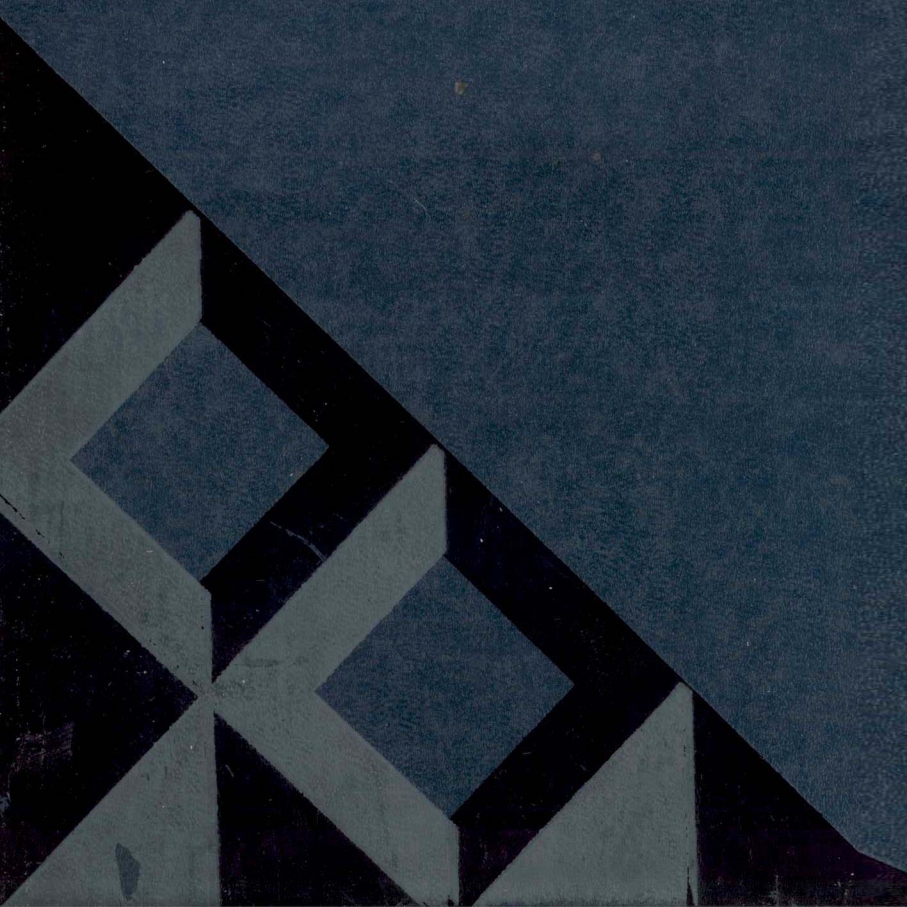


А.А. ГУСАКОВ

СИСТЕМОТЕХНИКА СТРОИТЕЛЬСТВА



ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
От автора	3
Предисловие	6
Введение	8
Глава 1. Строительство и системотехника	11
1.1. Применение системотехники в строительстве	11
1.2. Системотехническая характеристика строительства	15
1.3. Взаимосвязь строительных систем и системотехнических проблем строительства	29
Глава 2. Методологические основы системотехники	40
Глава 3. Технологичность проектов	67
3.1. Проектирование и оценка строительных объектов	67
3.2. Технологичность как системотехническое качество проектных решений	74
3.3. Монтажная технологичность	87
3.4. Строительная технологичность	101
3.5. Комплексная технологичность	120
3.6. Технологичность и экономичность	132
3.7. Прогнозирование технологичности	145
3.8. Автоматизация экспертизы проектов	155
3.9. Системотехническая взаимосвязь технологичности и организационно-технологической надежности	161
Глава 4. Организационно-технологическая надежность строительства	175
4.1. Проектирование и оценка подготовки строительства	175
4.2. Имитационное моделирование и ОТН подготовки строительства	185
4.3. Организационно-технологическая надежность строительства промышленных зданий тяжелого типа (на примере главных корпусов ТЭС)	224
4.4. Организационно-технологическая надежность строительства крупных промышленных комплексов (на примере крупнотоннажного комплекса аммиака)	255
4.5. Организационно-технологическая надежность строительства линейнопротяженных сооружений (на примере магистральных трубопроводов)	282
Глава 5. Организационное управление строительством	291
5.1. Проектирование организационного управления	291
5.2. Автоматизация проектирования систем организационного управления	305
5.3. Организационное управление на основе логико-смыслового моделирования	312
5.4. Организационное управление на основе процедурно-ориентированного и экспертного подходов	325
Глава 6. Интерактивно-графические методы системотехники	332
6.1. Графическая документация организации и управления строительством	332
6.2. Интерактивно-графические системы	346
6.3. Решение многокритериальных задач на план-графиках	366
6.4. Решение многоцелевых задач на план-графиках	386
6.5. Тематическое картографирование	392
6.6. Автоматизированные системы обработки графической документации	405
Литература	423
Терминология	433

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПРОБЛЕМЕ
« К И Б Е Р Н Е Т И К А »

А. А. ГУСАКОВ

СИСТЕМОТЕХНИКА СТРОИТЕЛЬСТВА

Предисловие члена-корреспондента АН СССР
Г. С. ПОСПЕЛОВА



МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1983

Гусаков А. А. Системотехника строительства/Предисл. Г. С. Поселова. — М.: Стройиздат, 1983. — 440 с., ил. — В надзаг.: Акад. Наук СССР. Науч. совет по комплексной проблеме «Кибернетика».

Книга посвящена проблемам новой научно-технической дисциплины — системотехники строительства, изучающей технические, организационные, управленческие строительные системы и межсистемные связи, взаимодействующие достижению конечного результата в строительстве. В книге рассмотрены методологические основы системотехники и совокупность методов и средств формирования эффективных строительных систем и межсистемных связей, охватывающие: технологичность проектов, организационно-технологическую надежность строительства, организационное управление строительством, интерактивные и интерактивно-графические методы системотехники. Приведен обширный библиографический материал и терминологический словарь для определения ряда понятий системотехники.

Для работников научно-исследовательских, проектных и строительных организаций, для преподавателей, аспирантов и студентов вузов при изучении вопросов применения экономико-математических методов и ЭВМ в проектировании, организации и управлении строительством.

Табл. 13, ил. 86, список лит.: 221 назв.

Рекомендована к изданию редакционной коллегией Научного Совета по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР.

Рецензент — С. Н. Булгаков.

Александр Антонович Гусаков

СИСТЕМОТЕХНИКА СТРОИТЕЛЬСТВА

Редакция литературы по экономике строительства

Зав. редакцией **К. П. Окунская**

Редакторы **Н. А. Дубровская, З. М. Глазунова**

Мл. редактор **Н. И. Романова**

Внешнее оформление художника **И. И. Шляндиной**

Технический редактор **Н. Г. Алеева**

Корректор **Л. С. Леягина**

ИБ № 3050

Сдано в набор 10.01.83. Подписано в печать 04.08.83. Т-12587. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 1. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 23,10. Усл. кр.-отт. 23,10. Уч.-изд. л. 23,92. Тираж 4000 экз. Изд. № АVIII—9331. Заказ № 350. Цена 1 р. 80 к.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а

Владимирская типография «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

$\frac{3201010000-473}{Г \quad 047(01)-83}$ КБ-15-74-1983

© Стройиздат, 1983

*Посвящаю памяти моих учителей --
академика
Петра Кузьмича Анохина,
члена-корреспондента АН СССР
Николая Пантелеймоновича Бусленко,
профессора
Юрия Марковича Лейбфрейда*

ОТ АВТОРА

Вся созидательная деятельность человека с древнейших времен до наших дней связана со строительством. В начале нашего столетия, как и во все предшествующие времена, главную роль в строительстве выполнял зодчий, который единолично и комплексно решал все вопросы от архитектурно-художественного замысла и проектирования до организации возведения и сдачи в эксплуатацию построенного объекта.

В последние полвека научно-техническая революция привела к глубокой специализации в строительстве. Появилось множество научных и инженерных дисциплин, специальностей и специализаций. Строительные вузы стали подготавливать узкоспециализированных инженеров по проектированию, механизации, экономике, управлению, по строительству отдельных видов зданий, сооружений и т. д.

Технический прогресс в строительстве и других отраслях народного хозяйства привел к быстрому и резкому усложнению производственных технологических процессов, компоновок зданий и сооружений, к увеличению количества составляющих подсистем и элементов, к усложнению организационных, плановых, экономических и особенно управленческих решений. В то же время практика показала, что отдельные подсистемы и элементы, даже будучи «хорошими» по своим локальным критериям, в ряде случаев не только не способствуют, но даже противодействуют функционированию строительных систем в целом. По мере усложнения систем стыковка элементов волевыми решениями стала уже малоэффективной.

Так появилась потребность в системотехнике строительства, новой научно-практической дисциплине, быстро впитывающей последние достижения многих теоретических и инженерных областей знаний и позволяющей соединять элементы (даже с противоположными интересами) в единую эффективно функционирующую строительную систему.

В условиях становления системотехники ныне живущему и проработавшему 20—30 лет поколению инженеров-строителей пришлось в той или иной степени сменить несколько раз арсенал своих инженерных знаний.

За этот период обновлялись не только объем и содержание инженерных знаний, но и их методологические основы.

В 50-е годы потребовался переход на новые принципы поточного строительства, которые в те годы получили широкое развитие в теории и практике. Тогда впервые были разработаны методы проектирования всех основных параметров строительного производства (сроков, ритма, мощности, интенсивности потоков и т. д.).

Как развитие поточных методов и в дополнение к ним в 60-е годы пришли методы сетевого планирования и управления (СПУ),

с которыми связано начало применения ЭВМ в организации и управлении строительством. В связи с этим потребовалась новая инженерная переподготовка специалистов, поскольку применение сетевого планирования привело к необходимости перестройки всех сформировавшихся к этому времени принципов организации строительства, в том числе и поточных.

В 70-е годы в строительстве начался период создания автоматизированных систем управления, проектирования, планирования, широкое оснащение строительных и проектных организаций ЭВМ, создание ВЦ. Потребовалось новое инженерное перевооружение, освоение многих новых для строителей разделов вычислительной математики и техники, теории систем, кибернетики, исследования операций. Начался переход от детерминированных методологических основ строительства к принципиально новым вероятностным основам, сформировалась новая теория организационно-технологической надежности строительного производства.

Наконец, настоящий период, который можно назвать системотехническим, является логическим продолжением предыдущего, поскольку опыт создания и применения автоматизированных систем в строительстве позволил выявить их положительные и отрицательные стороны, показал их тесную взаимосвязь и необходимость комплексной системной разработки. Это требует привлечения новых научных и инженерных знаний, основанных на марксистской философии, диалектической взаимосвязи явлений, на теории функциональных систем, на последних достижениях системотехники.

Системотехнический подход обеспечивает объединение различных вопросов и процессов в строительстве, разьединенных специализацией и ведомственной разобщенностью, служит залогом успешного решения строительных задач.

Развитие научно-технического прогресса выработало весьма сложные требования к инженеру-системотехнику: «Идеальный инженер-системотехник должен сочетать талант ученого с искусством конструктора и деловыми качествами организатора. Он должен уметь объединить специалистов разных профилей для совместной работы» [35].

Это означает, что инженер-системотехник, кроме глубоких знаний методологических основ науки, должен иметь хорошую инженерную подготовку в своей отрасли и широкий кругозор, позволяющий сочетать эффективное решение конкретных задач с народнохозяйственными интересами.

Однако методология системотехники как обобщающей научной дисциплины строительства находится лишь в начальной стадии становления, а плановая подготовка специалистов-системотехников еще не проводится. Хотя ряд строительных вузов в последние годы начал выпускать инженеров-системотехников по проектированию АСУ, программа их подготовки пока не включает системотехнику как самостоятельную дисциплину, а набор изучаемых ими математических дисциплин создает «засилье» математики, стремление идти от математики к решению проблем строительства и не формирует системотехнического кругозора и образа мышления инженера-строителя как современного зодчего.

Этим объясняется постановка в книге не только проблем строительного проектирования и производства, но и некоторых системотехнических проблем в области организации строительной науки, подготовки научных и инженерных кадров, организационных структур управления и др.

В книге изложены основные результаты исследовательских и проектно-экспериментальных работ, которые автор получил как участник и руководитель научных коллективов в Научно-исследовательском институте строительного производства — НИИСП Госстроя УССР (1964—1967 гг.), в Научно-исследовательском институте организации и управления в строительстве — НИИОУС (б. ЦНИЛОЭС) при МПСИ им. В. В. Куйбышева (1967—1972 гг.), в Центральном научно-исследовательском и проектно-экспериментальном институте автоматизированных систем в строительстве — ЦНИПИАСС Госстроя СССР (1972—1981 гг.).

Научная и практическая ценность вопросов, излагаемых в книге, определялась в постоянном общении автора со многими учеными и практиками во время встреч, выступлений, дискуссий в разных городах на многочисленных совещаниях, конференциях, семинарах, в организациях различных строительных министерств, а также во время встреч со многими зарубежными коллегами и специалистами.

Системотехника строительства еще не выделилась в самостоятельную науку с четко очерченной областью применения, а многочисленные инструктивно-методические документы по созданию автоматизированных систем отвечают лишь на вопрос «что делать?». В предлагаемой книге делается первая попытка объединить часть накопленных знаний в области новой и формирующейся науки — системотехники строительства, отвечающей на вопрос «как делать?».

Автор понимает, что на этот вопрос никогда не будет единственного и исчерпывающего ответа и поэтому с благодарностью примет критические замечания, пожелания и советы читателей по затронутым в книге проблемам.

Автор выражает благодарность всем ученым и сотрудникам, коллегам и друзьям, способствовавшим развитию и формированию излагаемых в книге идей, их практической реализации.

Глубокую признательность автор выражает члену-корреспонденту АН СССР Г. С. Поспелову, написавшему предисловие к предлагаемой читателю книге.

Особую благодарность автор выражает начальнику отдела строительства и стройиндустрии Госплана СССР, Заслуженному строителю РСФСР, профессору С. Н. Булгакову и заведующему сектором ВЦ АН СССР доктору физико-математических наук В. В. Шафранскому, сделавшим замечания по рукописи.

Автор пользуется случаем отметить квалифицированный и кропотливый труд, сделавший возможным появление этой книги, и благодарит Н. А. Дубровскую за редактирование рукописи и И. И. Шляндину за подготовку иллюстративного материала и внешнее оформление книги.

Своим приятным долгом автор считает выразить признательность и уважение зарубежным коллегам, проявившим интерес и взаимопонимание к излагаемым в книге идеям: доктору Ладиславу Горниаку (ЧССР) и доктору Яну Лонгауэру (ЧССР) за инициативу издания настоящей книги в ЧССР, доктору Петеру Хупферу (ГДР) за предоставленную возможность изложить и обсудить системотехнические идеи на Международном Конгрессе по применению математики в технических науках в Ваймаре (1981 г.), профессору Хельмуту Улигу (ГДР), профессору Владимиру Гаеку (ЧССР), профессору Адольфу Шубу (ФРГ), профессору Роберту Боргу (США) и профессору Жану Зейтуну (Франция) за общность научных интересов и инициативу издания совместных книг в ГДР, ЧССР, ФРГ, США и Франции.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последнее десятилетие в строительстве, как и в других отраслях народного хозяйства, получили значительное развитие автоматизированные системы управления, планирования, проектирования.

Без автоматизированных систем уже становится невозможным функционирование многочисленных звеньев строительной отрасли на всех уровнях от Госплана и министерств до рядовых проектных и строительных организаций.

В этих условиях возникла настоятельная потребность интеграции разноуровневых автоматизированных систем, которая достигается разработкой методологически единых систем обеспечения: информационного (единые нормативы, базы данных и документооборот), математического (общие модели, пакеты программ), технического (ЕС ЭВМ, ВЦ коллективного пользования) и т. д.

Потребность интеграции автоматизированных систем в строительстве является отражением тесной взаимосвязи различных строительных систем: технических (здания, сооружения, технологическое оборудование, строительные машины и др.), организационно-технологических (организация и технология строительных процессов и методов работы машин, бригад, рабочих и др.), экономико-управленческих (методы хозяйствования, планирования, управления, формирования организационных структур, выбор критериев оценки функционирования систем и др.).

Предлагаемая читателям книга посвящена системотехнике строительства, т. е. научно-технической дисциплине, изучающей сложные технические, организационные, управленческие строительные системы, а также взаимосвязи, возникающие на стыках между системами, и методы проектирования этих взаимосвязей. Работая в области системотехники строительства, автор стремится объединить усилия фундаментальной и прикладной строительной науки, использовать достижения различных отраслей науки и практики в области применения ЭВМ, имитационного моделирования, искусственного интеллекта, автоматизированных систем планирования, проектирования, управления и их интеграции.

В книге развиваются научные направления, имеющие важное значение для решения системотехнических проблем строительства, таких, как технологичность, органи-

зационно-технологическая надежность, проектирование систем организационного управления.

Особое внимание в книге уделяется постановке и решению проблем, связанных с разработкой автоматизированных систем в строительстве.

Как известно, создание автоматизированных систем планирования, управления до последнего времени не затрагивало в необходимой мере организационные структуры существующих управленческих, плановых, проектных организаций, внедривших системы. Это приводило к разрозненности задач, разделению этапов и огромным трудозатратам подготовки и доставки информации, пакетной обработки ее, и, как следствие, появлению посредников (аналитиков, программистов, операторов) между конечным пользователем и ЭВМ. Это, как правило, обуславливало увеличение управленческого персонала и низкую эффективность автоматизированных систем. Выходу из создавшегося положения будет способствовать широкое применение интерактивных режимов использования ЭВМ в процессе решения задач, чему в книге уделено большое внимание.

В последнее время одной из важнейших проблем является встраивание в стандартное математическое обеспечение ЭВМ программно-аппаратурных средств искусственного интеллекта. Это приводит к представлению в ЭВМ не только данных, но и знаний.

Элементы такого подхода развиваются в книге в связи с использованием интерактивных графических систем обработки план-графиков для решения с их помощью многокритериальных, картографических и других задач.

В книге приведены конкретные результаты по созданию автоматизированных систем обработки графической информации и оргтехнического обеспечения проектирования и управления, повышающих производительность труда инженерно-технических работников.

Ряд проблем, затронутых в книге, носит постановочный характер и требует дополнительных исследований.

В целом книга представляет научный и практический интерес для работников научно-исследовательских, проектных, строительных организаций и внесет свой вклад в становление системотехники строительства.

Член-корреспондент АН СССР Г. С. Поспелов

ВВЕДЕНИЕ

Системотехника как научно-техническая дисциплина изучает созданные человеком сложные технические, организационные, управленческие системы, к которым в полной мере относятся автоматизированные системы управления, планирования, проектирования, обработки данных и т. д. Собственно сам термин «системотехника» возник в 60-е годы в связи с развитием и широким распространением в науке, технике, управлении, во всех отраслях народного хозяйства автоматизированных систем.

В строительстве применение экономико-математических методов, вычислительной и организационной техники реализуется в основном через автоматизированные системы управления строительством (АСУС), автоматизированные системы плановых расчетов (АСПР), системы автоматизации проектных работ (САПР), автоматизированные системы обработки данных и документации (АСОД) и ряд других систем.

Автоматизированные системы в строительстве (АСС) позволяют широко использовать резервы повышения эффективности капиталовложений, сокращать затраты труда, сроки и стоимость возведения объектов и комплексов. Об этом убедительно свидетельствует внедрение первых очередей систем [37*, 58*, 69*, 67, 91].

Опыт и теоретические работы показывают, что значение АСС в капитальном строительстве будет возрастать по мере усложнения объектов строительства, проектирования, организации, управления, углубления специализации, повышения требований к экономичности проектов, качеству и охране окружающей среды. Непременным условием высокой эффективности АСС является четкое взаимодействие и взаимосвязь систем на научной системотехнической основе. Однако создание отдельных АСС до последнего времени происходило без обоснования их структуры, взаимоподчиненности и, что особо важно, без необходимой взаимосвязи. Так, САПР не дает необходимых информационных данных для АСУС, а АСУС — для АСПР. С другой стороны, САПР не имеет обратной связи с АСУС, а АСУС — с АСПР. Отсутствие прямых и обратных связей между этими системами обусловило необходимость создания для каждой системы отдельного информационного обеспечения и отдельной автоматизированной системы обработки данных и документации.

Такая разобщенность систем обусловлена рядом при-

чин, в том числе ведомственными барьерами: АСУС создаются в строительных министерствах и ведомствах, АСПР — в Госплане СССР и госпланах республик, САПР — практически во всех министерствах и ведомствах, имеющих проектные организации. Разобщенность систем отражает сложившуюся разобщенность планирования, проектирования, организации строительства, управления и дорого обходится народному хозяйству, так как на стыках и в «ничейных» зонах оказались важнейшие системотехнические проблемы, определяющие эффективность капитального строительства: комплексная оценка проектов, подготовка производства, проектирование строительных организаций, создание единой системы нормативов расхода ресурсов и ряд других.

Для постановки и решения перечисленных и других системотехнических проблем, а также для формирования научных основ системотехники строительства нами был использован ряд концептуально-методологических теорий:

теория функциональных систем, предполагающая заданный результат как главный системообразующий фактор и позволяющая формировать функциональные системы из элементов, взаимодействующих достижению заданного результата;

теория вероятностно-статистического исследования систем проектирования зданий и систем проектирования их возведения, что в отличие от применяемого детерминистского подхода позволяет конструировать модели, более адекватные изучаемым явлениям, и, что особо важно, исследовать надежность систем;

теория математического моделирования сложных систем и, в частности, такие его виды, как имитационное моделирование, позволяющие имитировать на ЭВМ реальные ситуации проектирования и возведения строительных объектов;

теория проектирования организаций, предусматривающая создание систем организационного управления строительной и проектной деятельностью.

На основании этих теорий, имеющих разный уровень научной разработки и практического применения, в настоящей работе поставлены теоретические и методологические проблемы системотехники строительства, решение которых позволит объединить на единой функционально-системной вероятностной основе ныне разрозненные системы проектирования объектов, их возведения и управ-

ления строительством и создать таким образом систему более высокого порядка с более общими критериями оптимизации.

Поставленные в работе проблемы системотехники строительства и многочисленные практические задачи, обусловленные этими проблемами, потребовали применения широкого арсенала системотехнических и математических методов конструирования моделей и алгоритмов для описания и исследования сложных вероятностных систем проектирования и возведения строительных объектов.

В работе использованы следующие основные системотехнические и математические методы исследования:

различные виды математического моделирования для конструирования алгоритмов функционирования элементов систем;

теория планирования эксперимента, корреляционный и регрессионный анализ, теория экспертных оценок, матричное исчисление, алгебра логики, номография и другие научные знания для разработки алгоритмов проектирования, оценки и прогнозирования технологичности объектов;

теория вероятностей и математическая статистика, теория надежности, теория графов и сетевое планирование, теория массового обслуживания, вариационное исчисление, теория расписаний для разработки алгоритмов проектирования возведения зданий, оценки и прогнозирования организационно-технологической надежности строительных систем.

При проведении исследований использованы различные методы современной строительной науки и прежде всего таких ее дисциплин, как управление, организация, технология и экономика строительства.

Системотехнический характер работы, комплексное рассмотрение и «стыковка» разрозненных и часто отдаленных областей науки и техники потребовали привлечения большого библиографического материала и весьма обширной терминологии.

До настоящего времени в области автоматизированных систем в строительстве нет установившейся терминологии, что порождает и приводит к бесплодным дискуссиям и разногласиям. Поэтому в приложении приводится краткий терминологический словарь, ибо еще Вольтер сказал: «Прежде чем начинать спор — договоримся о терминологии».

Глава 1. СТРОИТЕЛЬСТВО И СИСТЕМОТЕХНИКА

1.1. Применение системотехники в строительстве

Широко распространившееся в последние два десятилетия понятие «системотехника» (от англ. Systems Engineering) обычно наполняется разным смыслом, имеет много определений и значений: научно-практическая дисциплина, область науки, направление в кибернетике, комплекс особых теоретических и практических вопросов, общая техническая наука о больших системах, методология проектирования и конструирования больших систем, специальность инженерного образования, характеристика особой инженерной деятельности, наконец, образ действия, направление мышления, мировоззрение инженера и исследователя.

Не будем оспаривать правильность того или иного определения системотехники. В целом они не противоречат, а лишь дополняют и расширяют друг друга.

Условимся под системотехникой строительства понимать научно-техническую дисциплину, охватывающую комплексно и во взаимосвязи стыковые вопросы проектирования, создания, функционирования и развития строительных систем, т. е. систем, сформированных для достижения определенного результата в строительстве.

Появление системотехники тесно связано с быстрым усложнением инженерной деятельности в последние десятилетия. По подсчетам специалистов увеличение количества взаимосвязанных организаций или элементов в 10 раз увеличивает число связей и соответственно усложняет управление в 100 раз. Это в полной мере относится к строительным системам, которые стали включать в свой состав наряду с традиционными строительными элементами (конструкции зданий и сооружений, строительные машины, бригады рабочих и т. д.) также элементы современных сложных организационно-экономических и вычислительно-технических систем (экономический механизм хозяйствования, организационные структуры управления, автоматизированные системы планирования, проектирования, управления и т. д.).

Формирование (создание, проектирование, конструирование) таких строительных систем стало настолько сложным делом, что вызвало быстрое проникновение в

строительство новых методов и подходов системотехники. Одновременно происходило определение и уточнение области приложения системотехники в строительстве. Строительные системы имеют много специфических особенностей. Поэтому системотехника строительства, используя достижения многих научных и прикладных дисциплин, постоянно нуждается в «привязке» их к требованиям и особенностям строительных систем.

Очевидно, системотехника, являясь сугубо инженерной дисциплиной, должна быть привязана к конкретной инженерной деятельности. Как не может быть технических систем вообще, а могут быть лишь системы в конкретной области инженерной деятельности, так и системотехника строительства всецело определяется объектом приложения — строительными системами.

Поскольку оба понятия «система» и «техника», составляющие термин «системотехника», имеют неоднозначные толкования, условимся в соответствии с классическим определением теории функциональных систем под «системой» понимать комплекс избирательно вовлеченных элементов, взаимодействующих достижению заданного результата. А собирательным понятием «техника» будем отражать совокупность методов и средств формирования строительных систем (вовлечения элементов в систему).

Значение системотехники строительства будет постоянно возрастать в связи с необходимостью конструирования большого количества разнообразных строительных систем. Поэтому требуется активное развитие системотехники строительства как научно-инженерной методологии эффективного проектирования, конструирования, функционирования строительных систем и межсистемных связей, обладающих большим разнообразием и индивидуальностью.

Организация проектирования строительных систем, и других сложных систем, может быть разделена на две стадии, имеющие существенные отличительные особенности: макропроектирование (определяются структура системы в целом и функциональные связи ее с внешним миром) и микропроектирование (конструируются элементы системы).

Макропроектирование, или, как его еще называют, внешнее проектирование является наиболее ответственной и сугубо системотехнической стадией. Как отмечал Н. П. Бусленко, «системотехника объединяет точки зре-

ния, подходы и методы по вопросам внешнего проектирования сложных систем» [23].

Макропроектирование осуществляют инженеры-системотехники, которые должны представлять функционирование системы в целом и уметь расчленить ее на отдельные элементы (подсистемы). А поскольку сложные строительные системы состоят из неоднородных элементов (технических, технологических, экономических, организационных, социологических, психологических и т. д.), то инженер-системотехник должен достаточно глубоко разбираться во всех элементах и обладать разносторонними специальными знаниями.

Но главное состоит в видении системы в целом, в правильном определении цели ее функционирования, структуры, критериев, ограничений, внешних и внутренних связей. В. И. Скурихин отмечает, что «принципиальное значение имеет установление связей (отношений) между частями системы, поэтому системотехнику можно определить как науку об управлении связями (отношениями)» [98].

Нужно особо подчеркнуть, что макропроектирование сейчас является скорее искусством, чем наукой, и от этого искусства зависит эффективность системы в целом.

На следующей стадии — микропроектировании, или внутреннем проектировании системы — уже не требуются специалисты с широким диапазоном знаний, а необходимы узкие специалисты по отдельным элементам строительной системы (экономисты, строители, архитекторы, конструкторы, механики, математики, программисты и т. д.).

В целом проектирование сложных строительных систем требует особой организации, взаимодействия не только разных специалистов, но часто и разных коллективов, проектирующих и изготавливающих отдельные элементы системы.

В отечественной и зарубежной практике существует много организационных форм системотехнических разработок. Как показал опыт, лучшие результаты могут быть получены при едином руководстве научными, проектными и производственными стадиями создания систем. В качестве примера такой организационной формы в строительстве можно назвать разработку автоматизированной системы обработки данных и документации (АСОД) [30*, 50*, 53*, 61*, 68*]. Эта система включает больше ста различных технических, организационных,

технологических и других элементов и создана как «хвостовая» часть АСС для оргтехнического обслуживания процессов составления, копирования, хранения, поиска данных и документов на основе электрографии и микрофильмирования.

Все этапы создания этой системы (от замысла в научных подразделениях до изготовления на заводе) были осуществлены в одной научно-производственной организации, по единой целевой программе, под единым научным и административным руководством, что значительно ускорило создание и внедрение системы. Так, за годы десятой пятилетки эта система была укомплектована и внедрена в 90 организациях 45 министерств и ведомств с общей численностью 70 тыс. человек, что дало экономический эффект более 7 млн. руб., повысило производительность труда инженерно-технических работников в среднем на 5 % и позволило высвободить более 4 тыс. человек.

При решении сложных системотехнических проблем успешно применяются также организационные формы единого, хотя и не административного руководства.

В качестве примера можно назвать проблему искусственного интеллекта, для решения которой был образован Совет по искусственному интеллекту Комитета по системному анализу АН СССР. Этот совет, руководимый членом-корреспондентом АН СССР Г. С. Пospelовым, координирует работу всех организаций, занятых разработкой проблемы искусственного интеллекта. Общеизвестны успехи и результаты деятельности этого совета в области развития робототехники в нашей стране.

Из опыта функционирования систем крупномасштабного строительства США и других развитых стран известны эффективные организационные формы, когда целые фирмы специализируются на управленческих функциях по стыковке и объединению усилий десятков и даже сотен субподрядных узкоспециализированных организаций.

Системотехника как научно-техническая дисциплина развивается параллельно и во многом пересекается с двумя другими дисциплинами — кибернетикой и исследованием операций.

Кибернетика, как известно, является основой создания и научно-технического развития вычислительной техники, автоматизированных систем, многих прикладных наук, основанных на кибернетических идеях. В послед-

ние десятилетия кибернетика активно развивается, и ее теоретические основы во многом используются системотехникой. Исследование операций формируется в основном как инструментальный методов и средств для проектирования элементов уже существующих систем. При этом используется теоретический аппарат, близкий к аппарату системотехники и кибернетики.

Существуют различные определения и трактовки сфер действия этих трех наук. Не вдаваясь в терминологические споры, можно считать, что эти науки различаются в основном предметом исследования, в соответствии с которым и отбираются конкретные методы и средства из общих дисциплин: теории вероятностей, математической статистики, теории игр, теории массового обслуживания, математического программирования, моделирования и многих других.

Если кибернетика формирует общую теорию управления системами, то системотехника проектирует сложные системы с учетом взаимосвязей этих систем и их элементов, а исследование операций определяет рациональные функции (операции) элементов уже существующих или запроектированных в целом систем. При всей условности такого разделения его можно принять для уточнения области применения системотехники строительства и определения ее методологических основ.

Опыт использования системотехники в различных направлениях инженерной деятельности, а также опыт становления системотехники строительства позволяет определить в качестве основной и первоочередной области ее применения — исследование проблем, возникающих на стыках строительных систем, и построение эффективных взаимосвязей между этими системами и их элементами.

1.2. Системотехническая характеристика строительства

Строительство как отрасль занимает одно из ведущих мест в индустриальном комплексе нашей страны. В настоящее время общее число строек составляет более 100 тыс., отрасль производит более 10 % валового национального продукта в стране и вносит огромный вклад в дальнейшее развитие всех без исключения отраслей народного хозяйства, всей нашей социалистической экономики, в повышение благосостояния советских людей,