углом 30° к горизонтальной прямой. Такая система координат удобна для изображения объемного тела (рис. 3.2.2,а), она обозначает передний-нижний трехгранный угол условного объема (система закрытого типа). Если объектом изображения является пространственная сцена, то более удобно использовать систему координат открытого типа (см. рис. 3.2.2,б).

Прямоугольная изометрия используется при изображении простых объектов, в сложных случаях формообразования можно воспользоваться наброском предполагаемой объемно-пространственной структуры объекта, который определяет направление координатных векторов проективного пространства. Необходимо определить, по возможности более точно, расположение системы координат, от которого зависит правильность компоновки базового объема. Построением последнего заканчивается исполнительная стадия действия.

Под базовым объемом подразумевается некоторая обобщающая форма (наиболее простая), которая включает в себя основные элементы объекта или пространственной сцены. Законченный образ объекта на изображении получается из базового объема с помощью наименьшего числа графических операций.

Для простоты восприятия пространственной глубины изображения наиболее удобной является базовая структура прямоугольного параллелепипеда (рис. 3.2.3), которая, как правило, используется в начале обучения. Для примера рассмотрим особенности построения и коррекции данного типа базового объема.

* Имеется в виду изобразительная деятельность плоскостного характера, основанная на чувственном восприятии окружающего мира.

Начинать изображение рекомендуется с переноса верхней точки вспомогательного наброска. Необходимо обратить внимание на положение этой точки относительно принятой системы координат, так как оно определяет пропорции граней параллелепипеда. Для пространственной определенности базового объема (при заданной системе координат) необходимо задать только один параметр. Как показано на рис. 3.2.4, для этого достаточно отложить один отрезок либо по вертикали, либо по одному боковому измерению. Полученное изображение будет полным и метрически определенным (до подобия фигур).

Теория условных параллельных проекций позволяет не задавать предварительно аппарат проецирования, а определять его непосредственно в ходе построения. Тем самым можно более свободно варьировать изображение на плоскости бумаги. Обычно один размер композиционного поля является определяющим для выбора масштаба модели. Выход изображения за пределы этого размера приводит к «обрыву» формы, фрагментарности показа конструкции. Необходимость соблюдения требуемых пропорций базового объема и стремление к наибольшему масштабу (максимальной информационной емкости) при заданной системе координат приводят к некоторым трудностям компоновки. Рассмотрим для примера два варианта ограничений на размеры изображения.

Пусть изображение будет ограничено по вертикали. В этом случае при заданных углах наклона осей координат можно варьировать пропорции базовой фигуры и, следовательно, добиваться ее пространственной определенности. Реализация этой возможности путем изменения одного из габаритных размеров показана на рис. 3.2.5. Несколько иной композиционный эффект достигается с помощью вариации угла наклона одной из горизонтальных осей координат (рис. 3.2.6).

Если изображение ограничено по горизонтали и вертикали, то предварительный выбор конкретной аксонометрической проекции полностью определяет фигуру. Изменить ее пропорции уже нельзя. Если же не задавать заранее конкретный вид параллельной проекции, то можно, варьируя один угол из двух заданных, добиться пространственной эквивалентности изображения оригиналу (рис. 3.2.7).

Данные геометрические соображения положены в основу коррекционно-контрольной стадии выполнения действия. На первых этапах построения роль этой стадии в общей структуре действия является доминирующей.

Трудность выполнения корректировочных операций заключается в том, что при их исполнении возможно нарушение правильно выбранной системы параллельного проеци-

рования. Возможные варианты коррекции пропорций базового объема и проявляющиеся при этом изменения в общей компоновке изображения представлены на рис. 3.2.5—3.2.7. При соответствующем уровне сформированности перцептивно-графических навыков студенты осуществляют контроль параллельно с операциями графической коррекции.

При изображении несложных объемно-пространственных структур можно обратить внимание на тщательность выполнения следующих исполнительных операций: выбор исходной системы координат параллельной проекции и получаемого при этом базового объема, положение последнего на листе бумаги, параллельность системы прямых, отвечающих направлению одной из координатных осей. Контроль перечисленных исполнительных операций необходимо осуществлять как непосредственно после их выполнения, так и в конце всех последующих процедур.

Правильная и неправильная последовательности проведения линий в построении куба изображены на рис. 3.2.8. Преимущество указанного приема видно даже на примере этой простейшей фигуры, но особенно ярко оно выступает при разработке более сложной модели объемной формы. На рис. 3.2.9 проиллюстрирована типичная ошибка студентов, заключающаяся в недоведении линии до узловой точки.

В заключение следует отметить, что внедрение идеи базовой формы особенно важно для машинной интерпретации пространственно-графической модели. Поэтому специальному обсуждению этого вопроса отводится определенное время в начальный период обучения.

3.2.2. Построение основных формообразующих частей изображения

Содержание действия построения формообразующих частей изображения заключается в создании графической модели, максимально приближающейся по своей пространственной структуре к воображаемому или реальному объекту. Основой изображения служит базовый объем, который сначала должен быть расчленен на две-три главные части. Операция членения объема заключается в определении пропорций образующих элементов и в проведении соответствующей разметки на гранях или ребрах базового параллелепипеда.

Реальный конструктивный объект включает, как правило, гораздо большее количество формообразующих элементов, чем это возможно выявить в одном действии графического моделирования. Поэтому предлагается иерархическая структура его выполнения. Рекомендуется внутри каждого цикла количество разбиений формы ограничить двумя-тремя. Исключение составляют метрические ряды (тождественно повторяющиеся элементы формы). Такие элементы обраба-

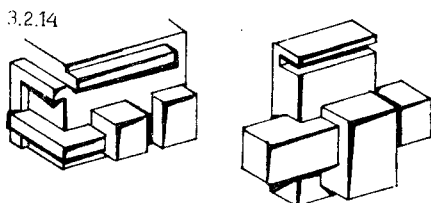
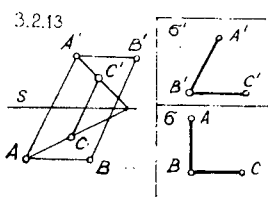
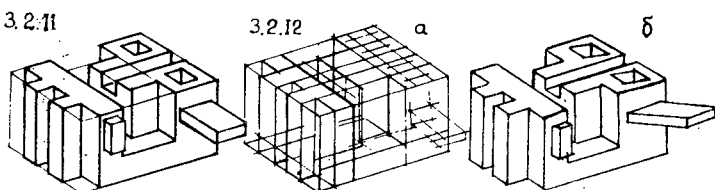
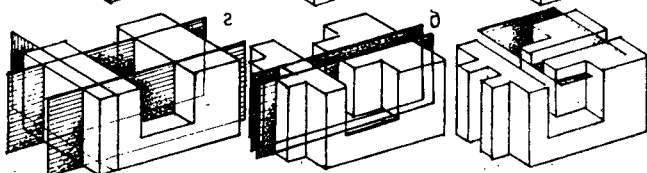
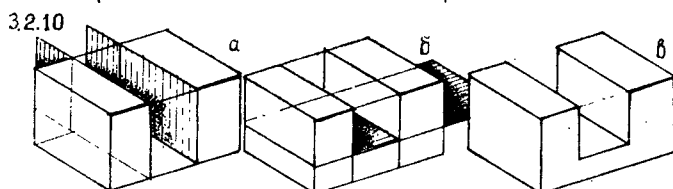
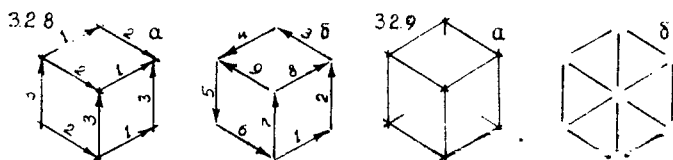


Рис. 3.2.8. Правильная (а) и неправильная (б) последовательности обрисовки формы куба (цифры соответствуют порядку проведения линий)

Рис. 3.2.9. Когда контурные линии превышают требуемую длину, узлы выделяются более активно (а); в случае недоведенных линий в узлах образуются провалы (б)

Рис. 3.2.10. Последовательность выявления основных формообразующих частей: членение базового объема (а), окончание операции членения (б), выявление основных формообразующих частей (в), повторение алгоритма, членения высших порядков и построения соответствующих частей формы (г, д, е)

Рис. 3.2.11. Вид фигуры после окончания действия

тываются как единое целое, а затем разбиваются на необходимое число частей в соответствии с заданным повтором.

Иерархическая структура действия совпадает с характером строения реального объекта. На данном этапе наглядно выступает соответствие структуры модели и реального объекта. Здесь происходит материализованное освоение интеллектуального действия восприятия структуры реальных объектов. Такое восприятие должно рассматриваться как свернутый акт деятельности по воссозданию формы изделия из простейшего базового объема [31]. Отличие восприятия реальной конструкции от ее изображения несущественно: в том и другом случае происходит свертка процесса реального формообразования. При анализе изображения добавляется лишь сопоставление двух типов моделирования: семантического и синтаксического. Добавочная операция, казалось бы, усложняет восприятие изображения по сравнению с реальными объектами. На самом деле, быстрота и качество восприятия формы зависят во многом от характера изображения. Правильно построенная конструктивно-линейная графическая модель отличается экспрессией именно в отношении структурных характеристик, она очищает форму от мешающих восприятию факторов (информационных помех). Неумело выполненное изображение требует специальных операций по выявлению визуальных несоответствий, но такие операции должны быть отнесены к самостоятельной задаче реконструкции графического образа.

Результирующая для каждого этапа действия форма является базовой для последующего. Можно говорить о базовой форме нулевого, первого, второго и последующих уровней. Ее структура на любом уровне должна отвечать минимальному количеству операций, которые необходимо осуществить для получения окончательной фигуры. Таким образом, все операции данного действия имеют структурный характер, заключающийся в последовательном приближении базовой формы к своему окончательному виду. Геометрической основой действия является метод вспомогательных секущих плоскостей. Чаще всего с этой целью берутся плоскости уровня, параллельные основным координатным плоскостям (рис. 3.2.10).

Контрольная стадия действия осуществляется параллельно с прорисовкой и коррекцией основных элементов формы,

Рис. 3.2.12. Ошибки студентов при выполнении действия: потеря целостности формы (а), потеря геометрической основы построения формы (б)

Рис. 3.2.13. Задание перспективно-аффинного соответствия двух точечных полей

Рис. 3.2.14. Изображение деталей формы с помощью рельефа и контррельефа

выявленных в результате членения. В содержание этой стадии включаются следующие операции: проверка параллельности новых линий, появившихся в результате членения, уточнение четкости показа узловых элементов формы, оценка целостности полученного изображения. Все три операции осуществляются после каждого этапа членения формы. Особое значение отводится третьей операции, так как от нее зависит успешность выполнения последующего этапа. Заключительная операция сопровождается усилением линий, расположенных на переднем плане. Все трехгранные углы, направленные вершиной к зрителю, делаются более активными. В результате повышается пространственная четкость формы, однозначность ее восприятия.

В примере, отмеченном на рис. 3.2.10, изображение структуры формы заканчивается на втором этапе членения. Построение в целом структурно определено, хотя мелкие детали в нем еще отсутствуют. Окончание данного этапа с выявлением объемного характера элементов и их пространственных соотношений путем вариации активности изобразительных линий показано на рис. 3.2.11.

Наиболее типичные ошибки, допускаемые студентами, заключаются в потере целостности формы из-за большого количества построенческих линий (рис. 3.2.12,а), а также в резком выделении на окончательном этапе действия изобразительных контуров формы (рис. 3.2.12,б).

Структура решения задачи на ЭВМ может быть представлена двумя вариантами реализации данного действия: алгоритмом создания оригинальной формы и алгоритмом композиционного построения формы.

Первый алгоритм почти полностью повторяет приведенную выше последовательность графических операций анализа и выполнения членений n -го порядка. Для данного алгоритма наиболее трудным является математическая идентификация изображения, осуществляемая на каждом этапе построения. Она связана с необходимостью задания требуемого количества параметров (координат точек), определяющих математическую модель получаемой формы.

Гораздо более удобным для ЭВМ является второй, композиционный, способ построения производной формы из непроектируемых элементов базы данных. Каждый этап построения заключается в том, что исходная базовая форма ($p-1$)-го порядка преобразуется в форму n -го порядка с помощью объемного элемента, вызываемого из базы данных на экран дисплея для корректировки по размерам и пространственной ориентации. Затем осуществляется связь дополнительной и базовой форм с помощью алгоритмов сложения или вычитания объемов.

3.2.3. Изображение деталей, трансформация плоскости с помощью рельефа и контррельефа

При выявлении деталей формы на изображении продолжается построение, структурная основа которого заложена предыдущими этапами. Однако оно должно быть выделено в качестве самостоятельного действия, так как имеет принципиально отличную геометрическую основу. Если в предыдущем действии ориентировка основывалась на структуре базовой формы и, следовательно, исходной системе координат проекционного пространства, то рассматриваемое действие связано только с отдельными элементами целого, а именно с плоскостями — гранями формы. От качества выполнения предыдущей работы во многом зависит результат рассматриваемой, внешняя сторона которой заключается в построении окончательных контурных обводов всех элементов формы. Студенты часто забывают, что за этой стороной скрывается подготовительная работа по геометрическому анализу и многократному уточнению формообразующих контуров. Они стремятся форсировать конечный этап выполнения внешних обводов формы.

Изображение мелких деталей осуществляется на модели только после того, как будет создана ее прочная структурная основа. Для ясной визуальной ориентации в объемно-пространственных характеристиках формы этому этапу может предшествовать небольшая тональная разработка основных частей изображения. У студентов с хорошо сформированными графическими навыками операция изображения деталей с помощью рельефа и контррельефа включается в структуру действия по тональной разработке формы.

Действие начинается с оценки характера структуры конкретного элемента формы и возможности построения его по приводимому ниже алгоритму. На этой стадии проверяется и уточняется знание студентами ориентировочной основы действия. Исполнительная стадия действия осуществляется с помощью операций разметки плоскостей (поверхностей), а также трансформации полученной на ее основе конфигурации в рельеф или контррельеф.

Операция разметки в плоскости на пространственном эскизе требует известных навыков работы в аффинных преобразованиях. При необходимости студентам предлагаются специальные задания на построение перспективно-аффинного (родственного) соответствия. Предварительно сообщаются сведения об инвариантах точечного соответствия полей проекций, связанных такой закономерностью. Указывается на сохранение следующих базовых свойств аффинного соответствия: коллинеарности, параллельности прямых, простого отношения трех точек прямой.

Особое внимание обращается на практические способы задания аффинного соответствия двух полей (точечных структур изображения): совмещенное, определяемое осью родства и парой соответствующих точек, и произвольное точечное, определяемое тремя базовыми инвариантными свойствами (рис. 3.2.13).

Подготовительные упражнения позволяют студентам легко справиться с задачей разметки произвольного контура в любой из ортогонально ориентированных плоскостей. Если группа изображаемых элементов связана между собой какой-либо структурной зависимостью, то она должна строиться на плоскости в целом. Детальное разбиение этой группы осуществляется на последующем этапе действия.

Второй исполнительской операцией является трансформация плоской конфигурации в рельеф или контррельеф. Она осуществляется путем параллельного переноса контура изображения из плоскости или в глубину ее. Схема такой трансформации приведена на рис. 3.2.14. Контур, лежащий на плоскости, переносится по третьей, перпендикулярной к плоскости координате на необходимую высоту рельефа (или глубину контррельефа).

В контрольно-корректировочной операции осуществляется проверка правильности переноса контура, проверка трех ортогональных групп параллельных прямых и обрисовка контуров деталей с тональной проработкой их, соответствующей степени завершенности всего эскиза. Так же, как и в предыдущем действии, контрольная стадия объединяется с редакцией, уточнением изображения, приданием ему относительно законченного вида.

Обратим внимание на основные ошибки, допускаемые студентами при выполнении рассматриваемого действия. Большинство их относится к неправильному построению плоского контура детали в одной из ортогональных плоскостей базовой формы, что свидетельствует о недостаточном усвоении студентами геометрической стороны ориентировочной основы действия.

Причина второй группы ошибок заключается в том, что структурной основой действия является не базовая форма в целом, а только одна из ее плоскостей. В действии отсутствует непосредственная связь с исходной системой координат параллельной проекции. Ошибки в построении плоскостей, явившиеся результатом приблизительного осуществления предыдущего действия, приводят к невозможности качественного выполнения рельефной проработки плоскостей.

Большинство ошибок в построении формы происходит от неслверной ориентации в возможности раздельного выполнения геометрического построения и изображения реальных контуров модели. Первая часть работы совершается на основе

геометрических понятий, вторая — на основе чувственных представлений. Такое разделение чувственного и рационального моментов в эскизировании вредно, так как приводит на первом этапе к формальному построению, сопровождающемуся потерей видимости формы, а на втором этапе — к плоским контурам обводов деталей. Потеря их пространственного характера происходит в основном из-за недостаточной активности визуальных опор пространственного изображения.

Реализация рассмотренного действия на ЭВМ в режиме взаимодействия осуществляется по алгоритму, аналогичному операционной структуре создания пространственно-графической модели.

Идея рельефа очень удобна для программного осуществления графической модели. Трансформация формы с помощью рельефной разработки произвольной конфигурации осуществляется путем создания на дисплее соответствующего плоского изображения. Сначала на экране в нужном масштабе вычерчивается плоская конфигурация. После редакции изображения следует операция «помещения» этой конфигурации в выбранную для него плоскость объема. Для этого используется стандартная программа аффинного преобразования плоского изображения. Наконец, с помощью специальной подпрограммы плоское изображение «выдвигается» на нужную величину или «вдвигается» в глубь формы. При необходимости создания развитого рельефа (контррельефа) с различной глубиной расположения элементов необходимо повторное обращение к данной процедуре.

3.3. СОДЕРЖАНИЕ И ДИДАКТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВИЗУАЛЬНО-ГРАФИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ

В художественном рисунке одним из главных средств эмоциональной, эстетической выразительности является тон. Для технического рисунка, тем более для пространственного эскиза, эти качества не являются основными. Из тех свойств, которые привносит тон в линейный рисунок, для технических целей имеет значение только наглядность, зрительная осязаемость формы, позволяющая создать прочную визуальную основу воображению. Для опытного дизайнера использование тона в эскизе почти не требуется. При создании линейного эскиза развитое пространственное воображение дизайнера проникает как бы в глубь листа бумаги и все движения карандаша строго подчиняются единой проекционной основе. Точность построения формообразующих линий определяет результирующий пространственный эффект, возникающий при восприятии скупо прорисованной формы.

Но для человека, делающего первые шаги в простран-

ственно-графическом формообразовании, требуются специальные приемы, позволяющие «видеть» пространство по возможности на более ранних этапах изображения. Поэтому в дальнейшем под целью всех действий тональной моделировки формы будем подразумевать улучшение ее объемного характера, усиление пространственных взаимосвязей между различными частями, а также целостности изобразительного решения. Вместе взятое это повышает реальность воссоздаваемой на плоскости рисунка трехмерной пространственной ситуации, помогает автору увидеть результат своих усилий и своевременно принять необходимые меры для восстановления геометрической правильности формообразующих линий.

3.3.1. Тональная разработка объема

В первой главе были подробно проанализированы цели тональной разработки формы. Здесь мы ограничимся рассмотрением ориентировочной основы исполнительных и контрольных операций, связанных с созданием объемного характера формы. Эту часть в дальнейшем будем называть рельефной разработкой эскиза, так как в силу невыявленности пространственных отношений элементов конечный результат действия напоминает плоский рельеф.

Для примера рассмотрим поэтапную рельефную разработку простой объемной модели. Исходное состояние эскиза — линейное построение, определяющее пространственную структуру модели. Исполнительные стадии рельефной разработки объемной формы последовательно показаны на рис. 3.3.1.

Первая операция заключается в мысленном анализе формы, определении числа и расположении теневых плоскостей, выявлении вершин трехгранных углов, направленных к зрителю.

Для целостности восприятия изображаемой формы рекомендуется в процессе работы накладывать «тени» одновременно на параллельные грани, добиваясь их визуальной тождественности.

От вершин отмеченных трехгранных углов студенты проводят горизонтальные прямые, контрастно разделяющие освещенные и теневые части. Допускается одновременно легкая тональная подштриховка линий в глубь изображаемой плоскости.

Аналогичную операцию необходимо проделать с вертикальными линиями этих же плоскостей, разделяющими теневые и полутеневые грани. Ориентиром в этой операции, так же как и в предыдущей, являются выступающие вершины трехгранных углов (см. рис. 3.3.1,б). Сразу после окончания операции необходимо оценить плавность тонального

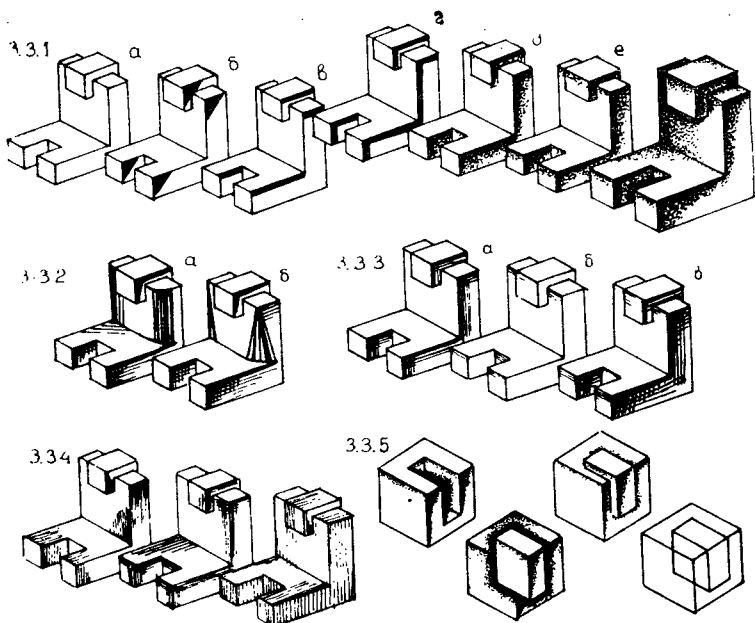


Рис. 3.3.1. Последовательные этапы тональной разработки рельефа формы: исходное состояние рисунка (а), анализ действия (б), тональное подчеркивание горизонтальных границ света и теней (в), тональное подчеркивание вертикальных границ света и теней (г), тональное обобщение плоскостей (д), нанесение полутени (е)

Рис. 3.3.2. Ошибки в тональной проработке плоскостей: цилиндрическое «съедание» изломов плоскостей (а), эффект конического перехода между плоскостями (б)

Рис. 3.3.3. Различия в тональной разработке теней и полутеней: штриховка теневых граней (а), штриховка полутеней (б), окончательный вид (в)

Рис. 3.3.4. Типичные ошибки тональной проработки рельефа формы

Рис. 3.3.5. Различные трактовки пространственной сцены в результате изменения тонального решения

перехода от максимальной интенсивности границы до совершенно высветленной противоположной части плоскости. Эта стадия рассматривается нами как контрольно-корректировочная. В процессе ее выполнения происходит тональное обобщение теневых плоскостей. Одновременно исправляются недостатки предыдущих стадий выполнения действия.

В заключение осуществляется легкая подтушевка горизонтальных линий, разделяющих свет и полутень. Вертикальные линии на границе полутени и тени должны оставаться незаштрихованными в сторону рассматриваемой плоскости, так как глаз воспринимает относительный контраст темного (тень) и светлого (полутень). Вблизи вертикальных линий штрихи должны располагаться только с одной, более темной стороны. В противном случае форма принимает

искаженный характер, вместо линии пересечения двух вертикальных плоскостей появляется эффект плавного цилиндрического перехода. На рис. 3.3.2 изображены две модели, подобные рассматриваемой, но имеющие пластический переход (цилиндрический и конический) между вертикальными плоскостями.

В контрольной стадии рекомендуется оценить единство интенсивности всех полутеней. Эта интенсивность должна быть подчиненной тональной разработке теневых плоскостей (рис. 3.3.3). Неясность визуального различия в тональном соподчинении теневых и полутеневых граней формы является наиболее частой ошибкой студентов (рис. 3.3.4).

При реализации данного действия на ЭВМ необходима специальная программа, состоящая из двух структурных частей: поиск выступающих вершин изображения, тональная обработка тени и полутени изображения. Моделирование ориентировочной части действия заключается в отыскании тех вершин изображения, в которых сходятся одновременно три видимых ребра, и в проверке углов между этими ребрами. Если все три плоских угла больше 90° , то вершина определяет те плоскости, на которых осуществляются следующие операции тональной разработки плоскостей.

3.3.2. Анализ визуальных эффектов пространственной глубины и многоплановости

Постановка целей развития пространственного мышления приводит к необходимости расширения средств выразительности в передаче визуальных эффектов глубины и многоплановости. В традиционном техническом рисовании тональная разработка глубины уровней отсутствует. Тон используется только для выражения рельефа поверхностей.

На рис. 3.3.5 изображены контурно два тела. В силу неопределенности их пространственного положения эскиз не может трактоваться как однозначный. На рис. 3.3.5,б—г различными тональным решениям одного и того же линейного контура соответствуют три различных варианта относительного глубинного положения деталей. Изображение тел на этих рисунках, так же как и их пространственное положение, достаточно полно охарактеризовано тоном.

На рис. 3.3.6,а изображена композиция, составленная из нескольких непронизводных фигур. На графической модели показан объемный рельеф. На последующей модели (рис. 3.3.6,б) кроме светотеневой рельефной обработки изображен силуэтный характер каждой фигуры как целого. Благодаря такому выделению элементов между ними возникают пространственные связи. Композиция становится пространственно-соподчиненной.

Для показа глубины пространства наиболее часто ис-

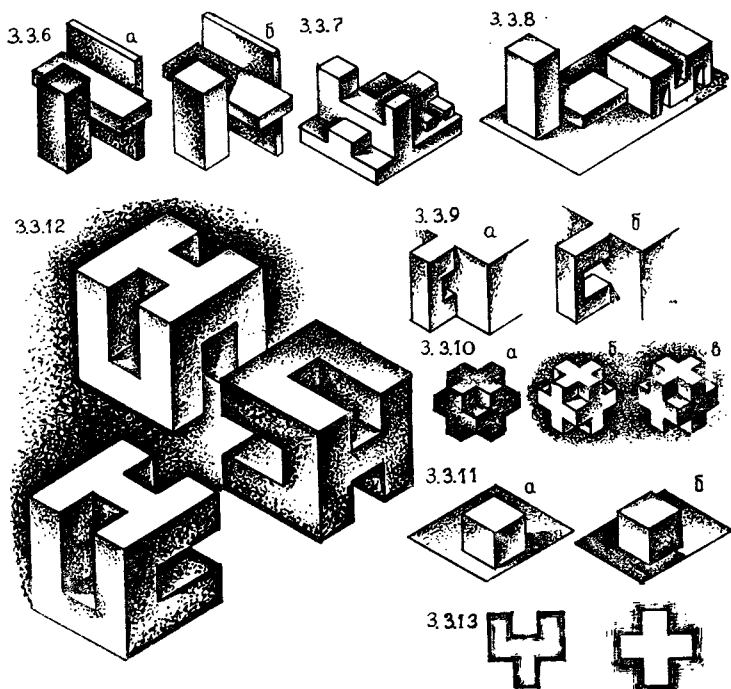


Рис. 3.3.6. Элементы композиции пространственно разобщены (а), касаются друг друга (б)

Рис. 3.3.7. Тональная разработка глубины объемной композиции

Рис. 3.3.8. Тональная разработка глубины пространственной сцены

Рис. 3.3.9. Использование различных алгоритмов показа глубины: уплотнение пространства-фона (а), высветление фона (б)

Рис. 3.3.10. Три типа тонального соотношения системы «фигура — фон»: темное на светлом (а), светлое на темном (б), смешанный тип (в)

Рис. 3.3.11. Характеристика разобщенности различных планов пространственной сцены: куб стоит на плоскости (а), куб висит над плоскостью (б)

Рис. 3.3.12. Пример использования трех типов силуэтного выделения формы

Рис. 3.3.13. Упражнения на технику выявления силуэта сложной конфигурации

пользуется модель его глубинного «уплотнения». Каждый силуэт подчеркивается плавно исчезающим в пространстве ореолом. На рис. 3.3.7 и 3.3.8 показаны объемная и пространственная композиции, в которых уровни глубины выделены таким же образом.

Не всегда удается обойтись однотипным алгоритмом построения пространства. Ему можно противопоставить модель высветленного в глубь пространства, которая может с успе-

хом применяться в пространственных сценах. В объемных композициях по второй схеме рекомендуется изображать сквозные отверстия (рис. 3.3.9).

В сложных объемных композициях и пространственных сценах для показа многоуровневости необходимо использовать одновременно обе приведенные схемы. Чтобы не запутаться в большом количестве вариантов возможной реализации тональной разработки уровней глубины, следует помнить главное правило: для изображения пространственного выдвижения отдельной части формы необходим контраст тонального решения ее силуэта.

Для создания требуемой ориентировочной основы студентам дается понятие о трех типах соотношения «фигура—фон». На рис. 3.3.10 показана одна и та же форма при различных положениях источника освещения. Его характер играет большую роль, помогая выявить объемность рельефа, форму силуэта.

Силуэтные изображения отличаются высокой степенью обобщенности и активного выделения предмета из окружающей среды. В учебных работах по пространственному эскизированию силуэтное решение формы используется в тех случаях, когда надо выделить пространственный уровень глубины или когда следует обобщить форму, придав ей большую целостность. Например, на рис. 3.3.11 первая изображенная модель стоит на плоскости, вторая висит в пространстве. Ясность трехмерной связи в изображении возникает из-за подчеркнутого силуэтного решения нижней части куба. На рис. 3.3.12 иллюстрируется три типа силуэтного выделения и обобщения формы.

Ориентировочная основа действия включает в качестве главного момента определение тех мест, где начинается «расслоение» формы на несколько уровней. Для этого необходимо выявить выступающие части изображения, силуэтно накладываемые на элементы формы глубинного уровня. Как показывает опыт, определение начала и конца профильного очерка выступающей части формы требует известного навыка и вызывает затруднения у начинающих.

В процессе исполнительской стадии несколько усиливается тональная активность профильного очерка с одновременным уточнением его начала и конца. Сила штриховки плавно ослабевает с удалением от границы очерка в сторону фона.

Несмотря на простоту данной операции, в работах студентов встречается много ошибок. При недостатке графического опыта отмечается отсутствие плавности изменения тонального обрамления силуэта выступающей части формы. Особенно часто наблюдаются разрывы силуэта в узлах линий. Для ликвидации этих ошибок предлагаются специальные

упражнения на выявление силуэта плоских фигур сложной формы. Линию контура необходимо тонально разработать так, чтобы в одном случае чувствовалась материальность фигуры, в другом случае — фона (рис. 3.3.13).

В некоторых работах отсутствует соподчинение тонального решения различных планов формы. Затусhevывая задний план изображения в целом (не обращая внимание на свет, тени, полутени), мы тем самым уменьшаем контраст решения его.

При недостаточном усвоении ориентировочной основы действия возникает ошибка в определении начала и конца профильного очерка выступающего плана. В этом случае предлагаются специальные упражнения на нахождение выступающих очерков (рис. 3.3.14). Как правило, указанная ошибка одновременно приводит к неправильной обработке конечных точек очерка. Эти точки характеризуют основание выступающей части, в них сходятся элементы переднего и заднего планов. Чем дальше удаляемся от краевых точек очерка, тем большую разницу пространственных уровней наблюдаем на его границе. Рекомендуется глубину пространственного перепада на силуэте изображать более широким «ореолом», окружающим выступающую часть. Характер тонального решения фона вблизи конечных точек напоминает падающую тень от лобового источника света.

Следует подчеркнуть, что глубина перепада, реализуемая на очерковой линии, изображается только за счет увеличения зоны заштрихованной части, но не за счет увеличения интенсивности граничной линии или общего тонального решения фона. В конечных точках очерковой линии тональность следует не ослаблять, а несколько усиливать для компенсации уменьшения площади тонального обрамления.

Иногда в работах студентов наблюдается нарушение логической последовательности действия, связанной с информационно выразительной значимостью элементов различного плана. Когда в определенном месте изображения возникает необходимость обработки нескольких уровней глубины, тогда последовательность операций должна соответствовать движению от переднего наиболее информационного плана ко всем последующим. Только в этом случае возникает должная соподчиненность между пространственными уровнями глубины. Беспорядочная тушевка приводит к раздробленности формы, к потере пространственной выразительности графической модели.

Фрагмент композиции, содержащий несколько пространственных уровней глубины, показан на рис. 3.3.15,а. На рис. 3.3.15,б,в приводится необходимая последовательность операций, соответствующая правильному характеру выполнения действия.

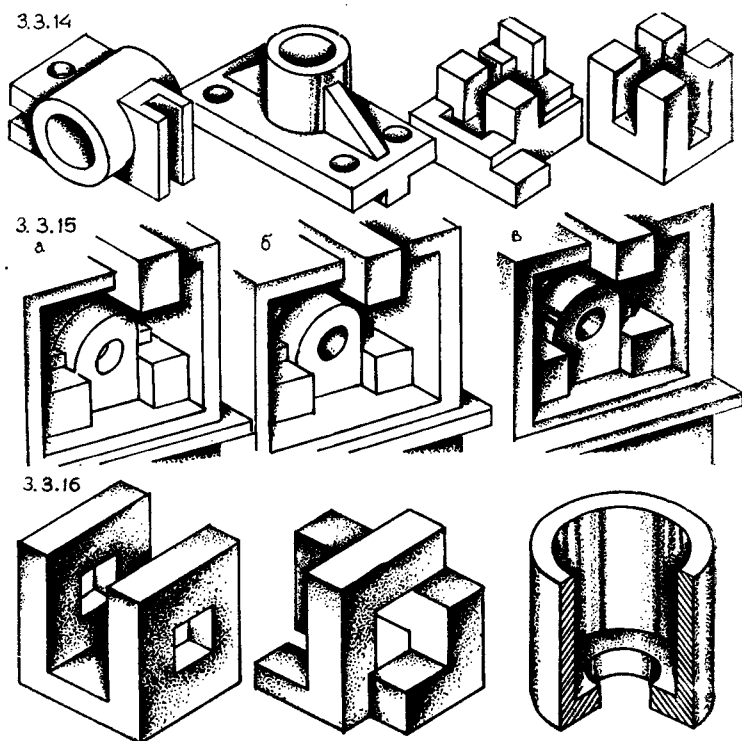


Рис. 3.3.14. Упражнения на выявление пространственных уровней глубины

Рис. 3.3.15. Последовательность этапов разработки композиции с несколькими уровнями глубины

Рис. 3.3.16. Тональная разработка композиций сложной пространственной структуры

При изображении объемных тел студенты чаще всего применяют способ показа глубины путем создания светлого силуэта на темном фоне. Иногда этот способ приводит к неверному представлению о характере объемно-пространственной формы. Показ глубины по первому способу дает иллюзию глухого отверстия, образованного ручкой-скобой (см. рис. 3.3.9,а). Темным силуэтом на светлом фоне подчеркивается открытый характер отверстия, через которое проникает свет (см. рис. 3.3.9,б). Изображение в этом случае соответствует характеру восприятия реальной формы.

В первых рисунках студентам трудно сразу освоить все методы показа пространственной глубины, поэтому вначале их внимание концентрируется на отработку одного из спо-

собов. В дальнейшем указывается на соответствие характера восприятия рисунка и модели, на эффективность графических способов выявления глубины. При переходе к изображению детали сложной объемно-пространственной структуры навыки создания различных эффектов пространственной выразительности должны быть уже в общих чертах сформированы. На рис. 3.3.16 приведены изображения тел сложной пространственной структуры. Тональное решение пространственных композиций не подчиняется строго очерченным правилам. В таких работах студенты максимально приближаются к творческому процессу создания дизайнерского рисунка.

Машинный алгоритм выполнения данного действия осуществляется на основе того же состава операций. На ЭВМ наиболее удобно реализовать единственный способ показа уровней глубины (за счет тонального «уплотнения» пространства в глубину изображения). Алгоритм состоит из поисковой части и подпрограммы создания граничного контраста выступающей части локальной структуры («подтушевки» контура).

3.4. ОБОБЩЕНИЕ, КОНТРОЛЬ И ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Контрольная и исполнительная части действия состоят из операций ликвидации дробности изображения, неравномерности тонального решения плоскостей и поверхностей, достижения целостности. Отсутствие единства графического решения формы в конце работы является закономерным результатом действий по детальному анализу ее частей и выделению отдельных визуально-пространственных характеристик элементов.

В содержание первого контрольно-корректировочного действия включается определение степени активности выделения формы из плоскости листа бумаги. Наиболее часто требуется усилить активность внешнего контура. При этом вся форма силуэтно выступает как целое на ровном фоне листа. В предыдущем разделе был проанализирован подобный прием усиления силуэта для контура определенного уровня глубины. В данном заключительном действии тем же способом выделяется вся форма (рис. 3.4.1).

При отсутствии окончательной редакции изображения заметна неоднородность характера графического решения различных частей рисунка. Даже в пределах одной какой-либо грани имеются и линейное, и тональное решения формы. Исходя из этого ставится задача приведения рисунка в целостное состояние по характеру изобразительного приема. Этого можно достигнуть двумя путями: подчинением либо

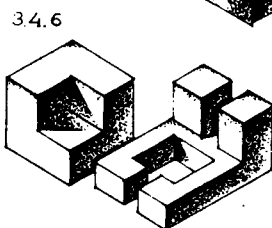
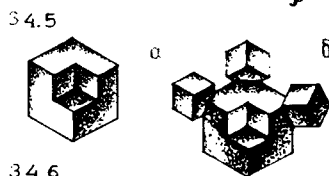
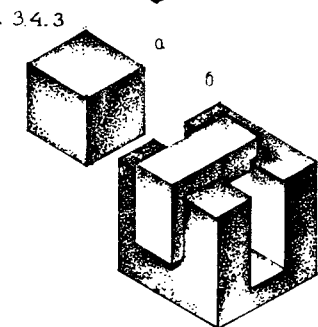
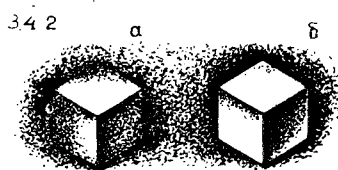
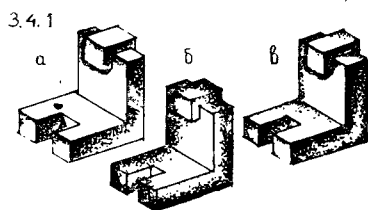


Рис. 3.4.1. Обобщение формы путем силуэтного выделения наружного контура: форма разработана рельефно (а), тоном подчеркнут силуэт (б), объединение первых двух алгоритмов (в)

Рис. 3.4.2. Два типа подчинения линейного контура тональной среде изображения: внешний контур «растворяется» в среде (а), контур контрастно выделяется из среды (б)

Рис. 3.4.3. Восстановление тонального единства решения каждой грани формы: тональное единство на эталонном кубе (а), тональное решение детали (б)

Рис. 3.4.4. Характеристика пространственной связи элементов формы путем показа падающей тени

Рис. 3.4.5. Неверный способ показа углубленной части (а) формы приводит к «перевортыванию» изображения (б)

Рис. 3.4.6. Тональное решение углубленных частей формы

линейного, либо тонального решения (рис. 3.4.2). На практике рисунки студентов могут приближаться как к первому, так и ко второму типу изображения. Но для единообразия отработки навыков в качестве основного рекомендуется принимать второй алгоритм обобщения изображения. Его содержание составляет операцию тонального выделения граничного силуэта формы с учетом соподчиненности контура основным формообразующим линиям изображения (рис. 3.4.3).

Содержанием двух последних редакционных действий является показ падающих теней, выявление выступающих и углубленных частей формы. Как отмечалось ранее, для объемной композиции строгое геометрическое построение контура падающей тени дает незначительный эффект. Падающая тень в пространственном эскизе может показываться с различной степенью условности. Восприятие пространственных характеристик изображенных конструкций слабо зависит от точности построения тени, поэтому можно вполне ограничиться условным ее показом (рис. 3.4.4).

Вопросы эскизной передачи характера падающей тени связаны со способом показа выступающих и углубленных частей изображения. Неправильное решение углубленной части формы (рис. 3.4.5) приводит к искаженному пространственному восприятию композиции. В приведенном примере углубленная часть «выворачивается» в нашем сознании, вместо впадины мы видим выходящий вперед (пристроенный под углом к основанию) маленький кубик. Такой неадекватный эффект обусловлен тем, что углубление получено с помощью формальных алгоритмов выявления объема. Чрезмерная контрастность на границах плоскостей углубления привела к пространственному «переворачиванию» трехгранного угла. В связи с тем, что все объекты заднего плана должны сопровождаться ослаблением визуальной активности, необходимо подчеркнуть контраст основания падающей тени и одновременно приглушить тон к углу впадины трехгранного угла. На рис. 3.4.6 геометрическая форма углубления почти полностью растворена в тональном решении падающей тени.

Учитывая психологию восприятия выпуклых и углубленных частей формы, на учебных занятиях дается перечень основных правил тонального выделения пространственных характеристик графической модели. Для того чтобы изображение было адекватно реальному объекту, необходимо придерживаться в работе над эскизом следующих положений:

- изображение всех выступающих частей должно иметь подчеркнутую четкость структуры и контрастный перепад тона;

- изображение углубленных частей формы не имеет ясности графического решения структуры, а должно быть проработано нюансными тональными перепадами на линиях пересечения плоскостей;

- падающие тени на гранях углублений, геометрически определенные у основания, с удалением от порождающей плоскости ослабевают до полного исчезновения.

3.5. СОДЕРЖАНИЕ И ДИДАКТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМПОЗИЦИОННО-СИСТЕМНЫХ ДЕЙСТВИЙ

Большое значение в развитии конструктивно-пространственного мышления студентов имеет группа композиционно-системных действий, непосредственно связывающих графическую деятельность по созданию пространственной модели с более общей структурой поисковой, конструктивной или композиционной деятельности [38]. Если предыдущие группы действий имели графическое содержание, то в данном разделе рассматриваются вопросы, относящиеся не к структуре изображения, а к структуре формообразования. Графическая модель в предыдущих действиях выступала в качестве цели. Для данной группы действий пространственно-графическая модель является средством достижения цели.

В учебном процессе по пространственному эскизированию по возможности устраняется деятельность, основанная на психологических механизмах стереотипного воспроизведения. Последняя имеет место в тех случаях, когда форма, предлагаемая студентам, в целом является заданной. В связи с этим мы считаем, что основной удельный вес должны иметь условные изображения, в которых форма задается с помощью словесного или геометрического условия, а также возникает в результате решения проблемной или практически-действенной задачи.

Важным преимуществом композиционных задач является то, что все учащиеся, независимо от уровня способностей и подготовки, одинаково активно могут участвовать в учебной деятельности. Это объясняется тем, что степень трудности задачи выбирается самим студентом по своим возможностям.

Ниже рассматриваются основные типы условий, накладываемых на процесс композиционного формообразования. Системный подход определяет тождественность композиций на структурном уровне. Поэтому элементы, с помощью которых создается композиция, могут свободно варьироваться студентом в рамках структурных ограничений. Простейшим видом ограничений, предлагаемых в учебных работах, является задание конкретных видов композиционной (конструктивной) связи элементов разрабатываемой формы.

3.5.1. Анализ конструктивных связей в пространственно-графической модели

Анализ конструктивных связей осуществляется в пространственном эскизировании посредством двух действий: анализа опоры и анализа технологической структуры изделия.

Так же как и в предыдущих действиях, анализ носит не

теоретический, а практически-действенный характер. Он включается в структуру определенных практических операций на пространственно-графической модели.

Первое из названных действий характеризует конструктивную целесообразность взаимного положения двух элементов, один из которых является несущим, другой несомым. Взаимное положение этих элементов, относительное распределение масс в них должны соответствовать характеру работы элементов в общей конструктивной системе.

Схемы различных положений двух элементов приведены на рис. 3.5.1. Целостный эффект воздействия формы определяется взаимным «весом» несущего и несомого элементов. В некоторых случаях два элемента воспринимаются как самостоятельные, в других они сливаются в целое. Наиболее интересные задачи в отношении реализации этого действия образуют развитые в пространственном отношении структуры. Они требуют специального объединения различных пространственно разобщенных элементов композиции в единое целое.

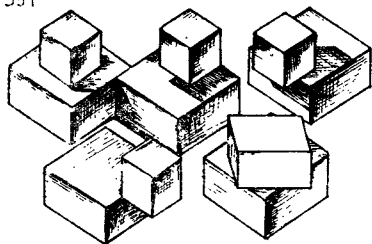
Для визуализации характера опорного взаимодействия двух элементов иногда бывает желательным использование графических приемов изображения падающих теней. Последние дают информацию о пространственном положении контактирующих плоскостей (см. рис. 3.5.1).

Большое значение для развития общетехнической культуры изображения имеет визуализация технологической структуры формы в графической модели. Особенно это важно для студентов-первокурсников, так как у большинства из них слабо развиты конкретные технические знания. Кроме того, соответствие внешнего вида изделия наиболее прогрессивной технологии является одним из главных требований к авторской заявке на промышленный образец.

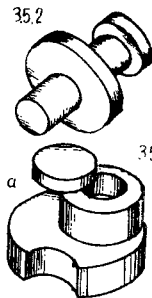
Конструктивная связь в композиции должна соответствовать определенному материалу и технологии его обработки. Например, на рис. 3.5.2 представлена связь элементов формы, которая имеет «токарный» характер. Структура определяется осевой симметрией композиции и образована поверхностями вращения. Нарушение осесимметричной структуры приводит к нетектонической форме, неясности функционального сопряжения элементов.

Композиция «фрезерного» характера представлена на рис. 3.5.3. Отличительной чертой этой формы является ортогональность образующих плоскостей и «самостоятельность» каждого паза. Форма, показанная на рис. 3.5.4, противоречива по своей тектонике, так как имеет черты и фрезерной, и токарной формы. Внешний вид ее имеет «архитектурную» избыточность, чрезмерную усложненность. Композиция, состоящая из нескольких цилиндрических вырезов, выполнен-

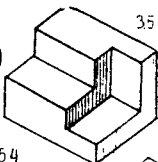
351



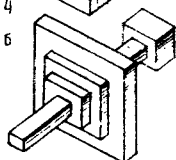
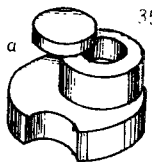
352



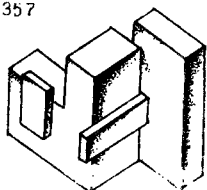
353



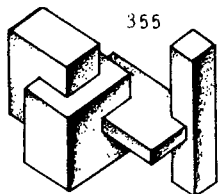
354



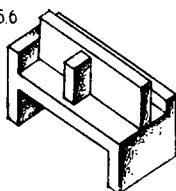
357



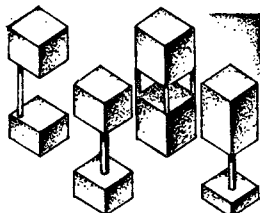
355



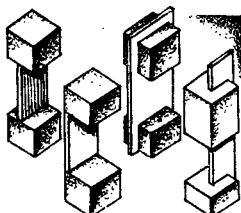
356



358



359



3510

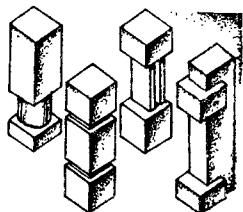


Рис. 3.5.1. Анализ опорной связи двух композиционных элементов

Рис. 3.5.2. Композиция токарного типа

Рис. 3.5.3. Композиция фрезерного типа

Рис. 3.5.4. Противоречивая тектоника формы: отсутствие осесимметричности токарной формы (а), наличие симметрии фрезерной формы (б)

Рис. 3.5.5. Композиционная связь, соответствующая столярной конструкции

Рис. 3.5.6. Композиция, соответствующая сварной конструкции

Рис. 3.5.7. Композиция, соответствующая клеевой конструкции

Рис. 3.5.8. Соединение двух объемных элементов с помощью линейной формы

Рис. 3.5.9. Соединение двух объемных элементов с помощью плоскостной формы

Рис. 3.5.10. Соединение двух объемных элементов с помощью объемной формы

ных в цилиндрической базовой форме, структурно соответствует «фрезерной» форме. Такая форма также противоречива по своей «технологии», неясность ее технического назначения создаст впечатление случайности формы, хотя динамическая связь вырезов придает ей абстрактную привлекательность.

Композиция, аналогичная столярной сборной конструкции, представлена на рис. 3.5.5. Ощущение целесообразности происходит оттого, что подобные формы не требуют дополнительных крепежных устройств. Композиция наиболее ясно передает конструктивную идею неподвижного соединения, поскольку опирается на самый простой, знакомый с детства опыт технической практики, распространенный к тому же во множестве используемых человеком вещей.

Сборочные конструкции сварного и клеевого типа представлены на рис. 3.5.6 и 3.5.7. Тектонической основой связи элементов в таких формах будут различные виды присоединений друг к другу: широкими плоскостями (клеевые соединения) или торцевыми частями (сварные конструкции).

Для композиционного анализа формы большой интерес представляют специальные конструктивные элементы, воспринимаемые в качестве связующих. Два элемента формы могут быть соединены в пространстве с помощью линейной формы (рис. 3.5.8), плоскости (рис. 3.5.9), объемного тела (рис. 3.5.10). В зависимости от характера связи можно получить большое количество разнообразных композиционных эффектов. Различный элемент связи может обеспечивать динамический или статический ее характер. В некоторых случаях реализуется направленность связи от одного объекта к другому.

В некоторых случаях желательно, чтобы элемент связи был выделен визуально при помощи дополнительных средств выразительности. Чаще всего для этой цели используют цвет и контрастную текстуру. Основные элементы окрашиваются в более яркие тона, а связующие — в более темные и менее насыщенные. Подобные колористические приемы позволяют художнику-конструктору более ясно выразить главное композиционное содержание.

3.5.2. Анализ композиционной структуры объектов с ортогонально ориентированными гранями

Графическое формообразование объектов с ортогонально ориентированными гранями рассматривается нами как обязательный этап начального освоения метода пространственно-графического моделирования. Геометрические объекты этого типа имеют ясно воспринимаемое строение, позволяющее держать пространственную структуру формы под строгим контролем сознания с первых шагов работы. Исходным базовым объемом в таких формах служит прямоугольный параллелепипед, построение которого непосредственно связывает форму с базовой системой координат параллельной проекции.

Процесс пространственно-графического моделирования связан с необходимостью постоянно выполнять действие ана-

лиза структуры воображаемой или воспринимаемой формы. Вслед за [12, 31] мы принимаем, что восприятие структуры формы есть свернутое перцептивное действие воссоздания процесса, формообразования в сознании. Практически осуществляемый на занятиях геометрический анализ изображения или объекта связан также с реализацией в несколько развернутом виде процесса образования формы или одного интересующего нас элемента.

В учебном процессе формирование этого важного действия осуществляется наиболее успешно на объектах с ортогонально ориентированными гранями. С позиции теории формирования умственных действий именно работа с такими объектами представляет начальный этап освоения действия. Интересующие нас структурные характеристики, являющиеся ориентирами правильного выполнения действия, выступают здесь в наиболее доступном для органов чувств виде.

Объекты с ортогонально ориентированными гранями являются базовыми для более сложных структур. Это утверждение можно рассматривать и с конструктивной, и с методической точки зрения. В конструктивном плане любая базовая форма сложной структуры должна быть связана с исходной системой координатных векторов, а следовательно, и с базовым прямоугольным параллелепипедом, отсекающим от пространства объем с необходимыми пропорциями. В методическом плане вопросы анализа формы сложной структуры могут быть рассмотрены только в непосредственной связи с алгоритмами формообразования, отработанными на более простых объектах.

Переходя к анализу самого процесса формообразования, необходимо выделить в нем два принципиально отличных алгоритма: образование формы путем вычитания из базового объема некоторых вспомогательных объемов, а также образование формы на основании базового объема путем прибавления к нему вспомогательных объемов. Для краткости назовем первый алгоритм алгоритмом вычитания форм, второй — алгоритмом сложения форм. Раньше базовый объем был определен нами через минимум потребных для получения окончательной формы операций. Иногда этот минимум достигается с помощью использования операций, принадлежащих к обоим типам, в некоторых же случаях характер формообразования требует наложения условий на полное или частичное ограничение использования первого или второго алгоритма образования формы.

Ограничение типа формообразования имеет и методическое значение, так как алгоритмы разных типов реализуют принципиально различные дидактические принципы. Образование формы с помощью алгоритма вычитания реализует принцип действия от общего к частному. Базовый объем в

этом случае с первых шагов работы задает общие параметры целого. Второй тип формообразования соответствует принципу деятельности от частного к общему. Базовая форма, с которой начинается изображение, является не обобщением целого, а лишь его частью. Параметры окончательной формы лишь частично находят отражение в исходной базовой структуре.

Рассматривая два типа формообразования с позиции геометрической теории условных изображений, можно отметить, что первый тип соответствует графическим операциям над полным изображением. Предполагается, что изображение базового объема в силу его структурной простоты всегда является полным. Каждая операция вычитания форм приводит к новой производной форме, изображение которой будет полным, поскольку все геометрические операции для его получения осуществлялись на полном изображении с помощью определенных геометрических элементов (прямых и плоскостей).

Второй тип формообразования связан с процессом композиционного объединения форм. Изображение каждой из них может быть полным, но композиционное суммирование не обладает сохранением свойства полноты. Последняя должна быть специально обеспечена путем внесения добавочных условий или заданием производных параметров, определяющих дальнейшее построение. Многие условия в процессе работы считаются сами собой разумеющимися и вводятся «по умолчанию». Но в таком произвольном введении условий скрывается потенциальная возможность допущения ошибки. Таким образом, второй тип формообразования требует в работе над графической моделью большей геометрической культуры.

На начальном этапе этот алгоритм рекомендуется использовать ограниченно. Этап основных формообразующих членений осуществляется, как правило, с помощью одного алгоритма вычитания форм. Этап детальной проработки форм допускает введение отдельных элементов с помощью алгоритма присоединения целостного элемента.

Форма детали, получаемая по первому алгоритму, отличается монолитной структурой, технологически она соответствует фрезерованным деталям.

Варианты производной формы первого порядка, полученной из базового объема путем вычитания прямоугольных параллелепипедов, показаны на рис. 3.5.11. В зависимости от расположения выреза в структуре базового объема можно получить большое разнообразие типов производной формы. Характер формы со сквозными (рис. 3.5.12) и глухими (рис. 3.5.13) вырезами резко отличается по результату.

Композиционная выразительность формы зависит от свя-

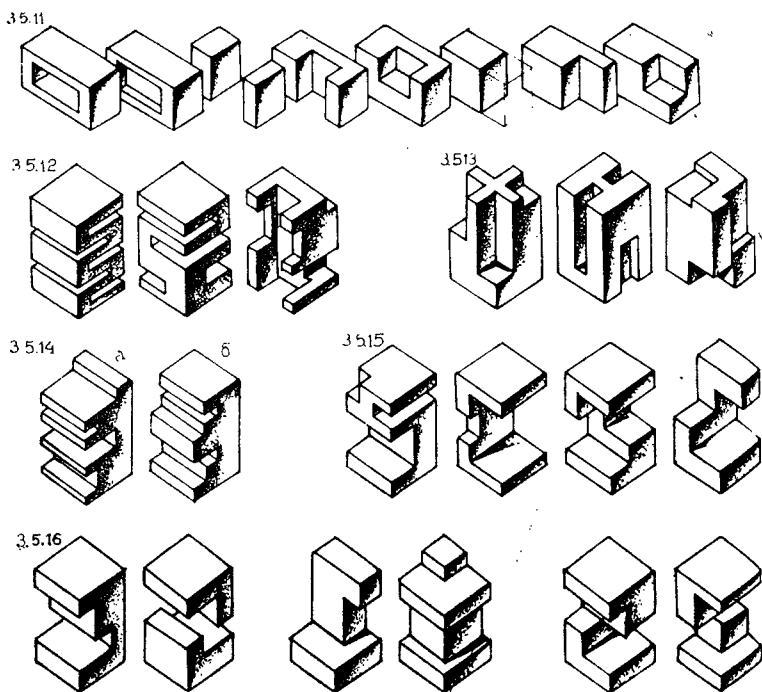


Рис. 3.5.11. Получение из базового объема производной формы различного характера посредством вычитания вспомогательного объема

Рис. 3.5.12. Формы, полученные из одного базового объема путем наложения нескольких сквозных вырезов

Рис. 3.5.13. Композиция формы, образованной непересекающимися глухими вырезами

Рис. 3.5.14. Форма, образованная пересекающимися вырезами одной ориентации

Рис. 3.5.15. Сложная форма, образованная пересекающимися вырезами

Рис. 3.5.16. Форма, образованная касающимися вырезами

занимости осуществляемых процедур вырезов. Если все вырезы в базовом объеме осуществляются изолированно друг от друга и ориентированы по одной координате (см. рис. 3.5.14,а), то получается простейшая плоская структура. Она незначительно усложняется даже при взаимном пересечении вырезов (рис. 3.5.14,б). Большая выразительность формы получается при различной ориентации вырезов и при взаимном их пересечении (рис. 3.5.15).

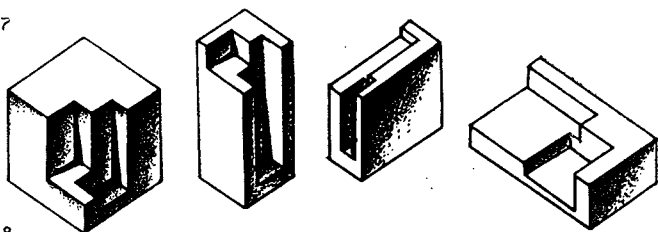
По взаимному сочетанию вырезов последние могут быть независимыми, пересекающимися или касающимися. Сознательно используя возможности, предоставляемые каждым видом операции, можно получить множество различных по характеру композиций. Способы применения взаимосвязанных касательных вырезов показаны на рис. 3.5.16. Комбинируя

различные приемы выполнения вырезов на базовой форме, получаем либо линейную структуру, либо плоскую композицию, либо объемную форму.

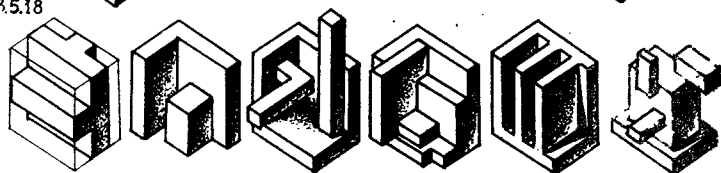
Большое значение для восприятия имеют пропорции как базового объема, так и локального выреза. В зависимости от различных соотношений размеров параллелепипедов, участвующих в операции, получаем композиции, значительно отличающиеся по общему эффекту. Структурно-тождественные фигуры, используемые в тестах на проверку восприятия общей структурной основы изображений, которые внешне отличаются друг от друга, представлены на рис. 3.5.17.

Переходя к рассмотрению композиций, образованных с помощью следующего алгоритма формообразования (сложения элементарных фигур), следует сразу оговориться, что

3.5.17



3.5.18



3.5.19

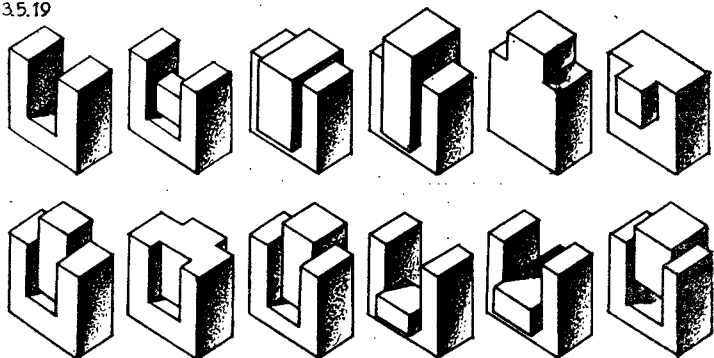


Рис. 3.5.17. Структурная тождественность фигур в отношении формообразования

Рис. 3.5.18. Получение формы путем сложения производных элементов

Рис. 3.5.19. Соединение двух элементов формы с помощью предварительного выреза паза

целесообразность его применения выступает только в том случае, когда хорошо освоены приемы грамотного построения формы от общего к частному. Получение детали путем сложения непроезженных фигур является в некоторых случаях формально более рациональным (по количеству потребных операций). Однако методически более грамотно начало обучения базировать на использовании алгоритма вычитания формы.

Различные варианты форм, получаемых с помощью алгоритма сложения форм, показаны на рис. 3.5.18. В том случае, если приставные элементы совпадают с исходной формой несколькими плоскостями, получаемый композиционный вариант эквивалентен рассмотренным ранее. Избыточная связанность формы придает ей монолитный характер. Если же приставная деталь совпадает с несущей формой только одной (или двумя) гранями, то добавляемый элемент визуально воспринимается вполне самостоятельно. В этом случае необходимо специальными методами добиться композиционной связи таких элементов формы.

В отношении связанности формы данный алгоритм уступает предыдущему, так как требует специальных приемов для метрической увязки размеров в единое целое. Монолитный характер формы предыдущего алгоритма позволяет достигнуть «правильности» деталей самой последовательностью процедур построения. Построение формы, составляющие элементы которой структурно тождественны, с помощью «сложения» не эффективно, поскольку требует применения к каждому построенному элементу дополнительных контрольных операций метрического согласования с базовой структурой. Наоборот, форму, основанную на ясно воспринимаемом сопоставлении несомых и несущих элементов, целесообразно выполнять с помощью алгоритма сложения.

Структурный анализ взаимосвязи двух элементов формы с помощью предварительного осуществления дополнительной (связующей) операции «выреза паза» приводится на рис. 3.5.19. Детали, получаемые с помощью подобного алгоритма, имеют в своей основе тектоническую природу. Наиболее характерные конструкции образуются при самостоятельном (контрастном) «звучании» как несущей, так и несомой частей формы.

Рассмотренные операции построения графической формы соответствуют структурным особенностям ее тектоники и поэтому идентичны алгоритму создания математической модели на ЭВМ.

Математическая модель детали (изделия) может быть разделена на две составные части: на структуру параметров, необходимых для однозначного определения формы, ее

пространственного положения, и на структуру операций, необходимых для формообразования детали.

Последняя структура является тождественной как для процессов математического и графического (пространственного) моделирования, так и для процесса изготовления детали в производственных условиях.

Пространственный эскиз представляет собой графическую модель позиционного типа. Как правило, создание эскиза не преследует цели метрического соответствия изображения оригиналу. Исключения составляют сложные случаи композиционного взаимодействия элементов формы.

В задачах разобранного типа обычно не возникает вопросов метрической эквивалентности оригиналу. Подразумевается, что задание необходимого числа параметров будет осуществляться при построении математической или графической модели строго формализованного типа (чертежа).

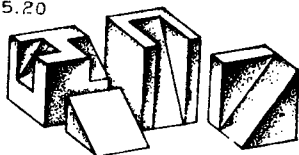
3.5.3. Анализ формообразования объектов сложной геометрической структуры

Проведем обобщение графического действия анализа структуры формообразования на объекты с произвольным (не ортогональным) расположением граней, а также на объекты, ограниченные кривыми поверхностями.

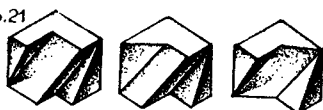
На рис. 3.5.20 показаны различные «вырезы» из ортогональной базовой формы, которые не приводят к значительному усложнению композиции, поскольку пространственное сочетание геометрических структур достаточно простое. Характер базового объема не изменяется от вырезов, последние носят локальный характер. На рис. 3.5.21 вырезы связаны с основными элементами базовой формы, поэтому результирующая композиция сильно отличается по своему характеру от исходной структуры. Здесь мы имеем дело с образованием нового типа базового объема производной структуры.

Различные варианты взаимного пересечения вырезов представлены на рис. 3.5.22. Наклонный (клиновидный) вырез читается более ясно (получает дополнительную геометрическую характеристику) при пересечении его с простым прямоугольным вырезом. В системе ортогонально ориентированных граней базовой формы наклонные вырезы воспринимаются как конструктивно оправданные, если они расположены «правильно», т. е. если горизонталь наклонной плоскости параллельна одной из осей координат (см. рис. 3.5.22). В противном случае результирующая форма воспринимается как слишком сложная, надуманная. Даже введение пересекающегося с ней прямоугольного выреза не вносит ясности. Только достаточно «сильный» композиционный эле-

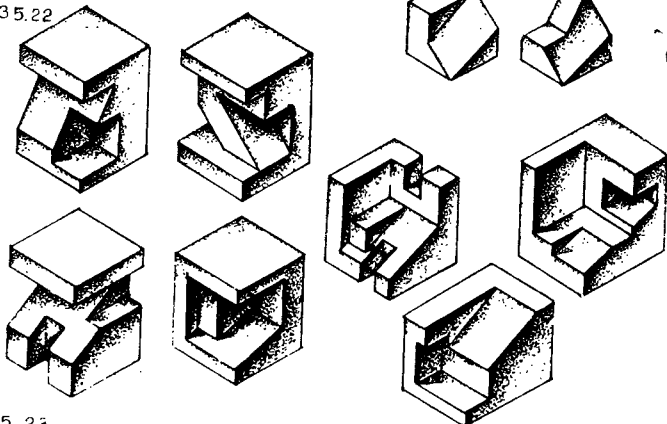
3.5.20



3.5.21



3.5.22



3.5.23

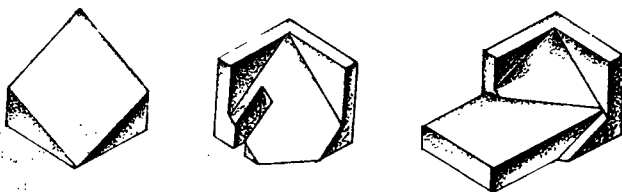


Рис. 3.5.20. Локальные наклонные вырезы не приводят к изменению характера базовой формы

Рис. 3.5.21. Вырезы, связанные со структурными осями базовой формы, приводят к новой производной форме

Рис. 3.5.22. Композиции, образованные простыми вариантами пересекающихся вырезов

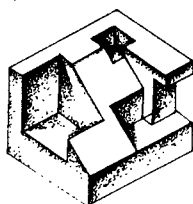
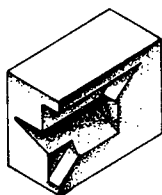
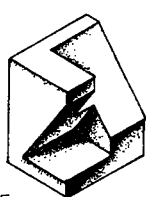
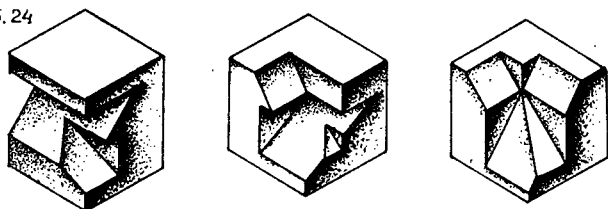
Рис. 3.5.23. Форма с вырезом, образованным плоскостью общего положения

мент, структурно связанный с осями базовой формы, улучшает общее впечатление (рис. 3.5.23).

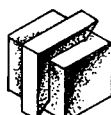
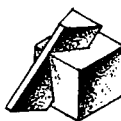
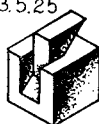
Несколько вариантов возможных пересечений двух клиновидных вырезов представлены на рис. 3.5.24. Результирующие композиции имеют методический интерес, определяющий более широкое применение таких структур в практике дизайнерского формообразования.

Композиции рис. 3.5.25 представляют примеры различных сочетаний двух объемных фигур по алгоритму «накладок» и «вставок». Как правило, здесь используются наклонные плоскости, горизонталь которых параллельна одной из координат базовой формы.

3.5.24



3.5.25



3.5.26

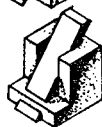
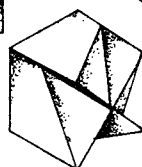
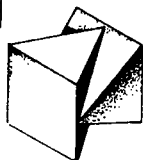
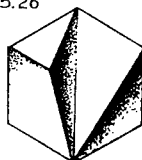


Рис. 3.5.24. Композиции, образованные двумя пересекающимися вырезами

Рис. 3.5.25. Композиции из двух фигур, соединяемых с помощью вставок

Рис. 3.5.26. Производная базовая форма сложной конфигурации, образованная из элементарного параллелепипеда путем наклонных вырезов

Обычно изображение машиностроительной детали или структуры общего вида изделия начинается путем членения элементарной ортогональной формы и превращения ее в производную базовую форму с наклонными гранями. Преобразование базовых структур носит целостный характер, параметры преобразования являются основными структурными элементами исходного объема (например, осями симметрии).

Примеры получения различных производных базовых

структур приведены на рис. 3.5.26. Простые производные структуры (клин, пирамида) можно изображать сразу без предварительного построения исходного прямоугольного параллелепипеда. В сложных случаях, соответствующих неоднозначному восприятию в параллельной проекции наклонных граней (неполное изображение), последовательный процесс «обрубки» элементарного прямоугольного параллелепипеда обязателен. Следы исходного объема и процесса образования производной базовой формы необходимо постоянно держать в активном состоянии для визуальной ориентировки в ортогональном пространстве изображения. В производных базовых объемах, образованных одними локальными вырезами, контуры исходной формы можно не сохранять, поскольку она воспринимается сознанием достаточно ясно (см. рис. 3.5.20).

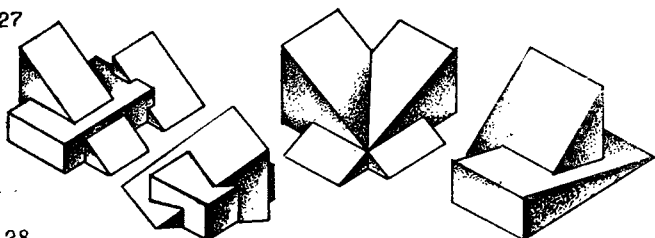
Наиболее сложными и интересными для графического анализа являются задачи на взаимное пересечение двух фигур с наклонными гранями. На рис. 3.5.27 представлены образцы заданий, выполненных студентами на одном из первых занятий по графическому формообразованию. Пересечение клиновидных объемов относится к достаточно трудным заданиям этого типа. Для привития прочных навыков геометрического анализа графической модели решение задачи на пересечение двух клинов осуществляется с помощью полных изображений. В этом случае словесно оговаривается, что обе фигуры стоят на одной плоскости. После того как навыки однозначного построения линии пересечения двух поверхностей будут достаточно освоены, можно переходить к задачам графического анализа неполных изображений. Отличие условия задачи заключается лишь в том, что плоскости оснований двух фигур принимаются параллельными (или основание одной фигуры сначала не задается). Это даст возможность одну инциденту выбрать произвольно (см. гл. 1). Решение в этом случае значительно упрощается.

Фигуры, в структуры которых включены наклонные грани, широко применяются в тестовых методиках сформированности структурного и комбинаторно-пространственного мышления (рис. 3.5.28), поскольку они дают многовариантные решения формы, соответствующие заданным условиям.

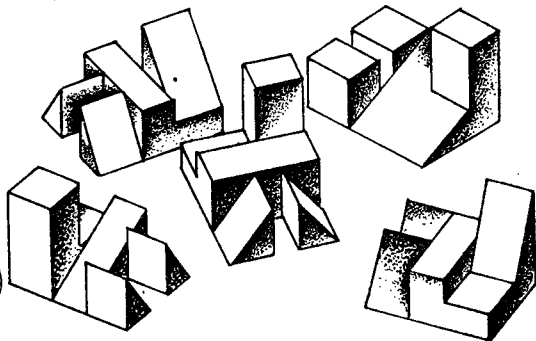
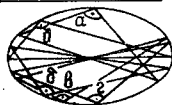
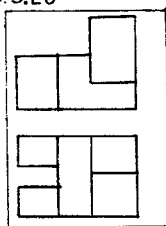
В заключение рассмотрим создание композиций с помощью цилиндрических и конических элементов. Более сложные поверхности в учебном процессе применяются редко, кроме того, их формообразование связано с привлечением специальных теоретических вопросов.

Изображение цилиндрических поверхностей в пространственном эскизировании сводится к предварительному построению базовой формы с ортогонально ориентированными плоскими гранями, в которые вписывается данная поверх-

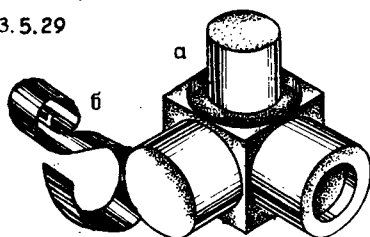
3.5.27



3.5.28



3.5.29



3.5.30

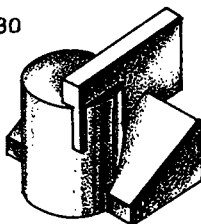


Рис. 3.5.27. Образцы заданий на нахождение линии пересечения двух многогранников

Рис. 3.5.28. Использование композиций с наклонными гранями в тестах для проверки сформированности комбинаторного мышления

Рис. 3.5.29. Учебное задание на отработку навыков графического анализа цилиндрических поверхностей (а), вспомогательное задание для выяснения характера цилиндрической поверхности (б)

Рис. 3.5.30. Композиция с использованием цилиндрических поверхностей в учебном задании по пространственному эскизированию

ность. На рис. 3.5.29 изображено учебное задание на отработку навыка графического анализа цилиндрических поверхностей. Главной геометрической задачей является построение рельефа и контррельефа на основе данной плоской конфигурации. Иногда для лучшего понимания характера цилиндрической поверхности предлагается построить произвольную ленточную композицию.

Производный характер цилиндрической поверхности определяет необходимость строгого выдерживания всех про-

пространственных соотношений, определяющих строение формы. Если цилиндрическая поверхность имеет в структуре целого локальное значение (обычно различные отверстия), то она может изображаться сразу. Необходимо только обращать внимание студентов на соответствие пропорциональных соотношений главных осей эллипса базовой системе координат. Если на изображении отсутствуют окружности соответствующей ориентации, то необходимо для правильной их передачи построить в рассматриваемой плоскости квадраты и только затем вписать в них окружности, соответствующие трем базовым плоскостям. Эти окружности будут служить своеобразным эталоном для построения локальных цилиндрических поверхностей.

В некоторых случаях окружность, изображаемая в аксонометрической системе координат в виде эллипса, служит эталонным элементом для построения сложной пространственной композиции. Например, необходимо разместить несколько фигур с плоскими прямоугольными основаниями на одной плоскости (см. рис. 3.5.28). Можно ли их основания изобразить в виде произвольных параллелограммов?

Очень часто в методической литературе по геометрии плоскость, на которой стоит какая-либо фигура, изображается параллелограммом. В данном случае возникает следующая задача: как в плоскость (заданную) поместить изображение квадрата со сторонами, непараллельными сторонам исходного прямоугольника.

Для построения нескольких квадратов, лежащих в одной плоскости, следует обратить внимание на изображение прямого угла. При параллельном проецировании прямой угол искажается, его значение является функцией направления стороны или диагонали квадрата. Это можно видеть при задании плоскости окружностью (эллипсом). Изобразив эталонный эллипс, задающий в параллельной проекции плоскость, мы по существу получаем график функциональной зависимости направления стороны прямого угла и его значения на изображении (см. рис. 3.5.28). Воспользовавшись данным несложным построением, мы сможем «поворачивать» квадраты и прямоугольники в плоскости любым желаемым образом. В машиностроительном формообразовании цилиндрические и конические поверхности, как правило, используются в простых композиционных сочетаниях.

В учебных целях для развития геометрического структурного мышления предлагаются более сложные задания на построение пересекающихся поверхностей. Пример соответствующих композиций, выполняемых студентами на занятиях по пространственному эскизированию, изображен на рис. 3.5.30.

3.5.4. Композиционно-графический анализ пространственной структуры изображения

В теории композиции задачам пространственного характера уделяется основное внимание в силу их сложности и методологической ценности для развития комбинаторно-пространственного мышления. Эти же причины побуждают широко использовать подобные задания и в пространственном эскизировании.

Основными признаками таких композиций является пространственная разобщенность элементов формы и наличие развитости по глубинной координате. Протяженность композиции по двум другим координатам позволяет разбить пространственные композиции на три группы: линейно-пространственные (рис. 3.5.31), плоско-пространственные (рис. 3.5.32) и объемно-пространственные (рис. 3.5.33).

По виду конструктивных элементов, образующих основной композиционный лейтмотив, пространственные композиции могут быть построены с помощью линейных (стержневых, трубчатых) структур, плоскостей и объемов (рис. 3.5.34—3.5.36). Главное значение имеет последняя группа композиций, так как она наиболее полно отражает структуру машиностроительных форм.

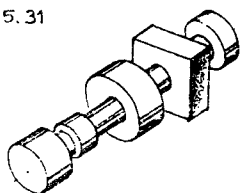
Выявление объемно-пространственного характера конструкции достигается ясным пространственным сопоставлением основных функциональных блоков-объемов. Пространственный характер этих объемов, их взаимное расположение составляют содержание композиционно-графического анализа структурных связей формы. Необходимо также визуальное акцентирование основных функциональных масс, подчинение им всех вспомогательных объемов.

При изображении технических изделий большого размера (превышающих рост человека) желательно пользоваться центральной проекцией. Перспективное изображение повышает выразительность показа глубиной протяженности композиции (см. рис. 3.5.36).

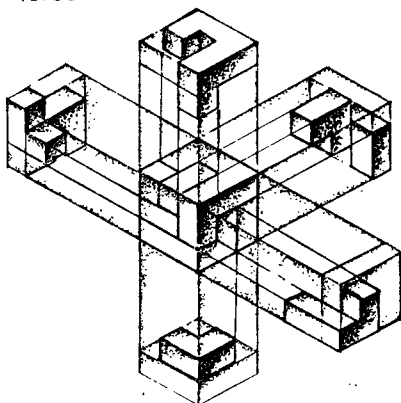
При анализе пространственной структуры большое значение имеет визуальная характеристика линий пересечения отдельных составляющих композицию элементов. На рис. 3.5.37 приведена объемная композиция, выразительность которой определяется сложным пространственным характером. Правильное отображение линии пересечения двух сопрягаемых в пространстве поверхностей является необходимым условием визуальной выразительности многих композиций. На рис. 3.5.38 представлена сложная задача на нахождение линии пересечения цилиндрических поверхностей.

Пространственные построения сопровождаются обычно разметкой, осуществляемой на подразумеваемых «гранях» пространства. Пример такой разметки приведен на рис. 3.5.39.

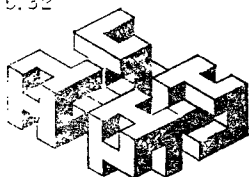
3.5.31



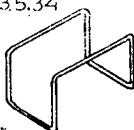
3.5.33



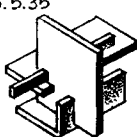
3.5.32



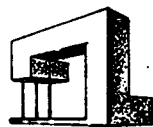
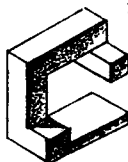
3.5.34



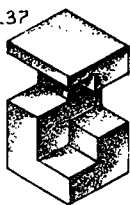
3.5.35



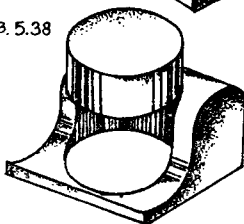
3.5.36



3.5.37



3.5.38



3.5.39

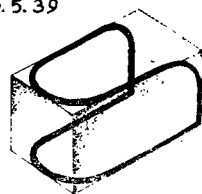


Рис. 3.5.31. Пространственная композиция одномерной структуры

Рис. 3.5.32. Пространственная композиция двумерной структуры

Рис. 3.5.33. Пространственная композиция трехмерной структуры

Рис. 3.5.34. Пространственная композиция из элементов линейного характера

Рис. 3.5.35. Пространственная композиция из плоских элементов

Рис. 3.5.36. Пространственная композиция из объемных элементов

Рис. 3.5.37. Сложный пространственный характер линии пересечения вырезов

Рис. 3.5.38. Композиция, выразительность которой определяет точность построения линии пересечения цилиндрических поверхностей

Рис. 3.5.39. Определение в пространстве радиусов закругления линейчатых композиций

Для более ясной ориентировки в изображении радиусов закругления пространственной формы рекомендуется построить эталонный куб и вписать в его грани окружности. Кроме этого, в углах базовой формы необходимо наметить квадраты, в которые затем вписываются сопрягаемые кривые.

Очень часто пространственный анализ изображения требует осуществления сечения формы плоскостью. Такая не-

обходимость возникает, например, при композиционных сочетаниях объемных и линейных структур. На рис. 3.5.40 приводится студенческая работа по такому анализу формы. В графической задаче требуется проверить правильность точек пересечения объемных элементов с линейными.

Обычно построение задачи такого типа производится на изображении, только что выполненном студентом. Оно позволяет осуществить дополнительный анализ структуры уже созданного пространства. «Ошибки» вносятся студентом в этом случае сознательно, так как целью работы является со-

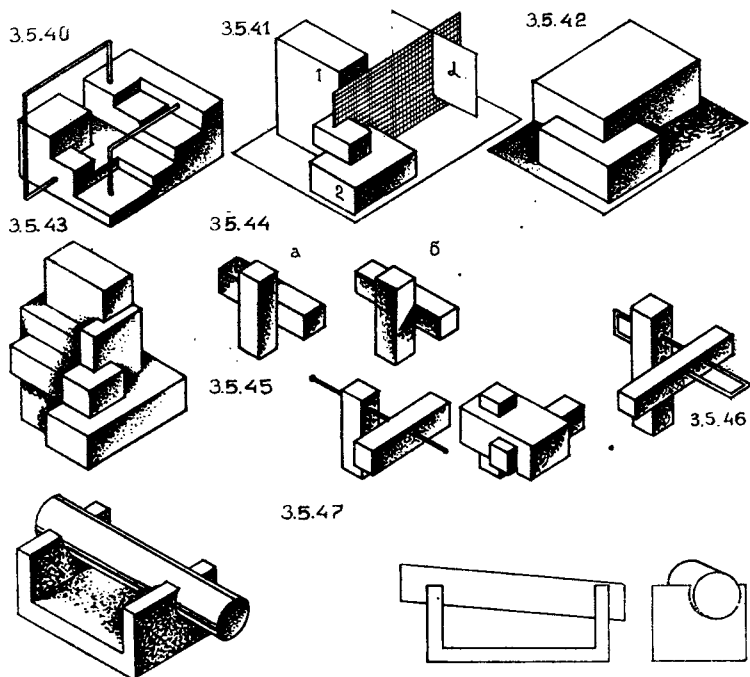


Рис. 3.5.40. Графическая задача на проверку правильности определения точек пересечения линейного композиционного элемента с объемным

Рис. 3.5.41. Графическая задача, в которой требуется определить минимальное расстояние от плоскости α до объемов 1 и 2

Рис. 3.5.42. Графическая задача на анализ опорных связей композиции

Рис. 3.5.43. Графическая композиция на анализ опоры

Рис. 3.5.44. Важность правильного тонального решения для выявления характера пространственного расположения элементов композиции

Рис. 3.5.45. Визуализация пространственного расстояния между элементами с помощью специальных конструктивных элементов

Рис. 3.5.46. Сверхполное изображение конструктивного элемента связи

Рис. 3.5.47. Геометрически верное изображение, воспринимаемое неадекватно пространственной структуре

здание графической задачи «абсурдного» типа для устного решения другими студентами.

На промежуточных этапах построения объемно-пространственной композиции потребность в подобном анализе не возникает, поскольку основная процедура построения «от общего к частному» автоматически приводит к правильности результата. Если же перед нами имеется законченная композиция, то согласование двух композиционных лейтмотивов представляет самостоятельную геометрическую задачу. Обычно ее следует предлагать аудитории в тех случаях, когда изобразительная деятельность преобладает над поисковой и цель ее — повышение геометрического аспекта задания.

Важным требованием анализа пространства изображения является способность студента выявить метрические соотношения качественного характера между элементами формы. В графической задаче, изображенной на рис. 3.5.41, требуется определить наименьшее расстояние от плоскости α до двух объектов 1 и 2. Анализ опоры композиции, изображенной на рис. 3.5.42, приводит к выявлению того факта, что объем A не касается опорной плоскости.

Вопросы подобного типа могут быть заданы практически на основе любого изображения, тем более, что в студенческих работах непреднамеренно возникают ошибки структурного плана. Чаще всего это случается в процессе реконструкции уже выполненной пространственной композиции. Например, на рис. 3.5.43 показана композиция, в которой нарушен принцип опоры двух элементов (они добавлены к композиции на заключительных стадиях изображения). Анализ невидимых контурных линий показывает, что объем A «заглублен» в плоскость основания. Линия основания должна быть иная и условно показана на рисунке.

Если в изображении отсутствует (или только подразумевается) опорная плоскость, то для ликвидации неоднозначности восприятия изображения (вследствие его геометрической неполноты) можно воспользоваться средствами тональной характеристики объема. На рис. 3.5.44 показаны неудачная (*а*) и удачная (*б*) тональная разработка простейшей композиции из двух элементов. Обычно свет принимают падающим сверху и слева. Такое освещение не является оптимальным для выявления конкретной особенности данной конструктивной связи. Во втором случае (*б*) изменение направления освещения и намеки на падающую тень позволяют «крепко» связать в восприятии два элемента изображения в единое целое.

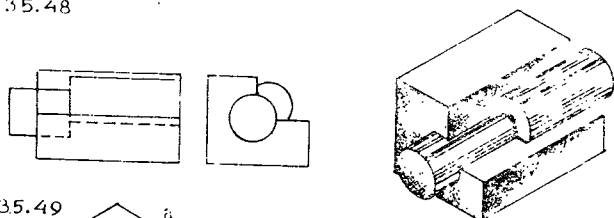
В случае, если между «висящими» в пространстве объектами должно существовать какое-то расстояние, обычно оно визуализируется с помощью какого-либо специального конструктивного связующего элемента.

В обычной практике технического творчества основное назначение процесса «конструирования» заключается в овеществлении функциональной объемно-пространственной структуры, в необходимости «одеть» ее в материал, связать в единое работоспособное целое. Поэтому визуализация пространственных связей является типичной операцией для конструирования. Два примера введения промежуточного конструкционного элемента показаны на рис. 3.5.45. Рис. 3.5.46 используется для создания проблемной ситуации, стимулирующей процесс анализа пространственных отношений элементов формы. Разбор абсурдности изображения имеет большое значение для уяснения сути проблемы.

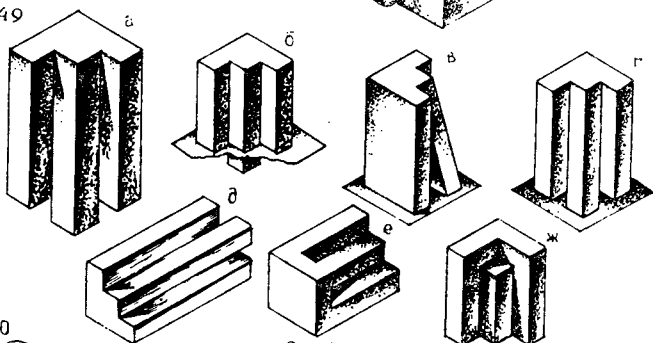
Различные абсурдные изображения, появившиеся в результате графических ошибок выполнения композиций, приведены на рис. 3.5.47—3.5.53. Эти ошибки можно разбить по геометрическому принципу на две основные группы: изображения верные и неверные. К первой группе относятся ошибки, объясняемые неадекватным восприятием структуры; во вторую группу входят ошибки, происходящие от неправильного использования необходимого количества параметров формы. Изображения первой группы являются верными только в геометрическом смысле, в конструктивном же они будут нецелесообразными (см. рис. 3.5.47).

При попытке построить две-три ортогональные проекции выясняется истинная структура изображения, а заодно и причина зрительной иллюзии. Верные (иллюзорные) изображения могут быть полными (см. рис. 3.5.48) и неполными (см. рис. 3.5.49,а). В первом случае ошибка восприятия происходит от невозможности определить глубину точки вдоль проецирующей прямой на одной параллельной проекции. Во втором случае изображение в восприятии дополняется некоторым условием полноты. Например, изображение на рис. 3.5.49,а воспринимается как стоящее всеми четырьмя опорами на одной горизонтальной плоскости. Наше восприятие привносит дополнительное условие, которого в реальной сцене нет. В силу этого изображение становится абсурдным. Если отбросить первую психологическую установку, то выясняется возможность такой конструкции (см. рис. 3.5.49,б,в). Ошибки восприятия опоры являются довольно распространенными в подобных изображениях. Та же структура на рис. 3.5.49,д, е, ж не воспринимается сколько-нибудь парадоксальной. Неполнота изображения (коэффициент неполноты равен единице) определяет возможность реализации различных геометрически верных конструкций.

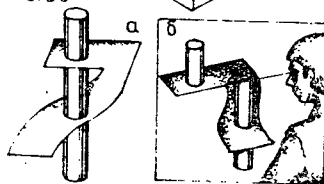
Группу геометрически сверхполных изображений составляют неверные изображения (рис. 3.5.50,а). Это нереальные конструкции, так как они геометрически противоречивы. Однако при отказе от некоторых исходных условий, накладыва-



35.49



35.50



35.51



35.52

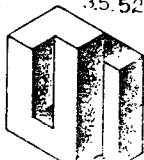


Рис. 3.5.48. Пример «абсурдного» изображения (геометрически верного)

Рис. 3.5.49. Пример неполного изображения. Абсурдность восприятия происходит от привнесения в сознание дополнительного условия полноты

Рис. 3.5.50. Сверхполное изображение (а); модель, позволяющая уяснить его пространственную природу (б)

Рис. 3.5.51. Произвольное задание плоского сечения более чем тремя точками: плоское сечение (а), каркасная модель (б)

Рис. 3.5.52. Сверхполные изображения «замкнутого» типа. Замыкание композиционной цепочки элементов происходит только в воображении

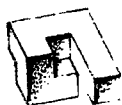
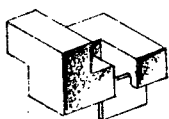
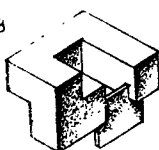
ваемых на объект, возможно выполнить сложные модели, которые помогают уяснить характер восприятия парадоксальной изобразительной ситуации (см. рис. 3.5.50, б).

К сверхполным изображениям можно отнести линейные пространственные системы, парадокс восприятия которых возникает от неправильного определения видимости, а также «плоскостей», заданных четырьмя точками (рис. 3.5.51). Другую подгруппу сверхполных изображений составляют «замкнутые» пространственные структуры. Замыкание осуществляется только на плоскости изображения, в реальном про-

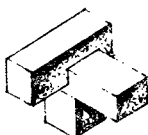
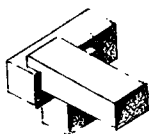
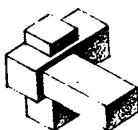
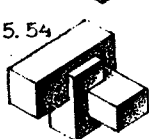
странстве концы формы просто расположены в разных уровнях глубины, но на одном проецирующем луче (рис. 3.5.52).

На рис. 3.5.53 парадоксальная структура включает в себя несколько нейтральных элементов для того, чтобы замаскировать абсурдность формы. Подобные изображения широко используются в учебном процессе для тренировки умения «читать» графическую структуру, определять в ней визуальные несоответствия. Характер последних затрагивает целостное строение формы, поэтому такой анализ способ-

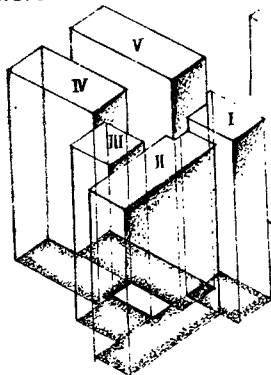
3.5.53



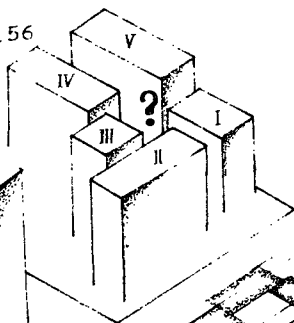
3.5.54



3.5.55



3.5.56



3.5.57

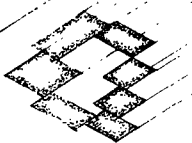
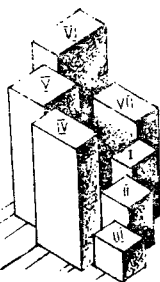


Рис. 3.5.53. Графический анализ сверхполного изображения

Рис. 3.5.54. Упражнение на графический анализ вариаций конструктивной взаимосвязи трех элементов

Рис. 3.5.55. Определение пространственного расположения композиции из простейших фигур с помощью анализа плана

Рис. 3.5.56. Анализ пространственного расположения объемов I—V, замыкающих композиционную цепочку элементов (элементы касаются друг друга)

Рис. 3.5.57. Решение задачи, аналогичной предыдущей, методом анализа плоскости основания

ствует развитию как структурного восприятия графической модели, так и инверсионности мышления.

К задачам на анализ абсурдного изображения относятся и рассмотренные ранее рисунки, содержащие ошибки в опорных соотношениях элементов на невидимой части (см. рис. 3.5.40—3.5.43).

Анализ пространственной структуры заключается в мысленном осуществлении всех процедур формообразования, в результате которых выявляются несоответствия в конструктивных и пространственных связях формы. Опытные конструкторы и дизайнеры осуществляют такую оценку в обобщенном, свернутом виде. В начале процесса обучения необходимо проводить анализ изображения во всей полноте графических действий, начиная от оценки элементарного базового объема и кончая анализом деталей выполненной конструкции. Как уже было сказано, строгое выполнение всех операций построения является основным условием получения на заключительном этапе верных изображений.

Для облегчения процесса восприятия пространственной структуры в учебных рисунках не рекомендуется стирать построительские линии. Так как это требование не всегда выполняется студентами, необходимо давать специальные задания на одновременное изображение базового объема и вписанной в него основной формы.

Анализ структуры тесно связан с чувством полноты изображения и возможностью определения инцидентий, характеризующих взаимную связь элементов формы. На рис. 3.5.54 приведено упражнение на вариацию структуры взаимосвязи трех ортогонально ориентированных элементов формы. Это упражнение позволяет не только осознать основные идеи условных изображений, но и глубоко прочувствовать их характерные особенности.

Несколько вариантов еще одного задания на анализ пространственных связей формы приведены на рис. 3.5.55—3.5.57. По условию задачи все фигуры стоят на подразумеваемом основании. Вопрос формулируется следующим образом: «Объемы I—V соприкасаются друг с другом. Какой характер связи имеет элемент V с объемами I, II, III, IV?».

Так как в случае общего основания и параллельности граней изображение базовой композиции, состоящей из заданных фигур, является полным, то задача будет метрически определена (с точностью до коэффициента искажений по осям аксонометрических проекций).

Решение осуществляется методом анализа опоры (плана композиции). Для этого на отдельной плоскости, параллельной основанию (см. рис. 3.5.55) или совпадающей с ним (см. рис. 3.5.57), изображаются следы объемных элементов композиции. База композиции определяется однозначно, а

варианты расположения замыкающих элементов находятся из условия соприкосновения с каким-либо объемом, либо пересечения с ним.

Аналогичные задания приводятся в тестах на проверку сформированности структурного действия анализа опоры.

Дозированное, поэтапное формирование перцептивно-графических действий, связанных с процессом создания графических моделей, в значительной мере сокращает затраты времени на обучение, повышает глубину и прочность получаемых знаний. Формирование элементарных действий восприятия, представления, переработки визуальной информации является результатом определенной формы постановки учебного процесса. Развивающий эффект сопровождает графическую деятельность только в том случае, если она включается в структуру более общего конструктивного или композиционного поиска.

РОЛЬ ОБУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО- ГРАФИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ В РАЗВИТИИ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

Программа обучения творчеству в вузе сталкивается с невозможностью воплощения ее в узкопрофессиональной постановке. Обучение творчеству — это не только дидактическая, но и социально-воспитательная задача. Она связана с определенной ориентацией личности, оказывающей влияние на все стороны ее развития, в том числе и на интеллектуальное совершенство будущего специалиста.

Любой вид профессиональной деятельности имеет творческое содержание. Оно заключается в интеллектуальной разработке, осмыслении программы деятельности, оптимизации ее с учетом достижения в конечном результате требуемого уровня качества.

Но на сегодняшний день между потенциально творческим содержанием профессиональной инженерной деятельности и характером реальных форм отражения ее в учебном процессе наблюдаются серьезные разрывы. Особенно они стали заметны сейчас, когда промышленность осваивает новые рубежи, связанные с требованиями конкуренции качества. В новых условиях инженеру необходимо не только безупречное знание всех специальных вопросов своей деятельности; в первую очередь перед ним выдвигается требование высокого качества ее результатов. Рассчитывать на то, что творческие способности проявятся в будущей деятельности сами собой, не следует. Задачи, которые современная стратегия управления качеством возлагает на руководителя производства, являются слишком сложными, чтобы пускать их формирование на самотек. Сегодня необходим высокий профессионализм именно в вопросах творческой проектной деятельности, которая понимается как специальная интеллектуальная деятельность по обеспечению качества любого технического решения.

Попытки использовать в учебном процессе элементы творческого поиска в решении различных технических задач встречаются с серьезными препятствиями, природа которых заключается не столько в отсутствии специальных знаний или неумении работать с информационными источниками, сколько в психологических барьерах личностного плана.

К тому времени, когда перед студентом пытаются ставить задачи творческого содержания (третий — пятый годы обучения), у них вырабатываются прочные интеллектуальные

стереотипы деятельности, являющиеся тормозом в реализации программы обучения творчеству. В основе подобного «механизма торможения» лежит ориентация на поэтапно регламентированную деятельность со строго рассчитанным минимумом трудоемкости каждого этапа и гарантией получения на каждом этапе отчетного результата. Именно такой характер лежит в основе дидактической разработки учебного процесса на начальном периоде обучения студентов в вузе.

Творческая деятельность, характеризующаяся неординарностью программы поиска, многовариантностью решения задачи, умением самостоятельно оценивать промежуточные и окончательные варианты, эффективность конкретного алгоритма, встречает со стороны студента открытый протест или определенную растерянность, поскольку представляет собой совершенно новый вид деятельности. Сказывается отсутствие навыков анализа условия задачи, исходной поисковой ситуации, неумение формулировать алгоритмы структурных преобразований системы данных, определять на основе методологических принципов науки конкретные пути решения, средства для его достижения.

4.1. УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ТВОРЧЕСТВА В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

Известно, что форма организации любого процесса (в том числе и учебного) играет роль регулятора, стимулирующего одну сторону деятельности в ущерб другой [5, 23]. Существующие организационно-методические формы учебной работы (особенно на младших курсах) направлены на формирование дидактических единиц знаний, ориентирующих студентов в известных путях и средствах решения основных технических проблем. А такая дисциплина, как машиностроительное черчение, формирует в основном столь же частные, утилитарные навыки профессиональной деятельности без должного их обобщения и связи с будущей поисковой деятельностью инженера. Отработанная временем организационная структура учебной деятельности в техническом вузе сложилась под влиянием модели экстенсивного этапа развития промышленного производства. Если производство на этом этапе в основном тиражировало проверенные образцы технических решений, то и система специального профессионального образования сформировала столь же устоявшуюся модель специалиста с четко определенным содержанием образования, перечнем знаний, умений, навыков, необходимых ему в профессиональной деятельности, с жестким нормированием «свободного» бюджета времени самостоятельной работы, не ос-

тавляющим возможности для развития индивидуальных способностей студентов.

Организационные формы учебного процесса, сложившиеся на сегодня в техническом вузе, особенно на младших курсах, превратились в главное препятствие для творческого раскрытия личности студента в обучении. Традиционное понимание учебного процесса с устоявшейся структурой предполагает достижение «целостности» в содержании обучения уже на этапе детального документального перечня знаний, умений, навыков, их научного обоснования, систематизации. Все силы методистов затрачиваются на приведение этой «идеальной» целостности в соответствие с принципами научности, системности и т. д. Подразумевается естественным тот факт, что зафиксированная в утвержденных учебных документах целостность сформирует такую же стройную целостность в сознании студента. Данная концепция построения учебного процесса предполагает, что исходный перечень знаний, умений, навыков специалиста будет стабильным в течение достаточно длительного времени.

Однако практика инженерной деятельности свидетельствует о том, что даже относительное постоянство расчетных требований к специалисту едва ли возможно. Предварительное достижение системной целостности содержания образования становится все более утопичным, так как технический прогресс ломает устоявшиеся системы учебных дисциплин, хорошо подогнанных друг к другу многолетней практикой и добросовестными усилиями методистов.

Но есть и другая целостность, другая система, которая образуется в сознании каждого студента и лишь относительно связана с первой. Она реализуется в учебном процессе и определяется не столько теоретической связанностью исходного научного и практического знания, сколько характеристиками учебного процесса и активностью жизненной позиции обучаемого.

В учебном процессе первая системная целостность содержания образования определяет структуру деятельности профессорско-преподавательского состава, вторая является результатом осознанной учебной деятельности студентов. Естественно, что деятельность студентов является опосредствованной деятельностью преподавателей, но окончательное суждение о целостности системы знаний, умений, навыков надо выносить по тому конечному эффекту, который будет реализован в практике учебного процесса. Нас должна интересовать та целостность системы знаний, которая возникает как окончательный результат обучения и сформирована в сознании студента. Опосредствование деятельности учения деятельностью преподавания (в конкретной реализации учебного процесса) зачастую расширяется до своеобразной кон-

цепции построения «проекта» учебного процесса с детальной разработкой единственной системы — преподавания. Системе учебной деятельности студентов в реализации дидактических целей учебного процесса специально не рассматривают. Подразумевается, что она автоматически включается в более общую систему и ее адаптационные возможности не ограничены.

Впервые четкость в постановку данного вопроса была внесена теоретиками программированного обучения [11, 52]. Ясности требовала основная идея этого подхода, заключающаяся в конечной идее автоматизации обучения. Поскольку «управляющая» функция преподавания реализуется здесь в опосредствованной форме, то прежде всего необходимо знание психологических механизмов изменений, происходящих в сознании студента. Алгоритмический подход к функции управления обучением определяет как самостоятельность системы учения, ее независимость от внешних «проектных» представлений, так и ее первичность по отношению к формированию структуры учебного процесса, в том числе методов преподавания и содержания обучения. Последовательное проведение научной «управленческой» методологии в [52] позволило авторам правильно поставить вопрос о качестве результата педагогической деятельности как соответствии достигнутому уровню качества системы учения. Именно детальное описание уровней качества в реализации поставленных дидактических целей занимает основное место в исследованиях этого направления. Выявление психологических особенностей мышления в процессе учебной деятельности студентов составляет основную трудность методической работы, и именно в этом направлении должны концентрироваться главные исследования, связанные с качеством учебного процесса конкретных дисциплин.

Итак, управленческий подход требует строить учебный процесс согласно концепции «человеческого фактора». При этом цели образования определяются путем исследования познавательной связи системы учения с системой образования [30, 53]. Эта связь дает характеристики той целостности, которая определяет содержание образования и качественные параметры последнего. Если мы рассматриваем целостность в системе индивидуальной, связанной с каждым студентом, то эта целостность не может быть стандартизирована. Насколько индивидуальна личность, настолько индивидуальна и та целостность, которую мы обычно определяем как содержание высшего профессионального образования. Индивидуализация обучения, раннее выявление специальных профессиональных способностей, развитие студентов с учетом особенностей психологических механизмов мышления — вот

главные резервы получения высокого качества обучения на выходе из системы.

Для вуза выполнение требования индивидуализации образования весьма сложно, поскольку оно определяет необходимость как избыточности, так и соответствующих адаптационных характеристик системы обучения. Но оно обеспечивает высокую степень дифференциации образования, столь необходимой для техники, и в то же время повышает качество профессиональной подготовки за счет приближения форм обучения к личностным характеристикам обучаемых, эффективно решает проблему развития творческих способностей.

Только современные адаптивные обучающие системы могут осуществить реализацию на практике принципов индивидуального обучения, предоставить в распоряжение студента средства, дифференцированные в зависимости от его способностей. В подобных системах возможно преодоление учебной пассивности студента. Жесткая система количественного управления подразумевает его авторитарность, т. е. активную деятельность преподавателя и пассивную, выжидательную позицию студента. Адаптивные системы качественного управления повышают профессиональное самосознание студента, активизируют его позицию в учебном процессе, выражающуюся не только в самостоятельности добывания знаний, но и в сознательном формировании целостного содержания своего образования, соответствующего конкретному месту специалиста в будущей профессии.

Система преподавания со своей стороны должна быть достаточно избыточной, обеспечивать усвоение не только стандартного перечня учебных дисциплин, но и различных композиций научных предметов, соответствующих индивидуальному предпочтению студента в профессиональной специализации. Гибкость системы обучения, являющаяся следствием многовариантности учебных планов, позволяет выполнить главное условие развития техники — постоянную перестройку целевого планирования подготовки специалиста в соответствии с изменяющимся характером профессиональной деятельности.

4.2. СВЯЗЬ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ ТВОРЧЕСТВУ С ЗАДАЧАМИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВОСПИТАНИЯ

Качество подготовки специалиста является конечной целью образования в высшей школе. В термин «качество» здесь вкладывается ряд интеллектуальных показателей и такие общие характеристики личности, которые определяются ее волевым, этическим и эстетическим развитием. Качество профессиональной деятельности связывается сегодня с образом инженера-творца, способного выдвигать, отстаивать и реализовывать на практике принципиально новые проек-

ные решения. Но позиция творца накладывает достаточно высокие требования на все стороны личности, на активность ее социальной позиции. В психологическом же плане творческая ориентация имеет не столько преимущества, сколько недостатки. Установка на творческий уровень освоения профессионального опыта предполагает формирование таких черт личности, как социальная устойчивость, самоотверженность, увлеченность поисковыми задачами, во имя которых приходится жертвовать определенными жизненными благами.

Существует двусторонняя связь между проблемой развития творчества и задачами мировоззренческого воспитания, эмоционально-волевого развития студента. С одной стороны, без творческих способностей, потребностей, установок немислима структура личности современного специалиста. С другой — без воспитания определенных эмоционально-волевых качеств личности, соответствующей направленности мы не сможем достичь в программе развития творчества заметных результатов. Ведь даже учебные поисковые задачи связаны с некоторым риском, с неопределенностью конечных результатов деятельности.

На сегодняшний момент наиболее распространенная в техническом вузе ошибка заключается в том, что задача развития творческих способностей ограничивается дидактическими рамками. Только при передаче соответствующего опыта эмоционально-ценностного отношения людей друг к другу и к окружающей действительности возможно формирование мотивов, способствующих направленности личности на поисковую деятельность. Только при этом у молодого человека возникает неформальное стремление к совершенствованию знаний, потребность в усложнении задач, в углублении поиска, в преодолении возникающих в познавательном процессе препятствий.

Таким образом, программа обучения творчеству в высшем техническом заведении должна быть неразрывно связана с вопросами профессионального воспитания. Эта связь рассматривается не как внешняя, а как внутренняя, определяющая конечный результат обучения в вузе. В связи с актуализацией проблемы развития творческого потенциала молодого специалиста самая общая цель высшей школы должна быть определена как создание необходимых предпосылок для удовлетворения естественной потребности студентов в творчестве и самовыражении, как помощь студенту в определении такого места в профессии, где он сможет проявить себя с наибольшей творческой отдачей. При реализации этой цели возникает активное отношение студентов к учебе, желание освоить профессиональный опыт творческой деятельности.

Постановка данных целей не утопия, а назревшая необходимость, связанная с развитием современной техники и давлением на нее со стороны конкуренции качества. Достижение этих целей — на порядок более трудная задача, чем реализация традиционных задач обучения. Сама формулировка этих целей отрицает, с одной стороны, административно-формальный стиль преподавания, а с другой — предполагает активность и творческую ориентацию студента на освоение профессионального опыта во всех составляющих компонентах. Студенту не даются готовые пути в профессию, он должен выбрать их сам. Но соответствующее поле выбора должно отвечать современному уровню и потребностям техники, а также возможностям, интересам личности молодого человека.

Постановка качественно новых дидактических целей, естественно, не отменяет известных методов учебного процесса. Обучение в форме репродуцирования известных в обществе знаний всегда будет занимать основной объем учебного времени. И очень важно, чтобы его конкретная методическая разработка носила развивающий характер, чтобы традиционные формы обучения не были абсолютно изолированы от поисковой деятельности. Дидактические цели развития личности, ее профессионального самосознания относятся не только к задачам общевузовского образования, но и к целевому планированию учебного процесса на любых других уровнях, в том числе и на уровне одного предмета и даже темы. Важно, чтобы методическая разработка конкретных задач носила достаточную интеллектуальную нагрузку, дифференцированную с возможностями каждого студента. Конкретное информационное содержание каждой темы и раздела должно быть критически пересмотрено с позиции максимально возможного укрупнения дидактических единиц и вклада в интеллектуально-поисковое развитие личности. Только в этом случае информационно-рецептивный и репродуктивный методы позволят создать тот фонд знаний, который станет эффективной базой обучения творчеству. Большое значение в отборе учебного материала при информационном методе обучения имеет критерий методологического характера этих знаний. В этом случае обучение приобретает более четкую профессиональную направленность, поскольку такое знание определяет возможность ориентировки специалиста в большом количестве информации (базе данных информационной системы) и эффективной реализации использования ее для конкретных целей профессиональной деятельности.

Укрупнение дидактических единиц и формирование профессионально-методологического знания тесно связаны с проблемой развития творчества, так как только в этом случае появляется возможность осуществить системную увязку

всего учебного процесса вокруг основной цели: развитие профессиональной зрелости, активности, самостоятельности специалиста. Обобщенные дидактические цели развивающего уровня имеют интегральный характер и проявляются как результат функционирования некоторой должным образом организованной системы обучения. Сюда относится не только определенная форма проведения учебного занятия, но и разработка методического обеспечения. Системный подход требует уделить особое внимание целостной увязке содержания всех учебных задач. Включение каждого конкретного задания зависит не столько от утилитарной ценности содержащейся информации, сколько от того, какой результирующий эффект оказывает определенная доза знаний на развитие мышления. Интегральное воздействие таких эффектов формирует способность человека справляться с различными трудностями поисковой деятельности, ориентироваться в сложных информационных системах, уметь применять современные методы анализа технических систем с использованием ЭВМ.

Системный подход предусматривает опосредствованную связь содержания конкретного учебного задания с профессиональной деятельностью. Утилитарный подход в обучении предполагает конкретную постановку дидактических целей и четкую связь каждой крупницы знания с практическими действиями в профессиональном будущем. В противоположность этому для ориентации студентов на творческую деятельность необходима постановка обобщенных целей обучения, укрупнение дидактических единиц знания. Формирование предельно широкого типа ориентировки в конкретном информационном материале связано с решением разнообразных задач [42]. Важное отличие системного подхода от традиционного заключается в кажущейся нецелесообразности конкретной учебной задачи, в отсутствии непосредственной «пользы» от формируемых ею знаний, умений, навыков. Это естественное противоречие между категориями количества и качества. Качественные сдвиги в развитии не являются результатом воздействия одного или нескольких компонентов системы обучения. Они возникают главным образом в результате определенной структурной организации этих свойств.

Концепция пространственно-графического моделирования полностью соответствует идеям системного подхода при изучении графических дисциплин. Прежде всего она отвечает предельно широкому типу ориентирования в поисковой деятельности, связанной с графическим моделированием. При решении задач геометрического или графического содержания требуемая ориентировочная основа конкретных действий создается студентом самостоятельно (третий тип по П. Я. Гальперину [12]). В предыдущей главе были приведены

данные для использования конкретного типа ориентирования в учебном материале на различных этапах создания пространственно-графической модели. Ориентировочная основа отдельных перцептивно-графических действий разбивается на группы, соответствующие различным этапам как самого процесса формообразования, так и его моделирования с помощью средств графического выражения.

Кроме этого, в основе пространственно-графического моделирования заложена идея моделирования процесса формообразования (а не внешнего вида, структуры объекта). Это принципиальное отличие от традиционного технического рисования, оно переводит методику обучения графическим навыкам в план интеллектуальной деятельности. Центральным моментом обучения пространственно-графическому моделированию является формирование ориентировки на использование геометрических и графических навыков в различных задачах технического творчества. Этот момент является чрезвычайно важным для профессиональной деятельности с использованием современных компьютеров.

4.3. РОЛЬ ЭВМ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ ТВОРЧЕСТВУ

Необходимость творческого развития личности диктуется расширяющимися возможностями информационного обеспечения профессиональной деятельности с помощью вычислительной техники. Изучение этих возможностей является обязательным условием усвоения сложившегося опыта профессиональной деятельности. Но одной информации о возможностях ЭВМ и особенностях ее использования в конкретной специальности еще недостаточно. Необходимо с первых дней обучения в вузе максимально приблизить учебный процесс к реальной деятельности инженера, использующего информационную базу ЭВМ. При этом студенты должны не просто привлекаться к «использованию» вычислительной техники, их учебная деятельность с ЭВМ должна предусматривать высокий уровень достижения профессиональных целей. Только тогда может выявиться основное преимущество организации профессиональной деятельности на базе ЭВМ, появятся соответствующие эмоционально-ценностные ориентиры в сложной проблеме компьютеризации техники.

Автоматизация проектирования выделяет графическую деятельность в самостоятельную структурную единицу — подсистему графических средств отображения технической информации. Задачи этой подсистемы более широкие, чем функции черчения в традиционном проектировании. САПР ставит проблему обучения инженерной графике прежде всего как структурно-информационное моделирование объектов, явле-

ний, процессов, рассматриваемых в системном аспекте. Задача машиностроительного черчения в рамках САПР формулируется как структурное конструирование, а также создание технологических моделей всех деталей изделия. Из традиционной задачи построения чертежа как основного технического документа, определяющего изготовление изделия, выделяется творческая часть, заключающаяся в информационном моделировании различных сторон процесса формообразования, обеспечивающих необходимый уровень качества этого процесса.

Центральной и наиболее трудно формализуемой задачей подсистемы графического отображения информации является создание математической модели геометрического образа изделия. Эта задача решается с помощью активного использования структурно-информационного обмена с базой данных вычислительной системы. Для этого используются методы композиции и декомпозиции элементарных форм, хранимых в памяти ЭВМ. Эта деятельность является не столько программно-алгоритмической, сколько композиционно-графической, в ней находят широкое применение структурно-геометрические алгоритмы пространственно-графического моделирования.

Таким образом, обучение студентов методам пространственно-графического формообразования технических структур является необходимым условием развития у них компьютерного мышления. Необходимость дидактической разработки целостной структуры курса пространственно-графического моделирования на базе ЭВМ диктуется быстрыми темпами развития автоматизации проектирования. На сегодняшний день наглядные изображения играют вспомогательную роль, используются в основном как иллюстрация, поясняющая текст или чертеж в ортогональных проекциях. В современном учебном процессе не уделяется должного внимания структурно-геометрическим основам наглядных изображений, формированию требуемых навыков пространственно-графического формообразования. Лишь небольшое количество студентов может успешно справиться с задачами графического анализа и синтеза объемно-пространственных структур.

Внедрение интерактивной машинной графики во все сферы интеллектуальной деятельности требует быстроты восприятия графических объектов, умения осуществлять их целесообразное преобразование. Графическое формообразование пространственных структур является главным средством обучения языку пространственно-графических образов, который необходим современному инженеру для эффективного взаимодействия с электронными вычислительными системами. «Машинная графика — область, ранее доступная только специалистам, стала теперь привычной вещью. Даже

школьники начальных классов работают с окнами, «мышами», дисплеями как с инструментами для рисования и, конечно же, для развития воображения. Мышление и программирование на языке графических образов становится неотъемлемой частью обучения разработке алгоритмов» [49, с. 127].

Деятельность по формированию графических навыков построения пространственных моделей не может быть реализована в учебном процессе в чистом виде. Ориентация учебной графической деятельности на наличие готовых образцов (натурных моделей или изображений в другой системе графической формализации) не приводит к требуемому развивающему эффекту обучения. Его результаты в этом случае будут ограничены техническими навыками формальных графических построений и знанием стандартов на правила оформления соответствующего графического документа.

4.4. ДИДАКТИЧЕСКИЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ ТВОРЧЕСТВУ

Важным условием развития творческих способностей студента является положительная мотивация учебной деятельности, позволяющая активизировать интеллектуальные потенции обучаемых и дифференцировать глубину усвоения материала в зависимости от индивидуальных способностей.

Мотивация пространственно-графического моделирования, по нашему мнению, должна основываться на удовлетворении следующих базовых потребностей личности современного студента: познавательной (интеллектуальной), потребности в самовыражении, потребности в творческом общении.

Изучение мотивации учебной деятельности сводится к рассмотрению условий, при которых студент в наибольшей степени раскрывает свои потенциальные творческие возможности.

Достижение высоких результатов в реализации дидактических целей развития творчества студента будет возможно при разрешении на практике трех задач мотиваций учебной деятельности:

- создание на занятиях атмосферы психологической «открытости» личности;
- активизация познавательного потенциала студента;
- обучение на моделях профессиональной деятельности.

Условием развития активной профессиональной установки личности будущего инженера является, прежде всего, усиление развивающего и обучающего эффекта группового взаимодействия. Учебная группа при соответствующей организации деятельности должна стать первичной социально-психологической ячейкой, в которой формируется профессиональ-

ное самосознание личности. Творческое взаимодействие студентов в учебном процессе должно порождать предпосылки интеллектуального развития личности, способствовать их активному сознательному отношению к освоению опыта профессиональной деятельности.

Активизация познавательных потребностей личности в процессе обучения осуществляется путем включения графической деятельности в более общую (поисковую). Мы уже останавливались на различных способах осуществления такого процесса. С рассматриваемой точки зрения важен вопрос о степени влияния различных характеристик задач, предлагаемых в учебном процессе, на мотивацию графической деятельности студента. В задачах, основанных на предварительном создании проблемной ситуации, необходимо оп-ределить тот диапазон трудностей, выход за пределы которого как в сторону занижения, так и в сторону завышения приводит к снижению мотивации.

Учебная деятельность пространственного эскизирования, максимально приближающаяся по характеру к творческой деятельности дизайнера, позволяет создать в аудитории атмосферу творчества, коллективной увлеченности. Исходное положение о том, что учить творчеству можно только в атмосфере творчества, определяет направление основных усилий преподавателей в разработке средств активизации учебной деятельности студентов, в нахождении доминирующего типа учебного взаимодействия между преподавателем и студентами.

Вслед за В. А. Сухомлинским [50, 51] мы приняли в качестве исходного положение о природной потребности молодого человека в самораскрытии, творческом самовыражении. Поэтому для решения данной проблемы мы не столько стремились отыскать «новые» методы, сколько пытались понять условия самоактуализации личности студента в его повседневной учебной деятельности и устранить препятствия для этого важного процесса.

Потребовался пересмотр сложившихся методов учебного взаимодействия, которые основаны на авторитарном стиле преподавания и отводят студенту роль пассивного ведомого, ожидающего подсказки на каждом шагу [27]. Это особенно заметно на первых занятиях по пространственно-графическому формообразованию, когда студентам предлагается не вполне обычная «деятельность» по решению практически дей-ственных задач в уме с помощью графических моделей. Первая реакция обучаемых — ожидание, затем просьба указать соответствующие способы решения, готовые алгоритмы деятельности.

Затронутая проблема социально-психологического вза-

и взаимодействия в педагогическом процессе занимает сейчас большое место как в теоретических исследованиях [10, 26] по социальной психологии, так и в работах, связанных с конкретным учебным процессом [22, 33]. Издержки бихевиористской концепции «подражания» в обучении особенно стойки в ситуации психолого-педагогического воздействия. Если в познавательном плане мы уже рассматриваем студента как активного субъекта деятельности, то в аспекте взаимодействия с «учителем» об этой стороне личности часто забывают.

Репродуктивные формы усвоения профессиональной деятельности не развивают активности личности, готовности ее к творческой деятельности. Естественно, что эти формы усвоения не требуют разнообразия и типов учебного взаимодействия. Ведущим является «разделяющее» взаимодействие, в котором резко поляризованы позиции обучающего и обучаемого. Активность обучаемого регламентируется в узких рамках имитации действий учителя, подражания задаваемым образцам [30, 33, 39].

Подобный тип педагогического взаимодействия формирует одностороннюю активность и относится поэтому к объект-субъектному, или монологическому типу. В учебном процессе по графическим дисциплинам нельзя обойтись без обучения по образцам. Но такое обучение вместе с соответствующим типом педагогического взаимодействия не может считаться основным, оно должно быть включено в структуру творческого поискового формообразования.

Требование овладения преподавателями более эффективной техникой психологического общения со студентами является обязательным условием успешного вовлечения их в поисковую деятельность. Преодоление выжидательной позиции студента, слом барьера пассивности предусматривают более высокий уровень социально-психологической компетенции преподавателя. В исследовании [33] отмечается, что по мере освоения преподавателем диалогического способа педагогического воздействия на учащихся, по мере «понимания» трудностей их учебной деятельности меняется как количественная, так и качественная характеристика способов общения учителя с учеником. При уменьшении общего количества воздействий возрастает их диапазон и эффективность. Требования и указания сменяются советами, просьбами, возрастает количество положительных оценок личности учащихся, появляется возможность предвидеть результаты педагогического воздействия.

Только при создании атмосферы творческой деятельности и взаимного доверия между преподавателем и студентом удастся снять психологическую «защиту» личности учащегося, мобилизовать его активность на нужную деятельность. «За-

дача учителя состоит в том, чтобы умственный труд был ... деятельностью, проявлением активных сил души, самоутверждением и самосознанием человека» [51, с. 161]. Знание психологии студента и характеристик его конкретной учебной деятельности является необходимым условием реализации диалогических методов управления (субъект-объектных), когда преподаватель выступает в роли организатора, направляющего групповую деятельность учащихся на решение учебных задач. Но для этого необходимо знать особенности поведения учащегося при решении типовых задач, необходима классификация этих задач по характеру реакций, психологической регуляции деятельности. Методическая разработка учебного процесса и определенной формы учебной деятельности в конечном счете сводится к проектированию системы учебных задач. Поэтому характеристики задаваемых графических работ оказывают значительное влияние на успешность учебной деятельности студентов по реализации поставленных дидактических целей.

Основное требование к данной педагогической проблеме должно заключаться в широком диапазоне адаптационной возможности задания. Для каждого студента его трудность должна быть соизмерима с индивидуальными интеллектуальными возможностями.

Для жестко детерминированных заданий (типа упражнений по начертательной геометрии) адаптация трудности может носить количественный характер. Студентам в этом случае предлагается не определенное количество задач, которое необходимо решить в аудитории и дома, а те навыки умственных действий, которые должны быть сформированы к следующему занятию. Кроме того, дается методика рационального «тренинга» этих навыков. Количество задач, входящих в методику отработки навыка, должно индивидуально варьироваться в зависимости от получаемого результата. При таком подходе развивающие цели должны быть дифференцированы до уровня каждой единицы учебной темы. Они должны быть не только глубоко усвоены преподавателем, но, и в доступной форме донесены до сознания каждого студента. Следует убедить его в необходимости достижения высокого уровня развития основных действий, научить методам самоконтроля и самооценки в процессе приобретения новых знаний.

Осознание необходимости интеллектуального развития, возможность принятия на себя функций управления процессом усвоения знаний является характерным требованием любого метода активизации учебного процесса.

Кроме полностью детерминированных задач в деятельности графического моделирования широко используются задания поискового (исследовательского) характера. В этих

заданиях цель деятельности указана заранее. Вариация сложности осуществляется за счет глубины разработки темы, которая может быть неограниченной. Задачи данного типа — многовариантные, с качественными критериями оптимизации.

В проблемной ситуации цель действия не задается, а является главным содержанием поисковой деятельности. Такие задачи в курсе «Пространственное эскизирование», как правило, решаются коллективно, группами по два-три человека. Осознание «неизвестного проблемной ситуации» [36] равносильно переводу проблемной задачи в разряд задач, решаемых методом упорядоченного логического поиска. Неизвестное проблемной ситуации становится целью поиска, которая достигается путем использования известных алгоритмов структурно-геометрического анализа. К проблемным задачам подобного типа относятся задания по анализу «абсурдных» графических моделей, восприятие пространственных противоречий которых приводит к довольно глубокому анализу геометрической природы формы и способа ее графического отображения на плоскости. Пока причина визуального абсурда не уяснена, нет и возможности правильно понять характер изображения. Только после осознания проблемной визуально-графической ситуации как искомой цели действия возможна управляемая деятельность по созданию правильной модели.

Особенность графической деятельности заключается в необходимости формирования на должном уровне самых элементарных навыков вплоть до навыка проведения линий.

Обращаясь к проблеме формирования «рабочих» навыков графического моделирования, следует отметить, что любая самая рутинная деятельность должна сопровождаться определенной интеллектуальной активностью. Ориентация на «чистую» обработку одних умений и навыков подавляет деятельность сознания и одновременно формирует очень распространенную в практике обучения привычку: сначала чертить (или рисовать), а затем уже думать.

В аудитории, где проводятся занятия по пространственному эскизированию, висит заповедь Леона Баттисты Альберти: «Никогда не берись за карандаш, пока как следует не обдумал, что тебе предстоит сделать и как это должно быть выполнено. Поистине проще исправлять ошибки в уме, чем соскабливать их с бумаги» [3, с. 46].

Отработка графических навыков, включенная в структуру деятельности, максимально приближенную к профессиональному творчеству, приводит к радикальному отличию в результатах. В процессе формирования навыка одновременно формируются те необходимые связи между двумя уровнями деятельности, которые адекватно соответствуют творческой деятельности.

4.5. МЕСТО ПРОСТРАНСТВЕННО-ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

Курс «Пространственное эскизирование» введен в учебный план студентов специальности «Самолетостроение» Воронежского политехнического института в связи с практической необходимостью формирования навыков графического отображения объектов сложной пространственной структуры, к которым относятся многие элементы авиационных конструкций. Изображение таких объектов в ортогональных проекциях не дает необходимой наглядности, поэтому в авиационной технике большой удельный вес занимают аксонометрические изображения, дополняющие обычные чертежи, и специальные пространственные схемы, предназначенные для показа сложной функциональной структуры конструкции.

Графические задачи, в которых может успешно применяться методика пространственно-графического моделирования, имеют место в трех специальных курсах: «Конструкция самолетов», «Оборудование самолетов» и «Технология самолетостроения». В соответствии с учебным планом и программами этих дисциплин студенты выполняют лабораторные работы, курсовой проект и дипломное проектирование. Во всех видах учебного процесса им приходится сталкиваться с необходимостью осуществлять пространственные изображения в аксонометрических проекциях. На лабораторных работах, особенно по конструкции самолетов, эти изображения выступают в форме набросков от руки. В курсовых и дипломных проектах студентам приходится выполнять аксонометрические изображения при помощи чертежных инструментов, иногда с применением тоновой проработки.

В курсе «Конструкция самолетов» возникает необходимость применить полученные ранее навыки пространственно-графического моделирования в следующих случаях:

- при изображении деталей сложной объемной структуры, особенно при выявлении характера ее сопряжения с другими элементами силового набора или показа расположения в конструкции корпуса самолета;

- при изображении структурной схемы силового набора части корпуса самолета. Особенность такого изображения заключается в его пространственном характере, что определяется отсутствием объемных элементов. Композиция в этом случае характеризуется преимущественно плоскими и линейными элементами каркаса, отличающимися лишь поперечным сечением. Графическая модель характеризуется сохранением пространственных и конструктивных связей. Метрические свойства часто опускаются. Особое внимание в

такой графической схеме обращается на характер конструктивных связей между отдельными элементами;

— при изображении элементов конструкции, которые представляют собой сложную композицию из линейных форм: стержней, рычагов, ферменных конструкций;

— при изображении общего вида самолета в целом или какой-либо одной части. Такое изображение сопровождается полным или фрагментарным показом внутреннего каркаса конструкции.

В условиях учебной САПР студенты в скором будущем будут получать информацию о базовых конструкциях, хранящихся в памяти ЭВМ, через графический дисплей [16]. Как правило, объекты авиационных конструкций представляются в памяти не только в форме чертежа, но и в форме других графических моделей, позволяющих более рационально осуществить процесс информационного обмена между проектировщиком (студентом) и базой данных ЭВМ. Применение более абстрактных, чем чертеж, схем и графических моделей определяется необходимостью осуществления таких специальных для данной отрасли техники поисковых разработок, как аэродинамический расчет профилей теоретического контура поверхностей, расчет динамических характеристик и центровки летательного аппарата, прочностной расчет различных пространственных конструкций и, наконец, разработка средств механизации управления самолетом. Во всех перечисленных расчетах используется широкий диапазон графических моделей различной степени абстракции — от чертежей и наглядных аксонометрических изображений до пространственных и функциональных схем. Данные изображения в автоматизированном проектировании являются основным средством управления процессом машинных расчетов и поиска оптимальных вариантов решения.

В курсах «Технология самолетостроения» и «Оборудование самолетов» столь же активно используются нечертежные формы графического моделирования. Причем наибольшие затруднения возникают у студентов при прохождении темы «Технологические членения самолета». В этом разделе курса студенты сталкиваются с необходимостью выполнения пространственной модели процесса сборки самолета. Особенную сложность имеют членения не всего самолета, а отдельных его агрегатов. Входящие в них частные под сборки имеют сложную конфигурацию, кроме того, требуется разместить эти элементарные агрегаты в пространстве в соответствии с принятой структурой членения. На разработку графических схем подобного типа студентам приходится затрачивать большое количество времени.

Второй темой, где есть необходимость использования раз-

личных пространственных моделей, является «Сборочно-монтажные приспособления». Данные приспособления отличаются в самолетостроении большим разнообразием объемно-пространственных структур и почти всегда требуют выполнения наглядных изображений. Соответствующая графическая модель в этом случае носит сложный пространственный характер, и ее построение вызывает большие затруднения у студентов в курсовом и дипломном проектировании.

Учебным планом предусматривается прохождение указанных выше предметов на третьем—пятом курсах. С точки зрения непрерывности формирования графических умений и навыков складывающаяся ситуация далеко не идеальна. Перерыв между временем изучения курса пространственного эскизирования и временем использования полученных знаний в практике проектных учебных работ составляет три-четыре семестра, тем более, что на первом курсе закладывается только основа формирования навыков. Дальнейшее совершенствование их предусматривается в практической деятельности конструирования. Для успешного продолжения единой методической линии формирования навыков пространственного эскизирования автор несколько раз выступал на методическом семинаре кафедры «Самолетостроение» с предложениями по ликвидации ошибок в работах студентов при выполнении ими курсовых и дипломных проектов.

Для ликвидации временного перерыва в формировании необходимых графических навыков пространственно-графического моделирования было решено обратиться к возможностям, которые имеются в курсе «Основы художественного конструирования». Содержание его лабораторно-практического цикла было пересмотрено с учетом преемственности обучения студентов, постановки и реализации дидактических целей пространственно-графического моделирования. Перестройка лабораторной части курса на пространственно-графическое моделирование основывалась на дизайнерском методе графического формообразования. В качестве объектов композиционного анализа вместо плоских фигур были отобраны объемные тела, по своей конструктивно-пространственной структуре максимально приближенные к реальным промышленным объектам: станкам, сборочным приспособлениям. Тем самым одновременно решались две задачи: объекты конкретной учебной деятельности связывались со специальностью студента, курсы «Пространственное эскизирование» и «Основы художественного конструирования» стали базироваться на единой методической основе графического пространственного моделирования.

Впервые после такой реконструкции занятия были проведены в 1981 г. Оказалось, что графические навыки, сформированные у студентов на первом курсе, в значительной ме-

ре облегчали работу по композиционному графическому моделированию. На этих занятиях, наряду с постановкой и разрешением специальных композиционных задач, студентам приходилось сталкиваться с проблемами их графической реализации. При этом осуществлялась преемственность дидактических целей развивающего обучения. Например, вопросы пространственной комбинаторики включались почти во все задания за счет дополнительных требований показа найденной формы с нескольких сторон. В других заданиях требовалось разработать различные варианты формы по указанным пространственным и размерным ограничениям. При этом в значительной мере увеличивалась полнота и осознанность композиционного анализа, так как оценка эстетической выразительности объемной формы возрастала при сравнении нескольких вариантов конструкций или при восприятии одной и той же конструкции с различных точек зрения. Всего в практическом цикле курса «Основы художественного конструирования» студентами выполняется шесть-семь работ по следующей тематике:

- Основные свойства объемно-пространственной композиции и ее элементов.

- Композиционные связи. Объединение элементов композиции в единое целое.

- Конструктивные связи, их визуализация в объемно-пространственном решении, оценка тектоники полученной формы.

- Функциональные связи, их визуализация в объемно-пространственном решении, эргономический характер производственного оборудования.

- Размерные связи и размерная структура композиции, принцип соразмерности, метод пропорционирования.

- Ритмическая структура композиции, динамика и статика композиционной структуры.

- Художественно-конструкторский анализ композиции промышленного изделия (станка, пресса, стапеля агрегатной сборки самолета).

Вариативность композиционных решений, сложность пространственных сочетаний объемов, единство визуальных, функциональных и конструктивных свойств анализируемых объектов позволяют не только восстановить, но и значительно углубить полученные ранее графические умения и навыки, подготовить студентов к сложным графическим заданиям, встающим перед ними в процессе изучения специальных дисциплин. Тем самым удается методически связать курс «Пространственное эскизирование» с единой системой непрерывного обучения инженерной графике, технической эстетике и специальным дисциплинам проектировочного цикла.

4.6. ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ ПОИСКОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Дидактические цели развивающего обучения содержат в себе вопросы формирования различных сторон системного мышления, необходимого для поискового конструирования. Но процесс развития такого мышления будет неполным, если студентов не вовлекать в круг задач проблемно-поискового содержания.

В предыдущих главах подробно обсуждалась необходимость включения подобных задач в учебную деятельность студентов не только на старших курсах, но и в начальный период обучения в вузе. При этом отсутствие требуемых знаний естественно ограничивает возможности использования в учебном процессе на первом курсе профессионально-конструкторских задач. Но моделирование психологической структуры деятельности, сопутствующей решению проблемно-поисковой задачи, представляется возможным и вполне целесообразным. Задачи с поисковым содержанием на материале частных научных дисциплин важны не только со стороны совершенствования требуемых умений и навыков, но и со стороны психологической регуляции познавательной деятельности. Механизмы подобной саморегуляции составляют основное содержание творческой деятельности, в которой на первый план выдвигается не столько результат решения задачи, сколько умение подвести техническую проблему под известные методы ее решения.

Возможности графических дисциплин в постановке задач поискового содержания используются сегодня далеко не полно. Их всесторонний методический анализ является одним из главных путей решения проблемы активизации познавательной деятельности, развития творческих способностей студентов. Данная работа не претендует на всесторонний охват этой проблемы. Предметом обсуждения в ней является обоснование целесообразности выделения в специальный раздел вопросов графического моделирования различных сторон конструктивно-пространственного формообразования. Это определяется тем, что в инженерной графике отмеченный процесс является основным содержанием поисковой деятельности.

В разработанном нами экспериментальном курсе пространственного эскизирования студенты учатся не изображать заданную форму, а моделировать процесс ее технического синтеза. Поставленные развивающие цели определили преимущественную ориентацию этого курса на проблемный метод обучения и на включение графической деятельности в более общую структуру поисковых задач на формообразова-

ние. В пространственном эскизировании студенты осваивают первый (материализованный) этап формирования интеллектуальных навыков поисковых действий. Геометрическое или конструктивное формообразование осуществляется на этом этапе с помощью наиболее доступных для восприятия средств графического отображения. При методически правильной постановке даже простое изображение формы на пространственно-графической модели автоматически отображает процедурную структуру действий, адекватную процессу ее создания. Включение же в графическую деятельность геометрических проблем или вопросов структурно-пространственной компоновки превращает ее в увлекательный поиск, скрывающий за легкой, доступной формой глубокое конструктивное содержание.

Основная методическая трудность формирования навыков поисковой деятельности заключается в дидактическом обосновании подбора соответствующих задач, отвечающих системному подходу. В связи с этим в пространственном эскизировании мы отвергли прямолинейную ориентацию учебного процесса на изображение машиностроительных объектов (деталей, узлов). Последние задают форму в готовом виде, и графическая деятельность в структурном плане сводится к простому построению «по образцу».

Основное внимание было сконцентрировано на отборе простых комбинаторно-действенных, геометрических и композиционных задач, специальное содержание которых было бы доступно кругу знаний студента-первокурсника.

К поисковым задачам приходится обращаться с первых дней обучения пространственному эскизированию для того, чтобы дать правильное направление процессу создания изображения. Установка на «чистое» изображение технического объекта нежелательна, так как ассоциируется у большинства студентов со школьным курсом рисования. Она уводит от главной, системной цели обучения графическому моделированию. Поисковая деятельность по решению геометрических или практически-действенных комбинаторных задач значительно изменяет как сам подход к графической деятельности, так и структурный характер ее конечного результата.

Нами разработана методика графической поисковой деятельности, включающая все фазы исследовательского метода обучения. Характерными чертами конкретной формы реализации такого метода являются: 1) многовариантность решения задачи; 2) наличие как строго формализованных (конструктивных), так и качественных критериев формообразования; 3) осуществление основных фаз анализа и синтеза по возможности с помощью графических моделей различного уровня абстрактности; 4) активный пространственный

характер всех элементов разрабатываемой системы, так же, как и структуры задачи.

Развивающий эффект исследовательского метода возникает в результате вникания студента в проблему. Сравнивая обычную задачу с проблемной, можно отметить, что первая всегда ограничена в интеллектуальном плане. В проблемной задаче, составляющей ядро исследовательского метода, интеллектуальный уровень разработки дифференцируется студентом по своим возможностям. В данных заданиях в наибольшей степени реализуется потребность личности в самовыражении.

Исследовательский метод, как известно, является основным методом обучения студентов творчеству. Его функции определяются реализацией следующих факторов: 1) с помощью метода формируются черты творческой личности студента; 2) при его посредстве осуществляется более глубокое творческое усвоение знаний; 3) студенты овладевают научным методом познания, всегда связанным с открытием нового; 4) этот метод дает внутренний импульс потребности в деятельности [30]. Нами выделено три типа задач, которые можно использовать при конструировании проблемной ситуации и одновременно для более глубокого развития отдельных качеств мышления. К такому типу относятся, во-первых, практически-действенные задания на комбинаторику пространственных структур, во-вторых, геометрические задачи на определение структурной связи композиции из нескольких элементов, в-третьих, «абсурдные» изображения, анализ которых приводит к необходимости понять причину «обмана» и более глубоко уяснить сущность геометрических методов пространственного формообразования.

На первом занятии студентам предлагается исследовать графический метод решения задач на пересечение многогранников. Содержание задания было подробно рассмотрено в предыдущих главах.

На втором занятии отработка необходимых графических навыков связана с поисковым заданием практически-действенного (дизайнерского) плана. В этом задании могут применяться реальные модели для уяснения существа условия и определенного «вживания» в проблемную ситуацию.

Задания практически-действенного типа построены на основе «пространственного конструктора», который появился в результате тщательного анализа структуры подобных задач и таких объектов изображения, в которых можно было реализовать «материализованный» этап [12] формирования умственных действий. В содержании задания более ясно должны отображаться такие характеристики объекта формообразования, как пространственная структура, а также процесс его целесообразного преобразования. Обычные ма-

шиностроительные детали не являются достаточно активными в пространственном отношении. Сборки из них, как правило, имеют плоскостной характер (при наличии разреза). На первых занятиях в качестве объектов изображения целесообразно взять простые тела линейно-пространственной структуры. Их преимущество заключается в простоте изображения плоскостных конфигураций и «открытом» типе пространственного строения.

Сначала для этих целей были предложены «проволочные» структуры и изготовленные по ним модели (рис. 4.6.1). В дальнейшем такие «чистые» пространственные конструкции стали применяться только на последнем этапе обучения и в кружковой работе. Для большинства студентов они оказались сложными, так как не имели достаточно четкого объемного характера. Для их изображения приходилось «овеществлять» пространство, т. е. изображать подразумеваемый объем, а в нем уже располагать линейную форму.

Более удобным для реализации наглядности требуемой структуры оказался комплекс моделей, в которых «проволочная» схема пространственных поворотов формы как бы «одевалась» в простейшую оболочку, составленную из ортогонально ориентированных параллелепипедов (рис. 4.6.2). Это позволило материализовать простейшую ориентацию отдельных секций конструкции.

Для облегчения определения метрических соотношений на изображении такие модели было предложено делать на основе одного кубического модуля. Из производного модуля производные элементы выполняются путем последовательной «склейки» их друг с другом. Единая модульная система объектов выбрана с учетом простоты реализации их изображения на ЭВМ в интерактивном режиме. Удобство модульного комплекса заключается прежде всего в возможности моделирования большого количества задач, значительно дифференцированных по своей трудности. Уже на этапе анализа можно реализовать несколько уровней сложности объекта. Наиболее простые детали соответствуют плоской структуре, сложные — трехмерной пространственной структуре первого и второго порядка (рис. 4.6.3).

Кроме того, «объемный конструктор» позволяет получить достаточное количество вариантов задания как для графического решения, так и для различных диагностических целей. Например, на рис. 4.6.4 показано получение пяти разных вариантов плоской формы с «захватом» из элементарной «скобы». Обычно в задачах используются трехмерно развитые детали. Каждой из четырех приведенных на рисунке форм (кроме симметричных) соответствует до двенадцати различных пространственных вариантов, осуществляемых добавлением только одного модульного элемента. Такая ва-

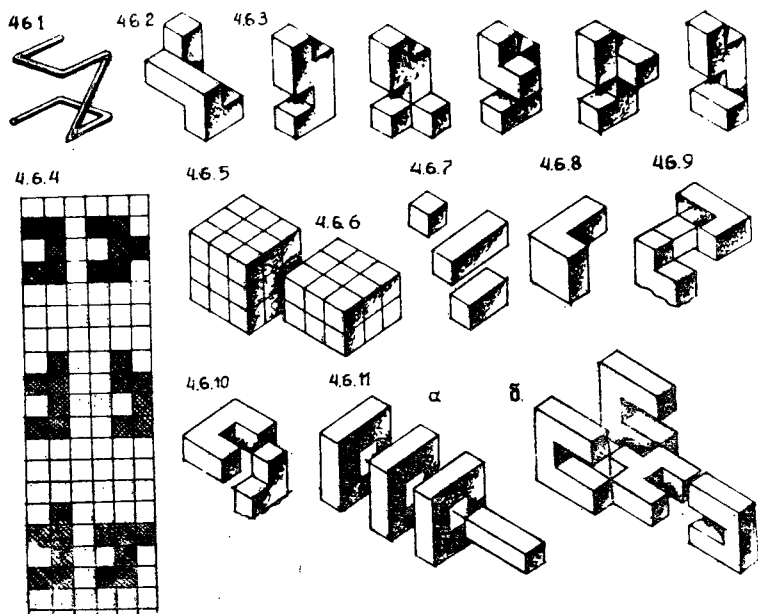


Рис. 4.6.1. Модели проволочного типа, предлагаемые для показа пространственных характеристик формы

Рис. 4.6.2. Модели, в которых наилучшим образом осуществляется «материализация» пространственной структуры формы

Рис. 4.6.3. Объекты с различной сложностью пространственной структуры

Рис. 4.6.4. Многовариантность базовой плоской структуры

Рис. 4.6.5. Основной вариант задачи практически-действенного типа

Рис. 4.6.6. Упрощенный вариант задачи «на упаковку»

Рис. 4.6.7. Неприемлемые для решения детали: слишком простая структура

Рис. 4.6.8. Неприемлемые для решения детали, в которых теряется линейно-пространственная структура

Рис. 4.6.9. Ограничения на конструктивное решение соединения двух элементов

Рис. 4.6.10. Характер соединения деталей «в паз»

Рис. 4.6.11. Тривиальное решение плоскостного характера (а); пример объемного характера решения из плоских элементов (б)

риативность во многих случаях является желательной для конструирования однородных тестовых заданий.

Широкое использование практически-действенных задач на основе пространственно-структурного «конструктора» определяется следующими достоинствами:

- возможностью получения элементов сложной пространственной структуры;
- ясностью восприятия пространственной структуры;
- метрической определенностью структуры, связанной с модульным принципом строения;

- простотой реализации на ЭВМ;
- возможностью «конструирования» большого количества различных элементов одинаковой сложности (вариативность);
- возможностью получения сходных по структуре элементов, соответствующих различной степени трудности задачи;
- возможностью предложения большого количества задач комбинаторно-пространственного содержания;
- возможностью использования данных элементов как материальной основы для формирования умственных действий (с использованием материальных моделей);
- активизацией учебной графической деятельности при выполнении практически-действенных задач, особенно с материальными моделями.

Алгоритм решения задачи определяется студентами самостоятельно, при этом они используют какую-либо графическую модель ее решения. Обычно задачи, предлагаемые для решения с помощью «конструктора», носят характер сборочных. Две или более детали собираются в единое целое. Процесс сборки объединяется со вторым типом комбинаторной задачи на пространственные повороты формы. Приведенная задача является комплексной, в ней проявляются черты сложной сборочной задачи и задачи на «упаковку».

Рассмотрим подробно реализацию исследовательского метода на примере одного из заданий с практически-действенным «конструктором». Задача формируется как «упаковка» пяти-шести деталей в компактную структуру. В основном варианте в качестве последней выступает куб, состоящий из $3^3=27$ элементарных кубических модулей (рис. 4.6.5). В упрощенном варианте для неподготовленных студентов «упаковка» осуществляется в «двухслойную» конструкцию (рис. 4.6.6). Для уменьшения количества возможных вариантов, среди которых отыскивается удовлетворительное решение, задаются одна-две детали с определенным пространственным положением (индивидуально каждому студенту). Остальные детали выбираются из заданного множества. Элементы этого множества ограничиваются минимальной и максимальной сложностью. Отвергаются детали в виде одного, двух или трех модулей, образующих в целом прямолинейную структуру (рис. 4.6.7). Считаются неприемлемыми сложные детали, в которых теряется их линейно-пространственный характер (рис. 4.6.8). Введено ограничение относительно положения деталей в структуре сборки, характеризуемое взаимным удержанием деталей. Например, на рис. 4.6.9 присоединяемая к целому деталь выпадает при изменении пространственного положения базовой формы. Добавление каждой новой детали к имеющейся сборочной композиции должно образовывать конструктивно-связное целое. Это достигается тем, что выступающая часть одной детали должна входить в паз, образованный на другой детали (рис. 4.6.10).

Кроме перечисленных условий вводятся качественные критерии удовлетворительности вариантов. Например, из двух решений отдается предпочтение такому, которое соответствует более трудному варианту пространственно-комбинаторной задачи. Для ограничения количества вариантов обычно задается исходная деталь. Она же определяет пространственную сложность окончательного решения. В противном случае

почти все студенты ограничиваются тривиальным плоскостным вариантом (рис. 4.6.11,а). Такие или близкие к ним решения появляются не только у первокурсников, но и у студентов четвертого курса и даже у студентов вечернего и заочного обучения, которые по роду своей деятельности связаны с изготовлением технических деталей или их конструированием.

В связи с преобладанием плоскостного характера мышления соответствующий критерий удовлетворительности сразу доводится до сведения студентов, и им предлагается собрать две натурные модели, адекватные плоскому и объемно-пространственному характеру входящих деталей. Именно последний вариант вызывает у студентов повышенный интерес. Один из вариантов исходного задания, в котором размещена одна деталь в структуре базового объема, а вторая деталь может произвольно располагаться в пространстве, представлен на рис. 4.6.12. После уяснения цели, средств, характера ограничений студенты приступают к работе. Сначала они пытаются решить задачу путем изображения второй детали в структуре сборки в том пространственном положении, которое задано. При этом выявляются признаки неудовлетворительности результата (рис. 4.6.13). Студент осознает необходимость предварительного анализа вариантов решения и представляет на эскизе некоторое количество наиболее предпочтительных сочетаний двух заданных деталей (рис. 4.6.14; здесь и далее цифрами обозначены варианты решения). На основе интуитивных соображений или мысленного представления он выбирает наиболее перспективный вариант и изображает возможное решение (рис. 4.6.15).

Следующий этап поисковой деятельности — анализ полученного решения. На специальном эскизе должны быть показаны варианты последовательного скрепления деталей (рис. 4.6.16). В приведенном примере анализ приводит к признанию неудовлетворительности варианта (сборка «рассыпается»).

После этой попытки студенты самостоятельно делают выводы о причине неудачи и стараются открыть для себя способ предвидеть нежелательные последствия компоновки на более ранних этапах конструирования графической модели. Кроме этого, студенты начинают сомневаться в эффективности конкретно действенных форм разработки модели. На создание и анализ только одного первого варианта у среднего студента уходит не менее часа рабочего времени.

С различной степенью самостоятельности студенты приходят к идее перехода от конкретной к абстрактной графической модели анализа трехмерной структуры. Один из вариантов такой модели приведен на рис. 4.6.17. С ее помощью пространственная задача сводится к плоскостной, что приводит к значительному сокращению времени, затрачиваемому на перебор вариантов.

На рис. 4.6.18 с помощью абстрактной графической модели осуществляется анализ соединения деталей в следующем варианте. В результате студент приходит к решению, единственным недостатком которого является наличие сложной пространственной детали. Согласно принятому критерию удовлетворительности данный результат соответствует низкому уровню «качества» формообразования. В связи с этим данный вариант принимается условно, и осуществляется дальнейший поиск новых удовлетворительных вариантов. В результате анализа выясняется, что варианты 1,3 (см. рис. 4.6.14) тупиковые, а вариант 4 дает приемлемое решение, наиболее точно соответствующее всем поставленным критериям (рис. 4.6.19).

Окончательное решение задачи выполняется в виде пространственной графической модели процесса сборки деталей (см. рис. 4.6.19). Так как основой изображаемой структуры является не внешний вид детали, а пространственные связи сборки, то изображение имеет активный структурно-геометрический характер (рис. 4.6.20).

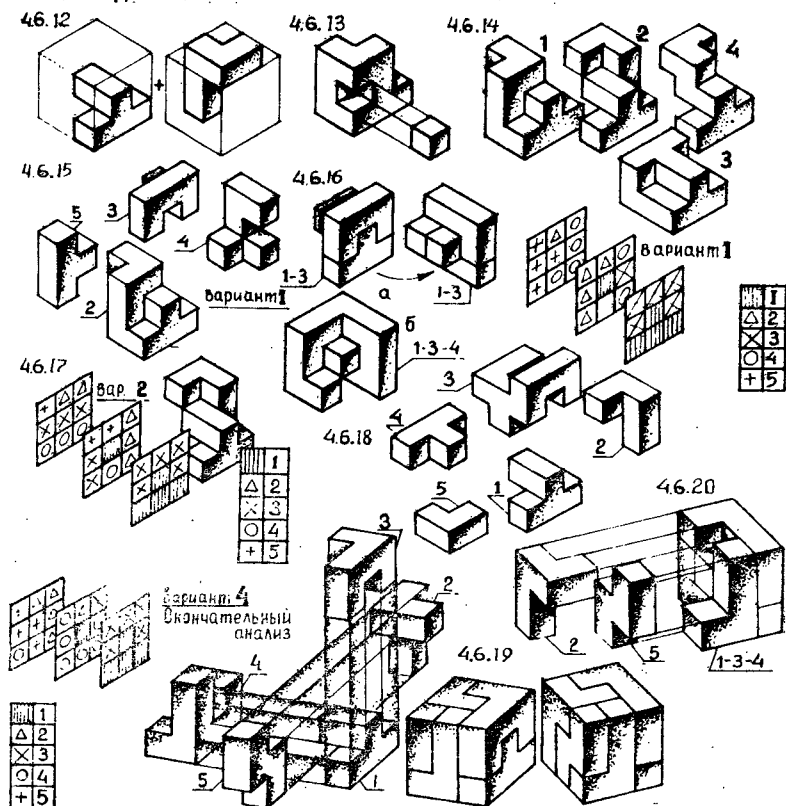


Рис. 4.6.12. Один из вариантов исходного задания практически-действенного типа

Рис. 4.6.13. Первоначальная попытка решить задачу путем использования заданного пространственного положения деталей

Рис. 4.6.14. Анализ возможных вариантов пространственного соединения двух заданных деталей

Рис. 4.6.15. Изображение одного из возможных вариантов решения задачи

Рис. 4.6.16. Анализ разъемных связей в сборке

Рис. 4.6.17. Один из вариантов абстрактной графической модели, с помощью которой пространственная задача сводится к плоскостной

Рис. 4.6.18. Анализ следующего варианта с помощью абстрактной графической модели

Рис. 4.6.19. Приемлемое решение, наиболее точно соответствующее поставленным критериям

Рис. 4.6.20. Анализ различных связей в соединении деталей

Обучение графической деятельности осуществляется только на последнем этапе работы. Поисковой же части отводится значительное время на первых занятиях потому, что она дает правильный структурно-гео-

метрический «настрой» студентов на работу, отвлекает их от механического изображения внешних видов моделей. Таким образом в процессе выполнения данного графического задания студенты успешно осваивают понятие единой проекционной структуры изображения деталей, произвольно расположенных в пространстве, а также идею конструктивных связей формы.

Следующую большую группу задач, полезную для развития инверсионного мышления студентов, составляют задания, связанные с «абсурдными» изображениями. Структура действий анализа таких изображений подробно рассмотрена в главе 3, здесь же остановимся только на вопросе создания проблемной ситуации.

При изучении графических моделей объектов с ортогонально ориентированными гранями студентам предлагается задача, решение которой требует выхода за пределы только что изученной пространственно-структурной системы. Пример задачи подобного типа приведен на рис. 4.6.21. «Абсурдность» сборки связана в восприятии с тем, что на протяжении нескольких занятий студенты имели дело с объектами ограниченного класса. В связи с этим у них появляется инертность мышления, изображение сборки причисляется ими к разряду нереальных. После того как «абсурдность» в рамках предполагаемой конструктивной системы уясняется всеми студентами, преподаватель проводит установочную беседу о характере изобретательских задач и специфике процесса поиска решения. Такая беседа должна нацелить студентов прежде всего на определение структурно-пространственных ограничений конструктивной системы, в которой реализуется «абсурдность». Когда эта цель достигнута, предлагается изменить первоначальную точку зрения, найти более общую пространственную структуру, отказавшись от первоначальных искусственных ограничений. Желательно, чтобы каждый студент имел возможность прочувствовать удовольствие от небольшого самостоятельного «открытия». На рис. 4.6.22,а изображена ничем не примечательная с первого взгляда конструкция. Визуальные противоречия в сложных фигурах воспринимаются студентами не сразу. Для создания проблемной ситуации преподаватель предлагает построить чертеж изображенной конструкции. Как правило, все студенты выполняют чертеж в виде, приведенном на рис. 4.6.22,б. В процессе построения чертежа выясняется характер визуального несоответствия. Студенты самостоятельно предлагают варианты «исправленных» конструкций, соответствующих возможной пространственной реализации изображения (рис. 4.6.23).

После того как истина кажется установленной, преподаватель выдвигает неожиданное утверждение о возможности построения реальной конструкции, соответствующей приведенному «абсурдному» изображению и предлагает осуществить структурно-геометрический анализ последнего. С помощью различных наводящих вопросов осуществляется постановка проблемной ситуации. Студент пытается исправить заданное изображение, но это ему не удается, так как трансформации подвергается какая-то одна часть, а не целостная структура изображения.

Затем проводится небольшая беседа о корректности постановки задачи на проекционное изображение, о сущности геометрического анализа процесса формообразования на графической модели. Студентам предлагается выбрать заведомо верную базовую форму, на основе которой необходимо осуществить анализ полноты и, следовательно, верности композиционного изображения. Обычно в соответствии с характером первоначального восприятия строится базовая форма (см. рис. 4.6.23,а). Она представляет собой основу уже рассмотренного студентами варианта решения, подтверждающего вывод о неверности изображения. Студентам предлагается обратить внимание на единственность выбора варианта базовой системы: нельзя ли отнять от конструкции другой элемент, чтобы оставшаяся часть изображения стала верной? После этого студенты легко приходят к необходимому варианту базового изобраа-

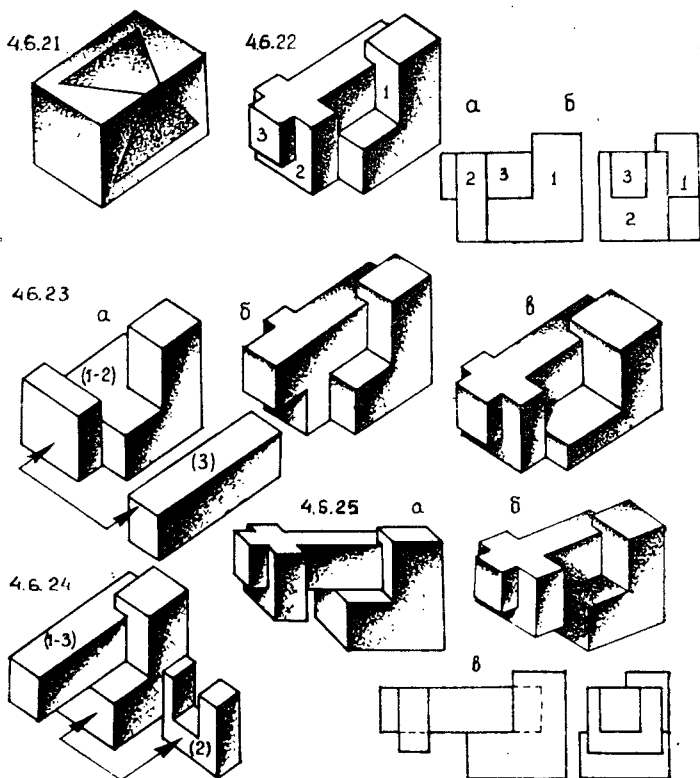


Рис. 4.6.21. Пример сборки, абсурдность которой является результатом ограничения класса объектов деталями с ортогонально ориентированными гранями

Рис. 4.6.22. Пример изображения на восприятие визуальных противоречий в сложных пространственных объектах (а); первоначальный чертеж (б)

Рис. 4.6.23. Наиболее типичные варианты «исправления» конструкции на изображении: базовая форма соответствует чертежу (а), исправленная структура (б), второй вариант исправления (в)

Рис. 4.6.24. Анализ геометрической структуры (полноты и верности) изображения; выбор верной формы

Рис. 4.6.25. Адекватные варианты изображения (а, б); исправленный чертеж (в)

жения (рис. 4.6.24). Анализ этой геометрической системы приводит студентов к определению истинного характера конструкции (рис. 4.6.25), а также к выяснению проекционной сущности «иллюзии». На рис. 4.6.26—4.6.29 приведены примеры проблемных задач на анализ графической структуры проекционно-абсурдных изображений.

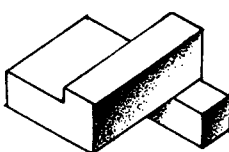
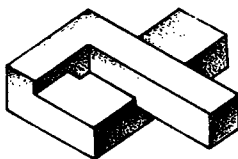
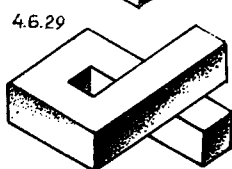
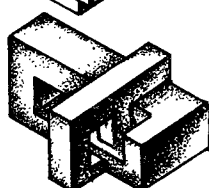
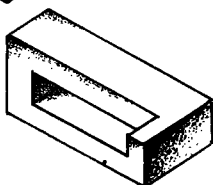
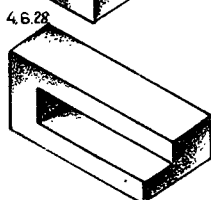
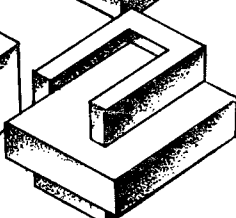
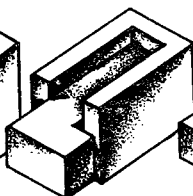
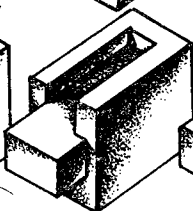
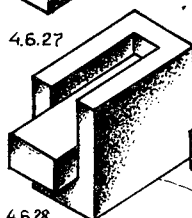
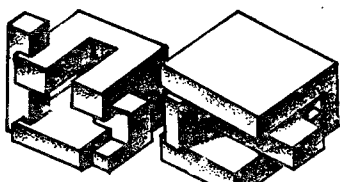
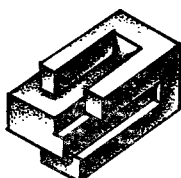
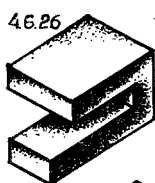


Рис. 4.6.26—4.6.29. Примеры проблемно ориентированных графических заданий на анализ геометрической структуры проекционно-абсурдных изображений

В монографии сделана попытка теоретического и практического осмысления проблемы развития профессионально-творческих способностей студентов, начиная с первых шагов обучения их в вузе. Для этого проведено исследование возможностей, которые предоставляются для решения этой проблемы учебными дисциплинами графического цикла.

Анализ процесса создания чертежа или другого вида графического документа, используемого в технике, позволил выделить в его содержании компонент, лежащий в основе творческой части графической деятельности. Этот компонент представляет собой процесс структурного формообразования. Акцентирование внимания студентов на этих аспектах учебной графической деятельности стихийно осуществляется опытными преподавателями и само по себе в значительной мере повышает содержательную и интеллектуальную стороны процесса построения технического чертежа. Однако эпизодического включения отдельных вопросов формообразования, структурных преобразований объектов, заданных в графической форме, явно недостаточно сегодня, когда главная линия обучения должна ориентироваться на развитие творческих способностей студентов. Необходима определенная перестройка учебного процесса в целом, выделение задач формообразования в доминирующую линию познавательной деятельности.

Попытка такой перестройки осуществлена в разработанном нами экспериментальном курсе пространственного эскизирования, теоретическое обоснование которого приведено в данной работе. В основу экспериментального курса положен метод пространственно-графического моделирования, как наиболее точно соответствующий идее системного подхода к развитию творческого мышления. Реализация этого метода осуществляется в поисковой деятельности оптимизации структуры формы во взаимосвязи с наложенными на структуру условиями. Учебный процесс в этом случае вполне согласуется с информационными требованиями автоматизации профессиональной деятельности инженера, развития у него кибернетического мышления. В учебных заданиях, построенных по новым принципам, моделируется не структура изделия (узла, детали), а структура процесса его образования (изготовления детали, конструктивной увязки деталей в сборочную единицу, проектирования целостной формы, удовлетворяющей заданным функциональным требованиям). Концеп-

ция графического формообразования предусматривает определенные изменения характера учебного процесса: в первую очередь возникает необходимость смены ориентации его структуры с деятельности по заданным образцам на поисковую деятельность, в результате которой студенты самостоятельно изобретают форму в процессе графического анализа условия и синтеза структурно недостающих частей.

Разработанная методика экспериментального курса носит характер формирующего обучения, своеобразного введения в круг задач поискового конструирования, которые в будущем должны стать главными в профессиональной деятельности молодого специалиста. В связи с тем, что обучение рассчитано на первый семестр, когда у многих студентов еще отсутствуют необходимые навыки по машиностроительному черчению, задания предлагаются в форме аксонометрических проекций, эскизно изображаемых на листе бумаги. Геометрической основой таких изображений является теория условных параллельных проекций Н. Ф. Четверухина. Выбор аксонометрических изображений в качестве основной формы задания графической модели определяется ее структурной отвлеченностью от несущественных сторон деятельности графического документирования, необходимостью акцентирования внимания студентов на самом процессе создания конструкции. Все задания ориентированы на возможность использования в процессе моделирования информационной базы ЭВМ. Основные выводы работы не имеют узкой предметной направленности, не ограничены рамками экспериментального курса. Выделение процесса графического формообразования как структурообразующего компонента деятельности должно осуществляться во всех дисциплинах графического цикла. Это диктуется спецификой возможностей автоматизации графической деятельности в современном проектировании.

Пространственно-графическое формообразование в учебных заданиях подразделяется на три структурных компонента: геометрический, конструктивный и технологический. Геометрический аспект формообразования является основным, им определяется процесс разработки пространственной, метрической структуры, а также главное содержание действий анализа верности отображения формы на ее графической модели. Конструктивный аспект выступает на первый план при анализе связи многокомпонентного устройства, рассматриваемого как функциональное целое. Технологический аспект определяет логику формообразования детали, ее строения в соответствии с прогрессивной технологией. Идея пространственно-графического моделирования вполне совпадает с концепцией качества в технике, естественно вытекает из ее основных положений.

Развитие творческих способностей студентов обеспечивается в экспериментальном курсе последовательным проведением двух дидактических линий. Прежде всего, студенты самостоятельно осуществляют поисковую деятельность формообразования. Дидактические цели частного порядка, направленные на отработку перцептивных и моторных навыков графической деятельности, включаются в структуру более общих поисковых целей обучения. Системная увязка дидактических целей позволила не только достичь укрупнения учебных единиц знаний, но и создать нужную ориентацию формирования умений и навыков, соответствующих частным задачам и утилитарным целям.

Далее, для успешного развития творческих способностей необходим высокий уровень сформированности определенных качеств мышления студентов, отвечающий требованиям, предъявляемым постановкой профессиональных задач с поисковым содержанием. Для этого на основе психологической характеристики мышления изобретателя разработаны укрупненные цели графической подготовки. В работе показано, что только укрупнение дидактических единиц учебного процесса может привести к развивающему эффекту, соответствующему творческому характеру деятельности. Постановка узкодидактических целей изучения специального материала приводит неизбежно к ориентации деятельности на копирование заданных образцов и на использование шаблонов операционной структуры действий.

Если развитие творческих навыков начинать на старших курсах (как это в основном имеет место на сегодняшний день), то подобная ориентировка превращается в устоявшийся стереотип деятельности, преодоление которого становится самостоятельной задачей, отвлекающей много времени и сил как преподавателей, так и студентов. Если же подобная установка не будет устранена и на старших курсах, то молодой специалист выйдет в жизнь с искаженной ориентацией на нормы качества профессиональной деятельности. Творческая пассивность явится прямым следствием принятой в вузе постановки учебной деятельности. Поэтому в предлагаемой работе отстаивается мысль, что творчеству нельзя обучать изолированно, как и нельзя вводить творческие задачи (в противовес нетворческим, программным) на определенном этапе обучения в вузе. Необходимо перестроить обычный учебный процесс так, чтобы с первых дней студент включался в организационную структуру деятельности, которая бы способствовала развитию требуемых качеств личности.

1. Авдоткин Л. Н. Технические средства в архитектурном проектировании. М., 1986.
2. Арихейм Р. Зрительные образы: Феноменология и эксперимент. Душанбе, 1973. Вып. I.
3. Альбертс Л. Б. Три книги о живописи//Мастера искусства об искусстве: В 7 т. М., 1966. Т. 2.
4. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. М., 1973.
5. Автоматизация настройки систем управления/В. Я. Ротач, В. Ф. Кузичин, А. С. Ключев и др.; Под ред. В. Я. Ротача. М., 1984.
6. Аткинсон Р. Человеческая память и процесс обучения. М., 1980.
7. Абрамишвили Г. Г., Война В. А., Трусов Ю. Ф. Операция «Маркетинг»: Стратегия и тактика конкурентной борьбы монополий. М., 1976.
8. Ботвинников А. Д. Восприятие оригинала (натуры) при выполнении чертежа//Вопр. психологии. 1965. № 3.
9. Бизам Д., Гернег Я. Игра и логика. М., 1975.
10. Бодаев А. А. Восприятие человека человеком. Л., 1965.
11. Гальперин П. Я. О психологических основах программированного обучения//Новые исследования в пед. науках. М., 1965. Вып. 4.
12. Он же. Основные результаты исследований по проблеме «Формирование умственных действий и понятий». М., 1966.
13. Гаспарский В. Праксеологический анализ проектно-конструкторских разработок. М., 1978.
14. Горбачев М. С. Политический доклад ЦК КПСС XXVII съезду Коммунистической партии Советского Союза. М., 1986.
15. Гинзбург И. П. Чистяков и его педагогическая система. Л.; М., 1940.
16. Дворянкин А. М., Половинкин А. И. Разработка проектно-учебной системы автоматизации поискового конструирования//Алгоритмы и программы поискового конструирования: Межвуз. сб. Йошкар-Ола, 1984.
17. Джонс Дж. К. Инженерное и художественное конструирование: (Современные методы проектного анализа). М., 1976.
18. Дрейфус Х. Чего не могут вычислительные машины. М., 1978.
19. Зозулевич Д. М. Машинная графика в автоматизированном проектировании. М., 1976.
20. Кудрявцев Т. В. Психология технического мышления. М., 1975.
21. Конарева Л. А. Управление качеством продукции в промышленности США. М., 1977.
22. Кондратьева С. В. Понимание учителем личности учащегося//Вопр. психологии. 1980. № 5.
23. Кригер В. Ф. Анализ системы управления качеством подготовки специалистов по графическим дисциплинам в техническом вузе//Матер. межзон. науч.-метод. совещ.-семинара зав. кафедрами и ведущих лекторов по начертательной геометрии и инженерной графике вузов Волго-Вятской, Центрально-Черноземной и Поволжской зон. Йошкар-Ола, 1982.
24. Он же. Технический рисунок в конструкторской практике//Актуальные вопросы инженерной графики: Межвуз. сб. Йошкар-Ола, 1984.
25. Кригер В. Ф., Алексеева М. Н. Развитие конструктивного мышления студентов на занятиях по техническому рисунку//Матер. межзон. науч.-метод. совещ.-семинара зав. кафедрами и ведущих лекторов по начертательной геометрии и инженерной графике вузов Волго-Вятской, Центрально-Черноземной и Поволжской зон. Йошкар-Ола, 1982.
26. Леонтьев А. А. Деятельность. Сознание. Личность. М., 1975.
27. Он же. Педагогическое общение. М., 1979.

28. Линькова Н. П. К вопросу о пространственном мышлении// Вопросы психологии способностей школьников. М., 1964.
29. Лернер И. Я. Проблемное обучение. М., 1974.
30. Он же. Основы методов обучения. М., 1981.
31. Лернер Г. И. Психология восприятия объемных форм. М., 1980.
32. Ломов Б. Ф. Формирование графических знаний и навыков у учащихся. М., 1959.
33. Ляудис В. Я. Структура продуктивного учебного взаимодействия// Психолого-педагогические проблемы взаимодействия учителя и учащихся. М., 1980.
34. Мистюк В. В. Некоторые особенности восприятия и понимания школьниками проекционных рисунков// Матер. совещ. по психол. М., 1959.
35. Минский М. Структура для представления знания// Психология машинного зрения. М., 1978.
36. Матюшкин А. М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. М., 1972.
37. Моляко В. А. Психологические подходы к изучению проектирования технологических систем// Вопр. психологии. 1976. № 1.
38. Новикова Л. И. Искусство и труд. М., 1974.
39. Петровская Л. И. Теоретические и методические проблемы социально-психологического тренинга. М., 1982.
40. Полозов В. С. и др. Автоматизированное проектирование: Геометрические и графические задачи. М., 1983.
41. Половинкин А. И. и др. Автоматизация поискового конструирования/Под ред. А. И. Половинкина. М., 1981.
42. Половинкин А. И. Гипотезы о законах строения и развития техники// Алгоритмы и программы поискового конструирования: Межвуз. сб. Йошкар-Ола, 1984.
43. Раушенбах Б. В. Системы перспективы в изобразительном искусстве. Общая теория перспективы. М., 1986.
44. Ребус Б. М. Пространственное воображение как одна из важнейших способностей к техническому творчеству// Вопр. психологии. 1965. № 5.
45. Саймон Г. Науки об искусственном. М., 1973.
46. Столин В. В. Исследование порождения зрительного пространственного образа// Восприятие и деятельность. М., 1976.
47. Симонс Дж. ЭВМ пятого поколения: Компьютеры 90-х годов. М., 1985.
48. Смирнов А. А. Проблемы психологии памяти. М., 1966.
49. Современный компьютер: Сб. науч.-попул. статей. М., 1986.
50. Сухомлинский В. А. Мудрая власть коллектива. М., 1979.
51. Он же. Рождение гражданина. М., 1979.
52. Талызина Н. Ф. Теоретические проблемы программированного обучения. М., 1969.
53. Она же. Управление процессом усвоения знаний. М., 1975.
54. Четверухин Н. Ф. Изображение фигур в курсе геометрии. М., 1958.
55. Он же. О развитии пространственных представлений и понятий у учащихся в связи с чтением чертежей// Формирование и развитие пространственных представлений у учащихся. М., 1964.
56. Шаталов В. Ф. Куда и как исчезли тройки: Из опыта работы школ города Донецка. М., 1979.
57. Эсаулов А. Ф. Активизация учебно-познавательной деятельности студентов: Науч.-метод. пособие. М., 1982.
58. Якиманская И. С. Развитие пространственного мышления школьников. М., 1980.
59. Якобсон П. М. Техническое мышление учащихся// Проф.-техн. образование. 1958. № 11.

Предисловие	3
Введение	6
Глава 1. Пространственно-графическая модель, ее структура и возможности в современном поисковом конструировании	14
1.1. Необходимость графического моделирования в проектировании	14
1.2. Возможности пространственно-графического моделирования в автоматизированных информационно-графических системах	22
1.3. Геометрическая структура пространственно-графической модели	29
1.4. Конструктивно-линейная структура пространственно-графической модели	46
1.5. Выразительность пространственной структуры формы на графической модели	53
1.6. Композиционная структура пространственно-графической модели	62
Глава 2. Обучение пространственно-графическому моделированию и проблемы графической подготовки студентов	64
2.1. Дидактические цели развивающего обучения в инженерной графике	64
2.2. Пространственно-графическое моделирование в свете проблемного обучения и теории поэтапного формирования умственных действий	68
2.3. Роль пространственно-графического моделирования в реализации основных дидактических целей инженерной графики	76
Глава 3. Методические основы обучения пространственно-графическому моделированию	93
3.1. Общие вопросы формирования перцептивно-графических действий	93
3.2. Содержание и дидактический анализ конструктивно-геометрических действий	103
3.3. Содержание и дидактический анализ визуально-графических действий	115
3.4. Обобщение, контроль и окончательная редакция изображения	123
3.5. Содержание и дидактический анализ композиционно-системных действий	126
Глава 4. Роль обучения пространственно-графическому моделированию в развитии творческих способностей студентов	150
4.1. Условия развития творчества в высшем учебном заведении	151
4.2. Связь программы обучения творчеству с задачами профессионального воспитания	154
4.3. Роль ЭВМ в реализации программы обучения творчеству	158
4.4. Дидактические и воспитательные аспекты программы обучения творчеству	160
4.5. Место пространственно-графического моделирования в системе графической подготовки студентов	165
4.6. Формирование навыков поисковой деятельности с применением графических моделей	169
Заключение	180
Литература	183

1 р. 80 к.