

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ
ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

БИБЛИОТЕКА СТРО

СЕРИЯ: «ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В СТРОИТЕ

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

КНЕВ «БУДІВЕЛЬНИК» 1977

Автоматизированное проектирование конструкций гражданских зданий.
Дмитриев Л. Г., Касилов А. В., Гильман Г. Б., Ковбасюк В. П. Киев, «Будівельник», 1977, с. 236.

В книге освещаются вопросы комплексной автоматизации проектирования конструкций гражданских зданий и связанные с ними задачи расчета прочности и устойчивости конструкций, унификации и оптимизации проектных решений, разработки проектной документации. Раскрывается на современном уровне связь расчетных схем с реализуемыми конструктивными решениями. Описываются технические средства: ЭВМ, устройства ввода-вывода графической информации и диалога «ЭВМ — проектировщик».

Книга рассчитана на инженерно-технических работников проектных и научно-исследовательских организаций, занятых в области использования ЭВМ в расчетах и проектировании.

Ил. 67. Табл. 20. Список лит.: с. 228—232.

Рецензент канд. техн. наук Г. М. Пинскер

Редакция литературы по строительным конструкциям, деталям и изделиям
Заведующий редакцией Б. В. Власков

Библиотека строителя

Серия: «Технический прогресс в строительстве»

*Леонид Георгиевич Дмитриев, Александр Васильевич Касилов,
Генрих Борисович Гильман, Владимир Петрович Ковбасюк*

Автоматизированное проектирование конструкций гражданских зданий

Редакторы: Т. Б. Богданова, С. К. Овчаренко,

В. Н. Пархоменко, А. И. Соловьева

Обложка художника Т. Ф. Полийчука

Художественный редактор Н. Г. Аникина

Технический редактор О. Г. Шульженко

Корректор Н. М. Мирошниченко

ИБ № 766

БФ 09933. Сдано в набор 25. VII. 1977 г. Подписано к печати 8. XII. 1977 г. Формат бумаги 60×90^{1/16}. Бумага для глубокой печати. Объем: 11,75 физ. печ. л.; 14,75 усл.-печ. л., 15,25 уч.-изд. л. Тираж 7000. Зак. 7—1825. Цена 1 руб. 20 коп.

Издательство «Будівельник», Киев, Владимирская, 24.

Киевская фабрика печатной рекламы РПО «Полиграфкнига»

Госкомиздата УССР, Киев, Выборгская, 84.

А $\frac{30204 - 170}{M203(04) - 77}$ 7 — 77

© Издательство «Будівельник», 1977

ВВЕДЕНИЕ

Быстрый рост производительности труда, резкое повышение эффективности всего общественного производства — это основные факторы, определяющие успешное развитие экономики страны на современном этапе.

Повышение производительности труда в области проектирования — это не просто увеличение числа проектировщиков, это создание новых методов, основанных на современных достижениях науки и техники, которые дают возможность на новом уровне решать вопросы организации и технологии проектирования.

Ни у кого не вызывает сомнения тот факт, что совершенствование и поиск новых форм проектирования должны основываться на базе широкого внедрения приборов и средств автоматизации и вычислительной техники. Автоматизация строительного проектирования в настоящее время претерпевает существенные изменения. Начался интенсивный процесс перехода от использования ЭВМ для решений различных частных задач к комплексной автоматизации проектирования.

Этому процессу способствуют, с одной стороны, накопленный опыт в программировании отдельных задач, наличие машинно-независимых и проблемно-ориентированных языков высокого уровня, развитие и применение современных методов математики и кибернетики для построения формальных моделей разнообразных объектов проектирования, а с другой стороны — появление ЭВМ третьего поколения, организация серийного производства устройств регистрации и передачи информации в различных формах (в том числе и в графическом виде) и внедрение этих машин в народное хозяйство. Все это создает реальную техническую базу для разработки и внедрения высокопроизводительных систем автоматизированного проектирования объектов строительства (САПР-ОС).

В начальный период работа по созданию автоматизированных систем проектирования носила теоретический характер. Формулировались основные идеи системного подхода к проблемам автоматизации проектирования, выделялись первоочередные задачи. Сложность проблемы, недостаточно мощная техническая база обусловили поэтапную разработку отдельных подсистем, различных по своему функциональному назначению.

По мере разработки таких подсистем, накопления опыта эксплуатации в условиях практики проектирования, усиления технической базы изменялись и некоторые концепции организации работ и внедрения САПР в строительстве. Отчетливо выделены основные компоненты САПР, такие как математическое, информационное и техническое обеспечение. При конкретной реализации отдельных САПР появилась необходимость введения специальной терминологии, отражающей их специфику и отличие друг от друга по определенным признакам.

Так появились технологические линии проектирования (ТЛП), содержащие организационно-технологические и кадровые компоненты и предназначенные для автоматизированного проектирования какого-либо объекта. В отличие от них такой вид САПР как пакеты прикладных программ (ППП) указанных компонент не содержат и являются как бы средством автоматизации решения какой-либо проблемы (или проблем) и могут использоваться в составе ТЛП.

Обычно ППП используются на ранних стадиях проектирования, когда решаются общие задачи и принимаются принципиальные технические решения. ТЛП целесообразно эксплуатировать при детализовке ранее принятых решений, чаще всего на стадии рабочих чертежей.

Рассмотрению вопросов, связанных с разработкой и эксплуатацией систем автоматизированного проектирования несущих конструкций гражданских зданий, посвящена настоящая книга. Термин «несущие конструкции» следует понимать лишь в том смысле, что в проектируемой конструкции учитываются и рассматриваются только те свойства, которые определяют ее способность воспринимать внешние воздействия и обеспечивают необходимую прочность, жесткость и устойчивость.

Разработка САПР несущих конструкций гражданских зданий (в книге рассматриваются в основном наиболее распространенные сборные железобетонные конструкции) потребовала проведения анализа существующих методов проектирования, выбора и принятия основных концепций автоматизации проектирования, решения ряда вопросов, связанных с математическим моделированием, определения места разрабатываемой САПР и связи ее с другими автоматизированными системами, классификации САПР. Эти и многие другие вопросы освещены в данной книге.

В решении задач, освещенных в книге, участвовал большой коллектив научных работников и проектировщиков отделения архитектурно-строительной кибернетики КиевЗНИИЭП Госгражданстроя. Авторы благодарят их за помощь и поддержку в написании этой книги.

Глава I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Одним из важнейших элементов строительства, определяющих его эффективность, является проектирование. Большие масштабы капитального строительства требуют участия больших коллективов проектировщиков, обеспечивающих стройки необходимой проектно-сметной документацией. Причем последняя должна быть поставлена заказчику не только в планируемые сроки, но и отвечать требованиям технического прогресса, т. е. иметь высокие технико-экономические показатели и высокое качество проектных решений. Успешное выполнение задач проектирования в значительной степени зависит от совершенствования методов их решения.

Проекты современных зданий характеризуются большим количеством составляющих элементов, усложнением функциональных и структурных связей между ними. Появились новые разделы проектирования зданий, например, системы сигнализации, автоматизации управления инженерным оборудованием, пожаротушение и т. п., которые требуют взаимной увязки с другими разделами. Комплексный учет большого числа различных факторов характерен не только для проекта в целом, но и для отдельных разделов.

В настоящее время не существует не только теории проектирования, но и какой-либо приемлемой общей методологии. Разработка проектов основывается на комплексном учете положений многих научных дисциплин, квалификации и опыте проектировщиков. Часто проектирование переплетается с научно-исследовательскими разработками, имеющими непосредственное отношение к проекту. Многие этапы и процедуры основываются почти целиком на интуиции проектировщиков. Например, общее решение объекта, выбор схемы сооружения является пока в известной мере результатом творческого поиска.

Разработка проектов ведется по принципу «от общего к частному»: общее схематическое решение объекта в процессе проектирования постепенно уточняется, производится его конкретизация и детализация. Такому процессу соответствуют и установленные стадии проектирования: технико-экономическое обоснование (ТЭО), техническое задание (ТЗ), технический проект (ТП), рабочий проект (РЧ — рабочий чертеж). Разумеется, не все

проекты обязательно проходят все указанные стадии. Часто количество стадий ограничивают двумя: технический проект — рабочие чертежи, или даже одной: техно-рабочий проект.

В основе выбора основных технических решений лежит опыт прошлого проектирования, разработанные нормативы и типовые схемы. Последние, выработанные в результате многолетней практики, существенно облегчают поиск технических решений, сужают границы выбора возможных вариантов. Ситуация, когда в процессе поиска вырабатывается новое и обладающее существенными отличиями (по сравнению с известными) техническое решение на уровне изобретения, не является типичной для повседневной практики проектирования. Квалификация проектировщика, его эрудиция проявляются в наибольшей степени именно на стадии технического проектирования.

На стадии рабочего проекта на основании более точных методов расчета принимаются более обоснованные детальные решения, которые служат основанием для реализации проекта в натуре.

Значительно повысилась роль специализации проектировщиков. Чаще всего разработка отдельных частей проекта выполняется в специализированных подразделениях: конструкторских, сантехнического и электротехнического оборудования, сметных и т. д. Более того, проектировщики таких подразделений специализируются на выполнении даже отдельных работ и проектных операций: например, проектировании одного из видов конструкций, выполнении различных расчетов, проектировании организации строительных работ и т. п.

Для специализированных подразделений и проектировщиков, участвующих в разработке отдельных разделов проекта, проектирование в основном носит «проблемный» характер. К инженеру, выполняющему, например, статические расчеты схемы крупнопанельного здания, не имеют прямого отношения вопросы, связанные с проектированием инженерного оборудования, обоснованием и выбором материалов, решением архитектурных узлов, деталей и т. п. Лишь для главных инженеров проектов или лиц, осуществляющих увязку отдельных частей проекта в комплексный проект, проектирование имеет «объектный» характер.

Специализация позволяет наиболее эффективно организовать проектный процесс, использовать возможности совмещения выполнения различных проектных работ во времени, обеспечить высокое качество проектных решений (за счет интенсивного роста квалификации проектировщиков, специализирующихся на выполнении определенных работ).

На каждом этапе проектирования на основе различных согласований заданий и результатов достигается взаимное соответствие между отдельными разделами проекта. Учитываются не только внутренние связи между исполнителями, но также связи

с заказчиком, подрядчиком, директивными органами и т. д. Важно отметить, что в проектном процессе любое задание представляет собой одновременно элемент проектирования, его начальную стадию.

В типовом проектировании, обеспечивающем последующее сокращение сроков разработки конкретных объектов за счет использования готовых типовых проектов зданий, изделий, узлов, деталей, с одной стороны, и гарантирующем определенный уровень качества проектных решений, с другой стороны, в настоящее время применяются два основных метода типизации. В первом объектом типизации является здание и результат проектирования — отдельный проект или серия проектов типового здания. Во втором — индустриальные изделия, применяющиеся в различных зданиях на основании унифицированного сортамента (каталога).

О развитии типового проектирования свидетельствует такой факт: сейчас около 97% жилых и 87% общественных зданий в стране осуществляется по типовым проектам.

Однако при всех положительных сторонах использование типовых решений имеет существенные недостатки.

Прежде всего, проектировщику приходится иметь дело с большим количеством каталогов, выпусков альбомов и т. д. В таких условиях поиск необходимых решений значительно усложняется. Выбор изделий осуществляется неоднозначно и не исключает принятия малоэффективных (в конкретных случаях), а порой и неверных решений.

Номенклатура типовых решений, естественно, не может удовлетворять всех потребностей проектировщиков. Приходится дорабатывать и изменять их в соответствии с конкретными условиями проектирования. Практика требует выпускать материалы по типовым решениям во все увеличивающихся объемах. Сроки морального старения этих материалов с каждым годом сокращаются.

В последние годы в проектировании находят также применение методы плоскостного и объемного макетирования. Используются темплеты (аппликации) и супизы (сухие переводные изображения), являющиеся часто повторяющимися в проектной практике элементами графических изображений (например арматурных каркасов, сеток, узлов, условных обозначений и т. д.) и текстовой части (надписей, типовых примечаний). Применение таких средств при достаточно широкой номенклатуре элементов позволяет сократить трудозатраты при выполнении графических работ не более чем на 5—10%. Таким образом, сложилась определенная система проектирования, основными техническими средствами которой являются: чертежные столы и принадлежности, логарифмические и другие счетные линейки, настольные клавишные вычислительные машины, оборудование для размножения и оформления проектной документации.

Все возрастающее количество работ выполняется с помощью новой техники — электронных вычислительных машин. К настоящему времени в большинстве проектных организаций созданы специализированные отделы механизации инженерно-технических расчетов (ОМИТР), выполняющие конструкторские, санитарно-технические, сметные и другие расчеты. ЭВМ главным образом применяются лишь там, где необходимо произвести огромное (с точки зрения ручного труда) количество вычислений. Там, где инженер может получить решение при помощи логарифмической линейки в приемлемые сроки, он, как правило, к использованию ЭВМ не прибегает.

В строительном проектировании ЭВМ начали применять 15—20 лет тому назад в основном для выполнения статических расчетов конструкций. ЭВМ позволили резко повысить производительность труда инженеров, занятых на подобных работах. Однако это существенно не отразилось на общих трудозатратах на проектирование объекта в целом. Причины заключаются в следующем.

Существующие СНиП не регламентируют вопросы статического расчета конструкций зданий и сооружений. Их требования сводятся обычно к тому, чтобы конструкции были прочными, жесткими, устойчивыми. Очевидно, что такое состояние конструкций может быть обеспечено при использовании различных методов расчета.

До появления ЭВМ расчетные модели сложных конструкций и методы расчета применялись весьма приближенными. В большинстве случаев статические расчеты не производились вообще, а конструирование выполнялось на основе аналогов. Особенно это относится к распространенным объектам гражданского строительства: мало- и среднеэтажным жилым и общественным зданиям.

С появлением ЭВМ расчеты начали выполнять на новом уровне с учетом уточненных расчетных моделей и эффективных методов расчета, ориентированных на использование ЭВМ. Но в отдельных случаях трудозатраты на выполнение расчетов (в силу их усложнения) даже возросли. Преимущество применения ЭВМ в данном случае заключается не в уменьшении трудозатрат на проектирование объекта в целом, а в тщательности обоснования конструктивного решения, ликвидации неоправданных запасов прочности конструкции.

Проектные решения конструкций, помимо удовлетворения функциональным, технологическим и другим требованиям, должны быть в определенном смысле оптимальными, т. е. реализовать возможность рационально (экономно) использовать почти всегда ограниченные материально-технические ресурсы. Как показывает анализ существующих методов проектирования, это не всегда достижимо в силу следующих обстоятельств.

Во-первых, существующие методы ориентированы на ручной

труд, а это обуславливает чаще всего упрощенную постановку задач проектирования (без учета ряда важных факторов) и решение их приближенно. Во-вторых, существующие методы проектирования во многом определяют возможность принятия субъективных решений, качество которых полностью зависит от профессиональной квалификации и практического опыта проектировщиков. И в-третьих, проектировщики всегда ограничены сроками, в пределах которых существующими методами и средствами невозможно рассмотреть многие варианты проектных решений и из них выбрать лучший по заранее оговоренному критерию. К тому же выбор вариантов обычно производится произвольно. Надо отметить также, что разработка нескольких вариантов проекта только в исключительных случаях предусматривается заданием заказчика. Как правило, проекты разрабатываются в одном варианте. Метод многовариантного проектирования является сейчас, по-видимому, единственным методом, обеспечивающим повышение качества проектных решений.

Как видим, в современной практике возникло противоречие между высоким уровнем индустриализации и сравнительно быстрыми темпами строительства, с одной стороны, и традиционными малоэффективными методами проектирования, с другой стороны. Выполнить все возрастающий объем проектных работ имеющимися (и с учетом возможного роста в будущем) кадрами и обеспечить получение оптимальных проектных решений при сохранении существующих в настоящее время методов проектирования не представляется возможным.

Поэтому наиболее эффективный, если не единственный путь разрешения указанного противоречия — комплексная автоматизация процессов проектирования на основе широкого использования математических методов, электронно-вычислительных машин и средств оргтехники.

Существует мнение, что комплексное использование ЭВМ позволит намного сократить трудоемкость проектных работ и только в этом состоит их назначение. По этому вопросу сделаем ряд замечаний.

Прежде всего, ЭВМ позволяют в больших объемах ставить и решать задачи, ранее не разрешимые, производить выбор оптимальных проектных решений не произвольно, а руководствуясь строгими математическими методами, что позволит экономить материалы, средства.

Смысл развития новых методов, применения новых технических средств заключается в возможности решения новых задач, в коренном совершенствовании проектного дела, а не в сокращении количества проектировщиков. Рост количества проектировщиков будет происходить всегда, хотя бы за счет появления специалистов нового профиля, ранее отсутствовавших: программистов, математиков, операторов ЭВМ, перфораторщиков и т. д. Важен не сам факт роста количества работников проектных

организаций, а его количественные показатели. Качественная картина прогнозируемого роста количества проектировщиков при сохранении традиционных методов проектирования и замене их новыми показана на рис. 1. 1. [107].

Наконец, необходимо учесть и социальный аспект актуальности совершенствования методов проектирования. В проектировании

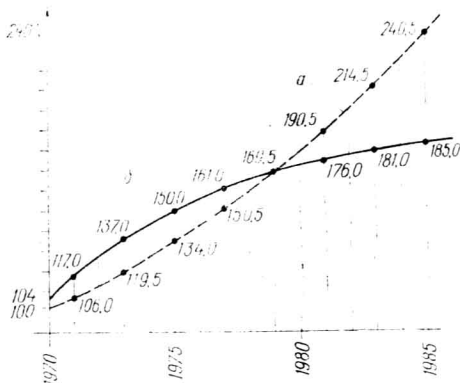


Рис. 1.1. Диаграмма изменения количества проектировщиков:

а — при существующей в настоящее время технологии проектирования; б — при создании и внедрении САПР.

появилось много работ, выполнение которых не требует особой квалификации исполнителей. Со временем понятие о творчестве в работе претерпевает изменения: то, что 10—15 лет тому назад считалось творческой работой и выполнялось специалистами высокой квалификации, сейчас может быть выполнено по программе на ЭВМ техником после непродолжительного первоначального обучения.

Однако это не означает, что требования к квалификации проектировщиков в связи с развитием и применением новых методов проектирования уменьшились.

Скорее наоборот. Современный инженер должен глубоко знать теоретические основы математики, физики, электроники, в совершенстве владеть методами строительной механики, теории упругости и т. д., уметь использовать практические приемы конструирования сооружений. По мере развития новых методов изменяется лишь характер труда, повышается «творческая доля» его в работе проектировщика.

Прежде чем перейти к рассмотрению проблемы создания и использования систем автоматизированного проектирования, необходимо изложить некоторые основные положения по моделированию объектов и процессов проектирования.

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Изучать реальные объекты и процессы непосредственно бывает весьма трудно, а во многих случаях невозможно. Поэтому одним из методов научного познания любых объектов и процессов реального мира, в том числе проектирования машин, механизмов, зданий, систем, является метод моделирования.

Модель — приближенное описание, выражающее те или иные

стороны реального объекта или процессов в рамках некоторой теории. В различных моделях находят свое отражение различные свойства явлений. Поэтому принято говорить о системе моделей какой-либо теории, дисциплины. Чем выше логическая стройность системы моделей, тем выше уровень теории этих моделей, тем плодотворнее результаты их исследования.

Модель в общем случае реализуется так, что явления в ней подобны явлениям в оригинале. Модели могут быть идеальными, связанными с созданием определенных образов в виде описаний, графиков, схем и т. д., и материальными, реализация которых связана с объектами реального мира. Последние прежде всего основаны на принципе подобия.

Пространственно-подобные материальные модели основаны на внешнем сходстве с оригиналом. Например, в существующей практике градостроительного проектирования для предварительной визуальной оценки застройки улицы, микрорайона, города часто используют метод макетирования, при котором будущие здания представляются в виде уменьшенных объемных тел, по очертанию подобных реальным зданиям.

Понятно, что такая модель здания, города и т. п. — бедна по содержанию, узка по назначению и не может быть использована на других этапах проектирования.

Физически-подобные модели и их оригиналы имеют одинаковую физическую природу. Иллюстрацией такой модели может служить уменьшенная по сравнению с оригиналом конструкция, например крупнопанельного здания, предназначенная для проведения экспериментальных исследований.

В такой модели, помимо внешнего сходства с оригиналом, достигают соответствия физических, геометрических и других характеристик. При этом соотношения параметров модели и оригинала определяются принятой теорией подобия.

Математически-подобные модели основаны на том, что явления в модели и оригинале имеют идентичное математическое описание, т. е. математическая структура, отношения элементов в математической модели соответствуют структуре и отношениям в реальном объекте. Математическое моделирование может рассматриваться как способ описания объекта или явления, позволяющий для анализа или синтеза использовать формально-логический аппарат различных разделов математики.

Приведенное выше деление моделей в известном смысле условно и отражает, прежде всего, пути моделирования. В отдельных случаях пространственно-подобная модель может быть одновременно и физически-подобной, а последняя — математически-подобной.

Можно провести некоторую аналогию между физически и математически подобными информационными моделями, используемыми для исследования работы какой-либо конструктивной части или всего сооружения в целом. Последняя модель в этом

случае может быть представлена тремя основными компонентами: ЭВМ, программой, описывающей объект и исследуемое явление, числовыми исходными данными примера. Тогда ЭВМ может рассматриваться как универсальный испытательный стенд, программа — как методика проведения испытания, исходные данные — как конкретный экспериментальный образец конструкции.

Для создания систем автоматизированного проектирования наибольший интерес представляют методы математического моделирования, которые в зависимости от средств технической реализации могут быть разделены на *физические* и *информационные*.

В первом случае математическое моделирование основано на аналогиях, существующих для некоторых явлений между распределением физических величин в исследуемых объектах и электрических величин в специально подобранных схемах. Примером такого моделирования может служить расчет статически неопределимой стержневой системы на электромоделирующих машинах типа ЭМСС-7, ЭМСС-8, основанных на том, что распределение токов и напряжений в сети подобно распределению усилий и перемещений в рассчитываемой стержневой системе.

К такому же классу относятся модели, основанные на аналогии между стационарным движением грунтовых вод в пористой среде и стационарным движением электрического тока в проводящей среде.

К физически реализуемым математическим моделям относятся так называемые квазианалоговые системы, в основу теории которых положено изучение не исследуемого объекта (и связанных с ним явлений), а некоторого другого, математическое описание которого эквивалентно в отношении получаемых результатов.

Информационное математическое моделирование — наиболее общий метод, связанный с использованием современных ЭВМ. Разработка и развитие моделей реальных объектов и процессов проектирования в последнее десятилетие происходит исключительно с учетом возможностей ЭВМ.

В основе большинства математических моделей лежит принцип детерминизма. Это значит, что компоненты модели и их связи определенные и имеют однозначное соответствие. Строго говоря, таких систем в природе не существует, так как влияние различных факторов на поведение объекта или протекание процесса носит случайный характер и поэтому точно предсказать поведение системы невозможно, но его можно описать с учетом случайных факторов, а появление того или иного события оценить определенной степенью вероятности. К факторам случайной природы можно отнести, например, отклонения геометрических параметров конструкции, разброс прочностных характеристик материалов, отклонения параметров нагрузки и т. п. Попытки учесть случайный характер явлений привели к появлению вероятностных математических моделей. Однако вероятностные принципы поведения систем разработаны еще недостаточно.

В дальнейшем в книге будут рассматриваться в основном математические информационные детерминированные модели объектов и процессов проектирования (схема I. 1).

Классификация моделей

Схема I.1



Как указывалось во введении, в книге рассматриваются автоматизированные, а не автоматические системы проектирования. Поэтому математическое моделирование объектов и процессов проектирования представляет собой временный процесс, протекающий при активном участии человека, осуществляющего контроль, анализ, принятие решений и т. д. Следовательно, при моделировании процессов проектирования в роли одного из элементов сложной модели выступает человек.

Когда инженер стремится к лучшему соответствию модели и объекта, это соответствие, прежде всего, касается определенных факторов, явлений, характеристик. Модель не может быть истинной или ложной, она может быть пригодной или непригодной для данного случая. Не существует общих критериев оценки степени совершенства моделей, она не может рассматриваться без связи с целью моделирования *. Для иллюстрации данного положения приведем рис. I. 2, на котором схематически показаны три модели крупнопанельного здания.

* Степень идентичности (изоморфности, адекватности) модели объекту может быть получена по характеристикам идентификации объекта. Можно выявить дисперсионную меру идентичности или более общую характеристику — информационную меру [97].

Если проектировщика интересует, например, интегральная характеристика напряжения в основании здания от действия вертикальных и горизонтальных сил, достаточно здание представить в виде простой вертикальной консоли (рис. 1. 2, а) со всеми вытекающими последствиями.

Во втором случае (рис. 1. 2, б) здание можно представить в виде отдельных стен. При помощи такой модели можно исследовать, например, распределение напряжений в простенках, перемычках стены здания, применяя более сложную теорию расчета по сравнению с первым случаем.

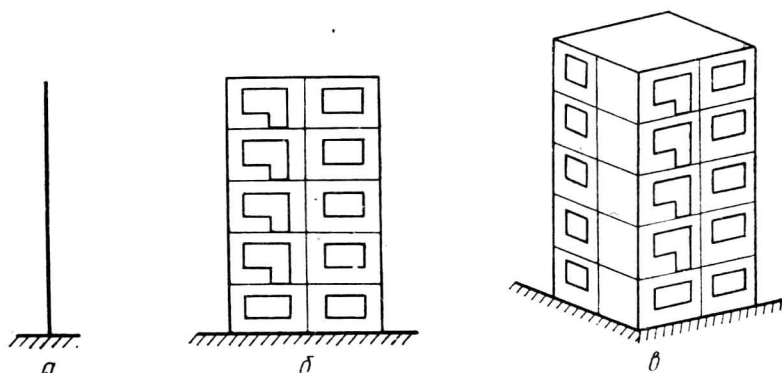


Рис. 1.2. Представление крупнопанельного здания в виде различных схем.

Наконец, здание может быть представлено в виде пространственной коробки (рис. 1. 2, в). Очевидно, что степень усложнения модели не ограниченная. В различных моделях могут быть учтены условия работы материалов, характер основания, податливость перекрытий и т. д.

Часто исследователи и проектировщики в обиходе пользуются такими выражениями: «рассчитать панельное здание», «рассчитать железобетонную оболочку» и т. п. Следует указать на некорректность таких выражений, так как рассчитывают не здание, конструкцию и т. п., а их модели. Это же принципиальное на наш взгляд замечание можно сделать и по вопросу проектирования. Строго говоря, проектируем не объект, а модель объекта. Более того, исходя из математической теории моделей [89], согласно которой модель теории есть некоторая последовательность $\langle K, \Omega, L, \Lambda, T \rangle$, где K — класс изучаемых объектов; Ω — выбранная сигнатура (набор понятий, отношений, операций); L — избранный язык изложения Ω ; Λ — используемая логика; T — теория, основанная на Ω, L, Λ и распространяемая на K , правильно говорить о том, что модель данной реальной конструкции — есть модель некоторой теории (т. е. модели) этой конструкции.

Решение основных вопросов в проектировании конструкций зданий и сооружений связано с построением математических мо-

делей, предназначенных для оценки напряженно-деформированного состояния и обеспечения конструкциям необходимой прочностью, жесткости, устойчивости, трещиностойкости.

Расчетная модель конструкции является не просто приближенной по отношению к реальному физическому объекту, но и идеализированной. В таком случае говорят, что реальная конструкция аппроксимируется расчетной моделью. В широком смысле расчетная модель может быть представлена как совокупность описания, схем, математических зависимостей рассматриваемых явлений, логического порядка действий и т. д. Общая схема построения аппроксимирующих расчетных моделей конструкций включает такие этапы, как изучение реальной конструкции, принятие расчетных гипотез, хорошо согласующихся с данными реальной практики, выбор факторов и связей, характеризующих работу конструкции в данной постановке задачи, описание факторов и связей в рамках строительной механики и математики, анализ и оценка модели, сопоставление результатов моделирования с данными о реальной работе конструкции или с результатами испытания на физических моделях.

В результате многолетней практики выработаны определенные взаимозависимые принципы построения расчетных моделей конструкций [31].

Применяемая теория расчета моделей должна основываться исключительно на практическом опыте работы реальных сооружений. При выборе расчетных гипотез необходимо учитывать, чтобы рассчитываемая модель конструкции находилась в менее благоприятных условиях, чем реальная конструкция. Этим обеспечивается определенная надежность действительных сооружений. Выбранные гипотезы должны быть непротиворечивыми и образовывать логическую цепь их на всем процессе поведения модели. Выбор расчетных моделей должен производиться, исходя из определенных условий оптимальности реальной конструкции, т. е. упрощение модели не должно ухудшать экономические показатели сооружения. Наконец, расчетная модель должна быть простой для практической реализации, обладать наглядностью, а применяемый для ее описания язык должен быть однозначным. Желательно стремиться к универсальности расчетных моделей, позволяющих однотипно описывать работу многих разнородных по конструктивным признакам сооружений.

Надо отметить, что построение расчетных моделей — это творческая задача, выходящая за границы проблемы автоматизированного проектирования. Инженерное мышление конструктора-проектировщика прежде всего проявляется в способности строить пригодные расчетные модели.

Модель процесса проектирования можно представить в виде некоторой функциональной схемы, отражающей последовательность выполнения логико-математических и интуитивных проектных операций по каждой конкретной задаче или последователь-

ности задач. Таким образом, из общей модели процесса можно выделить операции, которые подлежат полной автоматизации, и операции, которые могут быть выполнены проектировщиком с привлечением новых технических средств.

Модель процесса проектирования нельзя рассматривать отдельно от модели объекта, в отрыве от цели проектирования на каждом этапе, от информационных связей между задачами, отражающими структурную и информационную стороны процесса. Например, при расчете поперечников зданий модель объекта представляется в виде расчетной идеализированной схемы и математического описания, при помощи которого ставятся в соответствие исходные и выходные переменные системы. Алгоритм преобразования исходных данных, реализующий один из методов строительной механики, может рассматриваться как процесс проектирования на этапе определения напряженно-деформированного состояния конструкции.

На других этапах проектирования, особенно таких, которые включают интуитивные проектные операции и процедуры, выделить модель процесса проектирования трудно.

В общем случае любой процесс проектирования может быть представлен моделью, в которой различают следующие обобщенные действия: принятие проектных решений, их обработка, анализ результатов обработки, хранение, ввод и вывод информации о проектном решении. Если первое и третье действие выполняются проектировщиком в автоматизированном режиме, то второе и четвертое — ЭВМ в автоматическом. Разумеется, что процесс проектирования имеет итерационный характер.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ

Проектирование — сложный процесс, в котором тесно переплетаются интуитивные методы, основанные на квалификации проектировщика, и логические, основанные на достижениях соответствующих научных теорий. Не существует определенных общих правил сочетания логики и интуиции при проектировании. Процесс проектирования удается расчленить на ряд логических (формальных) и интуитивных (творческих) операций лишь в конкретных условиях решения проектной задачи.

В общем виде процесс проектирования вне зависимости от методов решения можно представить как анализ проектной ситуации, включая сбор и уточнение информации, синтез (поиск) решений и их оценку. Процесс проектирования протекает многоэтапно, с последовательной детализацией проектных решений. На любых стадиях и этапах применяются логические и интуитивные методы проектирования. Очевидно, что при формировании общего решения, заключающегося в выборе схемы сооружения, конструктивного решения, материалов и т. п., роль