

Министерство образования и науки Российской Федерации
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Ю. Н. Николаев

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие и лабораторный практикум



Волгоград. ВолгГАСУ. 2015



© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет», 2015

УДК 004:69:658.014.011.56(075.8)

ББК 38.6-05я73+32.971я73

Н631

Р е ц е н з е н т ы:

доктор технических наук *О. В. Бурлаченко*,
профессор кафедры технологий строительного производства Волгоградского
государственного архитектурно-строительного университета (ВолгГАСУ);
кандидат технических наук *Д. П. Клочков*, доцент кафедры технологий
строительного производства ВолгГАСУ

*Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Николаев, Ю. Н.

Н631

Компьютерные технологии проектирования строительного
производства [Электронный ресурс] : учебное пособие и лабораторный
практикум / Ю. Н. Николаев; М-во образования и науки Рос. Федерации,
Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. — Электронные текстовые и графические
данные (6,2 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. — Учебное
электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC
486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. —
Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-
строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/online/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-98276-718-9

Представлены теоретические и методические основы проектирования
строительного производства с применением автоматизированных систем.
Рассмотрены практические примеры производства строительных работ на
вариантной и вероятностной основе. Предложен лабораторный практикум по
учебной дисциплине «Компьютерные технологии проектирования строительного
производства».

Для студентов бакалавриата и магистратуры очной формы обучения профиля
«Промышленное и гражданское строительство».

Для удобства работы с изданием рекомендуется пользоваться функцией
Bookmarks (Закладки) в боковом меню программы Adobe Reader.

Имеется печатный аналог (Николаев, Ю. Н. Компьютерные технологии
проектирования строительного производства : учебное пособие и лабораторный
практикум / Ю. Н. Николаев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр.
гос. архит.-строит. ун-т. — Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. — 101, [1] с.).

УДК 004:69:658.014.011.56(075.8)

ББК 38.6-05я73+32.971я73

ISBN 978-5-98276-718-9



© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Автоматизированные информационные системы в проектировании строительного производства.....	7
1.1. Область применения и возможности.....	7
1.2. Основные термины и понятия.....	10
1.3. Краткая характеристика автоматизированных информационных систем проектирования строительного производства, представленных на российском рынке.....	11
2. Теоретико-методологические и методические основы проектирования строительного производства.....	21
2.1. Системотехника строительства: базовые принципы проектирования, организации и управления строительным производством.....	21
2.2. Методы и модели, применяемые в рамках проектирования строительного производства.....	26
2.2.1. Математические методы и модели.....	27
2.2.2. Поточные методы и модели.....	28
2.2.3. Статистические модели.....	31
2.2.4. Экспертные системы (модели).....	33
2.2.5. Логико-смысловые методы и модели.....	34
2.2.6. Балансовые методы и модели.....	35
2.2.7. Имитационное моделирование.....	36
2.3. Состав проектной организационно-технологической документации в проекте строительства.....	38
2.4. Комплекс задач организационно-технологического проектирования.....	45
2.5. Классификация и структуризация строительного производства в рамках организационно-технологического проектирования.....	47
3. Методика автоматизированного проектирования строительного производства на вариантной и вероятностной основе.....	52
3.1. Методика автоматизированного формирования организационно-технологических решений производства строительных работ на вариантной основе...	52
3.1.1. Методика вариантного формирования организационно-технологических решений осуществления строительных работ.....	57
3.1.2. Определение интенсивности строительных процессов.....	59
3.1.3. Определение продолжительности и стоимости технологических процессов.....	60
3.2. Методика оценки организационно-технологической надежности и проектирования строительного производства с заданным уровнем надежности.....	62
4. Лабораторный практикум.....	74
Лабораторная работа 1. Анализ и классификация функциональных возможностей программных продуктов в области проектирования, организации и управления строительным производством.....	74
Лабораторная работа 2. Исходные данные для организационно-технологического проектирования. Источники нормативных данных.....	77
Лабораторная работа 3. Автоматизированное организационно-технологическое проектирование строительных процессов на вариантной основе.....	81
Лабораторная работа 4. Освоение методики автоматизированного проектирования строительных процессов на вероятностной основе.....	93
Заключение.....	100
Библиографический список.....	101

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе необходимо совершенствование методологической и методической базы организационно-технологического проектирования строительного производства с помощью компьютерных технологий, развитие алгоритмов вариантного формирования, оценки и выбора организационно-технологических решений строительного производства, в том числе с учетом его вероятностного характера.

Преимуществом автоматизированного компьютерного проектирования строительных процессов является возможность максимальным образом реализовать:

1) принцип многовариантного проектирования, т. е. обеспечения альтернативности принимаемых решений — формирования полного множества осуществимых вариантов функционирования строительных процессов в соответствии с материально-техническими, кадровыми, финансовыми возможностями строительного-монтажных организаций;

2) вероятностно-статистический принцип, предполагающий возможность учета вероятностного характера строительного производства и проектирования с заданным уровнем организационно-технологической надежности;

3) имитационно-моделирующий принцип, позволяющий описать поведение и взаимодействие элементов системы посредством моделирующего алгоритма с применением спектра методов проектирования и моделирования строительного производства (поточного метода проектирования, вероятностно-статистических моделей, методов математического программирования, сетевых моделей и пр.). Описание строительных систем и процессов посредством логико-математического моделирования позволяет добиться высокой степени адекватности и надежности имитационной модели. Используя современные средства компьютерного программирования, становится возможным создать имитационную модель сложной системы или процесса с достаточным уровнем адекватности реальной системе или процессу;

4) системно-целевой принцип оценки и выбора предпочтительных вариантов организации. Традиционный подход основан на оптимизации вариантов организационно-технических решений (ОТР) инженером-технологом на

каждом шаге проектирования, что значительно сужает количество рассматриваемых альтернативных вариантов ОТР строительного процесса и имеет такие недостатки, как зависимость от опыта и интуиции проектировщика, отсутствие системного подхода в рассмотрении влияния частных факторов на конечный результат с учетом взаимодействия с прочими. Системно-целевой подход основан на оптимизации всей совокупности осуществимых ОТР строительства в соответствии с определенной целевой функцией или их совокупностью, что дает гораздо большие возможности, так как учитываются нерациональные с точки зрения частного критерия оптимизации организационно-технологического решения, соответствующего отдельному шагу проектирования. Однако в сочетании со всей совокупностью организационно-технологических решений они являются предпочтительными по сравнению с другими альтернативными вариантами;

5) функционально-системный принцип, основанный на системообразовании строительного процесса по критерию результата (целевой функции). Использование компьютерной техники позволяет достаточно просто сформировать функциональную систему из совокупности альтернативных элементов системы по целевой функции, а также преобразовать ее в случае отклонений при обеспечении достижения целевого результата;

б) интерактивно-графический принцип, который при использовании компьютерной техники реализуется в высокой скорости обработки исходных данных, возможности получения и контроля промежуточных и итоговых результатов и организации удобного интерфейса общения пользователя с ЭВМ, что позволяет значительно упростить труд проектировщика и одновременно расширить его возможности;

7) инженерно-психологический принцип, т. е. возможность оптимального распределения функций между человеком и компьютером.

В строительстве, как и в любой другой отрасли знаний, существуют легкоформализуемые и трудноформализуемые задачи. При использовании автоматизированных систем принятия решений, как правило, поддающиеся формализации и алгоритмизации задачи решаются посредством компьютера. Это связано с тем, что процесс формирования возможных решений организации и технологии строительства, оценки и выбора предпочтительного варианта представляет для проектировщика трудоемкую и часто рутинную работу, предполагающую многократное применение совокупности различных алгоритмов и методов для каждого этапа проектирования и альтернативного варианта осуществления строительного производства. При таких действиях добиться высокого качества организационно-технологического планирования сложно, многие возможные альтернативные варианты организации и технологии остаются непроработанными, упущенными, возникают многочисленные ошибки в расчетах. Трудноформализуемые задачи решаются проектировщиком, что становится возможным благодаря интуитивным способностям человека, опыту и здравому смыслу.

В настоящем пособии наибольший упор сделан на изучении возможности реализации принципов вариантного и вероятностного (стохастического) проектирования строительного производства, которым уделено недостаточное внимание в рамках действующей системы нормативного и методического обеспечения проектирования строительного производства, а также в научной литературе. Кроме того, в представленных на российском рынке программных продуктах отсутствуют алгоритмы, комплексно использующие принцип вариантного проектирования строительного производства или позволяющие его проектировать на вероятностной основе. Поэтому указанные направления актуальны для дальнейшей теоретической и методической проработки, а также последующей реализации.

1. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Область применения и возможности

В силу повышенных требований к конструктивной и эксплуатационной надежности возводимых зданий и сооружений, повышенного уровня опасности при производстве строительных работ, а также существенных вложений бюджетных средств строительство относится к сфере экономики, в наибольшей степени ограниченной рамками государственных норм, расценок, правил, требований. Основные экономические показатели строительного производства определяются государственными нормами затрат рабочего и машинного времени, а также материальных ресурсов на выполнение единичного объема работ, расценками на затрачиваемые ресурсы. Эти нормы используются для расчета продолжительности и себестоимости производства строительных работ, на них ориентируются при строительстве не только за счет бюджетных средств, но и за счет средств частных инвесторов. Казалось бы, указанные нормы должны ограничивать возможности конкуренции между подрядными строительными-монтажными организациями. Но их можно рассматривать и как верхний предел, ограничение по затратам времени и ресурсов на производство работ, в рамках которых представляется возможным сформировать некоторое, как правило, значительное, количество альтернативных вариантов организационно-технологических решений производства строительных работ, удовлетворяющих условию

$$T_i \leq T_{\text{норм}}; C_i \leq C_{\text{норм}},$$

где T_i , C_i — значения продолжительности и стоимости для i -го альтернативного варианта ОТР; $T_{\text{норм}}$, $C_{\text{норм}}$ — предельные значения продолжительности и стоимости, определяемые государственными нормами затрат ресурсов, расценками, типовыми решениями по организации и технологии производства работ, требованиями заказчиков и инвесторов.

Графическая интерпретация результатов такого вариантного проектирования строительного процесса в осях стоимости и продолжительности приведена на рис. 1.1.

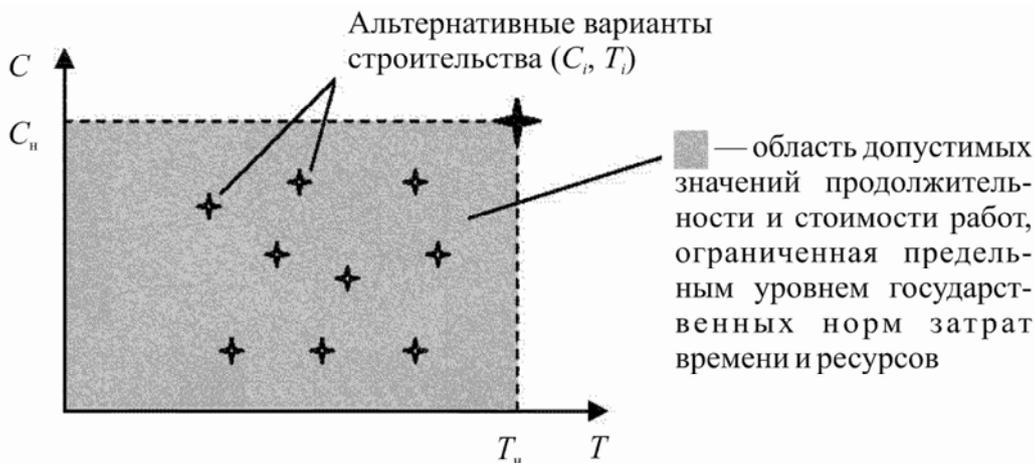


Рис. 1.1. Область возможных решений осуществления строительного процесса

Очевидно, что вариантное проектирование строительных процессов является методологической основой, позволяющей обеспечить конкурентные преимущества строительной организации на рынке строительного подряда. На этапе проектирования целесообразно формировать все осуществимые организационно-технологические решения возведения зданий или сооружений и на их основе осуществлять выбор предпочтительного варианта. Количество таких вариантов может быть значительным. Например, для процесса вертикальной планировки площадки, включающего четыре простых технологических процесса (срезку растительного слоя, разработку и перемещение грунта, уплотнение грунта в насыпях, окончательную планировку площадки), при наличии у строительной организации двух альтернативных машин для выполнения каждого из процессов количество вариантов комплектования каждого процесса машинами будет равно трем, а общее число вариантов — 108.

Как показывает опыт, количество вариантов возведения строительных объектов доходит до нескольких тысяч (с учетом объема состава ресурсов, последовательности и совмещения производства строительных работ и т. п.). Формирование такого значительного числа вариантов производства работ, их оценка и выбор предпочтительного для заданных условий немислимо без применения компьютерной техники и построения моделирующих алгоритмов для создания компьютерных информационных систем проектирования, организации и управления строительством. В связи с этим использование компьютерных технологий и информационных систем организационно-технологического проектирования строительного производства на стадиях предпроектной проработки решений, подготовки

проектной строительной документации и инвестиционных проектов, а также в ходе реализации строительного производства является основополагающим условием, обеспечивающим эффективность проектных решений, гибкость строительных систем, а значит — конкурентоспособности строительного предприятия.

Необходимо отметить, что гибкость, адаптивность являются одними из базовых свойств строительного производства, отличающих его от большинства других отраслей. Связано это, во-первых, с наличием альтернативных вариантов ОТР осуществления практически любых строительных работ, во-вторых, с мобильностью ресурсов строительного производства. Это дает возможность в случае возникновения отказа или сбоя заменять элементы системы при незначительном отклонении от заданных в проекте показателей. Именно это свойство строительных систем определяет их высокую степень адаптивности при воздействии дестабилизирующих факторов и возможность по управлению надежностью строительных процессов, т. е. обеспечение заданных результатов строительного производства. В случае отказов, сбоев (выхода из строя техники и технологической оснастки и т. п.) необходимо в предельно короткие сроки перестроить систему так, чтобы не отклониться от нужных показателей, что возможно только в случае применения автоматизированных информационных систем управления и проектирования строительного производства.

Кроме того, для принятия своевременного и адекватного решения при возникновении дестабилизирующих воздействий, отказов или сбоев в работе необходимо наличие оперативных и достоверных каналов информационного обмена между производственной системой, системой подготовки принятия решений (проектными и др. отделами) и управления. Даже при наличии компьютерных технологий и специалистов соответствующей квалификации, позволяющих подготовить варианты перестройки, замены организационно-технологических ресурсов или ввода резервных мощностей в ответ на возникновение сбоев или отказов системы или ее элементов, получение всей необходимой информации для подготовки вариантов решения проблем, ее доведение до соответствующих специалистов, принятие окончательного решения и его реализация без наличия эффективных информационных систем может занять слишком много времени.

Кроме указанных факторов, существуют и другие причины, делающие применение компьютерных технологий либо целесообразным, либо просто единственным средством эффективного решения задач. Например, оценка надежности ОТР, предполагающих необходимость формирования достаточно больших выборок значений исследуемого параметра и математической обработки данных. Все сказанное определяет актуальность широкого внедрения автоматизированных компьютерных систем в сферу проектирования строительного производства.

1.2. Основные термины и понятия

Ниже представлены определения терминов, наиболее часто употребляемых при решении задач автоматизации строительного производства.

Алгоритм — логико-арифмитическое описание решения конкретной прикладной задачи в определенной области строительства и/или проектирования.

К примеру, определение интенсивности, продолжительности и стоимости строительного процесса может быть представлено в виде блок-схемы (логико-арифмитического описания) (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Пример логико-арифмитического описания решения задачи для последующей разработки программы: I_{iv} — интенсивность i -го строительного процесса для v -го варианта его выполнения; N_{iv} — количество рабочих, участвующих в процессе; $H_{вp i}$ — норма затрат рабочего времени; $I_{max i}$ — ограничения по интенсивности выполнения процесса (например, максимальная интенсивность доставки материальных ресурсов); T_i — продолжительность выполнения i -го строительного процесса для v -го варианта его выполнения; V_i — объем работ для i -го строительного процесса; C_{iv} — величина прямых расходов для i -го строительного процесса для v -го варианта его выполнения; $C_{p i}$ — повременная расценка стоимости чел.-ч; $C_{m i j}$ — повременная расценка стоимости маш.-ч для j -й строительной машины; $k_{j i v}$ — количество строительных машин j -го типа, участвующих в i -м строительном процессе для v -го варианта его выполнения; $C_{m k}$ — стоимость k -го строительного материала; $H_{m i v k}$ — норма расхода k -го материала в i -м строительном процессе для v -го варианта его выполнения

Программа — записанный в машинных кодах алгоритм, обеспечивающий решение конкретной прикладной задачи в определенной области строительства и/или проектирования.

Программный комплекс — совокупность двух или нескольких программ, обеспечивающих решение группы функционально взаимосвязанных задач в определенной области строительства и/или проектирования.

Модуль, программный модуль — программа, рассматриваемая как целое в наборе с другими модулями и являющаяся составной частью автоматизированной системы (программного комплекса). Модуль обеспечивает решение одной или нескольких функционально выделенных задач в определенной области строительства и/или проектирования.

Программный продукт — функционально и документально завершенная программа, программный комплекс, автоматизированная система, программный модуль (модуль). Обладает возможностью автономного (независимо от разработчика) использования конечным пользователем.

Программное средство — операционная система и/или программа общего назначения, необходимая для функционирования программного продукта (операционные системы, офисные системы, системы клиент-сервер и т. д.).

Программное обеспечение — совокупность программных продуктов универсального применения, обеспечивающих решение определенных информационных задач (технологий) в строительстве и/или проектировании.

Автоматизированная информационная система — совокупность программ, баз данных и т. д., обеспечивающих решение группы функционально и информационно взаимосвязанных задач в определенной области строительства и/или проектирования.

1.3. Краткая характеристика автоматизированных информационных систем проектирования строительного производства, представленных на российском рынке

На сегодняшний день автоматизированные компьютерные системы применяются на всех стадиях создания строительной продукции: предпроектной проработки ОТР, проведения тендеров на получение строительных заказов, инженерных изысканий, разработки проектной документации, формирования инвестиционных проектов создания строительной продукции, управления строительным производством.

Наиболее полный перечень программных продуктов, предназначенных для автоматизации организационно-технологического проектирования строительного производства представлен в 13-м томе Московского территориального строительного каталога «Программное обеспечение информационных технологий в строительстве» (МТСК-13).

МТСК-13 разработан с целью предоставления пользователям актуальной и систематизированной информации о программном обеспечении, включая на-

значение и область применения в разных сферах инвестиционно-строительной деятельности, и предназначен для использования в организациях и предприятиях, осуществляющих деятельность в областях проектно-изыскательских работ, строительного производства, сметных расчетов и ценообразования, бухгалтерского учета, финансово-экономической и управленческой работы, экологического мониторинга, подготовки и проведения конкурсов, информационно-справочного обеспечения и др.

Состав и содержание МТСК-13 позволяет пользователям осуществлять анализ и отбор необходимого программного обеспечения в зависимости от направлений деятельности, специфики производственных и управленческих задач, оснащенности компьютерной техникой, степени подготовленности персонала, требуемого уровня сервисного обслуживания и других факторов.

МТСК-13 содержит каталожные листы, в которых приведена основная информация по программным продуктам: назначение и область применения, входные и выходные данные, требования к техническим и программным средствам, возможность работы в сетях персональных компьютеров, дополнительные услуги, оказываемые при их поставке, нормативные документы, использованные при разработке, свидетельства о сертификации, сведения о разработчике и прочую информацию.

К наиболее совершенным разработкам, решающим широкий спектр задач автоматизации организационно-технологического проектирования строительного производства, можно отнести систему «ГЕКТОР-строитель». Существуют программные продукты более широкого спектра применения, чем проектирование строительного производства, которые возможно применять и в рассматриваемой сфере: Microsoft Project — программный продукт корпорации Microsoft, предназначенный для проектирования и управления проектами, Primovera.

На кафедре технологии строительного производства Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета была разработана программа «Технолог», предназначенная для решения задач вариантного формирования, оценки и выбора предпочтительных по заданным критериям организационно-технологических решений производства строительных работ. Программа основана на оригинальном алгоритме, не имеющем аналогов в России и за рубежом (разработчики В. Н. Кабанов, С. Г. Политов). Также разработаны программы, предназначенные для оценки организационно-технологической надежности принятых проектных решений и дающие возможность проектирования строительных процессов с заданным уровнем надежности.

В табл. 1.1 представлена характеристика отдельных программных продуктов, решающих задачи проектов производства работ (ПОС) и (ППР) на комплексной основе. При этом следует иметь в виду, что существует много программных продуктов, решающих отдельные задачи ПОС и ППР.

Таблица 1.1

Характеристика программных продуктов в области проектирования строительного производства

Область применения, функциональные возможности	Состав входных и выходных данных	Раздел МТСК-13
ГЕКТОР: проектировщик-строитель		
<p>Программный комплекс «ГЕКТОР: проектировщик-строитель» предназначен для разработчиков организационной и технологической документации, руководителей и инженерно-технических работников строительных организаций, специалистов организаций заказчика и органов надзора. Комплекс предоставляет новейшие технологии разработки всех разделов ПОС и ППР. По каждому разделу:</p> <ul style="list-style-type: none"> приводятся исчерпывающие нормативно-методические документы со средствами поиска; излагаются требования к составу и содержанию исходной информации; даются многочисленные примеры выполненных ПОС и ППР, которые могут служить хорошей основой для собственных проработок; предоставляются самые современные средства автоматизации выпуска расчетной, графической и текстовой документации. <p>Программный комплекс является новым качественным уровнем развития популярной программы-прототипа «ГЕКТОР: АРМ ППР». Накопленный опыт ее использования показывает, что предоставляемые пользователям программные средства, графические и документальные базы данных значительно повышают качество, снижают стоимость и сокращают сроки разработки организационно-технологических документов. В каждый раздел включен набор задач, сформированный по предметному признаку. Этот набор задач в свою очередь формирует следующий уровень меню программы. Меню конкретной задачи имеет унифицированную форму и включает требования к составу и исходной информации, примеры, нормативно-методические материалы и решение задачи. Последняя позиция представляет собой программный модуль, автоматизирующий решение данной конкретной задачи и работающий либо с графической информацией в среде AutoCAD, либо выполняющий необходимые расчеты. Некоторые программные модули имеют в своем составе и расчетные и графические компоненты. Пользователь может редактировать все полученные графические и текстовые документы средствами AutoCad и MS Word</p>	<p>Программный комплекс «ГЕКТОР: проектировщик-строитель» позволяет получать разнообразную выходную информацию. По запросу пользователя сформируется оформленная по действующим стандартам организационно-технологическая документация в виде расчетных, графических, формализованных текстовых материалов, которая без каких-либо доработок может быть непосредственно использована проектировщиками и подрядчиками при проектировании и строительстве конкретного объекта</p>	<p>13.4.1. Системы общего назначения 13.4.3. Разработка проектов организации строительства и проектов производства работ</p>

Область применения, функциональные возможности	Состав входных и выходных данных	Раздел МТСК-13
Spider Project		
<p>Планирование и прогнозирование параметров проекта, ведение учета исполнения проекта, разработка календарных графиков строительства. Обеспечивается построение оптимальных планов выполнения работ и использования ресурсов, планирования сроков выполнения работ на основе физических объемов и производительности используемых ресурсов, автоматическое назначение ресурсов на работы, работа с несколькими версиями проекта, моделирование производства ресурсов, использование типовых фрагментов проектов.</p> <p>В проектах может использоваться неограниченное количество иерархических структур работ и ресурсов, центров затрат и материалов.</p> <p>В составе проектов могут использоваться различные базы данных, в том числе по единичным расценкам, производительности ресурсов и др. Отслеживается фактическое выполнение проекта, формируются отчеты о выполнении за любой период времени. Имеются системы ресурсного и стоимостного анализа, анализа рисков.</p> <p>Spider Project Professional устанавливается в проектно-офисе для мультипроектного моделирования и управления, а также в тех подразделениях, где принимаются решения по управлению организацией в целом (например, там, где планируется и осуществляется финансовое управление, снабжение).</p> <p>Spider Project Desktop используется для управления отдельными проектами, количество установок в организации определяется числом одновременно ведущихся проектов. Обычно на одно рабочее место Professional приходится четыре-пять рабочих мест.</p> <p>Desktop. Spider Project Viewer предназначается для просмотра проектов, в этой версии не предусмотрено проведение расчетов. Обычно устанавливается у руководства.</p> <p>Статистика показывает, что на предприятии число используемых Spider Project Viewer примерно в два раза превосходит число используемых рабочих версий.</p> <p>Spider Project Lite — усеченная, рассчитанная на простые проекты версия пакета, функциональные возможности которой тем не менее достаточно серьезны (стоимостные компоненты, пулы назначений ресурсов, базы данных, оптимизация расписаний и пр.)</p>	<p>Работы, ресурсы и их производительности, сроки строительства. Диаграммы, отчеты в табличной и графической формах</p>	<p>13.4.1. Системы общего назначения.</p> <p>13.9.1. Системы управления проектами, оперативного управления строительством и диспетчеризации</p>

Область применения, функциональные возможности	Состав входных и выходных данных	Раздел МТСК-13
ПЛАН 2000. Управление проектными работами		
<p>Планирование работ как в денежном измерении, так и на основе учета трудовых затрат. В локальной сети может эксплуатироваться на любом числе машин, при этом для каждой определяются доступные функции (плановика, диспетчера, ГИПа, руководителя и т.д.). Работает и автономно — на отдельных машинах, без сети. Является открытым, допускает подключение внешних программ, в том числе с использованием информации из комплекса. Выходные формы являются документами Microsoft Word.</p> <p>Комплекс повышает оперативность и достоверность плановой информации для принятия решений. В состав комплекса входят следующие блоки:</p> <ul style="list-style-type: none"> сметно-договорные работы; планирование; диспетчеризация; реализация; трудозатраты 	—	13.4.5. Прочие системы
1С: Подрядчик строительства 3.0. Управление строительным производством		
<p>Программный продукт предназначен для автоматизации управления строительным производством, производственного планирования (составления календарных планов), ведения производственного учета, анализа хода выполнения строительно-монтажных работ. Основные возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> формирование календарных планов работ с возможностью создания любой иерархии (фаз, групп, подгрупп) для большого количества объектов строительства; назначение на выполнение работ календарного плана трудовых и технических ресурсов; определение материалов, необходимых для выполнения работ в рамках календарного плана; назначение и отражение логических взаимосвязей между работами с возможностью задержки как по времени, так и по объему; назначение непосредственных исполнителей-сотрудников для выполнения запланированных работ; создание шаблонов работ, групп работ для упрощения внесения данных в различные проекты; ведение табеля исполнителей-сотрудников, фактически участвовавших в работах; 	Локальная смета и КС-2 из «1С:Смета». ЛС и КС-2 в формате АРПС 1.10. Документы и отчеты	13.9.1. Системы управления проектами, оперативного управления строительством и диспетчеризации 13.10.2. Системы бухгалтерского и налогового учета

Область применения, функциональные возможности	Состав входных и выходных данных	Раздел МТСК-13
<p>ведение учета фактического выполнения работ календарного плана; учет фактически израсходованных материалов в разрезе работ и объектного строительства; отображение информации о планах работ в графическом виде, в том числе, графическое отображение критических работ; построение графиков работы ресурсов в разрезе работ, а также графиков применения в работах материалов в разрезе работ; формирование недельно-суточных графиков работ за любой промежуток времени. Возможность формирования и заполнения Общего журнала работ (КС-6); построение отчета по выполнению календарного плана работ с анализом выполнения и прогнозированием сроков дальнейшего хода работ; формирование отчета о степени участия сотрудников организации в работах; построение графиков движения рабочей силы, использования машин и механизмов; формирование отчета об участии подрядных организаций в строительстве в разрезе работ; назначение персональной ответственности за выполнение работ календарного плана; разделение прав доступа к редактированию различных областей программы с назначением персональной ответственности за заполнение любого документа; ведение журнала кадровых документов, оформление приема/увольнения в организации, возможность кадрового перемещения; ведение штатного расписания сотрудников организации; ведение документов учета машин и механизмов, состоящих на учете в организации (прием, перемещение, списание); ведение штатного расписания машин и механизмов в организации; формирование плана поставок материалов по документам планирования и на весь календарный план в целом; формирование графиков работ для всех объектов строительства в виде диаграммы Гантта; создание сценариев календарного плана по всем производственным и стоимостным показателям; ведение регламентированного производственного календаря; настройка личных параметров пользователя</p>		

Область применения, функциональные возможности	Состав входных и выходных данных	Раздел МТСК-13
MyPrimavera		
<p>Информационная корпоративная система управления проектами. Программный продукт MyPrimavera построен на современных web-технологиях, обладает всеми необходимыми возможностями для контроля и анализа данных по портфелям проектов, разработке и актуализации графиков, отслеживанию процессов инициации и изменения проектов, управлению документооборотом и т.д. В нем реализованы требования PMI (Project Management Institute) и стандартов ISO. MyPrimavera может быть настроена под персональные потребности каждого пользователя</p>	<p>Информация о сроках работ, задействованных ресурсах и бюджете, технологические зависимости между работами графика. Календарно-сетевой график, отчеты об использовании ресурсов и денежных средств. Документы по контролю хода реализации проекта, анализу финансирования</p>	<p>13.9.1. Системы управления проектами, оперативного управления строительством и диспетчеризации</p>
АЛТИУС. Управление строительством		
<p>Управленческий учет в строительных, монтажных, ремонтных и т.п. организациях. Учет договоров с заказчиками и подрядчиками. Планирование и контроль деятельности: сроки выполнения работ, финансы, поставка ресурсов на объекты</p>	<p>Карточки договоров, сметы или приложения к договорам, фактические платежи, данные о движении материальных ценностей. Графики выполнения работ. Финансовые планы и бюджеты. Графики поставки ресурсов на объекты. Акты выполненных работ. Наряды. Оперативные и аналитические отчеты о выполнении работ, финансировании, затратах, движении материальных ценностей, взаиморасчетах и другие. В программе более 40 отчетов</p>	<p>13.9.1. Системы управления проектами, оперативного управления строительством и диспетчеризации 13.9.2. Системы управления логистикой, материально-техническим обеспечением строительства</p>

Область применения, функциональные возможности	Состав входных и выходных данных	Раздел МТСК-13
ГЕКТОР: календарное планирование производства работ		
<p>Рекомендуется для использования инвесторами, заказчиками строительства, проектировщиками, строителями, заказчиками и участниками конкурсов и аукционов. Позволяет составлять календарные планы на основе сетевых моделей производства работ с автоматической оптимизацией по срокам работ. Возможности программы:</p> <ul style="list-style-type: none"> импорт информации из сметных программ в формате единого блока обмена АРПС 1.10. Автоматизированная подготовка набора работ календарного плана; простые и эффективные способы взаимоувязки работ быстрое построение сетевой модели; расчет по трудоемкости и/или потребности в машинах и механизмах или ручной ввод длительности выполнения каждой работы календарного плана; расчет сетевой модели (критического пути, резервов времени) с оптимизацией по срокам выполнения работ; диалоговая корректировка календарного плана производства работ; построение многоуровневых вложенных календарных планов производства работ, произвольная степень детализации календарных планов, возможность объединять календарные планы для управления ресурсами на уровне строительной организации; ввод фактического выполнения, наглядное представление на экране хода выполнения работ; получение отчетных документов в соответствии со СНиП 3.01.01-85*: календарный план производства работ, графики потребности в материалах, машинах и механизмах, рабочих на любой период времени по любой совокупности работ календарного плана 	<p>Отчетные документы выводятся для просмотра и распечатки в Microsoft Excel. Сетевая модель может выводиться в графический редактор для просмотра и распечатки</p>	<p>13.14. Прочие системы автоматизации</p>
ГЕКТОР: календарный план строительства объектов		
<p>Программа предназначена для инвесторов, заказчиков строительства, проектировщиков, строителей, заказчиков и участников конкурсов и аукционов. Позволяет определять и обосновывать продолжительность строительства объектов (предприятий, их очередей, пусковых комплексов, сооружений и зданий), распределять объемы инвестиций и строительно-монтажных работ по периодам строительства, составлять кален-</p>	<p>—</p>	<p>13.14. Прочие системы автоматизации</p>

Область применения, функциональные возможности	Состав входных и выходных данных	Раздел МТСК-13
<p>дарные планы строительства объектов с распределением инвестиций и объемов строительно-монтажных работ по зданиям и сооружениям и периодам строительства в составе проекта организации строительства (ПОС). Базы данных программы содержат Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений (СНиП 1.04.03-85*). По мере выхода и апробации в программу будут включены Региональные нормы продолжительности строительства зданий и сооружений в городе Москве, разрабатываемые ЦНИОМТП по заказу ДЭПиР г. Москвы и Москомэкспертизы</p> <p>Пользователь программы может создавать и вести собственные базы данных по продолжительности строительства и распределению задела инвестиций и объемов СМР. Программа содержит расчетный модуль, позволяющий определять продолжительность строительства и распределение задела для объектов, используя базу данных объектов-аналогов. При расчетах могут учитываться природноклиматические, технологические и организационные условия строительства. В программе реализован расчетный метод определения продолжительности строительства объектов различного отраслевого назначения, приведенный в Пособии к СНиП 1.04.03-85*</p>	—	
ИСУП на базе Primavera 5.0		
<p>Типовое решение для системы управления проектами капитального строительства: это комплект материалов, баз данных, типовых календарно-сетевых графиков, экранных и отчетных форм, предназначенных для настройки программного обеспечения Primavera. Дальнейшее развитие и адаптация ИСУП возможны силами Заказчика, так как в состав Типового решения входит описание практических подходов к ее настройке и использованию, описание характеристик участников по ролям и основным выполняемым ими функций, примеры взаимодействия участников в основных процессах управления проектами, ролевые инструкции участников по использованию системы, варианты настройки для решения специфических задач — например, для сооружения объектов промышленных и гражданских, линейных и площадочных. Отражены условия работы, как с российскими, так и с западными подрядчиками.</p>	—	13.9.1. Системы управления проектами, оперативного управления строительством и диспетчеризации

Область применения, функциональные возможности	Состав входных и выходных данных	Раздел МТСК-13
<p>Состав типового решения:</p> <p>1. Методология внедрения ИСУП. В данном документе описано, каким образом организовать внедрение ИСУП на предприятии с использованием Типового решения (рекомендации по созданию команды внедрения, организации системы мотивации, типовой график внедрения и т. п.).</p> <p>2. Методология настройки ИСУП. Приведены наиболее распространенные подходы к настройке программного обеспечения Primavera для управления строительными проектами. Представлены типовые подходы к формированию структуры проектов предприятия (EPS), структуры ответственных, структур декомпозиции работ (WBS), подходы к планированию и контролю графиков проектов и т. п. Указано, какие участники (по ролям) могут быть вовлечены в систему управления проектами, и какие их функции автоматизируются с помощью программного обеспечения Primavera. Приведен пример схемы взаимодействия участников при работе в ИСУП в рамках основных процессов управления строительными проектами. Представлены методологические подходы к интеграции ИСУП со специализированными системами бизнес-планирования, бюджетирования, управления финансами, договорами и поставками. Документ проиллюстрирован примерами, содержащимися в Базе данных.</p> <p>3. Преднастроенное программное обеспечение ИСУП. К комплекту документов прилагается база данных Primavera, в которой выполнены все настройки согласно Методологии настройки ИСУП. Кроме того, данная база содержит примеры графиков строительства площадочных и линейных объектов, преднастроенные экранные и отчетные формы, наиболее часто используемые при управлении строительными проектами, настроенные профили доступа.</p> <p>4. Инструкции участников ИСУП по ролям. В инструкциях для каждой роли участника описан порядок его действий при работе в системе управления на базе программного обеспечения Primavera. Инструкции разработаны для руководителей проектов, планировщиков, кураторов, администраторов и других участников команд проектов и соответствуют требованиям, предъявляемым к процессам управления проектами в рамках стандартов РМВОК РМІ и ІСВ ІРМА</p>	—	

2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

2.1. Системотехника строительства: базовые принципы проектирования, организации и управления строительным производством

Теоретическими аспектами, связанными с разработкой методологических основ организации и управления строительным производством, занимался А. А. Гусаков, он же является родоначальником нового направления строительной науки — системотехники строительства.

Необходимость развития в строительстве новых методов и подходов вызвана повышением сложности проектирования, создания строительных систем, зачастую отсутствием системного подхода при решении разнородных задач проектирования, организации и управления строительным производством.

Понятие «системотехника» (от англ. Systems Engineering) обычно наполняется разным смыслом [2, стр. 7], 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, образ действия, направление мышления, мировоззрение инженера и исследователя. В целом эти значения не противоречат, а лишь дополняют и расширяют друг друга.

В общем случае под системотехникой строительства понимается научно-техническая дисциплина, охватывающая комплексно и во взаимосвязи стыковые вопросы проектирования, создания, функционирования и развития строительных систем, т. е. систем, сформированных для достижения определенного результата в строительстве [2, стр. 8].

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

Поскольку понятия «система» и «техника» имеют неоднозначные толкования, в соответствии с классическим определением теории функциональных систем под системой понимается комплекс избирательно вовлеченных элементов, взаимодействующих достижению заданного результата. А собирательным понятием «техника» отражается совокупность методов и средств формирования строительных систем (вовлечения элементов в систему) [3, стр. 8].

В своей работе Гусаков дал наиболее полное и теоретически обоснованное изложение прогрессивных, оправданных временем концептуальных принципов проектирования строительного производства, к которым были отнесены [3, стр. 10]:

- функционально-системный;
- вероятностно-статистический;
- имитационно-моделирующий;
- интерактивно-графический;
- инженерно-психологический;
- инженерно-экономический.

1. Функционально-системный принцип. Системообразующим фактором является конкретный результат функционирования системы. В этом случае система — это комплекс избирательно вовлеченных элементов, взаимодействующих достижению заданного результата.

В строительных системах сложность иерархии, множество целей, неподчиненность и ненадежность критериев по отдельным подсистемам делают весьма актуальной методологию обеспечения в процессе моделирования достоверности и надежности достижения конечного результата.

В связи с неизбежным компромиссом между простотой модели и сложностью моделируемых объектов значительные методологические трудности представляет оценка адекватности модели реальной действительности. Тео-

рия функциональных систем позволяет произвести оценку адекватности модели по степени отражения (достоверности, надежности, комплексности) результата функционирования системы.

Облегчаются и получают методическое руководство такие этапы проектирования системы, как декомпозиция ее на элементы (подсистемы) и определение связей между элементами (степеней свободы). Декомпозиция системы может производиться только на такие элементы и с такими степенями свободы, которые содействуют достижению заданного результата. Все другие элементы и связи неправомерны и не должны иметь место в системе. Отбрасывая таким образом несущественные для достижения результата элементы и связи, мы получаем методологию формирования обоснованной структуры системы.

Функциональные системы по внутренней архитектонике гетерогенны, т. е. состоят из неоднородных элементов, каждый из которых несет свою нагрузку в достижении результата. Правомерно в состав функциональной системы включить такие неоднородные подсистемы, как объемно-конструктивные решения строительных объектов, методы их возведения и управления возведением. Эти подсистемы, в свою очередь, расчленяются на ряд неоднородных элементов, которые до последнего времени рассматривались разрозненно и вне единой функциональной системы, созданной для достижения общего результата (например это просматривается в принятой методологии и методике проектирования в рамках ПОС и ППР).

Приобретает методологическую конкретность в терминах результата триада постановки экономико-математических задач строительного производства: цель — критерий — ограничения. Цель — это заданный результат, критерий — признак, по которому определяется соответствие этому результату, ограничения — это признаки, определяющие осуществимость достижения результата в заданных условиях. Условившись о единстве или иерархии результатов, можно получить стройную классификацию задач, решение которых необходимо в автоматизированных системах в строительстве.

Структура систем, состав элементов, качество и количество связей между элементами, необходимые исходные данные — все эти атрибуты системотехнического подхода не могут и не должны быть жесткими, а обязаны обладать гибкостью перестройки во имя достижения результата.

Поэтому в функциональных системах строительства должен быть надежным лишь один элемент — результат, все же остальные элементы могут и должны быть способны перестраиваться и изменяться по ходу функционирования системы, если это необходимо для достижения результата. Но реализация данного принципа возможна только при использовании автоматизированных систем проектирования, позволяющих оперативно осуществить перестройку системы в случае возникновения сбоев с обеспечением изначально заданного результата. Понятно, что при изменении тех или иных условий строительства отсутствует возможность корректировки решений в рамках ПОС и ППР, т. е. практически повторной разработки данных документов.

Следовательно, в организационно-технологических и управленческих строительных системах термин «надежность» должен применяться только к результату деятельности. Определение надежности предполагает в необходимых случаях структурную перестройку и функциональную подмену одних элементов (ненадежных, отказавших) другими элементами, выполнявшими ранее другие функции.

Как известно, первые работы в области повышения надежности технических систем шли по принципиально другому пути — механическому дублированию и резервированию элементов, построению надежных систем из ненадежных элементов.

2. Вероятностно-статистический принцип. Одной из базовых концепций современного научного мировоззрения является вероятностное представление изучаемых объектов.

Широко применяемые до последнего времени в организации, экономике, управлении строительством детерминированные методы, как и много лет назад, однозначно определяют события начальными условиями. Отсутствие учета вероятностного, стохастического характера строительного производства привело к неадекватности моделей, ненадежности большинства организационно-технологических, экономических, управленческих решений.

Основой вероятностного подхода является представление о распределениях, которыми опосредуются зависимости между свойствами исследуемых объектов. При детерминированном подходе эти зависимости выражаются как прямые функциональные связи. Понятие о распределениях непосредственно связано с понятием о случайных величинах, неопределенным образом меняющих свое значение, которое, однако, имеет устойчивую относительную частоту появления. На основе распределений разработаны модели теории вероятностей и математической статистики.

В строительстве продолжительность, сметная стоимость, трудоемкость и другие показатели являются вероятностными из-за воздействия на них случайных факторов, поэтому они должны характеризоваться распределениями, отражающими вероятности достижения запроектированной величины этих показателей.

Современные технические и более сложные, включающие экономические и социологические аспекты, организационно-технологические и управленческие системы характеризуются определенным уровнем надежности, который существенно снижается по мере усложнения систем. Поэтому исключительно важное практическое значение приобретают точные методы расчета надежности.

Изучение на основе вероятностно-статистического принципа моделей и методов, применяемых для исследования сложных систем, показало, что проблемы строительного производства могут решаться только с помощью вероятностных моделей, в которых рассматриваемые переменные (продолжительность, интенсивность, стоимость работ и др.) являются случайными

величинами. При этом надо сразу отбросить предположение, на котором до настоящего времени базируются организационно-технологические науки и согласно которому определенным значениям переменных всегда соответствует одно, поддающееся расчету, значение целевой функции. Значение целевой функции выражается статистическими распределениями, находящимися в стохастической, т. е. вероятностной зависимости от всех статистических распределений значений параметров системы.

3. Имитационно-моделирующий принцип. Методы имитационного моделирования основаны на компьютерной реализации логико-арифметических алгоритмов моделирования.

Поскольку системы проектирования, возведения строительных объектов, управления строительством относятся к классу наиболее сложных систем как по своей структуре, так и по функционированию, для описания и исследования строительных систем имитационное моделирование является наиболее перспективным и оправданным методом.

4. Интерактивно-графический принцип. Использование диалоговых систем человека и ЭВМ в сочетании с высокими возможностями современной компьютерной техники к графической интерпретации данных позволяют добиться высокой степени эффективности труда инженера-проектировщика, управленца. Использование человеко-машинных систем в исполнении функций планирования, организации, управления и т. п. дает следующие преимущества:

- позволяет отказаться от формализации определенного класса задач и резко расширить круг проблем, решаемых с помощью ЭВМ;

- использует способности человека принимать эвристические решения, повышает эффективность и качество решений;

- ускоряет принятие решений в связи с быстрым обнаружением заведомо неверных путей их поиска;

- обеспечивает визуальный контроль за ходом решения задачи и надежность (достоверность) результатов.

5. Инженерно-психологический принцип. Важное методологическое значение в автоматизированных системах проектирования имеет учет основ инженерной психологии при графическом представлении информации, распределение функций между человеком и ЭВМ и улучшение их взаимодействия.

В условиях решения задач, которые не поддаются полной формализации из-за многокритериальности, отсутствия подходящего математического аппарата или эффективных численных методов решения, неформализуемые или трудноформализуемые задачи остаются за человеком.

К неформализуемым компонентам решения задач человеком относятся интуиция и здравый смысл. В интерактивном режиме создаются реальные условия для взаимодействия формальных и неформальных компонентов и усиливаются творческие возможности человека по генерации гипотез, их оценке и принятию решений.

6. Инженерно-экономический принцип. При оценке проектных, плановых, организационных, управленческих решений в силу специфики строительного производства обратная связь, осуществляемая на основе обобщенного опыта строительства, замедленна и малоэффективна, а оценка в строительстве носит пока последующий характер, когда решения уже реализованы и повысить их эффективность с помощью оценки уже нельзя. Поэтому важным средством экономического исследования качества и прогрессивности решений в строительстве является создание моделей, позволяющих использовать принцип обратной связи на стадии проектирования и планирования, разработка надежных формализованных и неформализованных оценочных процедур.

2.2. Методы и модели, применяемые в рамках проектирования строительного производства

В настоящее время практически во все отрасли жизнедеятельности человека внедряются автоматизированные системы планирования, организации, оценки, принятия решений для управления сложными системами и процессами. Это связано с развитием информационных технологий, совершенствованием возможностей компьютерной техники. Проектирование строительных систем и процессов, в том числе автоматизированное, в обязательном порядке предполагает применение средств математического моделирования. Ниже приводится классификация и краткая характеристика методов математического моделирования, применяемых для решения задач планирования, организации и управления строительным производством.

Под **моделью строительного** производства понимается математическое описание взаимосвязей производственных процессов, отображающее с необходимым или возможным приближением к действительности характеристики и параметры технологических, организационных и экономических процессов в строительстве.

Объектом моделирования при решении задач управления строительным производством могут быть процессы производства и управления, организационные и информационные структуры, строительные объекты и их комплексы и т. д. Независимо от моделируемого объекта модели строительного производства должны отвечать следующим основным требованиям:

- адекватно отражать существенные черты объекта моделирования;
- отражать динамику строительного производства;
- быть устойчивыми по отношению к несущественным изменениям объекта моделирования;
- обладать простотой и удобством анализа системы.

Задачи организации и управления строительным производством отличаются большой размерностью, высокой степенью сложности взаимосвязи параметров, обладающих нелинейностью, динамичностью, вероятностным характером, поэтому разработать универсальную модель и единый метод ее реализации достаточно сложно.

Все модели, принимаемые при решении задач организации и управления строительным производством, условно можно разделить на следующие группы:

1. Математические модели (математическое программирование, аналитические модели и др.).
2. Поточные методы и модели (линейные графические модели, линейные календарные графики, циклограммы, сетевые модели).
3. Статистические модели.
4. Имитационные логико-арифметические модели.
5. Экспертные системы (модели).
6. Прочие (блочно-иерархические, балансовые и логико-смысловые модели и т. д.).

2.2.1. Математические методы и модели

Экономической сущностью модели математического программирования обычно является отыскание такого плана, при реализации которого достигается минимум затрат на выполнение определенного объема работ или максимальный эффект при ограниченных ресурсах.

По виду математических выражений различают *модели линейного и нелинейного программирования*. По степени динамичности модели подразделяются на *статические* и *динамические*. Если модель включает целевую функцию, которая обладает свойствами непрерывности, а на переменные не накладываются ограничения целочисленности, то такие модели относятся к классу *моделей непрерывного программирования*. К классу *моделей дискретного программирования* относятся такие модели, в которых целевая функция имеет разрывы или на переменные наложено ограничение целочисленности. При детерминированном задании значений целевой функции и ограничений модели относятся к классу *детерминированных*. Если целевая функция или ограничения заданы случайными величинами, характеризуемыми законами распределения, такие модели относятся к классу *моделей статистического программирования*.

Наиболее широко в управлении строительным производством применяются модели линейного, нелинейного и динамического программирования.

Необходимо отметить, что методы математического программирования применяются, как правило, для решения ресурсных задач – планирования или оптимизации распределения ресурсов строительного производства (складируемых и нескладируемых) во времени и пространстве с наложением на них определенных ограничений. Модели математического программирования являются эффективным средством решения таких задач строительства, как транспортная задача, оптимальное распределение капиталовложений, распределение трудовых ресурсов, распределение материально-технических ресурсов.

2.2.2. Поточные методы и модели

Сущность поточного метода возведения зданий и сооружений [1, стр. 38] заключается в расчленении производственного процесса на составляющие элементы для последующей их взаимной увязки. Основным принципом поточного метода являются непрерывность и ритмичность процесса, что достигается строгой очередностью работы бригад (каждая бригада подготавливает фронт работ следующей за ней бригаде, выполняющей другие виды работ), а также соответствующим расчетом элементов потока (ритм, шаг, интенсивность и др., состав бригад и их техническое оснащение).

Календарные планы служат исходными документами для определения потребностей в рабочих, материально-технических и финансовых ресурсах для строительства объектов. С их помощью определяют сроки и порядок поступления материально-технических ресурсов и работы строительных машин. В связи с этим обязательным условием заключения подрядных договоров является наличие календарных планов производства работ. Вариантная проработка календарных линейных графиков может выполняться в организационно-технологических моделях возведения объектов, которые показывают очередность завершения технологических этапов, а также характер взаимосвязей между ними. Организационно-технологическая модель должна быть адекватной объекту и не терять своей устойчивости при изменении условий строительства. Она должна облегчать работу по быстрому уточнению хода производственного процесса, выявлению его параметров и внесению соответствующих поправок в случае изменения количества рабочих, замены одних машин другими.

В настоящее время при разработке календарных планов преимущественно используются детерминированные организационно-технологические модели, в которых не учитывается вероятностный характер производства. К ним относятся: цифровые модели в виде таблиц, матриц, линейные и сетевые графики, различного вида циклограммы.

Линейные графики. Наиболее распространенной линейной моделью являются календарные графики строительства и циклограммы. Методология их построения достаточно хорошо изучена, однако практическое использование при возведении зданий и сооружений сдерживается из-за отсутствия оценки альтернативных решений строительства.

Линейные календарные графики, предложенные в конце XIX в. Г. Л. Гантом, определяют взаимосвязь объемов строительно-монтажных работ (СМР) и времени их выполнения. На оси ординат показывается перечень видов работ, расположенных в технологической последовательности их выполнения, характеристики работ (объемы, стоимость, трудоемкость, машиноёмкость, состав исполнителей), а на оси абсцисс — принятые порядковые или календарные единицы времени в количестве, охватывающем весь период производства работ.

Основная задача разработки и использования линейных календарных графиков — нахождение организационно-технологических вариантов с ра-

циональной взаимосвязью элементов производства, с целесообразной очередностью и взаимоувязкой работ в пространстве и времени, обеспечение непрерывности потребления ресурсов или непрерывности загрузки пространства производства (фронта работ).

Линейные календарные графики — наглядная модель, легко усваивающая происходящие события. Однако эта модель консервативна в своем исполнении и отражает одну возможную ситуацию хода строительства. При возникающих отклонениях по времени и во взаимосвязи с факторами производства модель должна быть скорректирована или построена заново.

Наиболее широко распространены табличные и графические формы представления. При распределении объемов СМР по периодам строительства соблюдается ряд основных принципов: порядок развертывания строительства должен устанавливаться так, чтобы в первую очередь выполнялись работы подготовительного периода; сроки строительства отдельных зданий и сооружений назначаются с учетом технической возможности их возведения.

Циклограммы. Циклограммы, предложенные в 30-х гг. XX в. М. С. Будниковым, позволяют отражать технологическую последовательность работ, сроки их выполнения и пространство производства работ. На оси ординат циклограммы откладываются отрезки, соответствующие фронтам работ в порядке их освоения (пространство), а на оси абсцисс — принятые календарные единицы времени периода производства работ (время). Ход и сроки выполнения каждой работы отражаются на сетке графика наклонной линией, начало которой соответствует началу, а конец — окончанию определенного вида работ. Наклон прямой характеризует скорость (интенсивность выполнения работ). Потребность в трудовых, материальных и финансовых ресурсах на единицу времени отражается под сеткой графика в виде цифрового ряда или эпюры.

Циклограммы по своему изображению событий, как и линейные графики, консервативны, отражают одну зафиксированную ситуацию строительства. Меняется ситуация — требуется перестроение циклограммы.

Сетевые модели. Сетевые методы и модели наиболее широко используются в практике проектирования организации и технологии строительства. Так, например, в состав проекта организации строительства (ПОС) в качестве основного документа должен быть включен комплексный укрупненный сетевой график (КУСГ) возведения предприятия. Сетевые модели позволяют отразить многообразие взаимосвязей и последовательность выполнения работ в соответствии с принятыми методами выполнения, содержат необходимую информацию о ходе возведения объекта и являются инструментом для нахождения наилучшего варианта строительства. В организации строительного производства (ОСП) используются различные виды сетевых моделей, специфические особенности которых определяют области их применения и использования в моделировании организации и управления производством, в том числе в автоматизированных системах управления (АСУ).

Сетевые графики (модели), впервые разработанные Дж. Е. Келли и Р. М. Уолкером, представляют собой ориентированный граф, то есть граф-сеть, образуемую стрелками (работами и связями) и кружками (событиями), обозначающими начало и окончание каждой работы или связи.

Внедрение сетевых графиков позволило автоматизировать процесс проектирования и оптимизировать организационно-технологические решения при изменении ситуации строительства под действием его динамики и интенсификации, а также охватывать множество событий и их взаимосвязей. Применение сетевых графиков способствовало повышению качества планов и их технических решений, а также повышению точности и обоснованности расчета продолжительности работ. На этих моделях существует возможность объективно оценивать влияние возникающих отклонений на отдельных работах, их действие на другие виды работ, а также на отклонение от заданного (расчетного) срока строительства объекта.

Нередко используется гиперграф — граф, в котором ребра отображают отношения между вершинами и каждое ребро есть подмножество инцидентных ребру вершин. Геометрически неориентированный гиперграф можно представить, если вершины изобразить кружками, а ребра — замкнутыми линиями, охватывающими инцидентные им вершины.

Метод моделирования возведения зданий и сооружений с использованием сетевых моделей предполагает, что каждая работа (дуга или событие), включаемая в модель, имеет конкретное содержание, точный физический объем и выполняется в заданной технологической и организационной последовательности. Работы по строительству объекта упорядочиваются. Рассчитывается продолжительность критического пути (максимально протяженного неразрывного пути от начального до конечного события), ранние и поздние сроки начала и окончания работ, резервы времени. В случае если рассчитанные параметры не отвечают директивным срокам и возможностям организации производства, сетевая модель подвергается корректировке. Модель вычерчивается в масштабе времени. Оптимизация производится по времени, ресурсам. Для отображения сетевых моделей служат графы.

Сетевые модели обеспечивают возможность построения оптимального (по принятому критерию) или улучшенного плана реализации комплекса работ и возможность управления процессом выполнения этого плана по четким правилам функционирования, включающим элементы предвидения, адаптации, поиска наилучшего решения.

Областями наиболее рационального применения сетевых моделей на уровне подрядных строительного-монтажных организаций (СМО) являются:

формирование календарного плана выполнения строительного-монтажных работ (СМР) на временной промежуток (независимо от специфики строительной организации);

формирование календарного плана выполнения СМР при месячном и недельно-суточном планировании (для объектов со сравнительно сложной технологией возведения);

формирование календарного расписания выполнения СМР при условии поточной организации работ;

целевые строительные разработки (программы) сложных систем, включающие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, проектирование, опытное производство, испытания и т. п.;

распределение ресурсов, определение наиболее вероятного срока завершения комплекса работ, прогнозирование затрат;

материально-техническое снабжение строительства.

Объектами сетевого моделирования являются комплексы работ, при выполнении которых силами организаций, располагающих необходимыми ресурсами (рабочей силой, машинами, оборудованием, материалами, денежными средствами и т. п.), обеспечивается достижение намеченных целей (получение заданных результатов).

К основным свойствам объекта моделирования относятся:

возможность представления его в виде совокупности отдельных взаимосвязанных работ;

определенная очередность выполнения этих работ;

наличие одной или нескольких целей, на достижение которых направлены все работы комплекса.

Проектирование строительного производства посредством сетевых моделей является на сегодняшний день наиболее прогрессивным и эффективным средством организации строительного производства. Область применения сетевого моделирования ограничена именно организационным и управленческим уровнем и не охватывает уровень формирования и оптимизации технологии строительного производства. В сетевых моделях технологические параметры представлены заблаговременно определенными значениями трудозатрат на выполнение работ, интенсивностей функционирования строительных процессов, численности рабочих для выполнения работ. Чаще всего работы описываются следующими параметрами: трудоемкость в человеко-днях или машино-сменах, продолжительность в единицах времени, стоимостные показатели.

Таким образом, недостатком сетевого моделирования является ограничение возможностей проектирования организационным уровнем, т. е. формированием оптимального по принятым критериям плана осуществления совокупности частично упорядоченного исходной технологией строительномонтажных работ. Оптимизация на уровне формирования исходной технологии производства работ не осуществляется.

2.2.3. Статистические модели

Нормальное функционирование сложных систем, к которым относится строительное производство, невозможно без статистического подхода к описанию показателей, характеризующих эти системы. Эти показатели, в свою очередь, зависят от многих факторов, также носящих статистический характер (климатических, социальных и др.). Кроме того, процесс строительства,

как и большинство сложных регулируемых систем, требует вероятностно-статистического подхода к решению задач планирования и управления. Конечно, это возможно только для тех показателей, которым присуща статистическая устойчивость (однородность), т. е. когда некие наблюдаемые показатели действительно имеют один и тот же закон распределения или принадлежат к одной генеральной совокупности.

Проверка статистической устойчивости в строительстве — задача сложная, так как каждая отдельная стройка практически всегда уникальна. Однако можно такие показатели, как трудоемкость, производительность, рассматриваемые на единицу объема, считать статистически устойчивыми. Вопрос о том, является ли тот или иной показатель статистически устойчивым, как правило, решается на интуитивном уровне, который основан на субъективном и общенаучном опыте. Эти показатели можно рассматривать в неизменных границах с точки зрения условий возведения (одна климатическая зона, похожие грунтовые условия, аналогичные по квалификации и механизированности строительные организации, один и тот же сезон проведения работ и т. д.).

В настоящее время формальных методов выявления полной статистической устойчивости наблюдаемых показателей не существует не только в строительстве, но и в других областях техники, поэтому единственным критерием могут явиться только опыт и практика использования получаемых результатов для планирования, прогнозирования и т. д.

Только содержательные показатели строительного производства являются объектом исследования статистическими методами. Для этого предварительно организуется сбор информации о конкретных значениях показателей. Результатом этой процедуры являются статистические выборки — ограниченное число наблюдений на множестве всех мыслимых наблюдений, т. е. на генеральной совокупности.

Статистические выборки анализируются с целью получения информации о свойствах генеральной совокупности. Процедуры обработки статистического материала с целью выявления эмпирической функции распределения и подбора ее теоретической модели являются первым этапом построения статистических моделей.

В общем виде статистическое моделирование включает следующие процедуры:

- разработка эффективных методов сбора и анализа информации;
- определение числовых характеристик выборок;
- упорядочение статистического материала;
- исключение аномальных значений случайной величины;
- построение графических моделей, характеризующих статистические выборки (гистограммы);
- оценка параметров априорных распределений;
- выбор типа и определение параметров закона распределения случайных величин;
- построение многомерных статистических моделей.

2.2.4. Экспертные системы (модели)

Экспертные системы (модели) — системы программного обеспечения, выполняющие функции эксперта в конкретной предметной области и включающая цепь доказательств, используемых экспертами для анализа специфических проблем [3, с. 36].

Практическое использование экспертных систем выглядит в виде человеко-машинного диалога (интерактивный режим), в процессе которого не только человек задает вопросы машине, но и машина — человеку. Кроме того, пользователь при желании может выяснить причину принятия того или иного решения, не вникая в суть программного обеспечения, а также получить объяснение действий машины при обосновании результата решения.

Основой функционирования экспертной системы является база знаний. **Базы знаний** строятся на основе моделей представления знаний в виде непосредственного представления, семантических сетей (фреймов) либо правил. В отличие от баз данных, являющихся информационным обеспечением традиционных систем, база данных содержит две группы знаний: декларативный (факты о конкретной прикладной области) и процедурный (эвристические методы или правила для решения задач).

Семантическая сеть — математическая модель, отображающая множество понятий, относящихся к определенным классам объектов. В общем случае она может быть представлена в виде гиперграфа, в котором вершины соответствуют понятиям, а дуги — отношениям этих понятий. В зависимости от типов связей различают классифицирующие сети, функциональные сети и сценарии.

В **классифицирующих семантических сетях** используются отношения структуризации. **Функциональные сети** (вычислительные модели) характеризуются наличием функциональных отношений (процедур вычислений). В **сценариях** используются каузальные отношения. Разновидностью семантических сетей является фреймовая модель.

Проведенными исследованиями установлено, что 50 % задач проектирования и свыше 70 % задач организационно-технологической подготовки производства требуют применения эвристических процедур, методов символического программирования формальной логики, привлечения экспертных и качественных оценок опыта и знаний высококвалифицированных специалистов. Анализ сложившейся обстановки позволяет сделать вывод о необходимости разработки методов и средств, повышающих эффективность управленческого труда, обеспечивающих необходимой информацией процесс генерирования, анализа и выбора проектных организационно-технологических решений.

В настоящее время имеется опыт применения экспертных систем в строительстве: решение задач совершенствования организационного управления инвестиционным проектом (Швейцария) и анализ хода и оценки эффективности выполнения проекта (США), оценка стоимости и продолжительности

реализации конкретного проекта (Австралия). Специфика и сложность экспертных систем привела в ряде развитых стран к необходимости создания специального направления по их разработке. Появилась новая специальность «технолог знаний».

Экспертные системы является эффективным средством изучения возможности применения компьютерной техники с использованием базы знаний, решения неформализованных творческих задач в процессе проектирования и подготовки строительного производства, проблем обеспечения согласованного взаимодействия участников строительного производства, приобретения, накопления, обработки знаний, их системного представления и принятия решений строительными организациями при проведении подрядных торгов в условиях неполной информации. Использование таких систем позволяет повысить конкурентоспособность подрядных организаций на рынке строительных услуг за счет привлечения с помощью новых информационных технологий опыта и знаний высококвалифицированных специалистов, улучшения обоснованности и качества проектных решений.

Перспективным является использование экспертных систем на ранних стадиях проектирования. Определенные успехи в этой области были достигнуты в отечественном институте ЦНИПИАСС-ЦНИИпроект. Применяемые в строительстве экспертные системы классифицируют:

- на системы по оценке повреждений конструкций;
- выбору моделей и методов расчета;
- проектированию конструкций;
- оптимизации конструкций.

При безусловной перспективности распространение таких систем связано с объективными трудностями: высокая сложность и значительная продолжительность разработки (часто 10 лет и более), морально-психологические аспекты, связанные с опасением экспертов и руководителей по поводу снижения их авторитета при широком использовании ЭВМ в ситуациях, где традиционно решающую роль играет человек, обладающий опытом, знаниями и правом принятия решений.

2.2.5. Логико-смысловые методы и модели

Логико-смысловые модели применяются при решении задач, связанных с обработкой на ЭВМ смысловой информации, выраженной на естественном языке.

Построение модели осуществляется поэтапно. Первым этапом построения логико-смысловой модели является постановка задачи. Вторым этапом — описание проблемной области при помощи высказываний специалистов, экспертов. Для этого разрабатывается информационная карта формирования фонда проблем и предложений, заполняемая экспертом. Третий этап — непосредственное построение модели, которое рекомендуется осуществлять с использованием сетевого графа.

Логико-смысловая модель представляется в виде связного неориентированного графа, где вершины соответствуют высказываниям, а ребра — смысловым связям между ними. Характеристики графа используются для исследования логико-смысловой сети.

В нашей стране работы по построению логико-смысловых моделей начались в первой половине 1970-х гг. (М. М. Субботин, ЦНИПИАСС) в виде системы смыслового анализа информации как инструмента подготовки и совершенствования комплексных решений с использованием ЭВМ на различных уровнях отраслевого и межотраслевого управления. Метод логико-смыслового моделирования применяется в двух основных направлениях: формирование и оценка проектных решений (в том числе в области строительства); анализ и оптимизация организационных структур с учетом выполняемых работ.

Специфика и смысл логико-смысловой модели состоит в том, что она отображает явление или объект в форме, позволяющей осуществлять операциональный анализ этого отображения с точки зрения его концептуальности. Логико-смысловые модели реализуют функцию анализа некоторой предметной области, определяемой совокупностью текстов на естественном языке. Процедуры представления текстов предусматривают взаимосвязанную систему высказываний о предметной области объекта, а также автоматизированное выделение и структурирование областей высказываний, характеризующихся тематическим единством. Автоматизация процесса смыслового анализа информации дает возможность снизить трудоемкость подготовки комплексных решений и определить исследуемую проблему во всей ее комплексности, целостности и всесторонности.

Логико-смысловые модели использовались в ряде сфер организационно-управленческой деятельности, а также для планирования тематики проектно-изыскательских работ. Представление положений подготавливаемого решения и обосновывающих их высказываний в форме логико-смысловой модели позволяет выявить особенности анализируемого варианта решения и направления его доработки.

Такие модели предназначены для формирования принципиальных проектных решений, принимаемых на ранних стадиях проектирования. Результаты представляются в виде графических схем и связных текстов. Данный метод приспособлен для использования в системах выработки комплексных решений и может образовать ядро технологической системы подготовки сложных решений (постановлений, целевых программ).

2.2.6. Балансовые методы и модели

Балансовые модели применяются прежде всего при решении задач планирования, материально-технического снабжения и базируются на сопоставлении наличия ресурсов (материальных, трудовых, финансовых) и потребности в них. Балансовые модели подразделяются на статистические и динамические. Первые отражают состояние потребностей и наличие ре-

сурсов на определенный период времени, динамические — учитывают их сбалансированность с учетом длительности производственного цикла. **Балансовый метод** заключается в определении, количественном измерении и сопоставлении показателей, характеризующих потребности объектов строительства, с аналогичными показателями источников получения ресурсов; устанавливает зависимости параметров объекта и источника.

Данный класс моделей применяется прежде всего при планировании, материально-технического снабжения. Балансовые модели — это модели типа «расход — приход».

2.2.7. Имитационное моделирование

Аналитические методы описания и анализа функционирования сложных систем обычно не позволяют учесть наличие в них элементов непрерывного и дискретного действия, сложные нелинейные связи между характеристиками системы, воздействие многочисленных внешних и внутренних случайных факторов. В связи с этим представляет интерес использование имитационного моделирования для качественного анализа и решения задач, не имеющих строгого аналитического описания.

Имитационная модель представляет собой общее логико-математическое (алгоритмическое) описание системы, запрограммированное для воспроизведения на ЭВМ и позволяет адекватно описать организационно-технологические и управленческие процессы без аппроксимации основных функциональных зависимостей и связей, необходимых для применения традиционных методов математического моделирования.

Интенсивное развитие в последние годы методов имитационного моделирования является следствием дальнейшего развития экономико-математических методов, связанных с расширением области использования количественных методов и проникновением их в сферу неформального анализа сложных систем.

- К преимуществам имитационного моделирования относятся:
- возможность, не зная общих законов поведения системы, синтезировать ее модель на основании знаний о законах поведения ее элементов;
 - динамический характер отображения организационно-технологических систем;
 - возможность учета дискретного характера функционирования элементов и системы в целом;
 - учет действия случайных факторов, влияние которых в организационно-экономических системах велико;
 - высокая адекватность имитационных моделей, так как их структура близка функциональной и логической структурам моделируемых систем;
 - возможность комплексного исследования различных альтернатив системы на множестве модельных реализаций ее функционирования, т. е. проведение статистических экспериментов;
 - широкая возможность применения различных средств математического описания.

Имитационные модели могут быть построены для различных целей и задач организации и управления производством. В настоящее время определена следующая область их применения:

- исследования (фундаментальные или прикладные);
- принятие решений;
- построение альтернатив;
- получение рациональных удовлетворительных решений;
- проверка решений, полученных другими методами;
- расчет широкого диапазона прогнозов и оценок будущего состояния производственной системы;
- оценка долгосрочных последствий принятия текущих решений;
- формирование календарного расписания производственной деятельности с вероятностными оценками сроков начала и окончания работ или этапов;
- корректировка производственной программы реализации, при которой на основе результатов прогнозирования либо определяется количество дополнительных ресурсов, обеспечивающих выполнение заданной программы, либо корректируются планируемые показатели.

Процесс создания имитационной модели обычно включает четыре этапа:

1. Формулирование проблемы и постановка задачи, с указанием критериев и ограничений.
2. Формулирование символической модели.
3. Конструирование математической модели (алгоритма функционирования) системы, включающее формализацию статической структуры и динамики системы.
4. Проверка адекватности имитационной модели реальной системе на ретроспективных данных функционирования системы.

Достоинства метода имитационного моделирования заключается в широких возможностях синтеза всего спектра методов математического моделирования в наиболее целесообразных и эффективных для их применения областях. Методы статистического моделирования применяются на этапе формирования исходных параметров элементов системы, оценке надежности моделируемой системы, проверке адекватности имитационной модели реальной системе; методы математического программирования — для описания отдельных элементов моделируемой системы; принципы сетевого моделирования — для целостного описания системы. Таким образом, имитационная модель есть оптимальное комбинирование в данной методике наиболее эффективных и широко применяемых математических методов управления строительством.

На основании вышеизложенного представляется возможным классифицировать модели и методы, используемые при проектировании, в зависимости от применяемого математического аппарата, достоинств и недостатков, по области их применения. По охвату решаемых с помощью математических методов задач строительного производства их можно разделить на два класса: специализированные и универсальные. К **специализированным мето-**

дам моделирования можно отнести методы математического программирования, статистического моделирования, сетевого моделирования; к классу **универсальных методов** с полным правом можно отнести метод имитационного моделирования.

Область применения методов математического программирования составляют задачи, суть которых сводится к отысканию оптимального плана работ по критерию минимизации затрат или максимального эффекта при ограниченных ресурсах. Наиболее часто с помощью методов математического программирования решаются различные типы ресурсных задач (оптимального распределения трудовых, материально-технических ресурсов, транспортная логистика, распределение капиталовложений и т. п.).

Сетевые модели, как правило, применяются на уровне организационного проектирования строительных процессов, являясь формированием и оптимизацией плана выполнения частично упорядоченных исходной технологией работ при действии определенных ресурсных ограничений. Основным методом реализации сетевого моделирования является нахождение по определенным правилам критического и подкритических путей осуществления работ и выявление резервов производства.

Статистическое моделирование наиболее целесообразно применять для формирования исходных параметров для проектирования строительных процессов и оценки надежности строительной системы в целом и ее отдельных элементов.

Имитационные модели причисляются к классу универсальных методов из-за высокой степени адекватности получаемых моделей, возможности синтеза в ее рамках всех известных методик математического моделирования в областях их наиболее целесообразного и эффективного применения, гибкости общей логико-математической (алгоритмической) модели, описывающей функционирование строительных систем.

2.3. Состав проектной организационно-технологической документации в проекте строительства

Организация строительного производства должна обеспечивать направленность всех организационных, технических и технологических решений на достижение конечного результата — ввода в действие объекта с необходимым качеством и в установленные сроки.

Проектирование технологии и организации строительного производства в нашей стране до 2004 г. регламентировалось СНиП 3.01—85 «Организация строительного производства». На основании этого документа строительство каждого объекта допускалось осуществлять только при наличии предварительно разработанных решений по организации строительства и технологии производства работ. Состав и содержание проектных решений и документации в проекте определялись в зависимости от вида строительства и сложности объекта строительства.

В состав проекта организации строительства включаются:

1) календарный план строительства, в котором определяются сроки и очередность строительства основных и вспомогательных зданий и сооружений, технологических узлов и этапов работ, пусковых или градостроительных комплексов с распределением капитальных вложений и объемов строительно-монтажных работ по зданиям и сооружениям и периодам строительства.

Календарный план на подготовительный период составляется отдельно (с распределением объемов работ по месяцам);

2) строительные генеральные планы для подготовительного и основного периодов строительства с расположением постоянных зданий и сооружений, указанием мест временных, в том числе мобильных (инвентарных) зданий и сооружений, постоянных и временных железных и автомобильных дорог и других путей для транспортирования оборудования (в том числе тяжеловесного и крупногабаритного), конструкций, материалов и изделий; путей для перемещения кранов большой грузоподъемности; инженерных сетей, мест подключения временных инженерных коммуникаций (сетей) к действующим сетям с указанием источников обеспечения стройплощадки электроэнергией, водой, теплом, паром; складских площадок; основных монтажных кранов и других строительных машин, механизированных установок; существующих и подлежащих сносу строений, мест для знаков закрепления разбивочных осей зданий и сооружений.

3) организационно-технологические схемы, определяющие оптимальную последовательность возведения зданий и сооружений с указанием технологической последовательности работ;

4) ведомость объемов основных строительных, монтажных и специальных строительных работ, определенных проектно-сметной документацией, с выделением работ по основным зданиям и сооружениям, пусковым или градостроительным комплексам и периодам строительства;

5) ведомость потребности в строительных конструкциях, изделиях, материалах и оборудовании с распределением по календарным периодам строительства, составляемая на объект строительства в целом и на основные здания и сооружения исходя из объемов работ и действующих норм расхода строительных материалов;

6) график потребности в основных строительных машинах и транспортных средствах по строительству в целом, составленный на основе физических объемов работ, объемов грузоперевозок и норм выработки строительных машин и средств транспорта;

7) график потребности в кадрах строителей по основным категориям;

8) пояснительная записка, содержащая:

характеристику условий и сложности строительства;

обоснование методов производства и возможность совмещения строительных, монтажных и специальных строительных работ, в том числе выполняемых в зимних условиях, с указанием сроков выполнения работ сезонного характера, а также технические решения по возведению сложных зданий и сооружений;

указания о методах осуществления инструментального контроля за качеством сооружений;

мероприятия по охране труда;

перечень условий сохранения окружающей природной среды;

обоснование потребности в основных строительных машинах, механизмах, транспортных средствах, электрической энергии, паре, воде, кислороде, ацетилене, сжатом воздухе, а также временных зданиях и сооружениях с решением по набору мобильных (инвентарных) зданий и сооружений и указанием принятых типовых проектов;

обоснование размеров и оснащения площадок для складирования материалов, конструкций и оборудования, а также решения по перемещению тяжеловесного негабаритного оборудования и укрупненных строительных конструкций;

обоснование потребности в строительных кадрах, жилье и социально-бытовом обслуживании строителей;

обоснование принятой продолжительности строительства объекта.

Основными проектными документами являются:

ведомость объемов основных строительных, монтажных и специальных строительных работ;

календарный план строительства;

ведомости и графики потребности в основных организационно-технологических ресурсах — строительных конструкциях, изделиях, материалах и оборудовании; строительных машинах и механизмах; строительных кадрах;

строительный генеральный план строительства.

В состав проекта производства работ на возведение здания, сооружения или его части (узла) включаются:

1) календарный план производства работ по объекту или комплексный сетевой график, в которых устанавливаются последовательность и сроки выполнения работ с максимально возможным их совмещением;

2) строительный генеральный план с указанием границ строительной площадки и видов ее ограждений; действующих и временных подземных, наземных и воздушных сетей и коммуникаций; постоянных и временных дорог, схем движения средств транспорта и механизмов; мест установки строительных и грузоподъемных машин, путей их перемещения и зон действия; размещения постоянных, строящихся и временных зданий и сооружений; мест расположения знаков геодезической разбивочной основы, опасных зон; путей и средств подъема работающих на рабочие ярусы (этажи), а также проходов в здания и сооружения; размещения источников и средств энергообеспечения и освещения строительной площадки, расположения заземляющих контуров; мест расположения устройств для удаления строительного мусора, площадок и помещений складирования материалов и конструкций, площадок укрупнительной сборки конструкций; расположения

помещений для санитарно-бытового обслуживания строителей, питьевых установок и мест отдыха; зон выполнения работ повышенной опасности;

3) графики поступления на объект строительных конструкций, изделий, материалов и оборудования с данными о поступлении этих ресурсов по каждой подрядной бригаде и с приложением комплектовочных ведомостей (при наличии службы производственно-технологической комплектации — унифицированной документации по технологической комплектации);

4) графики движения рабочих кадров и основных строительных машин по объекту;

5) технологические карты (схемы) (с использованием соответствующей типовой документации) на выполнение отдельных видов работ с включением схем операционного контроля качества, описанием методов производства работ, указанием трудозатрат и потребности в материалах, машинах, оснастке, приспособлениях и средствах защиты работающих, а также последовательности демонтажных работ при реконструкции предприятий, зданий и сооружений;

6) решения по производству геодезических работ, включающие схемы размещения знаков для выполнения геодезических построений и измерений, а также указания о необходимой точности и технических средствах геодезического контроля выполнения строительно-монтажных работ;

7) решения по технике безопасности в составе, определенном СНиП III-4—80;

8) мероприятия по выполнению (в случае необходимости) работ вахтовым методом, включающие графики работы, режимы труда и отдыха и составы технологических комплектов оснащения бригад;

9) решения по прокладке временных сетей водо-, тепло-, энергоснабжения и освещения (в том числе аварийного) строительной площадки и рабочих мест с разработкой рабочих чертежей подводки сетей от источников питания;

10) перечни технологического инвентаря и монтажной оснастки, а также схемы строповки грузов;

11) пояснительная записка, содержащая:

обоснование решений по производству работ, в том числе выполняемых в зимнее время;

потребность в энергетических ресурсах и решения по ее покрытию;

перечень мобильных (инвентарных) зданий и сооружений и устройств с расчетом потребности и обоснованием условий привязки их к участкам строительной площадки;

мероприятия, направленные на обеспечение сохранности и исключение хищения материалов, изделий, конструкций и оборудования на строительной площадке, в зданиях и сооружениях;

мероприятия по защите действующих зданий и сооружений от повреждений, а также природоохранные мероприятия;

технико-экономические показатели, включая объемы и продолжительность выполнения строительно-монтажных работ, а также их себестоимость в сопоставлении со сметной, уровень механизации и затраты труда на 1м³ объема, 1м² площади здания, на единицу физических объемов работ или иной показатель, принятый для определения производительности труда.

К основным проектным документам относятся:

1) технологические карты по видам строительно-монтажных работ (включающие календарные графики производства работ, организационно-технологические схемы производства работ, ведомости и графики потребности в строительных машинах и механизмах, материалах и изделиях, кадрах, обоснования технологических и организационных решений);

2) ведомость объемов строительно-монтажных работ по объекту;

3) календарный план производства работ по объекту;

4) график поступления на объект строительных конструкций, изделий, материалов и оборудования;

5) график движения рабочих кадров по объекту;

6) график движения основных строительных машин по объекту;

7) строительный генеральный план строительства объекта.

С 1 января 2005 г. постановлением Госстроя России от 19 апреля 2004 г. № 70 одобрены и введены в действие строительные нормы и правила Российской Федерации «Организация строительства» (СНиП 12-01—2004).

В указанном документе, носящем рекомендательный характер и устанавливающим для добровольного применения общие правила ведения строительства, такое понятие, как «проект производства работ», отсутствует.

Основным документом, обосновывающим принимаемые решения по организации и технологии строительного производства, в соответствии с указанным документом, является проект организации строительства (ПОС):

«4.3. Застройщик (заказчик) передает исполнителю работ проектную документацию:

утверждаемую часть, в том числе проект организации строительства; рабочую документацию на весь объект, определенные этапы работ.

Проектная документация должна быть допущена к производству работ застройщиком (заказчиком) подписью ответственного лица или путем простановки штампа.

4.4. Проект организации строительства с целью обеспечения соблюдения обязательных требований по безопасности обычно содержит:

мероприятия по обеспечению в процессе строительства прочности и устойчивости возводимых и существующих зданий и сооружений;

перечень работ и конструкций, показатели качества которых влияют на безопасность объекта и в процессе строительства подлежат оценке соответствия требованиям нормативных документов и стандартов, являющихся доказательной базой соблюдения требований технических регламентов;

методы и средства выполнения контроля и испытаний (в том числе путем ссылок на соответствующие нормативные документы);

для сложных и уникальных объектов — программы необходимых исследований, испытаний и режимных наблюдений, включая организацию станций, полигонов, измерительных постов и т. п.;

календарный план строительства с учетом сроков действия сервитутов на временное использование чужих территорий;

сроки выполнения незавершенных (сезонных) работ, порядок их приемки;

решения по организации транспорта, водоснабжения, канализации, энергоснабжения, связи, решения по возведению конструкций, осуществлению строительства в сложных природно-климатических условиях, а также стесненных условиях;

мероприятия по временному ограничению движения транспорта, изменению маршрутов транспорта;

ситуационный план строительства с расположением мест примыкания к ж/д путям, речных и морских причалов, временных поселений и т. п.;

порядок и условия использования и восстановления территорий, расположенных вне земельного участка, принадлежащего застройщику (заказчику), в соответствии с установленными сервитутами.

4.5. В случаях, когда в составе проектной документации не разрабатывается проект организации строительства, застройщик (заказчик) совместно с проектировщиком и исполнителем работ (подрядчиком) условиями договора (распорядительной документацией) определяют порядок приемки законченного строительством объекта, а также перечень контрольных процедур оценки соответствия, выполняемых в процессе строительства по завершении определенных его этапов».

Таким образом, в СНиП 12-01—2004 состав задач, решаемых в ПОС, существенно изменен, отсутствует такой документ, как ППР, не упоминается технологическая карта. При этом приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 27 декабря 2010 г. № 781 утвержден свод правил СП 48.13330.2011 «Организация строительства», являющийся актуализированной редакцией СНиП 12-01—2004. Данный документ в части проектной организационно-технологической документации во многом соответствует требованиям СНиП 3.01—85 «Организация строительного производства». В частности, в разделе 5.7 приводятся требования к составу и содержанию проектной организационно-технологической документации:

5.7.1. Решения по организации строительства для объектов производственного и непроизводственного назначения разрабатываются в проектах организации строительства и проектах организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства. Решения по организации строительства для линейных объектов разрабатываются в проектах организации строительства и проектах организации работ по сносу (демонтажу) линейного объекта. Проекты организации строительства, проекты организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства, проекты ор-

ганизации работ по сносу (демонтажу) линейного объекта (далее — проекты организации строительства, ПОС) являются неотъемлемой и составной частью проектной документации. Проекты организации строительства являются обязательным документом для застройщика (заказчика), подрядных организаций, а также организаций, осуществляющих финансирование и материально-техническое обеспечение.

Выбор решений по организации строительства следует осуществлять на основе вариантной проработки с широким применением методов критериальной оценки, методов моделирования и компьютерных технологий.

5.7.2. К организационно-технологической документации относятся проект производства работ, а также иные документы, в которых содержатся решения по организации строительного производства и технологии строительного-монтажных работ, оформленные, согласованные, утвержденные и зарегистрированные в соответствии с правилами, действующими в организациях, разрабатывающих, утверждающих и согласующих эти документы.

5.7.3. Проект производства работ (далее ППР), а также иные документы, в которых содержатся решения по организации строительного производства и технологии строительного-монтажных работ, утверждаются лицом, исполняющим строительство.

5.7.4. Проект производства работ в полном объеме должен разрабатываться: при любом строительстве на городской территории; при любом строительстве на территории действующего предприятия; при строительстве в сложных природных и геологических условиях, а также технически особо сложных объектов — по требованию органа, выдающего разрешение на строительство или на выполнение строительного-монтажных и специальных работ.

В остальных случаях ППР разрабатывается по решению лица, осуществляющего строительство в неполном объеме.

5.7.5. Проект производства работ в полном объеме включает в себя: календарный план производства работ по объекту; строительный генеральный план; график поступления на объект строительных конструкций, изделий, материалов и оборудования; график движения рабочих кадров по объекту; график движения основных строительных машин по объекту; технологические карты на выполнение видов работ; схемы размещения геодезических знаков; пояснительную записку, содержащую решения по производству геодезических работ, решения по прокладке временных сетей водо-, тепло-, энергоснабжения и освещения строительной площадки и рабочих мест; обоснования и мероприятия по применению мобильных форм организации работ, режимы труда и отдыха; решения по производству работ, включая зимнее время; потребность в энергоресурсах; потребность и привязка городков строителей и мобильных (инвентарных) зданий; мероприятия по обеспечению сохранности материалов, изделий, конструкций и оборудования на строительной площадке; природоохранные мероприятия; мероприятия по охране труда и безопасности в строительстве; технико-экономические показатели.

Проект производства работ в неполном объеме включает в себя: строительный генеральный план; технологические карты на выполнение отдельных видов работ (по согласованию с заказчиком); схемы размещения геодезических знаков; пояснительную записку, содержащую основные решения, природоохранные мероприятия; мероприятия по охране труда и безопасности в строительстве.

Таким образом, в общем случае состав и содержание проектной организационно-технологической документации остался прежним — ПОС (проект организации строительства), ППР (проект производства работ), технологическая карта, схема (карта) контроля качества работ, комплексно и на единой информационной основе охватывающие весь спектр задач по организации и технологии строительства. Ниже определим состав основных задач организации и технологии строительства, их взаимосвязь.

2.4. Комплекс задач организационно-технологического проектирования

Строительное производство представляет собой совокупность действий строительно-монтажных организаций и промышленных предприятий, направленных на выполнение комплексов взаимосвязанных строительных работ, результатом которых является конечная продукция строительства, т. е. здания, сооружения и их комплексы.

Строительный производственный процесс в своем развитии многоэтапен: начинается с подготовки к строительству и включает этапы выполнения комплексов технологически законченных строительных работ, процессы обеспечения стройки финансами, строительными материалами, технологическим оборудованием, транспортом, строительными машинами и кадрами.

Строительный процесс является главным объектом управления в строительном производстве. Задача управления строительным процессом сводится к учету отклонений от его запланированного хода с целью обеспечения достижения заданных результатов строительства.

В производственном процессе выполнение различного рода комплексов работ связано с действием людей, поэтому управление, в конечном счете, есть совокупность воздействий руководящего органа на людей с целью согласования их совместной деятельности (коллективного труда) в достижении запланированного результата, т. е. возведения объекта в запланированные сроки, с заданным качеством и стоимостью. Основопологающим фактором решения данной задачи является тщательное планирование строительного процесса, так как именно он определяет порядок финансирования, обеспечения материалами, машинами, механизмами, трудовыми и др. ресурсами.

Без тщательной подготовки и разработки проектов ни один вопрос организации строительства не может быть грамотно решен. Задача организационно-технологического проектирования — увязать в одной системе ход развития строительного процесса как при строительстве одного объекта, так и их группы в определенный период времени. Организационно-технологическое проектирование рассматривается как динамическая система решения на единой информационной основе комплекса взаимосвязанных задач при разработке ПОС, ППР (рис. 2.1). Главным в организационно-технологическом проектировании является разработка модели строительного процесса, учитывающего ограничения, налагаемые на сроки и интенсивность ведения работ, и на ее основе — графиков движения всех видов ресурсов, необходимых для осуществления строительства.



Рис. 2.1. Схема взаимодействия задач организационно-технологического проектирования, организации и управления строительным производством

В системе организационно-технологического проектирования выделяются два комплекса задач: формирование организационно-технологических решений и календарное планирование. Структура задач организационно-технологического проектирования соответствует иерархическому принципу и включает комплексы задач, автономные блоки задач и задачи.

Под автономным блоком понимается группа задач, связанных определенным результатом и имеющих единое смысловое значение. Кроме того, при объединении задач в автономные блоки используются следующие дополнительные признаки классификации: теснота алгоритмических и информацион-

ных связей, единство нормативной базы. В комплекс задач организационно-технологического проектирования входят автономные блоки задач и задачи, представленные на рис. 2.2.

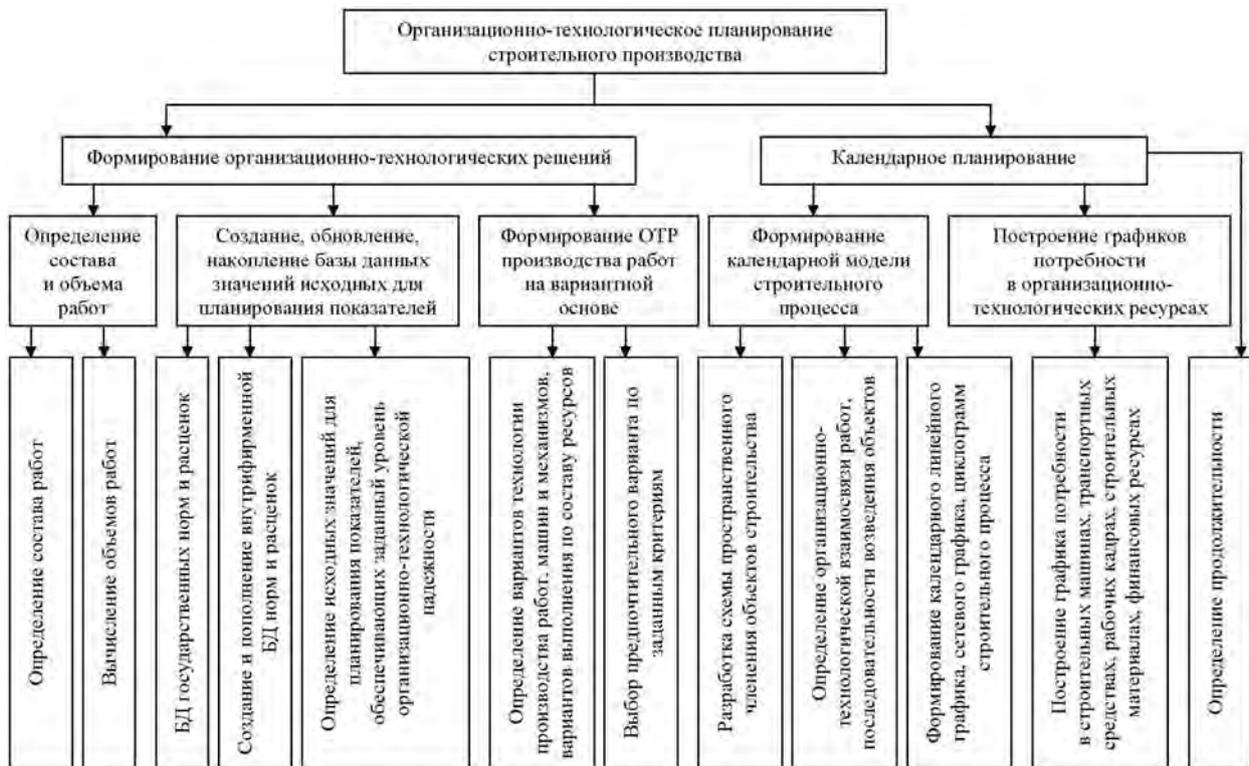


Рис. 2.2. Комплекс задач организационно-технологического планирования

2.5. Классификация и структуризация строительного производства в рамках организационно-технологического проектирования

К основным подсистемам строительства можно отнести организационную, экономическую, материально-техническую и технологическую. Рассмотрим подробнее каждую из указанных систем.

Согласно Строительным нормам и правилам РФ под термином «строительная продукция» понимается построенное здание или другое строительное сооружение.

При этом объекты строительства могут различаться по иерархическим уровням (структурный признак): комплексы зданий и сооружений, здания и сооружения, их строительно-технологические узлы, отдельные конструктивные элементы, элементы строительных конструкций.

Производственный процесс, направленный на возведение комплекса зданий и сооружений, называется комплексным, возведение отдельного здания или сооружения — объектным, выполнение строительно-технологических узлов и отдельных конструктивных элементов — специализированным, элементы строительных конструкций — частным (табл. 2.1).

Структура строительной продукции и строительного процесса

Уровни строительной продукции	Примеры строительной продукции	Тип строительного процесса по уровню строительной продукции
Законченное строительством здание или сооружение (комплекс зданий или сооружений)	Комплекс зданий и сооружений (жилой микрорайон, производственный комплекс)	Комплексный
	Жилой дом, школа, цех, котельная	Объектный
Строительно-технологические узлы, архитектурно-конструктивные элементы	Подземная часть здания, надземная часть здания, фундаменты, ограждающие конструкции	Специализированный
Элементы строительной конструкции	Стеновая панель, арматурный каркас	Частный

Здания и сооружения можно классифицировать признакам применения:

- жилые и общественные здания;
- административно-бытовые здания предприятий;
- производственные здания;
- сооружения коммунально-бытового хозяйства;
- сооружения общепроизводственного назначения;
- специализированные сооружения и установки производственного или иного назначения;
- инженерные коммуникации;
- транспортные коммуникации;
- очистные сооружения.

Строительно-технологическими узлами зданий и сооружений могут быть корпуса, этажи, секции, подъезды, цеха, технологические линии, помещения и др. Отдельные архитектурно-конструктивные элементы зданий и сооружений классифицируются по функциональному назначению:

- основания и земляные сооружения;
- фундаменты и опоры;
- элементы жесткости и несущего каркаса;
- наружные и внутренние стены, перегородки;
- перекрытия, покрытия, кровли;
- несущие оболочки сооружений;
- лестницы, площадки и пандусы;
- полы и элементы отделки;
- заполнение дверных и оконных проемов;
- дорожные покрытия;
- трубопроводы и коллекторы;
- специализированные элементы производственных и иных сооружений;
- установленные инженерные системы и коммуникации;
- установленное технологическое оборудование.

Ресурсы, потребляемые в строительстве, характеризуются большим разнообразием. Их можно в первом приближении объединить в следующие основные группы:

информационные ресурсы (нормативы, проектно-сметная документация, расценки и др.);

машины, механизмы, технологическое оборудование, приспособления и оснастка;

трудовые ресурсы;

материально-технические ресурсы (строительные материалы, конструкции и детали, полуфабрикаты, топливо, энергия, а также основные средства);

финансовые ресурсы (инвестиции, кредиты).

Внешние условия, в которых протекает строительство, моделируются посредством описания признаков основных элементов внешней для строительства среды:

общая экономическая ситуация, правовое поле;

региональная экономическая ситуация, условия конкуренции и поставок;

демографическая и социальная ситуация в регионе;

природно-климатические факторы;

экологическая среда места строительства;

развитие строительной индустрии;

условия транспорта, энергоснабжения, инженерных коммуникаций;

субъективные факторы (заказчик и др.).

Организационная подсистема в строительстве состоит из строительномонтажных и смежных организаций со своими службами и подразделениями, которые вместе со своими функциями образуют, в свою очередь, производственные системы, обеспечивающие процесс строительства. К таким системам можно отнести системы:

организации проектно-изыскательских работ;

строительной индустрии и организации материально-технической базы строительства;

подготовки и заключения договоров;

планирования и подготовки производства;

ресурсного обеспечения стройки;

управления строительством и инженерного обеспечения стройки;

работы с персоналом;

обеспечения качества строительства.

Экономическая подсистема строительства состоит из ряда структур, из которых важнейшими для обеспечения экономически эффективной производственной деятельности являются:

маркетинг;

финансовое планирование;

система ценообразования;

система планирования производственной деятельности;

экономическое стимулирование труда;

учет и анализ результатов деятельности.

Материально-техническая подсистема представлена в первую очередь основными и оборотными средствами строительных и смежных организаций, которые обычно подразделяются следующим образом:

- земельные участки и природные угодья;
- собственные и временные здания и сооружения;
- передаточные устройства;
- машины и оборудование, включая приборы;
- транспортные средства;
- инструмент, производственный и хозяйственный инвентарь;
- нематериальные активы (лицензии, права и др.);
- малоценные и быстроизнашивающиеся предметы;
- запасы материалов.

Технологическая подсистема строительства охватывает различные производственно-технологические процессы, которые можно сгруппировать следующим образом:

- подготовительные работы и благоустройство;
- работы нулевого цикла и горнопроходческие работы;
- общестроительные и монтажные работы;
- изоляционные и кровельные работы;
- отделочные работы;
- устройство внутренних инженерных сетей;
- устройство внешних и магистральных инженерных сетей;
- устройство линий электропередач и связи;
- дорожно-строительные работы;
- гидротехнические работы;
- специальные строительные работы;
- монтаж технологического оборудования общего назначения;
- монтаж специализированного технологического оборудования;
- электромонтажные работы;
- пусконаладочные работы.

В соответствии с действующими нормативными документами к числу видов общестроительных работ относятся:

- земляные работы;
- свайные работы;
- работы по закреплению грунтов;
- устройство опускных колодцев;
- производство работ из монолитного бетона и железобетона;
- возведение бетонных и железобетонных конструкций сборных;
- возведение конструкций из кирпича и блоков;
- возведение строительных металлических конструкций;
- возведение деревянных конструкций;
- устройство полов;
- устройство кровли;
- отделочные работы.

Каждый из вышеперечисленных видов работ состоит из комплексных технологических процессов, характеризующих наиболее значимые различия при выполнении строительно-монтажных работ. Например, для производства работ из монолитного бетона и железобетона таким признаком может быть вид возводимой конструкции.

Комплексный технологический процесс, в свою очередь, может быть разделен на ряд простых технологических процессов.

Элементарным технологическим уровнем, который используется для формирования организационно-технологических решений строительства, является уровень простых технологических процессов [4, стр. 3]. Например, при строительстве из монолитного бетона и железобетона такими процессами являются производство арматурных работ, опалубочных, а также укладка бетонной смеси. Простой технологический процесс представляет собой последовательность технологических операций, постоянно выполняемых рабочими одной специальности при помощи строительных машин одного типа. Уровень простого технологического процесса позволяет избежать подробной детализации действий рабочего или строительной машины и обеспечивает моделирование результатов труда бригады в целом.

Структура технологических процессов строительно-монтажных работ, показанная на рис. 2.3, позволяет определить структурный уровень для организационно-технологического проектирования любого вида строительно-монтажных работ.

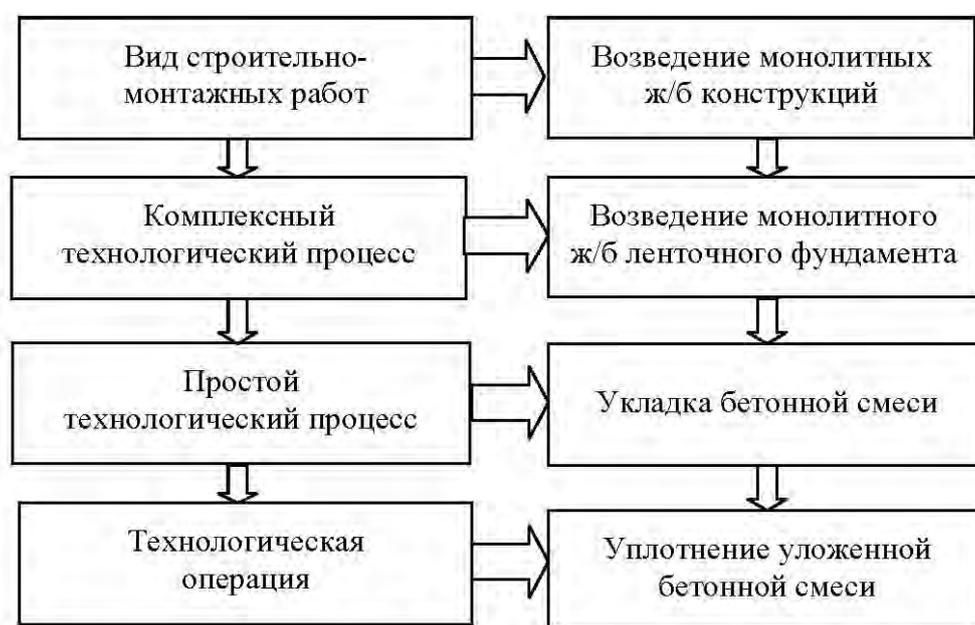


Рис. 2.3. Структура технологических процессов в строительстве

Таким образом, представляется возможным разработать единую типологию подсистем и элементов строительных систем для использования в целях моделирования строительного производства. Такая типологическая структура может служить информационной основой непрерывного автоматизированного обеспечения всего строительного процесса от этапа предварительной проработки решений до ввода объектов строительства в эксплуатацию.

3. МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ВАРИАНТНОЙ И ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОСНОВЕ

3.1. Методика автоматизированного формирования организационно-технологических решений производства строительных работ на вариантной основе

Процесс создания строительной продукции является многоуровневым. Каждый из уровней — это выполнение работ, являющихся частью строительного объема более высокого уровня: элемент конструкции — конструкция — часть здания — здание или сооружение — комплекс зданий или сооружений.

Все виды строительного-монтажных работ можно разделить на отдельные подвиды в зависимости от типа возводимых конструкций, используемых материалов, специфических условий производства работ (например, для производства работ из монолитного бетона и железобетона осуществляется дальнейшая детализация по типу возводимой конструкции: фундаменты различного типа и назначения, стены, перекрытия и т. д., а также по типу используемых материалов: тяжелый, легкий, шлакощелочной бетон, барибетон и т. д.). Большая часть строительных работ представляет собой комплексные технологические процессы, включающие подпроцессы различной сложности. Комплексный технологический процесс состоит из набора простых технологических процессов, которые, в свою очередь, состоят из технологических операций.

Как правило, технологическое проектирование осуществляется именно на уровне простых технологических процессов, рассматриваемых как элементарный уровень.

Соответственно, календарное планирование осуществляется на уровне комплексных технологических процессов (видов, этапов, комплексов работ).

Для описания функционирования элементарных технологических процессов используются следующие исходные показатели (рис. 3.1):

затраты времени $H_{вр}$ — затраты машинного (рабочего) времени на производство единичного объема продукции (выполнение единичного объема работ);

производительность P — объем производства продукции (выполнения работ) в единицу времени, является величиной, обратной норме времени;

единичные нормы расхода материальных ресурсов — затраты материальных ресурсов (строительных материалов, изделий, конструкций и т. п.) на единичный объем работ;

единичные расценки $C_{ед}$ — стоимость затрат ресурсов на единичный объем произведенной продукции (выполненных работ);

повременные расценки (стоимость машино-часа, $C_{маш.-ч}$, стоимость человеко-часа, $C_{чел.-ч}$).



Рис. 3.1. Структура базы данных для моделирования и проектирования строительных процессов

Для формирования базы исходных данных для организационно-технологического проектирования в качестве источников информации используются нормативные, нормативно-справочные, справочные, методические и научные издания. В табл. 3.1 представлены основные виды источников информации, привлекаемых на различных этапах формирования базы данных организационно-технологических решений производства строительных работ.

Таблица 3.1

Основные источники данных при формировании базы данных организационно-технологических решений производства строительных работ

Наименование этапа работ	Источники информации
Структуризация комплексных строительных процессов (выделение составляющих элементарных процессов)	ГЭСНы, ЕниРы, типовые технологические карты
Определение перечня альтернативных технологий производства работ для каждого элементарного процесса	ГЭСНы, ЕниРы, патентный поиск, строительные каталоги, научные издания
Определение вариантов механизации каждой технологии производства работ (определение альтернативных типов машин, машин одного типа различной мощности, вариантов комплектации машинами)	ГЭСНы, ЕниРы, каталоги строительных машин, справочные издания
Определение численности и состава звена рабочих	ГЭСН (средний разряд рабочих), ЕниРы (рекомендуемая численность и состав звена рабочих)
Определение затрат рабочего времени (производительности труда рабочих)	1. Государственные нормы: ГЭСН (ЕниР, в случае, если отсутствует необходимая информация в ГЭСН); 2. Внутрифирменная база данных (возможность выбора значений с заданной надежностью)
Определение затрат машинного времени (производительности машин)	
Определение потребности в материалах, изделиях, приспособлениях, инструментах	ГЭСН
Определение стоимости эксплуатации машин и труда рабочих	ФЕР, ТЕР (сборники сметных норм стоимости эксплуатации строительных машин)
Определение стоимости материалов, изделий, приспособлений, инструментов	ФЕР, ТЕР, информационно-справочные издания

Примечание: ГЭСН — государственные элементные сметные нормы; ФЕР — федеральные единичные расценки; ТЕР — территориальные единичные расценки; ЕНИР — единичные нормы и расценки.

Схема последовательности формирования организационно-технологических решений ПСР приведена на рис. 3.2:

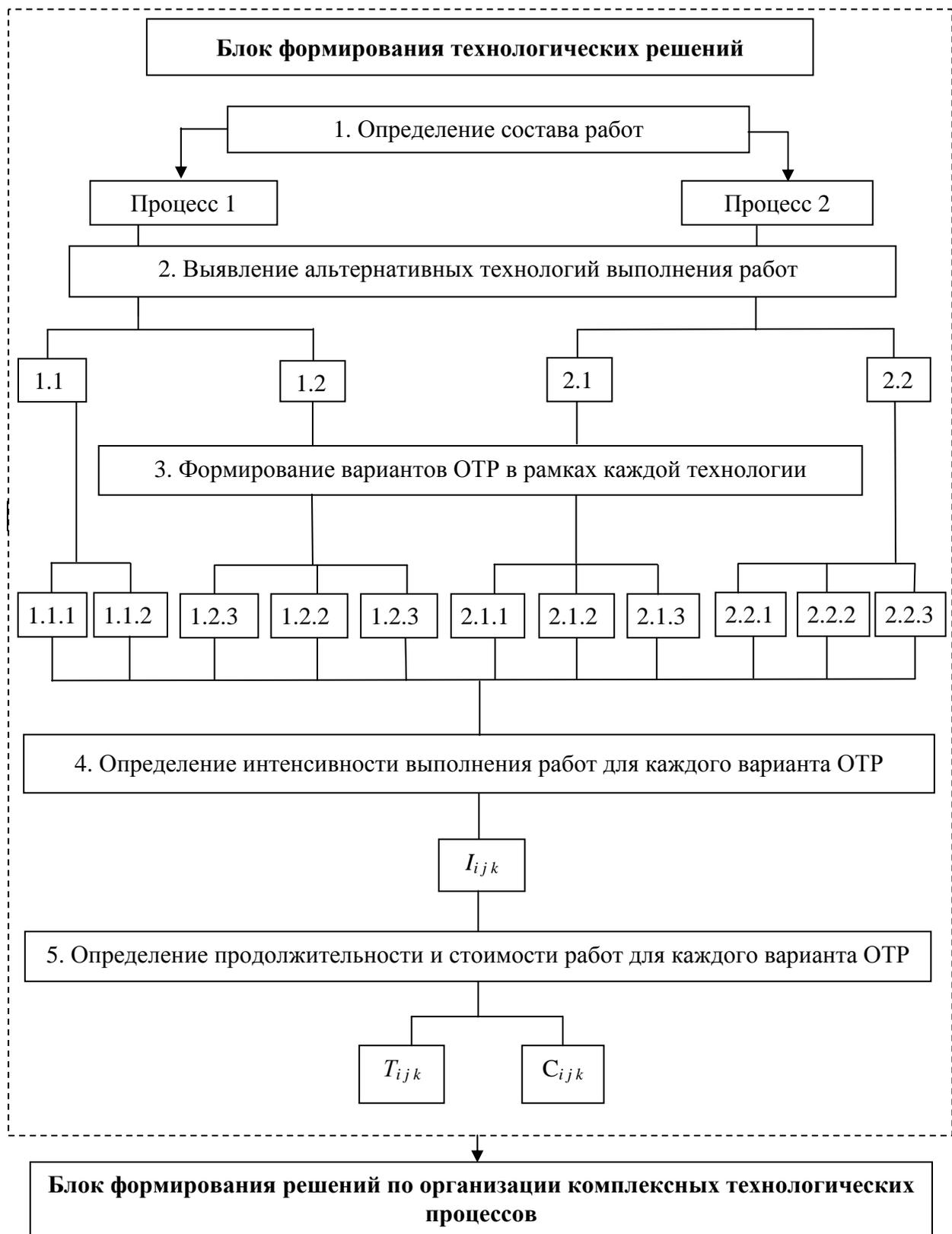


Рис. 3.2. Последовательность формирования ОТР выполнения строительных работ на вариантной основе: I_{ijk} — интенсивность осуществления i -го строительного процесса для j -й технологии для k -го варианта организационно-технологического решения его выполнения (по составу задействованных ресурсов); T_{ijk} — продолжительность осуществления i -го строительного процесса для j -й технологии для k -го варианта его выполнения; C_{ijk} — прямые расходы на осуществление i -го строительного процесса для j -й технологии для k -го варианта его выполнения

Последовательность вариантного формирования организационно-технологических решений производства строительных работ в укрупненном виде включает последовательность решения следующих задач (см. рис. 3.2):

1) декомпозиция комплексных технологических процессов до уровня простых технологических процессов (определение состава работ);

2) определение альтернативных вариантов технологии выполнения технологических процессов;

3) определение альтернативных организационно-технологических решений (ОТР) осуществления технологических процессов для каждого варианта технологии производства работ (формируются варианты возможных организационно-технологических решений, исходя из имеющихся в наличии у строительной организации ресурсов);

4) вычисление интенсивности производства работ для каждого варианта ОТР производства работ;

5) вычисление продолжительности и стоимости выполнения для каждого варианта ОТР производства работ.

Оригинальный алгоритм вариантного формирования организационно-технологических решений был разработан В. Н. Кабановым [4]. Возьмем за основу предложенный подход, но внесем в него некоторые изменения. Во-первых, предложенную классификацию строительных процессов для целей формализации и автоматизации задачи вариантного формирования ОТР, включающую разделение всех технологий на немеханизированные (ручные) и механизированные (с использованием строительных машин) уточним, выделив три типа технологий:

1) немеханизированные (с использованием только ручного труда);

2) механизированные (с использованием ручного труда и строительных машин);

3) полностью механизированные (с использованием только строительных машин).

Такая группировка технологических процессов позволяет при моделировании учесть специфику каждого из представленных видов технологических процессов, в частности, для немеханизированных процессов вариантное формирование решения определяется вариантами комплектации и организации работы бригад и звеньев; для полностью механизированных — вариантами комплектации процесса строительными машинами, имеющимися в распоряжении строительной организации; для механизированных — вариантами рациональной организации совместной работы строительных машин и рабочих. Ниже представлены методические подходы к вариантному формированию ОТР для каждого из представленных выше типов технологических процессов, на основании которых разработаны алгоритмы и компьютерные программы вариантного формирования, оценки и выбора наилучшего варианта осуществления строительных процессов.

3.1.1. Методика вариантного формирования организационно-технологических решений осуществления строительных работ

В зависимости от типа технологического процесса (немеханизированный с ручным трудом, механизированный), в котором используется совместная работа рабочих и машин, полностью механизированный (используются только машины) определяется принцип вариантного формирования ОТР выполнения процессов. Рассмотрим порядок вариантного формирования ОТР выполнения процессов для каждого типа технологического процесса.

1. Вариантное формирование немеханизированных технологических процессов. Вариантность организационно-технологических решений выполнения немеханизированных технологических процессов определяется на основе формирования всех осуществимых вариантов численности бригады рабочих. Наименьшая численность рабочих соответствует минимальному составу звена рабочих, наибольшая — максимальному числу звеньев, которое может укомплектовать строительная организация, т. е. общей численностью рабочих соответствующей специальности.

Тогда число вариантов будет равно

$$n_{\max} = N / N_{\min}, \quad (3.1)$$

где N — общая численность рабочих соответствующей специальности, имеющих у строительной организации для выполнения определенного вида работ; N_{\min} — оптимальная численность одного звена для выполнения работ (для определения оптимального состава звена возможно использовать рекомендации соответствующего сборника ЕНиР).

Численность рабочих для каждого варианта вычисляется по формуле

$$N_i = n_i N_{\min}, \quad (3.2)$$

где $n_i = 1 \dots n_{\max}$.

Например, если численность рабочих требуемой специальности строительной организации 6 чел., численность звена рабочих 2 чел., то число вариантов выполнения данного процесса будет равно

$$n_{\max} = 6/2 = 3.$$

Численность рабочих, принятая вариантами ОТР выполнения немеханизированного процесса будет равной:

$$N_1 = 1 \cdot 2 = 2 \text{ чел. (при работе одного звена);}$$

$$N_2 = 2 \cdot 2 = 4 \text{ чел. (при работе двух звеньев);}$$

$$N_3 = 3 \cdot 2 = 6 \text{ чел. (при работе двух звеньев).}$$

2. Вариантное формирование механизированных и полностью механизированных строительных процессов. Для механизированных технологических процессов вариантность технологических решений определяется составом строительных машин, которые имеются в распоряжении у строи-

тельной организации для выполнения данного технологического процесса. Вариантное формирование механизированных технологических процессов осуществляется путем полного перебора возможных комбинаций использования строительных машин.

Например, если у строительной организации имеется в распоряжении три строительные машины для выполнения строительного процесса (M_1 , M_2 , M_3), то возможно сформировать следующие варианты комплектации процесса машинами:

- 1) M_1 ;
- 2) M_2 ;
- 3) M_3 ;
- 4) $M_1 + M_2$;
- 5) $M_1 + M_3$;
- 6) $M_2 + M_3$;
- 7) $M_1 + M_2 + M_3$.

Для механизированного процесса (при участии в технологическом процессе и строительных машин, и рабочих) численность рабочих может определяться с помощью выражения

$$N = P_m H_{вр}, \quad (3.3)$$

где P_m — совокупная эксплуатационная производительность строительных машин, используемых для выполнения данного процесса:

$$P_m = P_1 + P_2 + \dots + P_n;$$

$H_{вр}$ — норма затрат рабочего времени для данного технологического процесса.

Так как значение численности, полученное с помощью выражения (3.2) возможно округлить как в большую, так и в меньшую сторону, то в результате образуется два варианта формирования технологической системы «машина(ы) — рабочие» (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Варианты формирования технологической системы «машина(ы) — рабочие»

Оба этих варианта могут приниматься при организационно-технологическом проектировании как альтернативные варианты ОТР выполнения простого технологического процесса.

3.1.2. Определение интенсивности строительных процессов

Под интенсивностью производства работ понимается скорость строительства зданий и сооружений технологическими системами, состоящими из строительных машин и рабочих. При этом некоторые технологические процессы могут выполняться только машинами (например, большинство земляных работ) или только рабочими (например, кирпичная кладка). Однако для большинства технологических процессов в строительстве характерно использование систем «машина(ы) — рабочие». Как и производительность, интенсивность определяется как объем производства продукции (выполненных работ) в единицу времени.

1. Вычисление интенсивности немеханизированных процессов. Интенсивность немеханизированных (ручных) технологических процессов определяется с учетом совокупной производительности рабочих, участвующих в данном процессе, с помощью выражения

$$I_p = N / H_{вр}, \quad (3.4)$$

где N — численность рабочих, участвующих в процессе; $1 / H_{вр}$ — производительность одного рабочего.

2. Вычисление интенсивности полностью механизированных процессов. Интенсивность выполнения полностью механизированного процесса определяется совокупной эксплуатационной производительностью строительных машин, используемых в данном процессе:

$$I_m = P_m = P_1 + P_2 + \dots + P_n. \quad (3.5)$$

3. Вычисление интенсивности механизированных процессов. Скорость создания строительной продукции механизированного процесса (при участии и строительных машин и рабочих) определяется на основании сравнения совокупной производительности рабочих с совокупной эксплуатационной производительностью строительных машин. При этом значение скорости (интенсивности) выполнения работ принимается по наименьшему из значений эксплуатационной производительности машин или совокупной производительности рабочих:

$$\begin{aligned} \frac{N}{H_{вр}} - P_m > 0 &\Rightarrow I = P_m; \\ \frac{N}{H_{вр}} - P_m < 0 &\Rightarrow I = \frac{N}{H_{вр}}, \end{aligned} \quad (3.6)$$

где I — интенсивность производства строительного-монтажных работ системой «машина — рабочие»; P_m — совокупная эксплуатационная производительность строительных машин; N — численность рабочих; $H_{вр}$ — норма времени затрат труда на единичный объем работ; $\frac{N}{H_{вр}}$ — совокупная производительность рабочих.

3.1.3. Определение продолжительности и стоимости технологических процессов

Продолжительность технологического процесса вычисляется по формуле

$$T_{i v} = \frac{V_i}{I_{i v}}, \quad (3.7)$$

где V_i — объем работ для i -го технологического процесса; $I_{i v}$ — интенсивность производства работ для v -го варианта ОТР выполнения i -го технологического процесса.

Стоимость производства строительного-монтажных работ зависит от стоимости затрат ресурсов (рабочего и машинного времени, строительных материалов и изделий, инструментов и принадлежностей и т. п.), а также издержек, определяемых концентрацией ресурсов подрядной организации на строительной площадке (связанных с возведением временных зданий и сооружений, прокладкой временных коммуникаций, коммунальными ресурсами и т. п., численности рабочих и строительных машин на строительной площадке).

Для вычисления прямых расходов, связанных с производством строительных работ, предлагается использовать следующее выражение:

$$C_{i v} = T_{i v} \left(\sum_{i=1}^n C_{P i v} N_{i v} + \sum_{j=1}^k C_{M i v j} k_{M i v j} \right) + C_{M k} H_{M i v k} V_i, \quad (3.8)$$

где $T_{i v}$ — продолжительность выполнения работ для i -го процесса варианта его выполнения v ; $C_{P i v}$ — единичная расценка стоимости человеко-часа для i -го процесса варианта его выполнения v ; $N_{i v}$ — численность рабочих для i -го процесса варианта его выполнения v ; $C_{M i v j}$ — единичная расценка стоимости одного машино-часа для машины j -го типа; $k_{M i v j}$ — количество одновременно работающих строительных машин j -го типа; $C_{M k}$ — стоимость единицы строительного материала k -го типа; $H_{M i v k}$ — норма расхода строительного материала k -го типа в i -м процессе варианта его выполнения v ; V_i — объем строительного-монтажных работ для i -го процесса.

Также, для определения стоимости строительного-монтажных работ, возможно использовать следующее выражение:

$$C_{i v} = C_{P i v} V_i + C_{M i v} V_i + C_{M k} H_{M i v k} V_i, \quad (3.9)$$

где $C_{P i v}$ — расценка стоимости труда рабочих на единичный объем работ для i -го процесса v -го варианта его выполнения; $C_{M i v}$ — расценка стоимости эксплуатации машины на единичный объем работ для i -го процесса v -го варианта его выполнения.

На рис. 3.2 представлена блок-схема формирования ОТР производства строительных работ на вариантной основе.

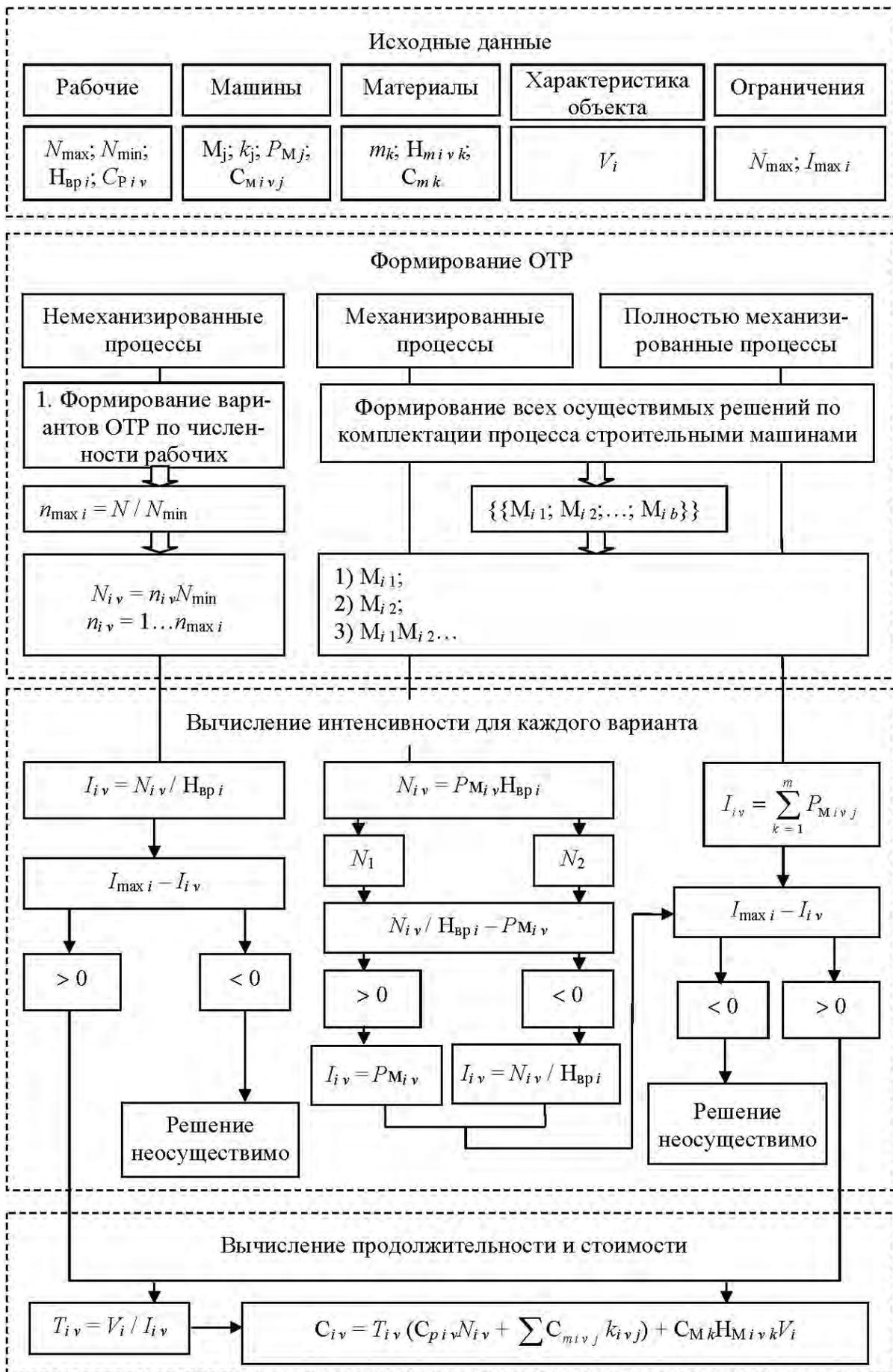


Рис. 3.4. Общий алгоритм формирования ОТР на вариантной основе

3.2. Методика оценки организационно-технологической надежности и проектирования строительного производства с заданным уровнем надежности

Главной отличительной особенностью строительных систем является их организационный характер. В процессе возведения зданий и сооружений взаимодействуют различные технические и социальные системы: строительные машины и механизмы, рабочие, производственные, вспомогательные и управляющие подсистемы и т. д. Все подсистемы и их элементы связаны в единый процесс взаимодействия, направленный на наиболее эффективное достижение главной цели — получение строительной продукции соответствующего качества в установленные договором сроки и с заданной стоимостью. На каждую из подсистем, каждый из элементов подсистем, а также на систему их взаимодействия оказывают дестабилизирующее воздействие множество случайных факторов. Априорно осуществить количественную оценку возможного воздействия каждого из этих факторов не представляется возможным, т. е. не существует однозначного детерминированного описания возможных последствий влияния данных факторов. В связи с этим возможно рассмотрение лишь конечного результата такого влияния — вероятности отклонения строительной системы от заданных в проекте показателей (продолжительности и стоимости) на основании статистических данных.

Вероятность достижения строительной системой заданного результата совершенно не учитывается нормативными документами, действующими в строительстве (СниПы, ГЭСНы, ФЕРы, ЕНиРы и т. п.). Несмотря на это, при проектировании строительного производства является актуальным возможность оценки вероятности достижения строительной системой проектных и, соответственно, договорных результативных показателей (продолжительности и стоимости) или проектирование строительных процессов с заданной вероятностью достижения запланированных (полученных в результате организационно-технологического проектирования) показателей.

Многочисленные исследования показали, что для обеспечения достаточного уровня надежности календарного плана строительства, являющегося одним из основных объектов организационно-технологического проектирования, наиболее рациональным являются значения вероятности P осуществления процесса с заданной продолжительностью и стоимостью в диапазоне от 0,7 до 0,8. Превышение этих значений, т. е. приближение к единице, свидетельствует о так называемой избыточной надежности, перерасходе вкладываемых в обеспечение надежности строительных ресурсов, а более низкие значения вероятности соответствуют неоправданно высокому риску срыва договорной продолжительности и стоимости строительства, что может привести к значительным штрафам (если это отражено в условиях подрядных договоров) и дополнительным издержкам производства, а следовательно, к сокращению прибыли (возможно, и к убыткам) строительной организации.

Для проектирования строительного производства на вероятностной основе необходимо сформировать исходные данные, характеризующие условия осуществления производственной деятельности конкретной подрядной организации, т. е. получить выборки значений исходных для проектирования показателей, отражающих влияние на процесс строительства всех наиболее существенных дестабилизирующих факторов.

Для вероятностного проектирования строительного производства достаточно иметь вероятностные характеристики по исходным показателям, необходимым для расчета продолжительности строительных процессов: производительность труда рабочих (либо затраты труда на единицу объема работ) и производительность машин (либо затраты машинного времени на единицу объема работ).

На основании законов теории вероятности, вероятность осуществления процесса в заданный срок будет соответствовать вероятности исходных для проектирования строительного процесса показателей (производительности, норм затрат времени), при том что иные исходные показатели — объем работ, стоимость затрат труда и эксплуатации машин на единицу времени и др. — являются неизменными параметрами (константами).

Рассматривая классический пример действия законов теории вероятности — подбрасывание монеты, когда при достаточно большом количестве экспериментов получается равное число результатов «орел» и «решка», т. е. вероятность получения каждого исхода одинакова и равна $P = 0,5$, очевидно, что простота данного примера состоит в наличии всего двух возможных вариантов исхода. Если рассматривать вероятностные характеристики показателей строительного производства — производительность или норму времени, то в каждом случае мы получим различные значения соответствующего параметра. Если рассматривать вероятность достижения определенного значения производительности или нормы времени и, соответственно, осуществления строительного процесса заданной продолжительности, то вне зависимости от принятого численного значения она будет стремиться к нулю (в выборке из 100 значений в лучшем случае 2—3 значения будут равны).

Это означает, что задача должна решаться иным образом. Точнее, необходимо все количество рассматриваемых исходов случайного события, приближающееся к количеству значений случайной величины в выборке, привести к ограниченному числу исходов (наподобие классического примера «орел/решка»). Это становится возможным, если рассматривать вероятность достижения не определенного значения результативного показателя, а вероятность того, что в результате реализации строительного процесса этот результативный показатель (продолжительность, стоимость строительства) окажется не более заданного уровня. В этом случае выборку значений случайной величины возможно разделить для определенного уровня значения на две части:

- 1) часть выборки случайной величины со значениями не более (или не менее) заданного уровня;

- 2) оставшаяся часть выборки случайной величины со значением, не соответствующим установленному критерию.

Проиллюстрируем суть данного подхода на примере. Допустим, мы имеем выборку значений производительности строительной машины для полностью механизированного строительного процесса. Каждому значению производительности соответствует определенное значение продолжительности работ (рис. 3.5).

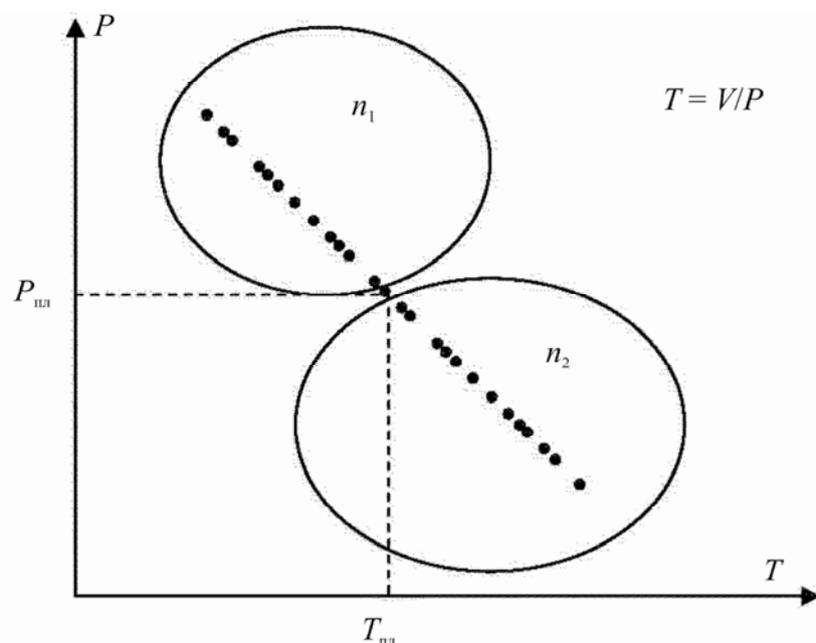


Рис. 3.5. Зависимость продолжительности строительства от полученных значений выборки случайной величины (производительности)

Как видно на рис. 3.5, если при проектировании строительного процесса для расчета взять определенное значение производительности $P_{пл}$, то ему будет соответствовать определенное значение продолжительности строительства $T_{пл}$, при этом вероятность достижения в результате реализации строительного процесса продолжительности не более запланированной составит

$$P = \frac{n_1}{n_1 + n_2}, \quad (3.10)$$

где n_1 — количество вариантов, для которых значение производительности не менее заданного уровня, что обеспечивает достижение продолжительности не более запланированной; n_2 — количество вариантов, для которых значение производительности менее заданного уровня.

При этом производительность строительной машины должна оказаться не менее запланированного значения (принятого в расчете). В этом случае выражение (3.10) определяет вероятность того, что исходный для проектирования параметр (производительность) окажется не менее принятого значения, что обеспечивает вероятность получения значения результативного показателя (продолжительности) не более запланированного уровня.

Если в качестве исходного показателя рассматривать норму затрат времени строительной машины или рабочего, то получится, что для обеспече-

ния продолжительности строительного процесса не более запланированной норма времени должна также оказаться не выше принятого при проектировании значения (рис. 3.6).

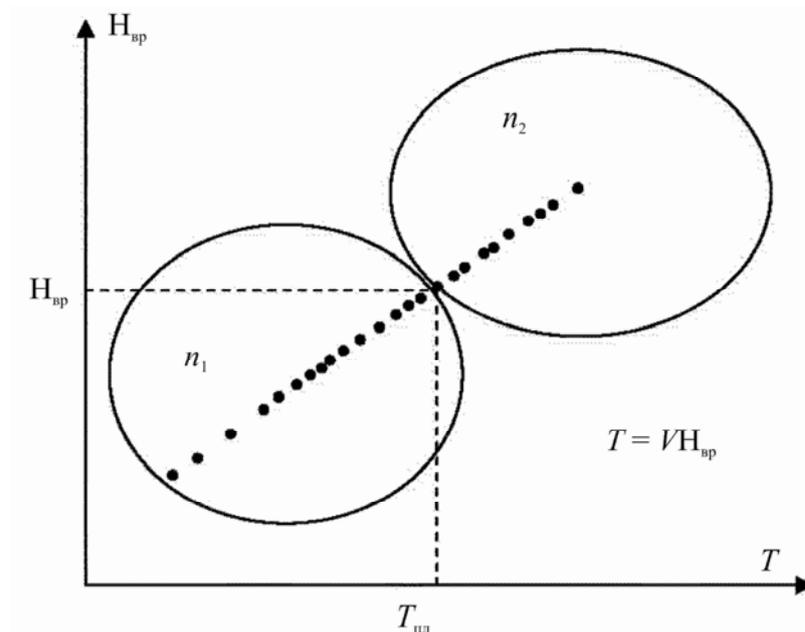


Рис. 3.6. Зависимость продолжительности строительства от полученных значений выборки случайной величины (нормы времени)

В этом случае вероятность достижения в результате реализации строительного процесса продолжительности не более запланированной составит

$$P = \frac{n_1^{H_{вр}}}{n_1^{H_{вр}} + n_2^{H_{вр}}}, \quad (3.11)$$

где n_1 — количество вариантов, для которых значение нормы времени не более заданного уровня, что обеспечивает достижение продолжительности не более запланированной.

Необходимо учитывать, что количественные значения исходных для проектирования стохастических показателей должны формироваться в течение промежутка времени, обеспечивающего получение репрезентативной и достоверной выборки. При этом количество значений в выборке должно быть не менее 100.

Для получения исходной количественной информации, используемой при формировании статистической выборки, могут использоваться следующие методы:

натурные наблюдения (определение объема выполненных работ в единицу времени определенным количеством рабочих и машин);

анализ отчетных документов строительной организации (табель учета рабочего времени, документы, характеризующие объемы выполненных работ и пр.);

методы экспертных оценок (для вновь создаваемых подрядных организаций, для новых технологических процессов);

составление калькуляции трудовых затрат (при помощи действующих нормативов) и получение функций распределения значений показателя, используя уже известные функции распределения для схожих объектов вероятностно-статистического анализа.

Для оценки вероятности осуществления строительного процесса в заданный срок и с запланированной стоимостью возможно использование подхода, в котором на основании полученных выборок значений случайной величины (производительности или норм затрат времени) возможно построить гистограмму распределения частот их значений и кумулятивную кривую распределения частот по условию «не менее» (для производительности) или «не более» (для нормы затрат времени) значения, соответствующего границе интервала (рис. 3.7).

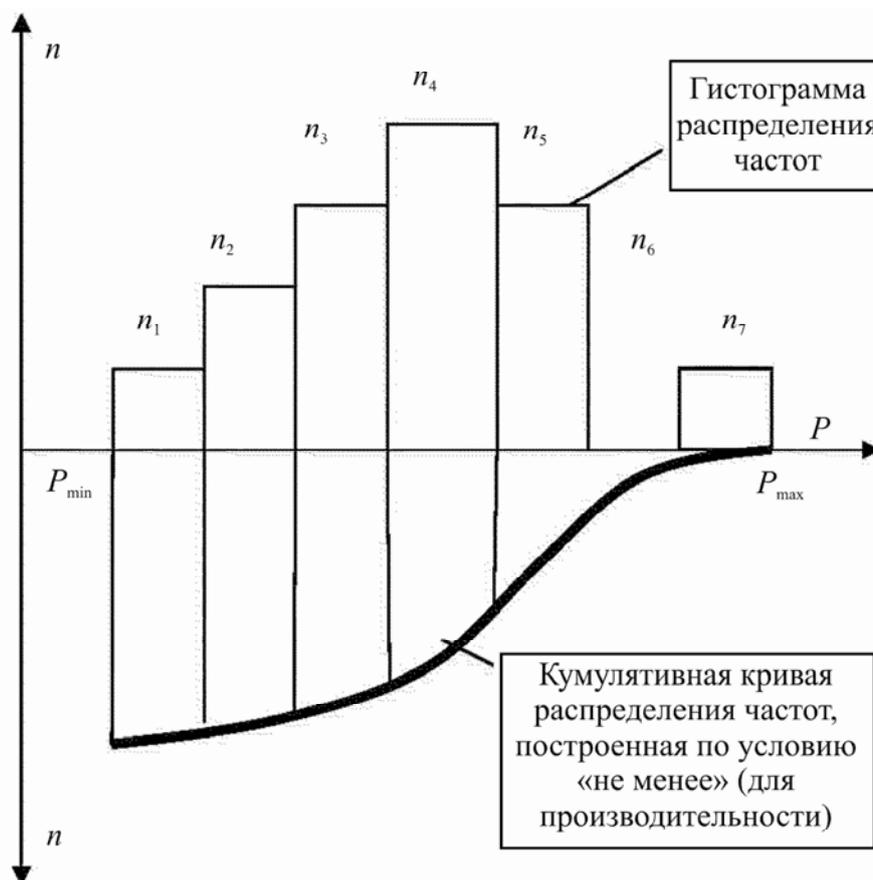


Рис. 3.7. Кумулятивная кривая распределения частот случайной величины

На основании кумулятивной кривой распределения частот случайной величины возможно построить кривую изменения вероятности того, что в ходе реализации строительного процесса величина рассматриваемого параметра окажется не менее определенного значения. Для построения такой кривой следует определить вероятность на границах интервалов (рис. 3.8).

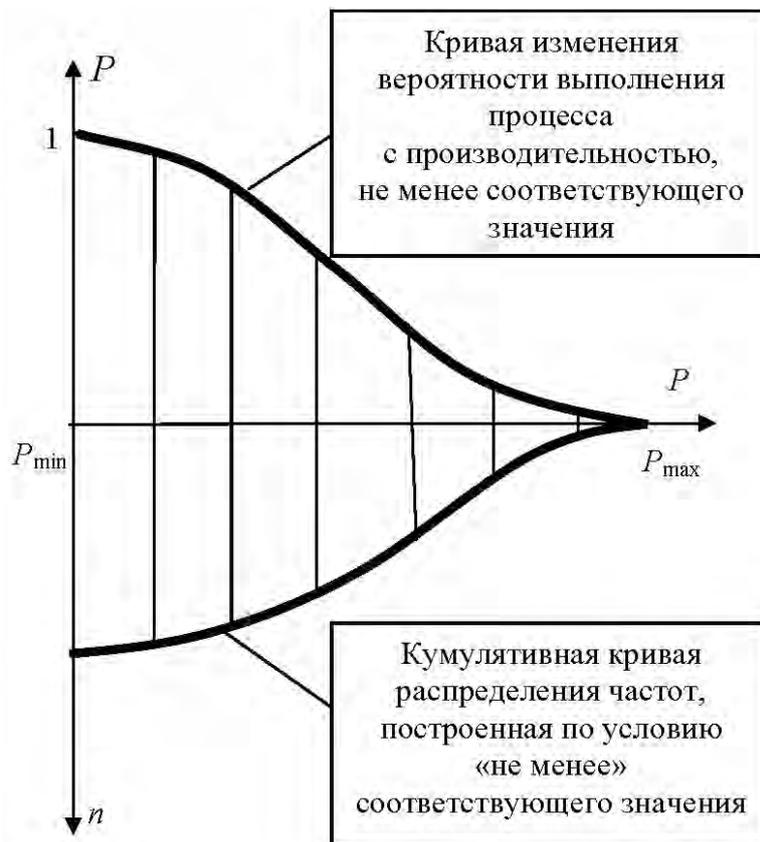


Рис. 3.8. Кривая вероятности выполнения процесса с производительностью не менее определенного значения

Вероятность на границах интервалов может быть определена с помощью выражения

$$P_i = \frac{\sum n_i}{N}, \quad (3.12)$$

где $\sum n_i$ — сумма значений показателя в выборке не менее (для производительности) или не более (для нормы затрат времени) значения, соответствующего границе i -го интервала; N — общее количество значений исходного для проектирования показателя в выборке (объем выборки).

Последовательность построения кумулятивной кривой распределения значений показателя и кривой изменения вероятности выполнения процесса с заданной производительностью (затратами времени) следующая:

1) по оси ординат откладывается количество значений в каждом интервале, а по оси абсцисс приводится фактическое изменение значений исследуемого показателя;

2) количество интервалов для выборки, состоящей из 100 значений, принимается равным 10;

3) значение границ интервалов определяется путем последовательного прибавления к нижней границе каждого интервала, начиная от первого, разницы между максимальным и минимальным значением в выборке деленной на 10;

4) на границе каждого интервала определяется количество значений в выборке и вероятность того, что в результате реализации строительного процесса интенсивность окажется не менее значения, соответствующего границе данного интервала с помощью 3.12.

П р и м е р. Определить значение исходного для проектирования показателя (производительности машины и нормы затрат рабочего времени), обеспечивающее выполнение строительного процесса в запланированный срок и с запланированной стоимостью с вероятностью $P = 0,7$.

Исходные данные. Технологический процесс — укладка бетонной смеси краном, $C_{\text{чел-ч}} = 300$ р., $C_{\text{маш-ч}} = 700$ р., объем работ $V = 22000$ м³.

Выборка значений базовых для организационно-технологического проектирования показателей (нормы затрат рабочего времени и производительности машины), приведена в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Базовые значения норм затрат рабочего времени и производительности машины

$H_{\text{вр}}$	P	$H_{\text{вр}}$	P
0,102	26,000	0,095	24,440
0,111	28,080	0,105	27,008
0,108	27,463	0,092	23,790
0,102	26,065	0,108	27,463
0,094	24,125	0,114	29,283
0,083	21,450	0,102	25,838
0,101	25,841	0,098	24,863
0,098	25,090	0,092	23,368
0,117	30,030	0,102	26,260
0,105	26,488		

Р а с ч е т.

1. Определение производительности машины, соответствующей вероятности выполнения строительного процесса со значением, не менее запланированного 0,7.

По выборке производительности машины определяем минимальное и максимальное значение:

$$P_{\text{min}} = 21,450;$$

$$P_{\text{max}} = 30,030.$$

Определяем размер интервала при количестве интервалов, равном 10:

$$\Delta = \frac{P_{\text{max}} - P_{\text{min}}}{10} = \frac{30\,030 - 21\,450}{10} = 0,858.$$

Расчет числа значений производительности, попавших в каждый интервал накопленных частот по условию «не менее», для границ интервалов и вероятность выполнения строительного процесса с вероятностью не менее значений границ интервалов выполним в табличной форме (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Вычисление вероятности осуществления процесса с производительностью, не менее значения производительности в границах каждого интервала

Номер интервала	Границы интервалов	Количество значений в интервале	Количество значений, удовлетворяющих условию «не менее»	Вероятность, P_i
1	21,450...22,308	1	19	1
2	22,308...23,166	0	18	0,95
3	23,166...24,024	2	18	0,95
4	24,024...24,882	3	16	0,84
5	24,882... 25,74	1	13	0,68
6	25,74...26,598	6	12	0,63
7	26,598...27,456	2	6	0,31
8	27,456...28,314	2	4	0,21
9	28,314...29,172	0	2	0,11
10	29,172...30,030	2	2	0,11

На основании данных табл. 3.3 ниже представлена гистограмма частот распределения значений случайной величины (производительности машины), кумулятивная кривая накопленных частот и кривая изменений вероятности достижения определенного значения производительности в ходе осуществления строительного процесса (рис. 3.9, 3.10, 3.11).

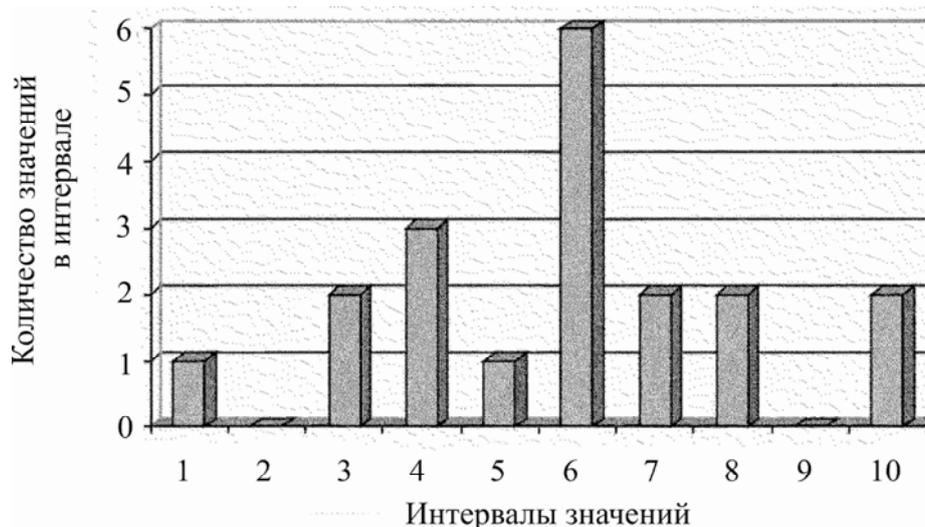


Рис. 3.9. Гистограмма распределения частот значений производительности машины



Рис. 3.10. Кумулятивная кривая накопленных частот по условию «не менее» для значений производительности

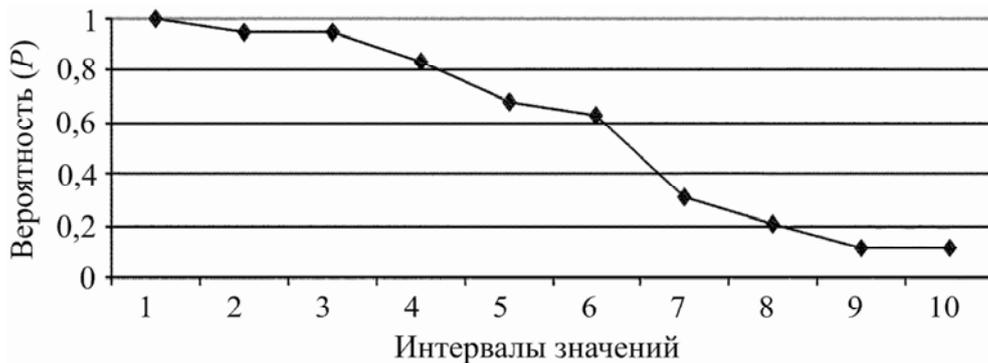


Рис. 3.11. Кривая вероятности выполнения строительного процесса с определенным значением производительности

Значение производительности, соответствующее уровню надежности (по условию задачи) $P = 0,7$, определяем с помощью метода интерполяции (поскольку заданный уровень надежности и искомое значение производительности машины находятся между границ интервала):

$$P(P = 0,7) = 25,74 - 0,858 \left[\left(\frac{0,7 - 0,68}{0,84 - 0,68} \right) \right] = 25,7.$$

2. Определение значения нормы затрат рабочего времени, соответствующего вероятности выполнения строительного процесса со значением, не более запланированного 0,7.

По выборке значений нормы затрат времени рабочих определяем минимальное и максимальное значение:

$$H_{\text{вр. min}} = 0,083;$$

$$H_{\text{вр. max}} = 0,117.$$

Определяем размер интервала при количестве интервалов равном 10:

$$\Delta = \frac{H_{\text{вр. max}} - H_{\text{вр. min}}}{10} = \frac{0,117 - 0,083}{10} = 0,0034.$$

Расчет числа значений нормы времени, попавших в каждый интервал накопленных частот по условию «не более», для границ интервалов и вероятность выполнения строительного процесса с вероятностью не более значений границ интервалов выполним в табличной форме (табл. 3.4).

**Вычисление вероятности осуществления процесса с затратами труда,
не более значения нормы времени в границах каждого интервала**

Номер интервала	Границы интервалов	Количество значений в интервале	Количество значений, удовлетворяющих условию «не более»	P_i
1	0,083...0,0864	1	1	0,05
2	0,0864...0,0898	0	1	0,05
3	0,0898...0,0932	2	3	0,16
4	0,0932...0,0966	2	5	0,26
5	0,0966...0,1	3	8	0,42
6	0,1...0,1034	4	12	0,63
7	0,1034...0,1068	2	14	0,74
8	0,1068...0,1102	2	16	0,84
9	0,1102...0,1136	1	17	0,89
10	0,1136...0,117	2	19	1

На основании данных табл. 3.4 представлена гистограмма частот распределения значений случайной величины (нормы затрат рабочего времени), кумулятивная кривая накопленных частот и кривая изменений вероятности достижения определенного значения нормы времени в ходе осуществления строительного процесса (рис. 3.12, 3.13, 3.14).

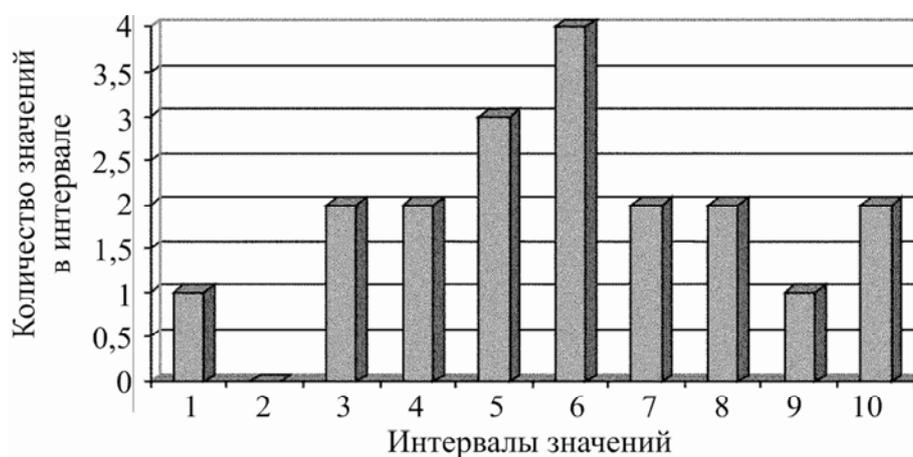


Рис. 3.12. Гистограмма распределения частот значений нормы затрат времени рабочего



Рис. 3.13. Кумулятивная кривая накопленных частот по условию «не более» для значений нормы времени

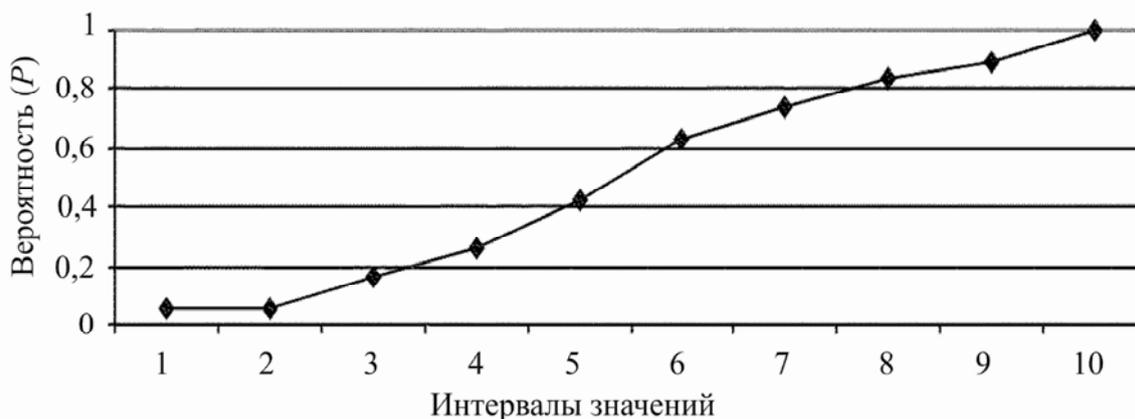


Рис. 3.14. Кривая вероятности выполнения строительного процесса с определенным значением нормы затрат рабочего времени

Значение нормы затрат рабочего времени, соответствующее уровню надежности (по условию задачи) $P = 0,7$, определяем с помощью метода интерполяции (поскольку заданный уровень надежности и искомое значение нормы времени находятся между границ интервала):

$$N_{\text{вр}}(P = 0,7) = 0,1034 + 0,0034 \left[\left(\frac{0,7 - 0,63}{0,74 - 0,63} \right) \right] = 0,1014.$$

3. Определение потребности в рабочих кадрах исходя из условия обеспечения синхронной работы машин и рабочих.

$$N = P_{\text{м}} N_{\text{вр}} = 25,7 \cdot 0,1014 = 2,6.$$

Округлим численность рабочих в большую сторону для обеспечения непрерывности работы строительной машины (примем $N = 3$). В этом случае интенсивность технологического процесса будет определяться производительностью машин и составит $25,7 \text{ м}^3/\text{ч}$.

4. Определение продолжительности и стоимости производства работ с вероятностью достижения их запланированного уровня $P = 0,7$.

$$T = V / I = 745,76 \text{ ч.}$$

$$C = T (C_{\text{чел.-ч}} N + C_{\text{маш.-ч}}) = 1193216 \text{ р.}$$

Таким образом, при принятых параметрах (значений нормы затрат рабочего времени и производительности машины, соответствующих уровню надежности 0,7, а также численности рабочих, обеспечивающих бесперебойную работу строительной машины) строительный процесс будет выполнен с продолжительностью не более 746 ч (с вероятностью 0,7) и стоимостью не более 1193216 р. (с вероятностью 0,7).

Блок-схема оценки уровня организационно-технологической надежности базовых для строительного производства технологических показателей (производительности и нормы времени) представлена на рис. 3.15.

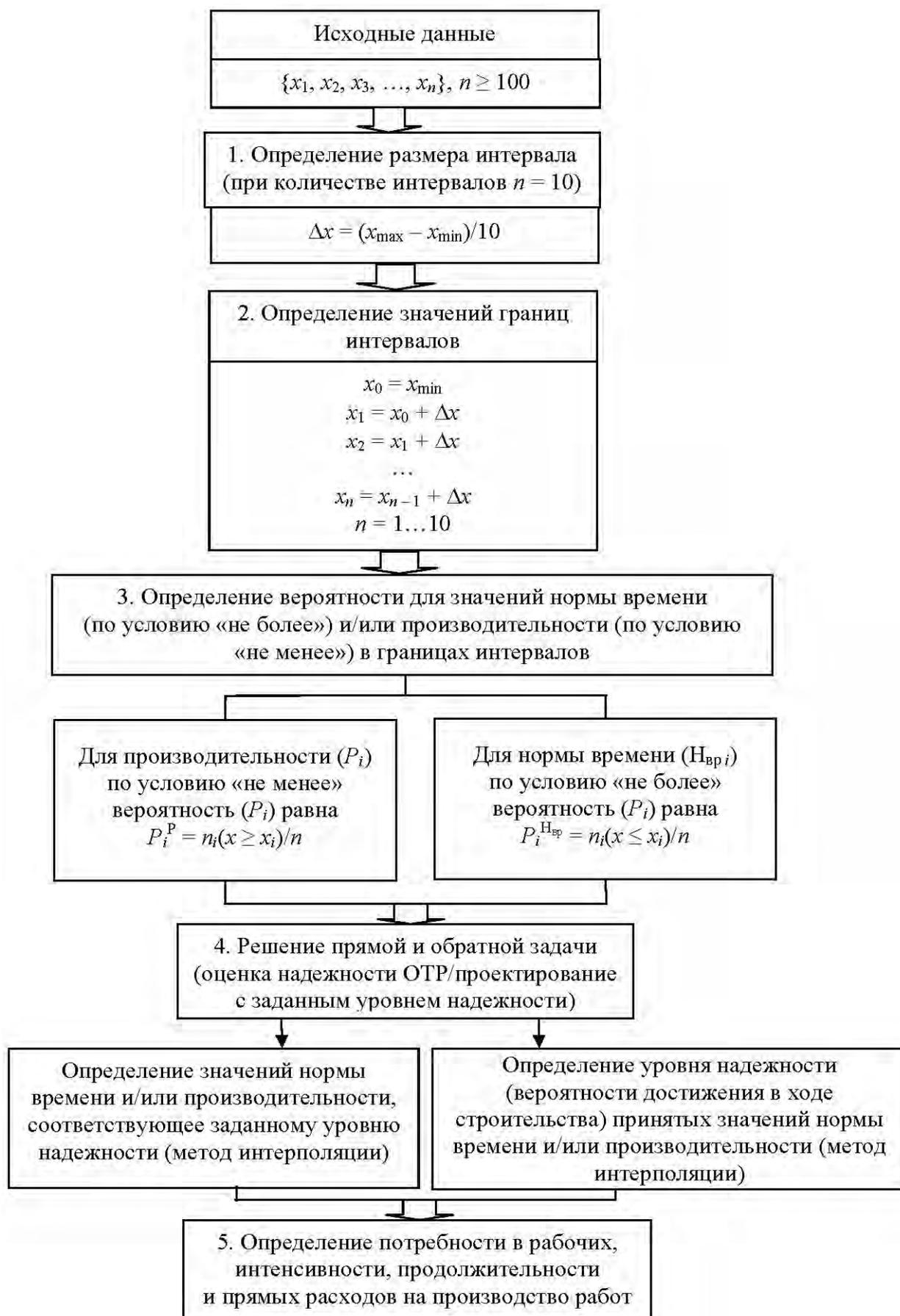


Рис. 3.15. Блок-схема оценки уровня организационно-технологической надежности и проектирования строительных процессов с заданным уровнем надежности

4. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа 1. Анализ и классификация функциональных возможностей программных продуктов в области проектирования, организации и управления строительным производством

Цель работы — систематизация представлений по области применения и функциональным возможностям автоматизированных систем проектирования строительного производства.

Задачи работы:

1. Изучить структуру и состав данных 13-го тома Московского территориально-строительного каталога «Программное обеспечение информационных технологий в строительстве» (МТСК-13, <http://www.catalog.stroi.ru>).

2. Проанализировать область применения и функциональные возможности программных продуктов в сфере автоматизации проектирования строительного производства, представленных на российском рынке (характеристику программных продуктов сделать по форме, представленной в табл. 4.1).

3. Систематизировать (представить в сжатом схематичном виде) область применения и функциональные возможности автоматизированных систем проектирования строительного производства, выполнить сравнительную оценку и выбор наиболее полнофункциональных программных продуктов в области проектирования строительного производства (рекомендуемая форма представлена в табл.4.2).

Методические рекомендации. Наиболее полный перечень программных продуктов, предназначенных для автоматизации организационно-технологического проектирования строительного производства, представлен в 13-ом томе Московского территориального строительного каталога «Программное обеспечение информационных технологий в строительстве» (МТСК-13).

МТСК-13 разработан с целью предоставления пользователям актуальной и систематизированной информации о программном обеспечении, включая назначение и область применения в разных сферах инвестиционно-строительной деятельности, и предназначен для использования в организациях и предприятиях, осуществляющих деятельность в областях проектно-

изыскательских работ, строительного производства, сметных расчетов и ценообразования, бухгалтерского учета, финансово-экономической и управленческой работы, экологического мониторинга, подготовки и проведения конкурсов, информационно-справочного обеспечения и др.

Состав и содержание МТСК-13 позволяет пользователям осуществлять анализ и отбор необходимого программного обеспечения в зависимости от направлений деятельности, специфики производственных и управленческих задач, оснащенности компьютерной техникой, степени подготовленности персонала, требуемого уровня сервисного обслуживания и других факторов.

МТСК-13 содержит каталожные листы, в которых приведена основная информация по программным продуктам, включая назначение и область применения, входные и выходные данные, требования к техническим и программным средствам, возможность работы в сетях персональных компьютеров, дополнительные услуги, оказываемые при их поставке, нормативные документы, использованные при разработке, свидетельства о сертификации, сведения о разработчике и прочую информацию.

В МТСК-13 приведена информация более чем о трехстах программных продуктах.

В конце МТСК-13 для удобства пользования помещены алфавитный и тематический указатели программных продуктов, сведения о которых представлены в каталожных листах.

К наиболее совершенным разработкам, решающим широкий спектр задач автоматизации организационно-технологического проектирования строительного производства, можно отнести следующие системы:

«ГЕКТОР: строитель»;

Spider Project;

«1С: Подрядчик»

Существуют программные продукты более широкого спектра применения, чем проектирование строительного производства, которые возможно применять и в рассматриваемой сфере:

Microsoft Project, программный продукт корпорации Microsoft, предназначенный для проектирования и управления проектами;

Primovera.

В рамках лабораторной работы необходимо найти информацию обо всех программных продуктах, которые возможно использовать в области проектирования строительного производства. Для этого необходимо последовательно проработать соответствующие разделы МТСК-13 и собрать информацию о программных продуктах, относящиеся к рассматриваемой предметной области. Полученные данные представить по рекомендуемой форме (табл. 4.1).

Далее студенты должны выделить основные задачи ПОС и ППР и осуществить сравнительную оценку программных продуктов по функциональным возможностям по форме, представленной в табл. 4.2. Для уточнения функциональных возможностей программных продуктов рекомендуется использовать дополнительные данные с сайтов разработчиков соответствующих программных продуктов и иные источники в сети Интернет (комментарии и т. п.).

Таблица 4.1

Характеристика программных продуктов в области проектирования, организации и управления строительным производством

Номер п/п	Область применения, функциональные возможности	Состав входных и выходных данных	Раздел МТСК-13
1	«ГЕКТОР: проектировщик-строитель»		
2	«_____» (наименование программного продукта)		

Таблица 4.2

Классификация программных продуктов, представленных на российском рынке, по области применения и функциональным возможностям применительно к задачам ПОС и ППР

Состав основных задач ПОС и ППР	Наименование программных продуктов				
	«ГЕКТОР: строитель»	Программный продукт 2	Программный продукт 3	Программный продукт 4	Программный продукт N
1. Расчет объемов работ	+	—	+	+	—
2. Построение линейного календарного плана	+	+	+	+	+
3. Построение сетевого графика	+	—	+	—	—
4. Построение циклограмм	+	+	—	—	—
Другая задача	+	—	+	—	+

Лабораторная работа 2. Исходные данные для организационно-технологического проектирования. Источники нормативных данных

Цель работы — знакомство с составом исходных данных для организационно-технологического проектирования строительного производства, а также основными источниками нормативных данных.

Задачи работы: используя информационно-правовые системы («Гарант», «Консультант» и т. п.) познакомиться со структурой и составом нормативных данных, представленных в сборниках ГЭСН, ФЕР, ЕНИР.

В соответствии с индивидуальным заданием (табл. 4.3):

1. Определить норму затрат времени на производство строительных работ используя государственные элементные строительные нормы (ГЭСН).

2. Определить норму затрат времени по сборникам единичных норм и расценок (ЕНИР).

3. Вычислить продолжительность производства строительных работ, используя норму времени, определенную по ГЭСН и по ЕНИР. Сравнить полученные значения.

4. Определить прямые расходы на производство строительных работ, используя расценки, взятые из сборников федеральных единичных расценок (ФЕР). При определении расходов на эксплуатацию строительных машин воспользоваться нормой стоимости машино-часа эксплуатации машины (приложение соответствующего сборника ФЕР) и расценкой на производство единичного объема работ (основные таблицы расценок соответствующего сборника ФЕР), результаты сравнить.

5. Определить состав альтернативных технологий производства строительных работ, помимо установленной в задании технологии. В качестве источника информации воспользоваться соответствующими сборниками ГЭСН, ЕНИР.

Методические рекомендации. Для описания функционирования элементарных технологических процессов используются следующие исходные показатели (рис. 4.1):

объем строительно-монтажных работ V_i ;

численность рабочих соответствующей специальности N_j ;

численность строительных машин определенного типа M_k ;

затраты времени $H_{вр}$ — затраты машинного (рабочего) времени на производство единичного объема продукции (выполнение единичного объема работ);

производительность P — объем производства продукции (выполнения работ) в единицу времени (является величиной, обратной норме времени);

единичную расценку $C_{ед}$ — стоимость затрат ресурсов на единичный объем произведенной продукции (выполненных работ);

стоимость машино-часа $C_{маш.-ч}$;

стоимость человеко-часа $C_{чел.-ч}$;

норма расхода строительных материалов, конструкций, изделий и т. п., m_r ;
стоимость строительных материалов, конструкций, изделий
и т.п., C_{mr} .



Рис. 4.1. Структура базы данных для моделирования и проектирования строительных процессов

Для формирования базы исходных данных для организационно-технологического в качестве источников информации используются нормативные, нормативно-справочные, справочные, методические и научные издания.

В табл. 4.3 представлены основные виды источников информации, привлекаемых на различных этапах формирования базы данных организационно-технологических решений производства строительных работ.

**Основные источники исходных данных для проектирования
организационно-технологических решений производства строительных работ**

Наименование этапа работ	Источники информации
Структуризация комплексных строительных процессов (определение состава элементарных технологических процессов)	ГЭСНы, ЕниРы, типовые технологические карты
Определение альтернативных технологий производства строительных работ	ГЭСНы, ЕниРы, патентный поиск, строительные каталоги, научные издания
Определение вариантов механизации каждой технологии производства работ (определение альтернативных для применения типов машин, машин одного типа различной мощности, вариантов комплектации машинами)	ГЭСНы, ЕниРы, каталоги строительных машин, справочные издания
Определение численности и состава звена рабочих	ГЭСН (средний разряд рабочих), ЕниРы (рекомендуемая численность и состав звена рабочих)
Определение затрат рабочего времени (производительности труда рабочих)	Государственные нормы: ГЭСН (ЕниР, в случае, если отсутствует необходимая информация в ГЭСН); внутрифирменная база нормативных данных.
Определение затрат машинного времени (производительности машин)	
Определение потребности в материалах, изделиях, приспособлениях, инструментах	ГЭСН
Определение стоимости эксплуатации машин и труда рабочих	ФЕР, ТЕР (сборники сметных норм стоимости эксплуатации строительных машин)
Определение стоимости материалов, изделий, приспособлений, инструментов	ФЕР, ТЕР, информационно-справочные издания

Продолжительность строительных работ может быть вычислена посредством следующего выражения:

$$T = \frac{VN_{\text{вр}}}{N} \text{ или } T = \frac{VN_{\text{вр}}}{M},$$

где V — объем строительного-монтажных работ; N — численность рабочих; M — численность строительных машин; $H_{\text{вр}}$ — затраты времени, т. е. затраты машинного (рабочего) времени на производство единичного объема продукции (выполнение единичного объема работ).

Для вычисления стоимости использовать следующее выражение:

$$C = T \left(\sum_{i=1}^n C_{P_i} N_i + \sum_{j=1}^k C_{M_j} k_j \right) + m_k C_{m_k} V$$

где C_{P_i} — стоимость одного человеко-часа работы специалиста i -й специальности и разряда; N_i — численность рабочих i -й специальности и разряда; C_{M_j} — стоимость одного машино-часа для машины j -го типа; k_j — количество одновременно работающих строительных машин j -го типа; m_k — норма

расхода k -го материала, конструкции, изделия; C_{mk} — стоимость единицы k -го материала, конструкции, изделия; V — объем работа для соответствующего технологического процесса; T — продолжительность выполнения работ.

Также, для определения стоимости строительно-монтажных работ, возможно использовать следующее выражение:

$$C = C_{pi}V_i + C_{mi}V_i + m_k C_{mk}V,$$

где C_{pi} — расценка стоимости труда рабочих на единичный объем работ для i -го процесса; C_{mj} — расценка стоимости эксплуатации машины на единичный объем работ для i -го процесса.

Варианты заданий приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Задания для Лабораторной работы 2 (технологический процесс — разработка и перемещение грунта бульдозером, группа грунта — I)

Номер варианта	Объем выемки грунта, м ³	Средняя дальность транспортировки, м	Мощность бульдозера, л. с.
1	4000	15	80
2	4200	20	108
3	4400	25	130
4	4600	30	165
5	4800	35	180
6	5000	40	80
7	5200	45	108
8	5400	50	130
9	5600	55	165
10	5800	60	180
11	6000	65	80
12	6200	70	108
13	6400	75	130
14	6600	80	165
15	6800	85	180
16	7000	90	80
17	7200	95	108
18	7400	100	130
19	7600	105	165
20	7800	110	180
21	8000	115	80
22	8200	120	108
23	8400	125	130
24	8600	130	165
25	8800	135	180

Лабораторная работа 3. Автоматизированное организационно-технологическое проектирование строительных процессов на вариантной основе

Цель работы: освоение методики автоматизированного вариантного формирования организационно-технологических решений производства строительных работ с учетом условий подрядной организации и возможностей региональной базы стройиндустрии.

Задачи: используя исходные данные табл. 4.5, необходимо:

1. Сформировать все осуществимые варианты организационно-технологических решений осуществления каждого простого технологического процесса.

2. Определить интенсивность производства работ для каждого варианта осуществления простых технологических процессов.

3. Сформировать все осуществимые варианты выполнения комплексного технологического процесса на основе полного перебора альтернативных вариантов ОТР производства работ на уровне простых технологических процессов.

4. Определить продолжительность и стоимость для каждого варианта осуществления комплексного технологического процесса.

5. Выполнить сравнение вариантов производства строительных работ по стоимости и продолжительности (отложить в системе декартовых координат все варианты, приняв в качестве осей абсцисс и ординат продолжительность и стоимость).

6. Выбрать вариант, для которого:

а) наименьшая стоимость;

б) наименьшая продолжительность;

в) наименьшее значение интегрального показателя, учитывающего и стоимость, и продолжительность производства строительных работ.

7. Ввести исходные данные в программу «Технолог» и выполнить формирование ОТР производства работ, сравнить результаты ручного и автоматизированного организационно-технологического проектирования.

8. Разработать блок-схему формирования ОТР на вариантной основе.

9. Оформить лабораторную работу в соответствии с табл. 4.6 и 4.7.

Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы. Вариантное формирование организационно-технологических решений на уровне технологического проектирования осуществляется путем определения всех возможных альтернативных технологий выполнения простых технологических процессов, а также возможных решений в рамках каждой технологии, определяемых составом имеющихся организационно-технологических ресурсов подрядной строительной-монтажной организации (рис. 4.2).

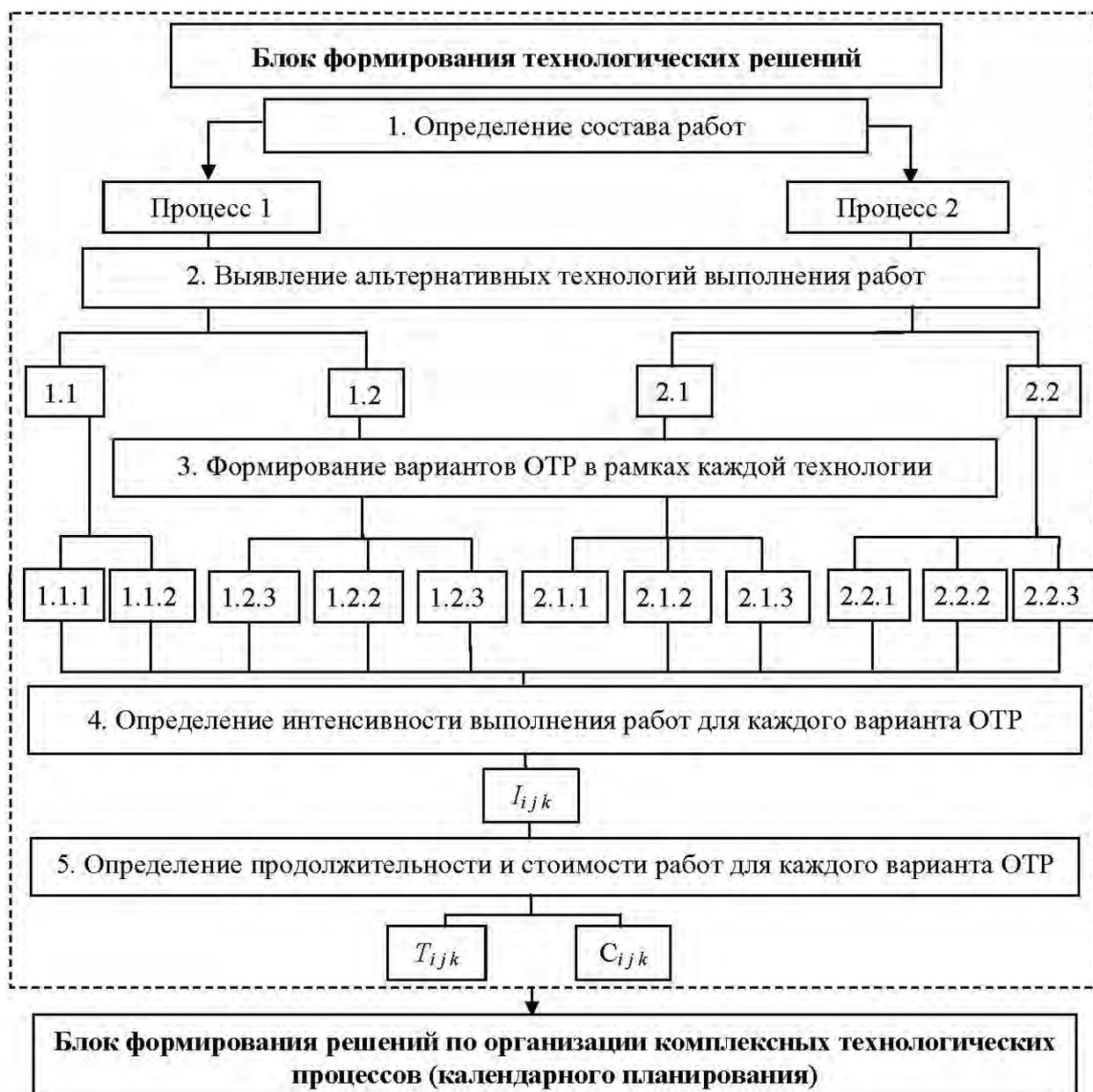


Рис. 4.2. Последовательность автоматизированного формирования ОТР выполнения строительных работ на вариантной основе

Последовательность автоматизированного вариантного формирования технологических решений производства строительных работ следующая:

1) декомпозиция комплексных технологических процессов до уровня простых технологических процессов (определение состава работ);

2) определение альтернативных вариантов технологии выполнения простых технологических процессов;

3) определение альтернативных организационно-технологических решений осуществления простых технологических процессов для каждого варианта технологии производства работ (возможные комбинации использования имеющихся у строительной организации организационно-технологических ресурсов — строительных машин, механизмов, приспособлений и рабочих);

4) вычисление интенсивности производства работ для каждого варианта ОТР производства работ;

5) вычисление продолжительности и стоимости выполнения для каждого варианта ОТР производства работ.

В зависимости от типа технологического процесса: немеханизированный (ручной), механизированный (используется совместная работа рабочих и машин), полностью механизированный (используются только машины), определяется принцип вариантного формирования ОТР выполнения процессов:

1. Автоматизированное вариантное формирование немеханизированных технологических процессов. Вариантность организационно-технологических решений выполнения немеханизированных технологических процессов определяется количеством звеньев в составе бригады, которые строительная организация может сформировать исходя из имеющейся численности рабочих соответствующей специальности и квалификации, а также обеспеченности необходимыми для их работы технологической оснасткой, приспособлениями и т. п. Наименьшая численность рабочих в бригаде соответствует минимальному составу одного звена рабочих, наибольшая — максимальному числу звеньев, которое может укомплектовать строительная организация, т. е. общей численностью рабочих соответствующей специальности и квалификации, имеющейся для выполнения данного технологического процесса.

Тогда число сформированных для немеханизированного технологического процесса вариантов будет равно

$$n = N / N_{зв}, \quad (4.1)$$

где N — общая численность рабочих соответствующей специальности и квалификации, имеющих у строительной организации, для выполнения определенного вида работ; $N_{зв}$ — численность одного звена для выполнения работ (рекомендуемая численность звена рабочих приводится в соответствующих сборниках ЕНИР).

Численность рабочих для каждого варианта вычисляется по формуле:

$$N_i = n_i N_{зв}, \quad (4.2)$$

где $n_i = 1 \dots n$.

Например, если численность рабочих требуемой специальности строительной организации 6 чел., численность звена рабочих 2 чел.:

1) число вариантов выполнения данного процесса $n_{\max} = 6 / 2 = 3$;

2) численность рабочих для сформированных вариантов ОТР выполнения немеханизированного процесса:

$N_1 = 1 \cdot 2 = 2$ чел. (при работе одного звена);

$N_2 = 2 \cdot 2 = 4$ чел. (при работе двух звеньев);

$N_3 = 3 \cdot 2 = 6$ чел. (при работе трех звеньев).

2. Автоматизированное вариантное формирование механизированных и полностью механизированных строительных процессов. Для механизированных технологических процессов вариантность технологических решений определяется составом строительных машин, которые имеются в распоряжении у строительной организации для выполнения данного технологиче-

ского процесса. Вариантное формирование механизированных технологических процессов осуществляется путем определения всех осуществимых вариантов комплектации процесса строительными машинами.

Например, если у строительной организации имеется в распоряжении три строительные машины для выполнения строительного процесса (M_1, M_2, M_3), то возможно сформировать следующие варианты комплектации процесса машинами:

- 1) M_1 ;
- 2) M_2 ;
- 3) M_3 ;
- 4) $M_1 + M_2$;
- 5) $M_1 + M_3$;
- 6) $M_2 + M_3$;
- 7) $M_1 + M_2 + M_3$.

Для механизированных процессов (при участии в технологическом процессе и строительных машин, и рабочих) определяется численность рабочих с учетом необходимости обеспечения согласованной работы машин и рабочих. Для предотвращения технологических простоев в работе строительных машин и рабочих по причине отставания в выполнении соответствующих технологических операций либо машинами, либо рабочими обеспечивается равная интенсивность их работы с помощью следующего выражения:

$$N = P_M / P_p = P_M H_{вр}, \quad (4.3)$$

где P_M — совокупная эксплуатационная производительность строительных машин для соответствующего варианта выполнения технологического процесса:

$$P_M = P_1 + P_2 + \dots + P_n;$$

P_p — производительность одного рабочего; $H_{вр}$ — норма затрат рабочего времени для данного технологического процесса.

Так как значение численности, полученное с помощью выражения (4.3) возможно округлить до целочисленного значения как в большую, так и в меньшую сторону, то в результате образуется два варианта формирования технологической системы «машина(ы) — рабочие» (рис. 4.3).

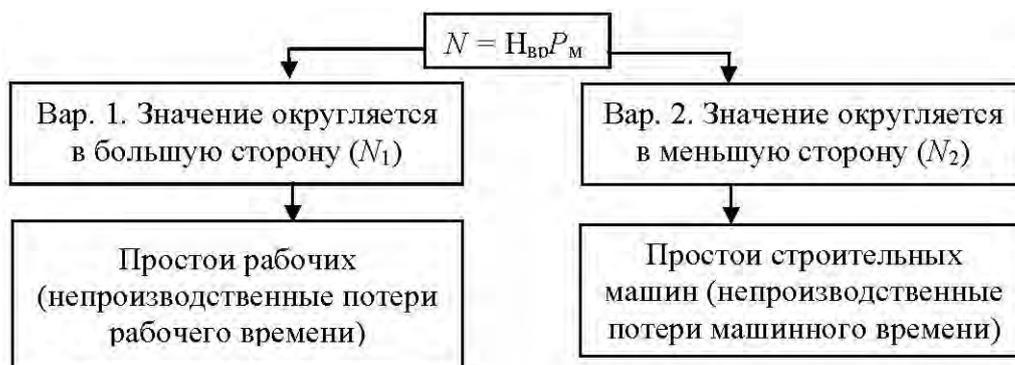


Рис. 4.3. Варианты формирования технологической системы «машина(ы) — рабочие»

Оба этих варианта могут приниматься при организационно-технологическом проектировании как альтернативные варианты ОТР выполнения простого технологического процесса.

3. Вычисление интенсивности строительных процессов. Под интенсивностью производства работ понимается скорость строительства зданий и сооружений технологическими системами, состоящими из строительных машин и рабочих. При этом некоторые технологические процессы могут выполняться только машинами (например, большинство земляных работ) или только рабочими (например, кирпичная кладка). Однако для большинства технологических процессов в строительстве характерно использование технологических комплексов, предполагающих совместную работу строительных машин и рабочих. Как и производительность, интенсивность определяется как объем производства продукции (выполненных работ) в единицу времени:

1) вычисление интенсивности немеханизированных (ручных) технологических процессов определяется из совокупной производительности рабочих, участвующих в данном процессе, с помощью выражения

$$I_P = N / H_{вр}, \quad (4.4)$$

где N — численность рабочих, участвующих в процессе; $H_{вр}$ — норма затрат рабочего времени для соответствующего процесса;

2) вычисление интенсивности полностью механизированных процессов определяется совокупной эксплуатационной производительностью строительных машин, используемых в данном процессе, по формуле

$$I_M = P_M = P_1 + P_2 + \dots + P_n; \quad (4.5)$$

3) вычисление интенсивности механизированных процессов (при участии и строительных машин и рабочих) определяется на основании сравнения совокупной производительности рабочих с совокупной эксплуатационной производительностью строительных машин. При этом значение скорости (интенсивности) выполнения работ вычисляется по наименьшему из значений эксплуатационной производительности машин или совокупной производительности рабочих:

$$\begin{aligned} \frac{N}{H_{вр}} - P_M > 0 &\Rightarrow I = P_M; \\ \frac{N}{H_{вр}} - P_M < 0 &\Rightarrow I = \frac{N}{H_{вр}}; \\ \frac{N}{H_{вр}} - P_M = 0 &\Rightarrow I = \frac{N}{H_{вр}} = P_M, \end{aligned} \quad (4.6)$$

где $\frac{N}{H_{вр}}$ — совокупная производительность рабочих; N — численность рабочих; $H_{вр}$ — норма времени затрат труда на единичный объем работ;

P_m — совокупная эксплуатационная производительность строительных машин; I — интенсивность производства строительного-монтажных работ для механизированного процесса.

4. Определение продолжительности и стоимости. Продолжительность технологического процесса вычисляется следующим образом:

$$T_{ij} = \frac{V_i}{I_{ij}}, \quad (4.7)$$

где V_i — объем работ для i -го технологического процесса; I_{ij} — интенсивность производства работ для j -го варианта ОТР выполнения i -го технологического процесса.

Стоимость выполнения строительного-монтажных работ определяется стоимостью затрат основных организационно-технологических ресурсов (рабочего и машинного времени, строительных материалов и изделий, инструментов и принадлежностей и т. п.), т. е. так называемыми прямыми расходами строительной организации, а также величиной косвенных издержек, связанных с концентрацией ресурсов подрядной организации на строительной площадке. Косвенные расходы зависят от обеспечения нормального функционирования основного технологического процесса — возведения временных зданий и сооружений, прокладки коммуникаций на период строительства, обеспечения рабочих бытовыми условиями труда, расходов на управление и т. п. Данные расходы зависят от численности рабочих и строительных машин на строительной площадке.

Для вычисления прямых расходов, связанных с производством строительных работ, предлагается использовать следующее выражение:

$$C = T \left(\sum_{i=1}^n C_{Pi} N_i + \sum_{j=1}^k C_{Mj} k_j \right) + m_k C_{mk} V, \quad (4.8)$$

где C_{Pi} — стоимость одного человеко-часа работы специалиста i -й специальности и разряда; N_i — численность рабочих i -й специальности и разряда; C_{Mj} — стоимость одного машино-часа для машины j -го типа; k_j — количество одновременно работающих строительных машин j -го типа; m_k — норма расхода k -го материала, конструкции, изделия; C_{mk} — стоимость единицы k -го материала, конструкции, изделия; V — объем работы для соответствующего технологического процесса; T — продолжительность выполнения работ.

Для определения стоимости строительного-монтажных работ возможно использовать следующее выражение:

$$C = C_{Pi} V_i + C_{Mi} V_i + m_k C_{mk} V, \quad (4.9)$$

где C_{Pi} — расценка стоимости труда рабочих на единичный объем работ для i -го процесса; C_{Mi} — расценка стоимости эксплуатации машины на единичный объем работ для i -го процесса.

5. Автоматизированное формирование вариантов комплексного процесса. Формирование вариантов выполнения комплексного процесса осуществляется на основе полного перебора возможных вариантов ОТР простых технологических процессов, составляющих комплексный процесс.

Вручную перебор вариантов выполнения простых технологических процессов может осуществляться в форме матрицы перебора, что представлено ниже в табл. 4.5 (в примере использованы следующие параметры технологического процесса: число составляющих простых технологических процессов — 3, число вариантов ОТР для каждого простого технологического процесса — 2).

Таблица 4.5

Формирование вариантов осуществления комплексного процесса (матрица перебора альтернативных вариантов выполнения процессов)

Варианты комплексного технологического процесса	Номер варианта ОТР выполнения простых технологических процессов			Продолжительность	Стоимость
	Процесс 1	Процесс 2	Процесс 3		
1	1.1	2.1	3.1		
2	1.2	2.1	3.1		
3	1.1	2.2	3.1		
4	1.2	2.2	3.1		
5	1.1	2.1	3.2		
6	1.2	2.1	3.2		
7	1.1	2.2	3.2		
8	1.2	2.2	3.2		

Исходные данные для проектирования и сводная форма результатов формирования ОТР производства работ на вариантной основе приведены в таб. 4.6, 4.7.

Область осуществимых решений производства строительных работ по результатам ручного расчета и формирования ОТР с помощью программы «Технолог» приведено на рис. 4.3

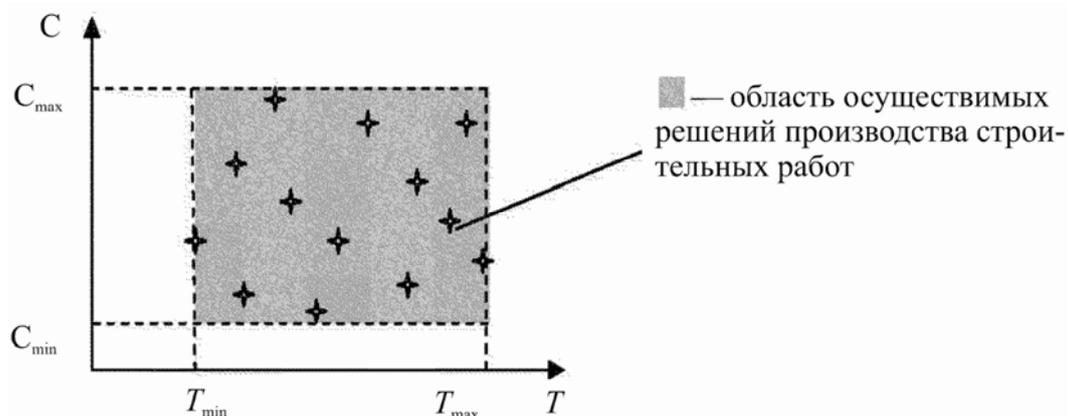


Рис. 4.3. Область осуществимых решений производства строительных работ

Таблица 4.6

Исходные данные для проектирования ОТР производства работ на вариантной основе

Состав технологий и организационно-технологических ресурсов, имеющих в распоряжении строительной организации	Варианты заданий													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	<i>Установка арматуры</i>													
1. Арматурные работы:														
1.1. Вязка арматуры из отдельных стержней вручную: Н _{вр} = 64 чел.-ч, C _{Rt} = 250 р./чел.-ч, звено – 2 чел.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.2. Установка арматурных сеток и каркасов вручную: Н _{вр} = 32 чел.-ч, C _{Rt} = 200 р./чел.-ч, звено – 3 чел.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.3. Монтаж арматурных каркасов краном: Н _{вр} = 13 чел.-ч, C _{Rt} = 180 р./чел.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кран КС 4561а-1, P = 0,4 т/ч, C _{Mt} = 500 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кран МКАТ-25, P = 0,8 т/час, C _{Mt} = 700 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Объем работ, тонн	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110
<i>Установка и снятие опалубки</i>														
2. Опалубочные работы:														
2.1. Монтаж мелкощитовой опалубки: Н _{вр} = 0,33 чел.-ч, C _{Rt} = 200 р./чел.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кран КС 4561а-1, P = 9 м ² /час, C _{Mt} = 500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кран МКАТ-25, P = 15 м ² /час, C _{Mt} = 700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
2.2. Монтаж блочной опалубки: Н _{вр} = 0,09 чел.-ч, C _{Rt} = 180 р./чел.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кран КС 4561а-1, P = 33 м ² /ч, C _{Mt} = 500 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кран МКАТ-25, P = 45 м ² /ч, C _{Mt} = 700 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Объем работ, м ²	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000

Состав технологий и организационно-технологических ресурсов, имеющих в распоряжении строительной организации	Варианты заданий													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Укладка бетонной смеси													
3. Укладка бетона:														
3.1. Укладка бетона краном:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Н _{вр} = 0,34 чел.-ч, C _{Rt} = 200 р./чел.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кран КС 4561а-1, P = 2,98 м ³ /час,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
C _{Mt} = 500 р./маш.-ч														
Количество машин	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кран МКАТ-25, P = 5,97 м ³ /ч, C _{Mt} = 700 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
3.2. Укладка бетона бетононасосом:														
Н _{вр} = 0,08 чел.-ч, C _{Rt} = 150 р./чел.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Бетононасос СБ-126А, P = 10 м ³ /ч,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
C _{Mt} = 800 р./маш.-ч														
Количество машин	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Бетононасос БН-80-20, P = 30 м ³ /ч,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
C _{Mt} = 1900 р./маш.-ч														
Количество машин	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Объем работ, м ³	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000
Ограничения:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Численность рабочих (N), чел.	6	7	8	9	10	11	12	6	7	8	9	10	11	12
Количество одновременно работающих машин на стройплощадке (k, не более), шт.	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Минимальная продолжительность работы (не менее), ч	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Состав технологий и организационно-технологических ресурсов, имеющих в распоряжении строительной организации	Варианты заданий													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	Установка арматуры													
1. Арматурные работы:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.1. Вязка арматуры из отдельных стержней вручную:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Н _{вр} = 64 чел.-ч, C _{Rt} = 250 р./чел.-ч, звено – 2 чел.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.2. Установка арматурных сеток и каркасов вручную:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Н _{вр} = 32 чел.-ч, C _{Rt} = 200 р./чел.-ч, звено – 3 чел.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Продолжение табл. 4.6

Состав технологий и организационно-технологических ресурсов, имеющихся в распоряжении строительной организации	Варианты заданий													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	<i>Установка арматуры</i>													
1.3. Монтаж арматурных каркасов краном:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Н _{вр} = 13 чел.-ч, C _{Rt} = 180 р./чел.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кран КС 4561а-1, P = 0,4 т/ч, C _{Mt} = 500 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кран МКАТ-25, P = 0,8 т/час, C _{Mt} = 700 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Объем работ, тонн	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
	<i>Установка и снятие опалубки</i>													
2. Опалубочные работы:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.1. Монтаж мелкощитовой опалубки:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Н _{вр} = 0,33 чел.-ч, C _{Rt} = 200 р./чел.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кран КС 4561а-1, P = 9 м ² /ч, C _{Mt} = 500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кран МКАТ-25, P = 15 м ² /ч, C _{Mt} = 700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
2.2. Монтаж блочной опалубки:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Н _{вр} = 0,09 чел.-ч, C _{Rt} = 180 р./чел.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кран КС 4561а-1, P = 33 м ² /ч, C _{Mt} = 500 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кран МКАТ-25, P = 45 м ² /ч, C _{Mt} = 700 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Объем работ, м ²	15000	16000	17000	18000	19000	20000	21000	22000	23000	24000	25000	26000	27000	28000
	<i>Укладка бетонной смеси</i>													
3. Укладка бетона:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3.1. Укладка бетона краном:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Н _{вр} = 0,34 чел.-ч, C _{Rt} = 200 р./чел.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кран КС 4561а-1, P = 2,98 м ³ /ч, C _{Mt} = 500 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кран МКАТ-25, P = 5,97 м ³ /ч, C _{Mt} = 700 р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1

Состав технологий и организационно-технологических ресурсов, имеющихся в распоряжении строительной организации	Варианты заданий													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	Укладка бетонной смеси													
3.2. Укладка бетона бетононасосом:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
$H_{вр} = 0,08$ чел.-ч, $C_{Rt} = 150$ р./чел.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Бетононасос СБ-126А, $P = 10$ м ³ /ч,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
$C_{Mt} = 800$ р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Бетононасос БН-80-20, $P = 30$ м ³ /ч,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
$C_{Mt} = 1900$ р./маш.-ч	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество машин	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Объем работ, м ³	13000	14000	15000	16000	17000	18000	19000	20000	21000	22000	23000	24000	25000	26000
Ограничения:	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Численность рабочих (N), чел.	6	7	8	9	10	11	12	6	7	8	9	10	11	12
Количество одновременно работающих машин на стройплощадке (k , не более), шт.	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Минимальная продолжительность работы (не менее), ч	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Таблица 4.7

Сводная форма результатов формирования ОТР производства работ на вариантной основе

Номер	Наименование процесса, технологии, варианта ОТР	Рабочие					Машины				Объем работ		Интенсивность			Продолжительность, Т	Стоимость, С	
		Численность рабочих в звене	Количество звеньев	Численность рабочих	Норма времени	Стоимость затрат труда	Наименование	Марка	Количество	Производительность	Стоимость	Ед. изм.	Количество	Рабочих	Машин			Технологического комплекса
1.	Установка арматуры																	
1.1.	Установка арматурных каркасов краном																	
1.1.1.	Используя кран М1	3	1	3			Кран башенный	М ₁	1	2	200	т	110					
1.1.2.	Используя кран М2	3	1	3			Кран башенный	М ₂	1	2,2	210							
1.1.3.	Используя кран М1 и М2						Кран башенный	М ₁	1	2	200							
							Кран башенный	М ₂	1	2,2	210							
1.2.	Установка сеток и каркасов вручную		1				нет	—	—	—	—							
1.3.	Вязка арматурных сеток и каркасов вручную						нет	—	—	—	—							
2.	Установка и снятие опалубки																	
2.1.	Из досок											м ²	1500					
2.1.1.	1 звено	3	1	3	0,6	150	нет	—	—	—	—							
2.1.2.	2 звена	3	2	6	0,6	150	нет	—	—	—	—							

Лабораторная работа 4. Освоение методики автоматизированного проектирования строительных процессов на вероятностной основе

Цель работы — освоение методики проектирования строительных процессов на вероятностной основе.

Задачи:

1. В соответствии с индивидуальным заданием (табл. 4.7.) построить гистограмму распределения частот значений исходных показателей для организационно-технологического проектирования строительного процесса (норма затрат времени рабочих и производительность машины).

2. Построить кумулятивную кривую распределения значений нормы времени и производительности по условию «не более» и «не менее» значения, соответствующего границам интервалов.

3. Построить кривую изменения вероятности производства работ с затратами времени (производительностью) не более (не менее) заданных.

4. Выбрать значения исходных для показателей проектирования (производительности и нормы времени), обеспечивающих достижение в результате реализации строительного процесса продолжительности и стоимости производства работ не более запланированного уровня с вероятностью $P = 0,7$.

5. Вычислить продолжительность и стоимость строительных работ, соответствующих установленному уровню организационно-технологической надежности (вероятности достижения запланированных результатов).

6. Ввести данные индивидуального задания в компьютерную программу, предназначенную для оценки уровня организационно-технологической надежности, вычислить продолжительность и стоимость работ с обеспечением вероятности достижения плановых параметров на уровне 0,7.

7. Сформировать блок-схему оценки организационно-технологической надежности производства строительных работ (проектирования строительных систем с заданным уровнем надежности), решающую следующие задачи:

прямую — проектирование строительного процесса с заданным уровнем организационно-технологической надежности, т. е. вероятностью осуществления процесса в заданный срок с запланированной стоимостью;

обратную — оценку уровня организационно-технологической надежности производства строительных работ (оценку вероятности достижения в ходе реализации строительного процесса запланированных результатов — сдачи объекта в заданный срок с запланированной стоимостью).

Методические основы разработки алгоритма автоматизированного проектирования строительных процессов на вероятностной основе. Главной отличительной особенностью строительных систем является их организационный характер. В процессе возведения зданий и сооружений взаимодействуют различные технические и социальные системы: строительные машины и механизмы, рабочие, производственная, вспомогательные и управляющие подсистемы и т. д. Все подсистемы и их элементы связаны в единый процесс, направленный на наиболее эффективное достижение главной

цели — получение строительной продукции соответствующего качества в установленные договором сроки и с заданной стоимостью. На каждую из подсистем, каждый из их элементов, а также на систему взаимодействия оказывают дестабилизирующее воздействие множество случайных факторов. Априорно осуществить количественную оценку возможного воздействия каждого из этих факторов не представляется возможным, т. е. не существует однозначного детерминированного описания возможных последствий влияния данных факторов. В связи с этим возможно рассмотрение лишь конечного результата такого влияния — вероятности отклонения строительной системы от заданных в проекте показателей (продолжительности и стоимости).

Вероятность достижения строительной системой заданного результата совершенно не учитывается нормативными документами, действующими в строительстве (СниПы, ГЭСНы, ФЕРы, ЕНиРы и т. п.). Несмотря на это, при проектировании строительного производства возможна оценка вероятности достижения строительной системой проектных и, соответственно, договорных результативных показателей (продолжительности и стоимости) или проектирование строительных процессов с заданной вероятностью.

Многочисленные исследования показали, что для обеспечения достаточного уровня надежности календарного плана строительства, являющегося одним из основных элементов организационно-технологического проектирования, наиболее рациональным являются значения вероятности P осуществления процесса с заданной продолжительностью и стоимостью в диапазоне от 0,7 до 0,8. Превышение этих значений, т. е. приближение к единице, свидетельствует о так называемой избыточной надежности, перерасходе вкладываемых в обеспечение надежности строительных ресурсов, а более низкие значения вероятности соответствуют неоправданно высокому риску срыва договорной продолжительности и стоимости строительства, что может привести к значительным штрафам (если это отражено в условиях подрядных договоров) и дополнительным издержкам производства, сокращению прибыли (или к убыткам) строительной организации.

Для проектирования строительного производства на вероятностной основе необходимо сформировать исходные данные, характеризующие условия осуществления производственной деятельности конкретной подрядной организации, т. е. получить выборки значений исходных для проектирования показателей, отражающих влияние на процесс строительства всех наиболее существенных дестабилизирующих факторов.

Для вероятностного проектирования строительного производства достаточно иметь вероятностные характеристики по исходным показателям: производительность труда рабочих (либо затраты труда на единицу объема работ) и производительность машин (либо затраты машинного времени на единицу объема работ). Связано это с тем, что вероятность осуществления процесса в заданный срок будет соответствовать вероятности исходных для проектирования процесса показателей (производительности, норм затрат времени), при том что иные исходные показатели — объем работ, стоимость затрат труда и эксплуатации машин на единицу времени и др. — являются постоянными параметрами.

При этом необходимо учитывать, что количественные значения исходных для проектирования стохастических показателей должны формироваться в течение промежутка времени, обеспечивающего получение репрезентативной и достоверной выборки, а количество значений в выборке должно быть не менее 100.

Для формирования статистической выборки, могут использоваться следующие методы:

натурные наблюдения (определение объема выполненных работ в единицу времени определенным количеством рабочих и машин);

анализ отчетных документов строительной организации (табель учета рабочего времени, общий и специальные журналы работ и др.);

методы экспертных оценок (для вновь создаваемых подрядных организаций, новых технологических процессов);

составление калькуляции трудовых затрат (при помощи действующих нормативов) и получение функций распределения значений показателя, используя уже известные для схожих объектов вероятностно-статистического анализа.

Для оценки вероятности осуществления строительного процесса в заданных срок и с запланированной стоимостью возможно использование следующего подхода.

На основании полученных выборок значений случайной величины (производительности или норм затрат времени) возможно построить гистограмму распределения частот их значений и кумулятивную кривую распределения частот по условию «не менее» (для производительности) или «не более» (для нормы затрат времени) значения, соответствующего границе интервала (рис. 4.4).

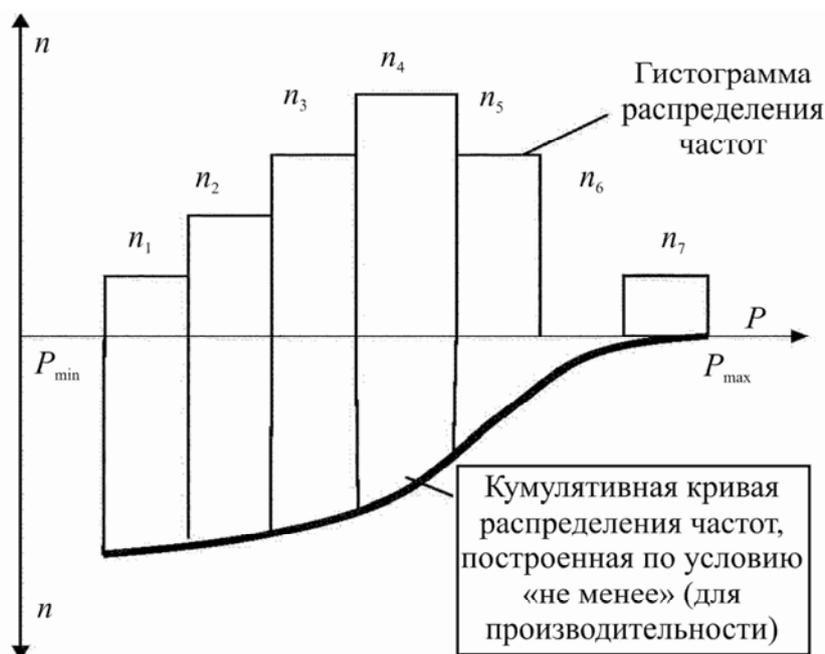


Рис. 4.4. Гистограмма распределения частот и кумулятивная кривая накопленных частот, построения по условию «не менее» (для производительности)

На основании кумулятивной кривой распределения частот случайной величины возможно построить кривую изменения вероятности того, что в ходе реализации строительного процесса величина рассматриваемого параметра окажется не менее определенного значения. Для построения такой кривой следует определить вероятность на границах интервалов (рис. 4.5).

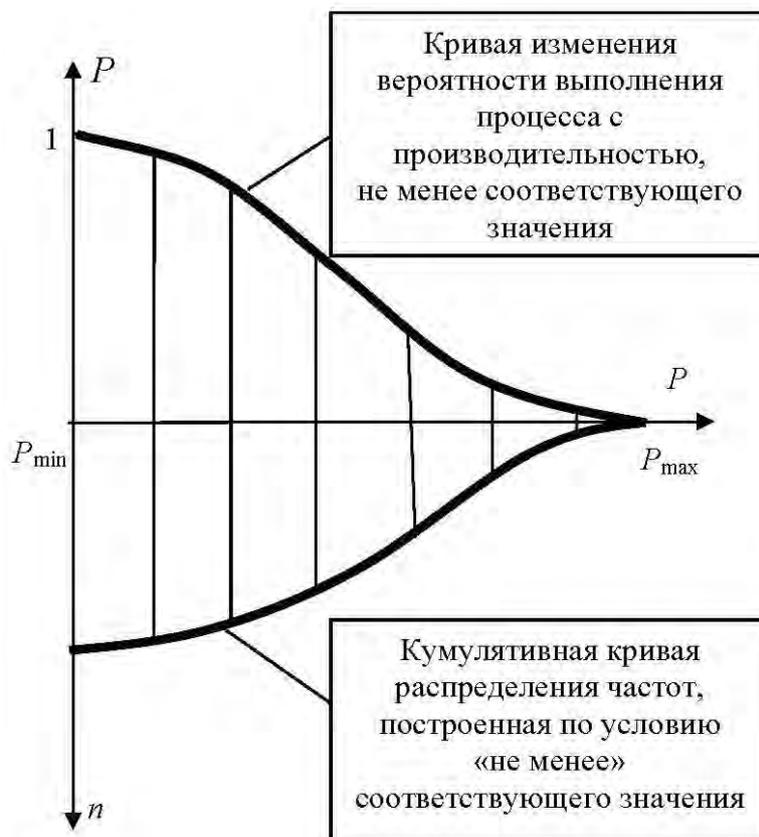


Рис. 4.5. Кумулятивная кривая накопительных частот, построенная по условию «не менее» (для производительности), и кривая изменения вероятности выполнения строительного процесса с производительностью не менее соответствующего значения

Вероятность на границах интервалов может быть определена с помощью выражения

$$P_i = \frac{\sum n_i}{N}, \quad (4.10)$$

где $\sum n_i$ — сумма значений показателя в выборке не менее (для производительности) или не более (для нормы затрат времени) значения, соответствующего границе i -го интервала; N — общее количество значений исходного для проектирования показателя в выборке (объем выборки).

Последовательность построения кумулятивной кривой распределения значений показателя и кривой изменения вероятности выполнения процесса с заданной производительностью (затратами времени) следующая:

1) по оси ординат откладывается количество значений в каждом интервале, а по оси абсцисс приводится фактическое изменение значений исследуемого показателя;

2) количество интервалов для выборки, состоящей из 100 значений, принимается равным 10;

3) значение границ интервалов определяется путем последовательного прибавления к нижней границе каждого интервала, начиная от первого, разницы между максимальным и минимальным значением в выборке деленной на 10;

4) на границе каждого интервала определяется количество значений в выборке и вероятность того, что в результате реализации строительного процесса норма затрат времени (производительность) окажется не более (не менее) значения, соответствующего границе данного интервала, с помощью выражения (4.10).

Исходные данные для проектирования ОТР производства работ на вероятностной основе приведены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

**Исходные данные для проектирования ОТР производства работ на вероятностной основе
(технологический процесс — укладка бетонной смеси краном; $C_{чел.-ч} = 300$ р., $C_{маш.-ч} = 700$ р.)**

Номер варианта	Объем работ, м ³	Выборка значений исходных для проектирования строительных процессов показателей																					
		H_{BP}	P	H_{BP}	P	H_{BP}	P	H_{BP}	P	H_{BP}	P	H_{BP}	P	H_{BP}	P	H_{BP}	P	H_{BP}	P	H_{BP}	P		
1	6000	H_{BP}	0,330	0,360	0,350	0,330	0,306	0,270	0,328	0,318	0,380	0,340	0,310	0,340	0,300	0,350	0,370	0,330	0,320	0,300	0,330		
		P	8,000	8,640	8,450	8,020	7,423	6,600	7,951	7,720	9,240	8,150	7,520	8,310	7,320	8,450	9,010	7,950	7,650	7,190	8,080		
2	7000	H_{BP}	0,110	0,120	0,117	0,110	0,102	0,090	0,109	0,106	0,127	0,113	0,103	0,113	0,100	0,117	0,123	0,110	0,107	0,100	0,110		
		P	24,000	25,920	25,350	24,060	22,269	19,800	23,853	23,160	27,720	24,450	22,560	24,930	21,960	25,350	27,030	23,850	22,950	21,570	24,240		
3	8000	H_{BP}	0,165	0,180	0,175	0,165	0,153	0,135	0,164	0,159	0,190	0,170	0,155	0,170	0,150	0,175	0,185	0,165	0,160	0,150	0,165		
		P	16,000	17,280	16,900	16,040	14,846	13,200	15,902	15,440	18,480	16,300	15,040	16,620	14,640	16,900	18,020	15,900	15,300	14,380	16,160		
4	9000	H_{BP}	0,132	0,144	0,140	0,132	0,122	0,108	0,131	0,127	0,152	0,136	0,124	0,136	0,120	0,140	0,148	0,132	0,128	0,120	0,132		
		P	20,000	21,600	21,125	20,050	18,558	16,500	19,878	19,300	23,100	20,375	18,800	20,775	18,300	21,125	22,525	19,875	19,125	17,975	20,200		
5	10000	H_{BP}	0,094	0,103	0,100	0,094	0,087	0,077	0,094	0,091	0,109	0,097	0,089	0,097	0,086	0,100	0,106	0,094	0,091	0,086	0,094		
		P	28,000	30,240	29,575	28,070	25,981	23,100	27,829	27,020	32,340	28,525	26,320	29,085	25,620	29,575	31,535	27,825	26,775	25,165	28,280		
6	11000	H_{BP}	0,066	0,072	0,070	0,066	0,061	0,054	0,066	0,064	0,076	0,068	0,062	0,068	0,060	0,070	0,074	0,066	0,064	0,060	0,066		
		P	40,000	43,200	42,250	40,100	37,115	33,000	39,755	38,600	46,200	40,750	37,600	41,550	36,600	42,250	45,050	39,750	38,250	35,950	40,400		
7	12000	H_{BP}	0,047	0,051	0,050	0,047	0,044	0,039	0,047	0,045	0,054	0,049	0,044	0,049	0,043	0,050	0,053	0,047	0,046	0,043	0,047		
		P	56,000	60,480	59,150	56,140	51,961	46,200	55,657	54,040	64,680	57,050	52,640	58,170	51,240	59,150	63,070	55,650	53,550	50,330	56,560		
8	14000	H_{BP}	0,044	0,048	0,047	0,044	0,041	0,036	0,044	0,042	0,051	0,045	0,041	0,045	0,040	0,047	0,049	0,044	0,043	0,040	0,044		
		P	60,000	64,800	63,375	60,150	55,673	49,500	59,633	57,900	69,300	61,125	56,400	62,325	54,900	63,375	67,575	59,625	57,375	53,925	60,600		
9	18000	H_{BP}	0,037	0,040	0,039	0,037	0,034	0,030	0,036	0,035	0,042	0,038	0,034	0,038	0,033	0,039	0,041	0,037	0,036	0,033	0,037		
		P	72,000	77,760	76,050	72,180	66,807	59,400	71,559	69,480	83,160	73,350	67,680	74,790	65,880	76,050	81,090	71,550	68,850	64,710	72,720		
10	22000	H_{BP}	0,102	0,111	0,108	0,102	0,094	0,083	0,101	0,098	0,117	0,105	0,095	0,105	0,092	0,108	0,114	0,102	0,098	0,092	0,102		
		P	26,000	28,080	27,463	26,065	24,125	21,450	25,841	25,090	30,030	26,488	24,440	27,008	23,790	27,463	29,283	25,838	24,863	23,368	26,260		
11	26000	H_{BP}	0,189	0,206	0,200	0,189	0,175	0,154	0,187	0,182	0,217	0,194	0,177	0,194	0,171	0,200	0,211	0,189	0,183	0,171	0,189		
		P	14,000	15,120	14,788	14,035	12,990	11,550	13,914	13,510	16,170	14,263	13,160	14,543	12,810	14,788	15,768	13,913	13,388	12,583	14,140		
12	28000	H_{BP}	0,660	0,720	0,700	0,660	0,612	0,540	0,656	0,636	0,760	0,680	0,620	0,680	0,600	0,700	0,740	0,660	0,640	0,600	0,660		
		P	4,000	4,320	4,225	4,010	3,712	3,300	3,976	3,860	4,620	4,075	3,760	4,155	3,660	4,225	4,505	3,975	3,825	3,595	4,040		
13	32000	H_{BP}	0,413	0,450	0,438	0,413	0,383	0,338	0,410	0,398	0,475	0,425	0,388	0,425	0,375	0,438	0,463	0,413	0,400	0,375	0,413		
		P	6,400	6,912	6,760	6,416	5,938	5,280	6,361	6,176	7,392	6,520	6,016	6,648	5,856	6,760	7,208	6,360	6,120	5,752	6,464		

Номер варианта	Объем работ, м ³	Выборка значений исходных для проектирования строительных процессов показателей																					
		H _{BP}	P	H _{BP}	P	H _{BP}	P	H _{BP}	P	H _{BP}	P	H _{BP}	P	H _{BP}	P	H _{BP}	P	H _{BP}	P	H _{BP}	P		
14	34000	H _{BP}	0,035	0,038	0,037	0,035	0,032	0,028	0,035	0,033	0,040	0,036	0,033	0,036	0,032	0,037	0,039	0,035	0,034	0,032	0,035		
		P	76,000	82,080	80,275	76,190	70,519	62,700	75,535	73,340	87,780	77,425	71,440	78,945	69,540	80,275	85,595	75,525	72,675	68,305	76,760		
15	6000	H _{BP}	0,030	0,033	0,032	0,030	0,028	0,025	0,030	0,029	0,035	0,031	0,028	0,031	0,027	0,032	0,034	0,030	0,029	0,027	0,030		
		P	88,000	95,040	92,950	88,220	81,653	72,600	87,461	84,920	101,640	89,650	82,720	91,410	80,520	92,950	99,110	87,450	84,150	79,090	88,880		
16	7000	H _{BP}	0,028	0,030	0,029	0,028	0,026	0,023	0,027	0,027	0,032	0,028	0,026	0,028	0,025	0,029	0,031	0,028	0,027	0,025	0,028		
		P	96,000	103,680	101,400	96,240	89,076	79,200	95,412	92,640	110,880	97,800	90,240	99,720	87,840	101,400	108,120	95,400	91,800	86,280	96,960		
17	8000	H _{BP}	0,025	0,028	0,027	0,025	0,024	0,021	0,025	0,024	0,029	0,026	0,024	0,026	0,023	0,027	0,028	0,025	0,025	0,023	0,025		
		P	104,000	112,320	109,850	104,260	96,499	85,800	103,363	100,360	120,120	105,950	97,760	108,030	95,160	109,850	117,130	103,350	99,450	93,470	105,040		
18	9000	H _{BP}	0,060	0,065	0,064	0,060	0,056	0,049	0,060	0,058	0,069	0,062	0,056	0,062	0,055	0,064	0,067	0,060	0,058	0,055	0,060		
		P	44,000	47,520	46,475	44,110	40,827	36,300	43,731	42,460	50,820	44,825	41,360	45,705	40,260	46,475	49,555	43,725	42,075	39,545	44,440		
19	10000	H _{BP}	0,044	0,048	0,047	0,044	0,041	0,036	0,044	0,042	0,051	0,045	0,041	0,045	0,040	0,047	0,049	0,044	0,043	0,040	0,044		
		P	60,000	64,800	63,375	60,150	55,673	49,500	59,633	57,900	69,300	61,125	56,400	62,325	54,900	63,375	67,575	59,625	57,375	53,925	60,600		
20	11000	H _{BP}	0,070	0,077	0,074	0,070	0,065	0,057	0,070	0,068	0,081	0,072	0,066	0,072	0,064	0,074	0,079	0,070	0,068	0,064	0,070		
		P	37,600	40,608	39,715	37,694	34,888	31,020	37,370	36,284	43,428	38,305	35,344	39,057	34,404	39,715	42,347	37,365	35,955	33,793	37,976		
21	12000	H _{BP}	0,028	0,031	0,030	0,028	0,026	0,023	0,028	0,027	0,032	0,029	0,026	0,029	0,026	0,030	0,032	0,028	0,027	0,026	0,028		
		P	93,600	101,088	98,865	93,834	86,849	77,220	93,027	90,324	108,108	95,355	87,984	97,227	85,644	98,865	105,417	93,015	89,505	84,123	94,536		
22	14000	H _{BP}	0,100	0,109	0,106	0,100	0,093	0,082	0,099	0,096	0,115	0,103	0,094	0,103	0,091	0,106	0,112	0,100	0,097	0,091	0,100		
		P	26,400	28,512	27,885	26,466	24,496	21,780	26,238	25,476	30,492	26,895	24,816	27,423	24,156	27,885	29,733	26,235	25,245	23,727	26,664		
23	18000	H _{BP}	0,043	0,047	0,045	0,043	0,040	0,035	0,043	0,041	0,049	0,044	0,040	0,044	0,039	0,045	0,048	0,043	0,042	0,039	0,043		
		P	61,600	66,528	65,065	61,754	57,157	50,820	61,223	59,444	71,148	62,755	57,904	63,987	56,364	65,065	69,377	61,215	58,905	55,363	62,216		
24	22000	H _{BP}	0,300	0,327	0,318	0,300	0,278	0,245	0,298	0,289	0,345	0,309	0,282	0,309	0,273	0,318	0,336	0,300	0,291	0,273	0,300		
		P	8,800	9,504	9,295	8,822	8,165	7,260	8,746	8,492	10,164	8,965	8,272	9,141	8,052	9,295	9,911	8,745	8,415	7,909	8,888		
25	26000	H _{BP}	0,075	0,082	0,080	0,075	0,070	0,061	0,075	0,072	0,086	0,077	0,070	0,077	0,068	0,080	0,084	0,075	0,073	0,068	0,075		
		P	35,200	38,016	37,180	35,288	32,661	29,040	34,984	33,968	40,656	35,860	33,088	36,564	32,208	37,180	39,644	34,980	33,660	31,636	35,552		
26	28000	H _{BP}	0,033	0,036	0,035	0,033	0,031	0,027	0,033	0,032	0,038	0,034	0,031	0,034	0,030	0,035	0,037	0,033	0,032	0,030	0,033		
		P	79,200	85,536	83,655	79,398	73,488	65,340	78,715	76,428	91,476	80,685	74,448	82,269	72,468	83,655	89,199	78,705	75,735	71,181	79,992		
27	32000	H _{BP}	0,150	0,164	0,159	0,150	0,139	0,123	0,149	0,145	0,173	0,155	0,141	0,155	0,136	0,159	0,168	0,150	0,145	0,136	0,150		
		P	17,600	19,008	18,590	17,644	16,331	14,520	17,492	16,984	20,328	17,930	16,544	18,282	16,104	18,590	19,822	17,490	16,830	15,818	17,776		
28	34000	H _{BP}	0,069	0,075	0,073	0,069	0,064	0,056	0,068	0,066	0,079	0,071	0,065	0,071	0,063	0,073	0,077	0,069	0,067	0,063	0,069		
		P	38,400	41,472	40,560	38,496	35,630	31,680	38,165	37,056	44,352	39,120	36,096	39,888	35,136	40,560	43,248	38,160	36,720	34,512	38,784		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем учебном пособии были рассмотрены отдельные задачи автоматизации организационно-технологического проектирования строительного процесса, в частности, вопросы формирования решений по производству строительных работ на многовариантной основе (с автоматизацией вариантного формирования решений) и учета в ходе планирования вероятностного характера строительных процессов. Эти задачи являются только небольшой частью в общем системном и комплексном вопросе проектирования строительных процессов на автоматизированной основе, однако логика написания учебного пособия состояла в том, чтобы более подробно остановиться на задачах автоматизации организационно-технологического проектирования строительных процессов, представленных в научной и учебной литературе (по мнению автора) и не реализованных в рамках существующих на российском рынке и за рубежом программных продуктах в сфере автоматизации организационно-технологического проектирования строительного производства.

Следует отметить, что предложенные в учебном пособии подходы к автоматизации задач организационно-технологического планирования вполне могли бы быть реализованы в рамках существующих на рынке программных комплексов, что существенно расширило бы возможность вариантной проработки организационно-технологических решений, оценки их надежности. Главная цель пособия состояла в том, чтобы на конкретных примерах показать цикл решения задачи автоматизации организационно-технологического проектирования, включая постановку задачи, описание предметной области и структуризацию задачи, построение блок-схем и алгоритмов ее решения, проверку адекватности моделирующего алгоритма и т. д. Пособие направлено на формирование компетенций обучающихся не с точки зрения простого пользователя программ и программных комплексов, а с точки зрения подготовки специалиста, способного самостоятельно решать задачи автоматизации проектирования и, как минимум, понять принципы, подходы и алгоритмы, заложенные в работу соответствующих программ, программных модулей, комплексов в сфере автоматизации задач организационно-технологического проектирования.

Библиографический список

1. МДС 81-20.2000. Методические указания по разработке единичных расценок на строительные, монтажные, специальные строительные и ремонтно-строительные работы. — М. : Госстрой РФ, 1999. — 19 с.
2. *Васильев В. М.* Управление строительным производством. — Л. : Стройиздат, 1990. — 352 с.
3. *Гусаков А. А.* Системотехника строительства. — М. : АСВ, 2005. — 320 с.
4. *Гусаков А. А., Ильин Н. И.* Экспертные системы в проектировании и управлении строительством. — М. : Стройиздат, 1995. — 296 с.
4. Методические указания по использованию компьютерной системы «Технолог» при разработке оптимальных организационно-технологических решений строительномонтажных работ / сост. В. Н. Кабанов, С. Г. Политов. — Волгоград : ВолгИСИ, 1993. — 27 с.

Учебное электронное издание

Николаев Юрий Николаевич

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие и лабораторный практикум

Начальник РИО *М. Л. Песчаная*
Зав. редакцией *О. А. Шипунова*
Редактор *И. Б. Чижикова*
Компьютерная правка и верстка *М. А. Денисова*

Минимальные систем. требования:
PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0.

Подписано в свет 13.02.2015.
Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 6,2. Объем данных 6,2 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru