

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»  
Министерства образования и науки РФ

*На правах рукописи*

**Котовская Марина Александровна**

**РАЗВИТИЕ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПОТОЧНОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ МЕТОДА КРИТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ И  
СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Специальность 05.23.08 – Технология и организация строительства

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
Доктор технических наук,  
профессор  
С.А. Болотин

Санкт-Петербург – 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ.....</b>	<b>12</b>
1.1 Классификация рисков несвоевременного выполнения работ.....	12
1.2 Латентные риски производственных и сметных строительных нормативов РФ.....	25
1.3 Анализ подходов к совершенствованию методов календарного планирования.....	38
<b>    Выводы по первой главе.....</b>	<b>43</b>
<b>ГЛАВА 2. МЕТОД КРИТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....</b>	<b>45</b>
2.1 Метод критического пути в календарном планировании строительных проектов.....	45
2.2 Метод критической цепи в календарном планировании строительных проектов.....	47
<b>    Выводы по второй главе.....</b>	<b>58</b>
<b>ГЛАВА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ БАЗ ТРУДОЗАТРАТ РАБОЧИХ-СТРОИТЕЛЕЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА КРИТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ.....</b>	<b>59</b>
3.1 Актуализация производственных нормативов РФ.....	59
3.2 Анализ зарубежных нормативов трудозатрат.....	76
<b>    Выводы по третьей главе.....</b>	<b>88</b>
<b>ГЛАВА 4. СНИЖЕНИЕ РИСКА НЕСВОЕВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ АДАПТАЦИИ МЕТОДА КРИТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ К ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ.....</b>	<b>90</b>
4.1 Адаптация метода критической цепи к поточной организации строительно-монтажных работ.....	90
4.2 Использование статистических и нормативных оценок продолжительности при применении метода критической цепи.....	111

4.3 Конвергированная методика формирования календарного плана поточного строительства.....	118
<b>Выводы по четвертой главе.....</b>	<b>120</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>123</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>125</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>142</b>
Приложение А. Типовые причины потерь рабочего времени.....	142
Приложение Б. Сопоставление российских, американских и французских нормативов.....	147
Приложение В. Сравнение показателей ЕНиР и <i>RATU</i> .....	157
Приложение Г. Сравнение норм ЕНиР, ГЭСН, <i>RATU</i> , <i>RSMeans</i> по различным критериям.....	165
Приложение Д. Варианты реализации конвергированной модели расчета расписания работ с элементами метода критической цепи при использовании экспертных оценок продолжительности .....	167
Приложение Ж. Распределения плотностей вероятности, полученные в рамках эксперимента.....	168
Приложение К. Примеры практической реализации конвергированной методики формирования календарного плана поточного строительства с элементами метода критической цепи.....	171

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность избранной темы.** Строительная отрасль во все времена имела особое значение в народном хозяйстве каждой страны по той причине, что именно она определяет степень комфортности проживания и бытовых условий населения, а это, в свою очередь, обеспечивает его заинтересованность в производительной работе, способствующей дальнейшему экономическому развитию государства.

Строительство, как специфическую сферу, характеризуют повышенная потребность в трудозатратах и продолжительные сроки реализации проектов, что предопределяет сильную зависимость результатов от своевременности завершения работ. Под результатом проекта в данном контексте понимается его эффективность (прежде всего, экономическая, если речь идет о коммерческих проектах).

Проблема своевременности, а если точнее – несвоевременности – окончания работ в условиях, когда подавляющее большинство проектов реализуется с целью получения максимальной прибыли, приобрела повышенную значимость, т.к. даже минимальное отставание от графика способно привести к банкротству компаний. Так, например, в Санкт-Петербурге в августе 2013 г. насчитывалось порядка 18 объектов-долгостроев. Часть организаций-застройщиков на сегодняшний день полностью разорена и закрыта либо реорганизована: ООО «ЛЭК» преобразована в ООО «Л1»; ООО «Невский луч» признано арбитражным судом СПб банкротом; аналогичная ситуация с ЗАО «Окстрой». Существуют и ряд других precedентов.

Такие ситуации возникают вследствие того, что задержка сдачи объекта влечет за собой необходимость выплаты пеней и штрафов дольщикам, если проект реализуется в соответствии с условиями Федерального закона №214-ФЗ от 30.12.2004 г. «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» [1], кредиторам – за задержку

погашения займов, инвесторам – за нарушение условий инвестиционных договоров и т.п. Поэтому решение данной проблемы является актуальной задачей.

Несвоевременность строительства провоцируется реализацией одного, а чаще нескольких рисковых событий, которые можно объединить в одну группу «рисков несвоевременного выполнения работ». Их спектр достаточно широк, но поддается классификации по различным признакам.

В современных условиях российской действительности проявился и новый фактор риска, заложенный в применяемой для расчета трудозатрат нормативной базе. В первую очередь это связано с некоторым анонсируемым в профессиональных кругах устареванием норм ЕНиР и призывом использовать базу ГЭСН. Данное заявление не совсем обоснованно, т.к. глубина и степень проработки производственной нормативной базы ЕНиР, а также уровень напряженности норм трудозатрат, позволяют применять ее и в настоящее время с проведением небольшой процедуры актуализации отфильтрованных норм, т.е. именно тех, которые требуются для формирования календарного графика.

Второй фактор возникновения риска несвоевременности строительства проистекает из возможности использования зарубежных нормативных баз. Данный аспект проявился в последние годы в связи с вступлением России в ВТО и более плотным сотрудничеством с иностранными строительными компаниями, которые при планировании своего производства применяют нормы трудозатрат в соответствии с действующими на территории их страны справочниками. Отсюда вытекает расхождение между продолжительностями работ, определенными в ПОС, и исполнительным календарным графиком. Этот риск условно можно обозначить страновым. Такой термин в теории управления рисков уже существует и толкуется как риск изменения текущих или будущих политических и экономических условий в стране в той степени, в которой они могут повлиять на способность страны, фирм и других заемщиков отвечать по обязательствам внешнего долга. При рассмотрении проблемы несвоевременности строительства под страновым риском предлагается понимать вероятность существенного расхождения между используемыми нормативными базами трудозатрат.

Снижение риска несвоевременности можно осуществить не только за счет учёта особенностей различных показателей трудозатрат, но и путем изменения подхода к календарному планированию, т.е. совершенствования классических методов и применения новых. Большие перспективы в данном направлении имеет конвергенция различных методик, а также их диверсификация. Так в планировании строительных проектов популярность приобретает метод критической цепи, предложенный израильским ученым для решения проблемы несвоевременности выпуска продукции промышленного производства. Однако в своем классическом виде этот метод не учитывает особенностей строительства, и поэтому для успешного применения в данной отрасли требует адаптации.

Таким образом, существует обоснованная необходимость совершенствования процедуры календарного планирования строительных работ с учетом особенностей применяемых нормативных баз, а также адаптации метода критической цепи с целью снижения риска несвоевременности реализации проектов.

**Степень разработанности темы исследования.** Анализ научно-технической литературы показал, что, несмотря на достаточно широкую проработку вопросов календарного планирования, применение существующих и общепринятых методов не снимает в полном объеме проблему несвоевременности работ. Это позволило выдвинуть научную гипотезу о том, что ее решение возможно при применении метода критической цепи, зарекомендовавшего себя в сфере промышленного производства, при его адаптации к строительным работам и конвергенции с методами поточного строительства.

В основу исследования легли труды отечественных и зарубежных ученых, работающих над проблемами повышения надежности планирования строительного производства. Среди них монографии и статьи Э.М. Голдратта, Л. Лича, В.А. Афанасьева, С.А. Баркалова, С.А. Болотина, В.З. Величкина, П.А. Козина, В.И. Воропаева, П.Г. Грабового, С.М. Кузнецова, В.Я. Мищенко, С. Мубарака, У. Детмера, Г. Ле Роя, Г. Ганта, Дж. Келли, М. Уолкера, З. Хейдуцки,

А.А. Солина, Верстова В.В., Бадьина Г.М., а также труды проектных и научно-исследовательских институтов.

**Цель исследования** – совершенствование календарного планирования путем адаптации алгоритма метода критической цепи к формированию календарных графиков строительных проектов с учетом особенностей используемых сведений о трудозатратах рабочих-строителей и продолжительности работ.

**Задачи исследования:**

1. Разработать обобщенную классификацию рисков несвоевременного выполнения строительных работ в соответствии с научно-практическим анализом источников их возникновения.
2. Провести сопоставительный анализ широко используемого метода критического пути и метода критической цепи применительно к календарному планированию строительных проектов, выполняемых по методологии поточного строительства.
3. Провести анализ путей совершенствования методов календарного планирования в направлении сочетания положительных элементов современных методов.
4. Выявить скрытые (латентные) риски несвоевременности, заложенные в нормативах трудозатрат, с указанием причин их возникновения и разработать алгоритм актуализации отфильтрованных нормативов трудозатрат базы ЕНиР для формирования календарных графиков строительных проектов.
5. Провести оценку зарубежных нормативных баз, включающих в себя данные о трудозатратах рабочих-строителей, с целью их сопоставления с российскими нормативными базами и возможного применения на территории РФ.
6. Разработать механизм адаптации метода критической цепи к поточной организации строительных работ; и с помощью статистических испытаний провести проверку его устойчивости к изменению состава комплексов и применяемых методов поточной организации строительства.

7. Разработать конвергированную методику календарного планирования поточного строительства, основанную на сочетании матричной модели расчета и актуальных элементов метода критической цепи.

**Объектом исследования** являются методы календарного планирования строительных работ.

**Предмет исследования** – адаптация метода критической цепи применительно к формированию календарных графиков строительства и их статистическому моделированию, а также особенности использования нормативных баз трудозатрат при календарном планировании.

**Научная новизна** исследования заключается в достижении следующих конкретных результатов:

1. Создана оригинальная классификация рисков несвоевременного выполнения работ по основным источникам их возникновения, включающая в себя 5 типовых групп: проектные, ресурсные, организационные, операционные, климатические, что позволило конкретизировать направление, в котором следует совершенствовать существующие методы календарного планирования.

2. Обоснована возможность применения нормативов базы ЕНиР в современных условиях для целей календарного планирования.

3. Разработана методика актуализации отфильтрованных производственных нормативов трудозатрат базы ЕНиР, включающая в себя 6 этапов: идентификацию выполняемых операций, норм ЕНиР, действующих нормативов ЕНиР, частично действующих нормативов, корректировку частично действующих нормативов, замену недействующих нормативов, которая позволяет снизить влияние латентных рисков, неявно заложенных в нормативы трудозатрат, и повысить надежность календарного графика.

4. Обоснована возможность применения зарубежных нормативных баз трудозатрат рабочих-строителей для условий российской деятельности и целей календарного планирования.

5. Разработаны механизм адаптации метода критической цепи к поточной организации строительных работ и конвергированная методика календарного

планирования поточного строительства на основании матричной модели с внедрением элементов метода критической цепи, предусматривающая 8 этапов: анализ исходных данных, выбор подхода к оценке продолжительности работ в составе проекта, расчет продолжительности работ, выбор метода поточной организации строительства, расчет детерминированной продолжительности проекта, определение фиксированной части длительностей работ, формирование проектного буфера, расчет наиболее вероятной продолжительности проекта. Данная методика позволяет формировать расписание работ с повышенным уровнем точности.

**Теоретическая значимость** работы заключается в возможности дальнейшего совершенствования методологии календарного планирования строительства, что будет способствовать повышению надежности календарных планов и исключению срывов сроков реализации проектов.

**Практическая значимость** заключается в адаптации метода критической цепи к календарному планированию строительных работ с сохранением принципиальных преимуществ, позволяющих данному методу давать улучшенные результаты по сравнению с другими, и устранением основных недостатков классического алгоритма. Вместе с учетом особенностей используемых нормативных баз трудозатрат это позволяет повысить надежность проектного и исполнительного календарного графика и свести к минимуму проявление риска несвоевременности завершения строительства.

Основные результаты диссертационного исследования внедрены в деятельность следующих строительных и судостроительных компаний: ООО «МорНефтегазСтрой» г.Санкт-Петербург, ООО «Морские Комплексные Системы» г.Санкт-Петербург, ООО «Современные Экологические Системы» г.Северодвинск.

**Методология и методы исследования.** В диссертационном исследовании использованы классические и инновационные методы календарного планирования строительных проектов; математическое моделирование; статистические испытания.

**Положения, выносимые на защиту:**

- классификация рисков несвоевременного выполнения работ по основным источникам их возникновения;
- применение нормативов базы ЕНиР в современных условиях для целей календарного планирования;
- методика актуализации отфильтрованных производственных нормативов трудозатрат базы ЕНиР;
- применение зарубежных нормативных баз трудозатрат рабочих для условий РФ и целей календарного планирования;
- механизм адаптации метода критической цепи к поточной организации строительных работ и конвергированная методика календарного планирования поточного строительства на основании матричной модели с внедрением элементов метода критической цепи.

**Область исследования** соответствует п.9 «Разработка принципов организации строительства крупных народнохозяйственных объектов и комплексов; развитие поточных методов, сетевых и других моделей строительства; совершенствование методов календарного планирования» паспорта научной специальности 05.23.08 «Технология и организация строительства».

**Достоверность научных результатов** обеспечивается использованием в расчетах нормативных данных, а также применением обоснованных методов и методик, предложенных российскими и зарубежными учеными, занимающимися вопросами календарного планирования строительного производства. Надежность полученных данных обеспечивается проведением процедуры статистических испытаний на основании математических вычислительных моделей. Все допущения и ограничения, принятые в расчетах, основываются на действующих нормативных актах и методах, применяемых при планировании строительных работ.

**Апробация результатов.** Основные теоретические положения и выводы диссертационной работы были представлены автором на международных научно-

практических конференциях студентов, аспирантов, молодых ученых и докторантов СПбГАСУ «Актуальные проблемы строительства и архитектуры» (2012-2014 гг.); международной научно-практической конференции СПбГАСУ 10-12 октября 2012 г. «Актуальные проблемы современного строительства и пути их эффективного решения»; международной научной конференции СПбГАСУ 20-21 февраля 2014 г. «Петербургская школа поточной организации строительства».

**Публикации.** Основные научные результаты диссертации опубликованы в 12 печатных работах общим объемом 9 п.л., в т.ч. лично автором – 4,9 п.л. В научных журналах, включенных в перечень, утвержденный ВАК РФ, опубликованы 6 статей общим объемом 1,86 п.л., в т.ч. лично автором – 0,9 п.л.

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертационная работа включает в себя введение, 4 главы, заключение и список литературы из 143 наименований. Работа изложена на 141 листах (шрифт Times New Roman, 14 пт) и содержит 22 таблицы, 30 рисунков и 18 формул.

## ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

### 1.1 Классификация рисков несвоевременного выполнения работ

Инвестиционно-строительный проект, как продукт взаимодействия большого количества участников и факторов производства, подвержен влиянию широкого спектра рисков.

Согласно признанному стандарту в области управления проектами *PMBok* (*Project Management Body of Knowledge* – Свод знаний по управлению проектами), созданному американской компанией *PMI* (*Project Management Institute* – Институт управления проектами), понятие «риск» трактуется как неопределенное событие или условие, которое в случае наступления оказывает положительное или отрицательное влияние на цели проекта (содержание, график реализации, стоимость или качество) [2].

Таким образом, в международном понимании риск – это источник не только вероятных потерь, но и возможных успехов проекта. В работе [3] данному подходу присвоено название «Американского».

Однако в отечественной науке и практике принято рассматривать только негативную сторону риска, как имеющую более значительное влияние на достижение промежуточных и конечных целей. Так, например, в Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов, утвержденных Министерством экономики, Министерством финансов и Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике, дается следующее определение: «риск – неопределенность, связанная с возможностью возникновения в ходе осуществления проекта неблагоприятных ситуаций и последствий», при этом «неопределенность – неполнота и/или неточность информации об условиях реализации проекта, осуществляемых затратах и достигаемых результатах». [4]

В международной науке аналогичный подход также существует и носит, согласно работе [3], название «Немецкого».

Данное представление в полном объеме соответствует задачам исследования. В связи с этим далее под риском будем понимать только вероятность влияния на проект непредвиденных событий, способных нанести ущерб и воспрепятствовать достижению конечных целей проекта.

Тематике анализа рисков и методов управления ими в последние два десятилетия в нашей стране уделяется повышенное внимание, что связано с переходом от административно-командной (плановой) системы экономики к рыночной и появлением большого числа факторов, влияющих на ход реализации проекта и его результаты. При этом выведен ряд классификаций, построенных на различных основаниях, например: по уровню управления экономикой (риски, возникающие на макроуровне, мезоуровне, микроуровне), по факторам возникновения (политические, экономические (коммерческие) риски), по сфере предпринимательской деятельности (производственный, коммерческий, финансовый и страховой риск), по области проявления (организационные, рыночные, кредитные, юридические, технико-производственные), по степени влияния (безрисковое значение, минимальный риск, повышенный риск, критический риск, недопустимый (катастрофический) риск) и т.д. [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Применительно к инвестиционно-строительному проекту существует классификация, предложенная в работе [14]. В соответствии с ней риски различаются по фазе жизненного цикла, на которой они проявляются (риски на этапе проектирования; риски, связанные с производством СМР, ремонтных и реконструкционных работ; риски на этапе эксплуатации); виду (инвестиционные и производственные риски); типу (валютный, кредитный, ценовой, портфельный, правовой, страховой, отраслевой, природно-климатический и т.п.).

Согласно другой работе [7] риски подразделяются на группы по стадии проявления (на предоперационной, операционной, эксплуатационной стадии); виду (инвестиционные и предпринимательские); типу (риск незавершения

строительства, риск превышения затрат, производственный риск, финансовый риск и т.п.).

В монографии [15] отмечено, что в современных условиях любой инвестиционно-строительный проект оценивается с точки зрения комплекса трех факторов: стоимости, своевременности и качества. Эти показатели всегда фиксируются в договорах между хозяйствующими субъектами. Графическое отображение взаимозависимости данных факторов представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Комплекс факторов, определяющих эффективность строительного проекта

Каждый из вышеназванных показателей предопределяет два других. Так, например, несвоевременность строительства является фактором, провоцирующим рост потребительской стоимости конечной продукции и снижение ее качества.

Несвоевременность строительства в практическом смысле представляет собой задержку срока сдачи выполненных работ либо законченного объекта заказчику. Согласно монографии [15] под риском несвоевременного выполнения работ  $P$  понимается вероятное увеличение фактической продолжительности строительства  $T_f$  по отношению к плановой  $T_p$  под влиянием различных факторов, действующих на проект, что описывается выражением  $P (T_f > T_p)$ .

По классификации, описанной в книге [7], риск несвоевременного выполнения работ следует относить к группе инвестиционных фирменных рисков, находящихся на микроуровне управления экономикой.

Инвестиционные риски проявляются как на предоперационной, так и операционной стадиях жизненного цикла проекта [8], но риску несвоевременного выполнения работ подвержена только вторая из них. Стадии жизненного цикла проекта представлены на рисунке 2.

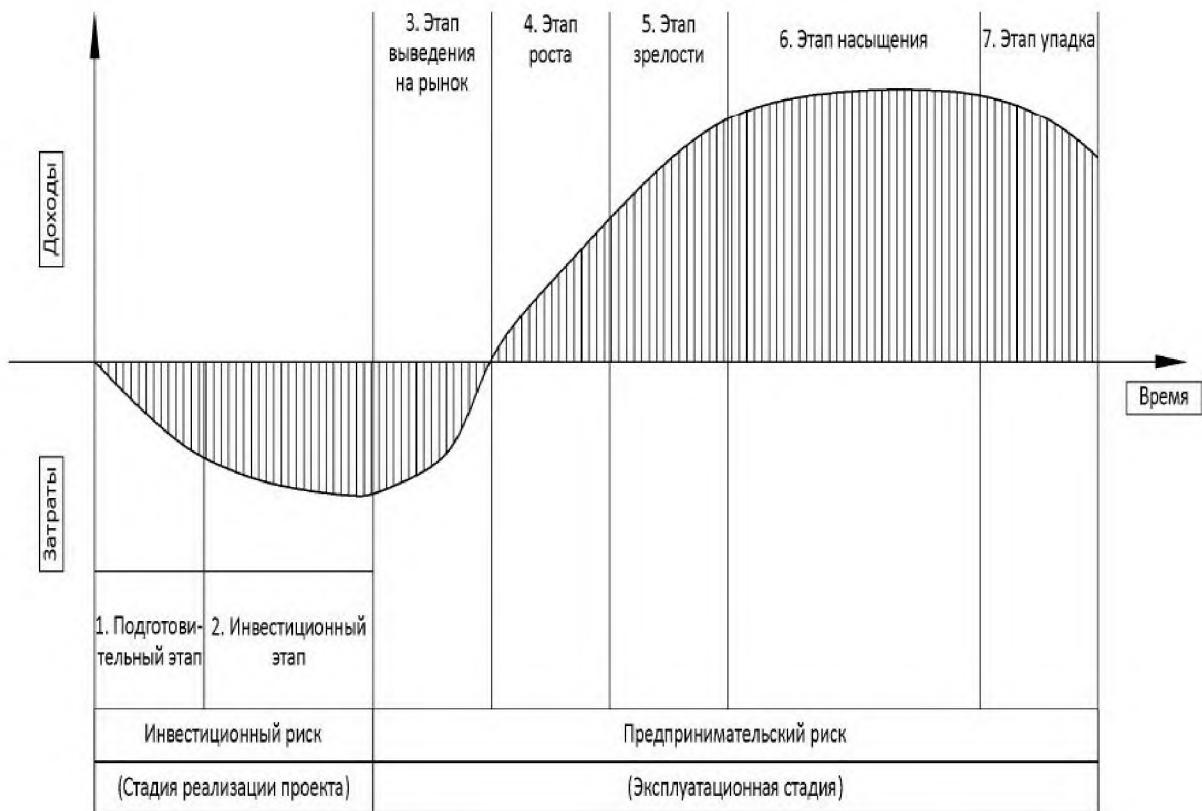


Рисунок 2 – Жизненный цикл инвестиционно-строительного проекта

Однако предпосылки возникновения риска несвоевременного выполнения работ могут быть заложены еще на предоперационной стадии, например, в виде ошибок в проектной и рабочей документации, технико-экономическом обосновании, расчетах эффективности, календарном графике.

Среди инвестиционных рисков согласно [7] можно выделить:

- риск незавершения строительства, под которым подразумевается вероятность остановки проекта, когда продолжение его реализации по ряду причин становится нецелесообразным;
- риск превышения затрат, т.е. вероятность изменения первоначального плана реализации проекта или занижения расчетных затрат на строительство;

- производственный риск, который связан с эксплуатацией предприятия и обычно вызывается техническими проблемами (например, не отвечающая требованиям разработка проекта, плохой инжиниринг, неудовлетворительное обучение персонала) или экономическими проблемами, такими как рост издержек производства, недостаток сырьевых запасов и т.п.;
- риск реализации, возникающий вследствие ошибочной оценки рынка, устаревания продукции, снижения ожидаемых цен, ухудшения возможностей реализации и др.;
- финансовый риск, т.е. возможный рост расходов в случае предоставления кредитов по «плавающей ставке» или снижении платёжеспособности заёмщика;
- риск консервации проекта, проявляющийся в прекращении эксплуатации построенного объекта и прекращении поступления доходов от его эксплуатации в случае, когда заказчик оценивает рентабельность проекта, как недостаточную, по сравнению с той, которая обеспечивается от других объектов вложения инвестиций.

Риск несвоевременного выполнения работ, так или иначе, имеет отношение ко всем вышеназванным типам. Так, например, риск незавершения строительства является следствием несвоевременного выполнения работ, так же как и риск превышения затрат из-за задержки сроков. Часть причин, провоцирующих несвоевременность, вызывает производственные риски. Риск несвоевременного выполнения работ способствует появлению рисков реализации из-за более позднего введения объекта в эксплуатацию. Кроме того, он может стать причиной снижения платёжеспособности заёмщика, а также, спровоцировать консервацию проекта, если задержка сдачи привела к тому, что объект был введен в эксплуатацию в изменившихся условиях рынка.

Несвоевременное выполнение работ, на сегодняшний день, является серьезной проблемой строительной отрасли. По данным аналитиков, в 2012 г. в Санкт-Петербурге насчитывалось 30 объектов-долгостроев из числа возводимых жилых многоквартирных домов [16]. К августу 2013 г. список подобных зданий уменьшился до 18 [17].

Риску несвоевременности подвержены и объекты социального назначения. Так источники [18, 19] приводят данные на 2011 г., когда в Ленинградской области планировали возвести 22 новых здания, а ввели в эксплуатацию только 9.

Причинами задержек сроков строительства может стать большое количество различных факторов. Они придают риску несвоевременного выполнения работ определенные особенности, связанные с его выявлением и управлением им. Это обстоятельство позволяет считать источник возникновения риска наиболее подходящим основанием для формирования дальнейшей классификации.

На практике несвоевременное выполнение работ всегда становится результатом потерь рабочего времени. Изучением данной проблемы занимались широко в советское время в контексте технического нормирования труда в строительстве. Такое внимание к затратам труда и потерям рабочего времени позволяло достичь высоких показателей производительности и качества строительства. Хотя некоторые авторы отмечали, что согласно статистическим данным по состоянию на конец 80-х гг. «уровень потерь рабочего времени в среднем по отрасли строительства еще довольно высок» [20]. В работе [21] подчеркивается, что «по данным статистической отчетности строительных министерств простои рабочих из-за отсутствия изделий и материалов превышают 30% рабочего времени. Причем во многом это положение определяется некачественной оптимизацией проектных решений по материально-техническим ресурсам». В западных странах согласно [22] потери рабочего времени на строительных площадках достигали 20% общей суммы рабочего времени. Данные показатели наблюдались в конце 80-х гг. Однако, как показывают наблюдения, тенденция по состоянию на сегодняшний день мало изменилась. Это подтверждает сделанный ранее вывод о том, что риски несвоевременного выполнения работ следует классифицировать именно на основании их источников, а точнее, источников потерь рабочего времени.

Подобный подход отражен в ряде публикаций. Например, в [20] потери рабочего времени предлагается разделять на явные и скрытые. Таким образом риски несвоевременного выполнения работ можно разбить на:

а) *явные* (проявляются в форме бездействия рабочих или машин):

1) *организационно-технические* (потери рабочего времени являются следствием плохой организации труда и производства – несвоевременная подача материалов на рабочее место, недостаток или неисправность орудий труда, неподготовленность фронта работ, несвоевременность указаний технического персонала, отсутствие или перебои подачи энергии, топлива, пара, воды на рабочие места и т.п.);

2) *случайные* (не зависят от руководства, инженерно-технического персонала и рабочих – погодные явления (дождь, град, метель, мороз), прекращение подачи на стройку энергии, воды, пара и т.п.);

3) возникающие вследствие *нарушения трудовой дисциплины* либо *отсутствия по уважительной причине* (неявки, опоздания на работу, преждевременные уходы на обед и с работы, посторонние разговоры, болезнь, учебный отпуск, отпуск по беременности, отпуск без сохранения содержания и т.п.);

4) возникающие вследствие *выполнения лишних работ* (производство бракованной продукции, излишняя обработка готовой продукции и т.п.);

б) *скрытые* (заключающиеся в самой работе):

1) возникающие вследствие *нерациональной организации строительных площадок и графиков производства работ* (увеличение расстояний транспортирования, излишние перекладки и перемещения материалов, конструкций, механизмов, холостые пробеги машин и т.п.);

2) возникающие вследствие *нарушения нормальной технологической последовательности выполнения работ*;

3) возникающие вследствие *применения малоэффективных методов, ручных процессов*;

- 4) возникающие вследствие *применения материалов и деталей, не соответствующих требованиям проекта*;
- 5) возникающие вследствие *низкого качества предшествующих работ*;
- 6) возникающие вследствие *дефектов рабочих чертежей*.

В другой работе [22] потери рабочего времени подразделяются на возникающие из-за переделок и из-за ожиданий. Аналогичную классификацию можно применить и к рискам несвоевременного выполнения работ. Тогда они будут:

а) возникающими из-за *переделок* в работе вследствие:

- 1) проектных ошибок;
- 2) ошибок на строительной площадке;
- 3) ошибок на стадии инженерной подготовки;

б) возникающими из-за *ожиданий*:

- 1) строительного оборудования;
- 2) строительных материалов;
- 3) информации;
- 4) инструмента;
- 5) вследствие слабого взаимодействия бригад;
- 6) вследствие перебазирования на новое рабочее место;
- 7) вследствие слабого взаимодействия внутри бригады.

Наиболее широкая классификация потерь рабочего времени (или «отказов» согласно терминологии, использованной в работе) представлена в источнике [21]. В соответствии с ней риски несвоевременного выполнения работ можно разделить на возникающие из-за:

– *технических причин* (поломка грузоподъемных машин, механизмов, транспортных средств, средств малой механизации; выход из строя временных инженерных сетей и коммуникаций (сетей электро-, водо-, теплоснабжения, дорог); низкое качество материалов, деталей, конструкций, полуфабрикатов, а также выполняемых работ; изменение проектных решений в процессе

строительства; отсутствие или поломка средств измерений и контроля, инструментов и приспособлений);

– *технологических причин* (нарушение принятой технологии производства работ; устранение брака, переделка недоброкачественно выполненных работ; недостатки проектирования технологии; нарушение правил техники безопасности, противопожарных мероприятий; появление непредвиденных работ; изменение численного или квалификационного состава звеньев и бригад, эффективных способов производства работ);

– *организационных причин* (срыв сроков предоставления или подготовки площадки, фронта работ; несвоевременное обеспечение проектной документацией; срыв согласованных сроков работ какой-либо из участвующих в строительстве организаций; отсутствие материалов, изделий, конструкций, полуфабрикатов, оборудования; изменение запланированной последовательности работ; ошибки вычислительной техники; отсутствие необходимых ресурсов или нарушение сроков их поставки; отсутствие рабочих требуемой специальности и квалификации);

– *управленческих причин* (отсутствие производственной связи или ее повреждение; несвоевременное принятие решений или доведение их до исполнителей; ошибки планирования и управления; получение необъективной или неверной информации; недостатки структуры управления; несовершенство оперативного планирования и управления; отсутствие или некомпетентность диспетчерской службы, аппарата управления; некомпетентность руководства и волевые решения, необоснованные корректировки плана в течение года);

– *социальных причин* (невыход или опоздание на работу исполнителей; невыполнение производственного задания при полном обеспечении работ; низкая квалификация исполнителей; умышленная порча или хищение материалов, инструментов, оборудования; отсутствие заинтересованности рабочих и ИТР в своевременном и качественном производстве работ; необеспеченность рабочих нормальными бытовыми условиями и питанием);

– климатических причин (снегопад; гололед; ветер выше 6 баллов; ливень; мороз ниже минус 25°C; стихийные бедствия).

В работах [15, 23, 24] источники возникновения риска несвоевременного выполнения работ предлагается делить на 2 класса – *субъективные* (зависят от субъектов управления – прогулы, низкая квалификация исполнителей, недобросовестность поставщиков оборудования, материалов и т.п.) и *объективные* (не зависят от субъектов управления). На субъективные источники можно воздействовать путем замены исполнителей, к объективным же относятся:

- принципиально статистическое определение норм трудовых затрат;
- непредвиденные перерывы в выполнении работ;
- неопределенность состава работ, возникающая в результате планирования по укрупненным показателям;
- принятие гипотезы о равномерном выполнении работ во времени;
- несоответствие между планируемой нормативной базой и фактически используемой при производстве работ;
- погодные условия на строительной площадке.

Анализ причин несвоевременного выполнения работ, обозначенных в вышенназванных источниках, позволил выделить среди них 5 основных типовых групп (аналитическая таблица с перечнем причин потерь рабочего времени приведена в Приложении А):

- проектные;
- ресурсные;
- организационные;
- операционные;
- климатические.

К проектной группе рисков несвоевременного выполнения работ относятся те, предпосылки возникновения которых закладываются еще на стадии проектирования и планирования, т.е. это ошибки различного характера (технического, расчетного, некомпетентного) в проектной и рабочей документации, формировании последовательности и состава работ, расчете

трудозатрат, календарном графике и т.п. Яркие примеры таких ошибок применительно к строительству в Санкт-Петербурге отражены в статье [25], а пути их исключения в работе [26].

Ресурсная группа рисков включает в себя все вероятные проблемы, возникающие с поставками и использованием основных и расходных материалов и изделий, машин, инструментов, оборудования, а также с обеспечением участков людьми (рабочими требуемых специальностей с должной квалификацией, ИТР).

Организационные риски несвоевременного выполнения работ подразумевают возможные потери из-за некомпетентного управления строительной площадкой, неэффективной организации строительной площадки и работ, задержек в подготовке и передаче фронтов, задержек в информировании бригад и т.п.

В группу операционных рисков входят проблемы, возникающие из-за некачественного выполнения работ и соответствующих переделок, выполнения лишних и непредвиденных работ, выполнения работ с использованием неэффективных методов (например, ручной труд, который при наличии оборудования можно заменить машинным и увеличить производительность).

Климатические риски связаны с воздействием погоды на ход строительных работ.

Риск несвоевременности может возникать не только из-за потерь рабочего времени, но и из-за проблем с финансированием, из-за изменений в технических нормах (инструкциях, СНиПах и т.п.), из-за изменений в требованиях и пожеланиях заказчика (что может повлечь за собой длительную процедуру согласования новых решений), а также из-за проблем с планированием, проблем в отношениях с контрагентами, правовых проблем (например, с предоставлением участка под застройку, с получением или продлением разрешения на строительство, банкротством компании-застройщика и следующих за ним правовых процедур и т.п.), изменений в экономической среде (повышение цен, налогов, влекущее за собой изменение бюджета проекта и его рентабельности; экономический кризис). Данные причины также легко распределяются по

предложенном выше подходу классификации на основании 5 типовых групп. Так, например, проблемы с финансированием относятся к ресурсной группе рисков; правовые проблемы – к организационной; изменения в пожеланиях заказчика – к проектной и т.д.

Можно также использовать ряд вспомогательных классификаций, например, по возможности устранения последствий – на устранимые и неустранимые. В случае наступления устранимых рисковых событий их последствия нейтрализуются, например, за счет резерва времени или увеличения производительности на последующих фронтах и этапах строительства. Неустранимые риски приводят к таким негативным результатам, влияние которых можно уменьшить в определенной степени, но не устранить полностью. [11]

Кроме того, среди рисков несвоевременности выделяются управляемые и неуправляемые. Управляемые риски поддаются корректирующему воздействию при их прогнозировании или фактическом наступлении. Неуправляемые риски носят стихийный характер и на их наступление повлиять нельзя. К ним относятся, например, форс-мажоры и климатические факторы. [11]

Если обратиться к постулатам общей теории измерений, то можно заметить, что на риски несвоевременности работ легко накладываются понятия случайной и систематической погрешности. В метрологии случайной погрешностью называется индивидуально непредсказуемая составляющая погрешности измерения, характеристики и закономерности изменения которой проявляются лишь на значительном числе результатов измерения [27]. Существует и другое определение: случайная погрешность измерения – составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью, одной и той же физической величины [28]. Оба понятия подчеркивают непредсказуемый характер данного вида погрешности, что соотносится с общим определением термина «риск». Таким образом, случайным риском несвоевременности работ можно назвать такое событие, наступление которого даже при тщательном планировании является труднопредсказуемым от проекта к проекту.

Систематическая погрешность в метрологии – это составляющая погрешности измерения, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины [27, 28]. При переносе понятия на термин «риск» получается, что систематическим риском несвоевременности работ является ожидаемое событие, поддающееся предсказанию и позволяющее заблаговременно скорректировать календарные планы производства строительных работ с учетом новых обстоятельств.

Сходное разделение приведено и в работах таких ученых, как У. Шухарт [29], У. Деминг [30, 31] и Л. Лич [32], где различаются общие и особенные причины вариабельности одних и тех же событий. Согласно подходу, описанному в перечисленных монографиях, к общим причинам следует относить явления, характерные для самой системы и позволяющие ей «воспроизводить повторяющийся результат в определенных рамках» [32]. Таким образом, подчеркивается постоянство, а, следовательно, и выявляемость воздействия такого рода причин, что приводит к возможности корректировки результата на степень их влияния. Это соответствует понятию систематического риска, обозначенного нами ранее.

По-другому проявляют себя особые причины, которые «выводят результат работы системы за эти определенные рамки» и «всегда обусловлены факторами, внешними по отношению к системе» [32]. Данное описание подчеркивает случайный характер таких явлений и позволяет установить аналогию со случным риском.

Необходимо отметить, что У. Деминг подчеркивал важность вышеизложенного разделения для сохранения статистической управляемости системы и возможности прогнозирования ее дальнейшего поведения.

Таким образом, к случным рискам несвоевременного выполнения работ относится большинство причин, упоминавшихся ранее (см. Приложение А). При этом они могут входить в каждую из 5ти выделенных типовых групп.

Систематическим риском, поддающимся учету и корректировке, является несоответствие между планируемой и фактически используемой при

производстве работ нормативной базой. Зная степень отличия между ними, можно привести сроки выполнения работ по проектной документации (в составе ПОС) в соответствие с фактическими условиями.

Представленный выше аналитический обзор показал, что существует достаточно обширное количество оснований для проведения классификации рисков несвоевременного выполнения работ, но предложенное разделение на 5 типовых групп, а также на случайные и систематические риски, на наш взгляд, наиболее соответствует целям и задачам данного исследования.

## **1.2 Латентные риски производственных и сметных строительных нормативов РФ**

В группу проектных рисков несвоевременного выполнения работ, описанных выше, входят и риски, скрытые в производственных и сметных строительных нормативах РФ, история развития которых насчитывает уже 200 лет. Данный вопрос рассмотрен в работах [33, 34, 35, 36, 37].

Первый опыт нормирования относится к XVIII столетию, когда были выпущены справочники «Урочный реестр по части гражданской архитектуры, или, Описание разных работ, входящих в состав каменных зданий, с показанием какие именно при оных работы встречаются, и сколько полагается на производство их вольнонаемных мастеровых и рабочих людей» (1811 г.) и «Урочный реестр, по которому при крепостях в летнее, осенне и зимнее время солдатам и вольным рабочим людям фортификационные работы исправлять» (1812 г.).

Данные документы включали в себя нормы выработки и расхода рабочей силы, транспортных средств и материалов на единицу работ конкретного вида, поэтапно, до полной готовности сооружения. [38]

Необходимо отметить, что указанные Урочные реестры имели большое количество дефектов, которые объяснялись, в первую очередь, недостаточно обоснованными, а порой и случайными исходными данными, закладываемыми в

нормы, т.к. на тот период какая-либо методология разработки нормативных документов отсутствовала [39]. Однако согласно сведениям из [40] существовали циркуляры, предписывающие при строительных работах руководствоваться именно ими, а также собирать опытные данные, необходимые для уточнения реестров в связи с различиями в климате, способах ведения работ и снабжения материалами, а также индивидуальными особенностями жителей в разных регионах страны.

За последующие 100 лет Урочные реестры были пересмотрены (не считая перевыпуски ранее опубликованных документов) всего дважды: в 1832 г. в виде сводного нормативного сборника «Урочное положение на все вообще работы, производящиеся при крепостях, государственных зданиях и гидротехнических сооружениях» и в 1869 г. как «Урочное положение для строительных работ», которое приобрело характер законодательного документа. [41, 42]

Содержание Урочного положения 1869 г. соответствовало уровню строительной техники и технологиям середины XIX в. Так, например, как подтверждается в монографии [39], оно не содержало норм на железобетонные работы, на устройство центрального отопления, но в нем были приведены нормы трудозатрат и расхода материалов на земляные, садовые, фашиинные, плотничьи, столярные, каменные, печные, штукатурные, малярные, стекольные, кровельные и кузнецкие работы, на рубку и заготовку лесоматериалов, материалов для каменных работ.

К данному законодательному акту либо на его основе с целью разъяснения был выпущен ряд сборников и трудов с комментариями специалистов. Такие книги выходили под авторством известных инженеров-архитекторов (Курзанов Р.С. (справочник [43]), Н.И. де Рошефор (справочник [44]) и др.).

Кроме того, существовали и другие подобные нормативные документы. В 1857 г. Министерством внутренних дел был издан «Строительный устав», который также содержал нормы расхода рабочей силы и строительных материалов, а кроме того излагал правила приёмки работ [39].

Отдельные города, железные дороги и земства тоже издавали справочники по строительству, которые содержали нормы, учитывающие местные условия производства работ и часто значительно отличающиеся от Урочного положения.

В работе [39] подчеркивается, что Урочное положение и прочие справочники, несмотря на большое количество переизданий, отличались одним большим недостатком – они неполно и неточно определяли время, необходимое для производства работ, и нечетко регламентировали расход строительных материалов.

Эти документы служили для составления смет и определения предварительной стоимости сооружения, на основе установления которой выдавались кредиты, сдавались подрядчикам строительные работы. Но организаторы производства и производители работ руководствовались в расчетах собственными эмпирическими нормами, которые, как правило, держали в секрете, т.к. строительство развивалось, а нормативные справочники слабо отражали эти изменения. Данное несоответствие позволяло строителям экономить денежные средства.

Вместе с тем Урочное положение сыграло положительную роль в развитии строительного законодательства. Использование этого материала дало возможность в последующем составить новые нормативные документы, а применение Урочных положений в тот период нацелило на составление смет на строительство, позволило осуществлять расчеты с рабочими, а также расчеты между заказчиками и подрядчиками.

Очередной пересмотр Урочного положения согласно [40] был произведен лишь в 1914 г. За пятьдесят лет строительная техника претерпела коренные изменения, ряд работ устарел, появились новые отрасли строительной техники (железобетон, системы центрального отопления и т.п.), но корректировка Положения 1869 г. коснулась лишь опечаток и ошибок.

После революции 1917 г. отношение к Урочному положению 1914 г. было двойственным. С одной стороны, применение документа, созданного в условиях монархии, казалось неприемлемым. С другой – нормирование являлось одним из

устоев социалистического производства, дающего основание как для организации строительных процессов, так и для проведения той или иной тарифной политики. В Декрете СНК РСФСР «Общее положение о тарифе», подписанным В.И. Лениным в 1920 г., говорилось, что «каждый трудящийся в течение нормального рабочего дня и при нормальных условиях должен выполнить количество работы не менее нормы выработки, установленной для категории и группы, в которую трудящийся зачислен». [45]

Таким образом, идея централизации работы по нормированию была признана отвечающей новому социально-политическому строю, и старое Урочное положение, за неимением другого документа, пришлось принять за отправную точку. Его использовали еще в течение 10 лет, периодически внося некоторые поправки.

В 20е годы прошлого века активно начали развиваться идеи научной организации труда и обоснования правильного подхода к нормированию трудовых процессов. [46] Результатом этой деятельности стал Свод производственных строительных норм, выпущенный в 1930 г.

Специально для его разработки была организована сеть нормативно-исследовательских станций и бюро. Этот документ согласно [47] содержал:

- классификацию строительно-монтажных процессов;
- подробные нормали процессов;
- нормы времени и выработка звена;
- нормы расхода строительных материалов;
- требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ.

Материалы Свода были приняты за основу при разработке общеобязательных единых норм выработки по строительному производству, изданных впервые в 1931 г. Они стали базисом всей системы единых норм в строительстве, сложившейся в последующие годы. Возможность дальнейшего развития системы производственных норм в строительстве в значительной мере определялась расширением сети первичных нормативных организаций (НИС) и

центральных нормативных организаций (ЦНИБ) наркоматов, министерств и ведомств, осуществлявших строительство (рисунок 3). [48, 49]

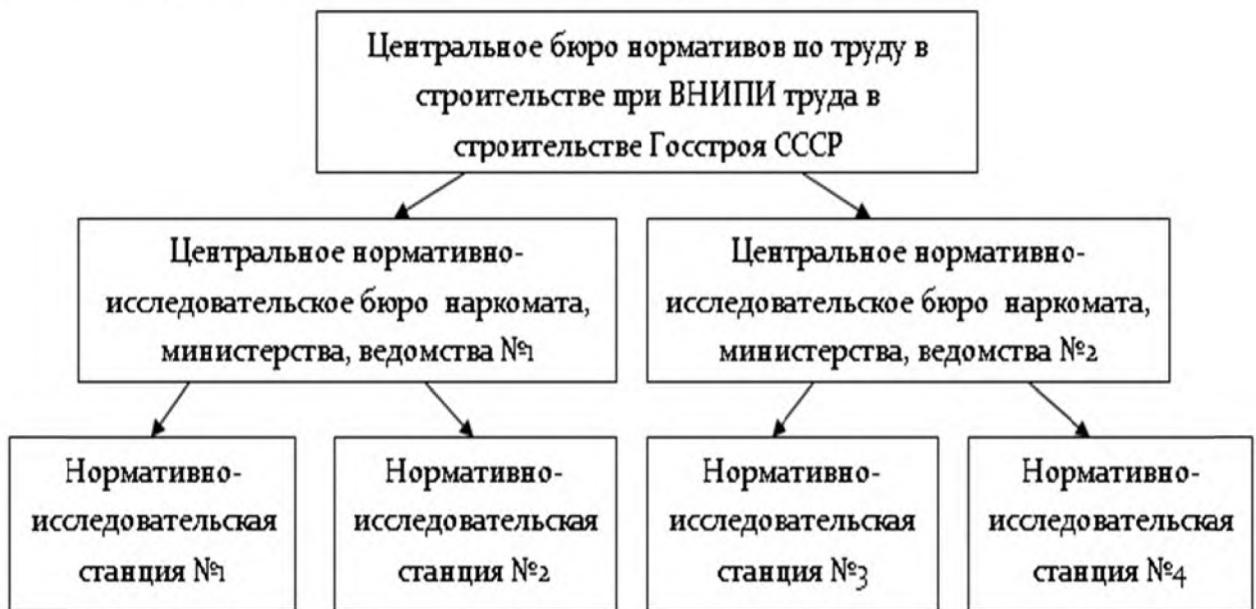


Рисунок 3 – Общая структурная схема системы нормативных организаций

В 1940 г. Всесоюзным научно-исследовательским институтом организации строительства «Гипрооргстрой» была издана инструкция по техническому нормированию строительных процессов с установлением специальных форм. Производственные нормы на строительные работы стали оформляться в виде нормативных сборников, таких как «Нормы времени и расценки» (НиР), «Укрупненные нормы времени и расценки» (УНВиР), «Единые нормы выработки и расценки» (ЕНВиР) и т.п. [50]

Нормы разрабатывались путем специальных наблюдений за фактической выработкой продукции рабочими или машинами. При этом анализировалась правильность организации работ, т.к. она напрямую связывалась с нормой выработки – чем совершеннее организация, тем выше норма. [49, 51]

В целях совершенствования и упорядочивания процесса нормирования выпускались уточняющие руководства [52] и инструкции [53].

В связи с непрерывным развитием строительной отрасли в систему производственных норм регулярно вносились изменения: упорядочивалась номенклатура работ, включенных в сборники НиР, исключались нормы на

устаревшие работы, вводились технически обоснованные нормы на новые виды работ, улучшалась структура и содержание ЕНиР.

Изменение номенклатуры ЕНиР демонстрирует развитие технического прогресса. Если Единые нормы выработки по строительному производству 1931 г. состояли всего из 12 отделов, содержащих около 12 тыс. норм на основные виды строительных работ, то ЕНиР-69 состояли из 71 выпуска, содержащих около 67 тыс. норм на строительные работы и монтаж технологического оборудования [47]. Изменение количества выпусков ЕНиР и содержащихся в них норм представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение количества выпусков ЕНиР и содержащихся в них норм (по сведениям из работы [54])

Год издания	Количество		Периоды
	выпусков, шт.	норм, шт.	
1931	12	12 812	I
1933	62	52 174	
1934	26	8 252	II
1939	47	48 859	
1942	3	9 244	III
1949	78	71 373	
1956	65	43 389	IV
1969	71	67 170	

Последнее обновление ЕНиР произошло в 1986 г. В тексте документа прописано, что «срок действия утвержденных Единых норм и расценок составляет пять лет, в течение которого они подлежат обязательной проверке и при необходимости замене на новые, а по мере совершенствования техники, технологии, организации производства и труда в них вносятся соответствующие дополнения и изменения». [55]

В начале 90-х годов ЕНиР утратили силу общеобязательных нормативных документов и перестали разрабатываться и обновляться. В качестве альтернативы предложена новая сметно-нормативная база 2001 г. (далее СНБ-2001), в состав которой входят сборники ГЭСН. С одной стороны, как отмечается в работе [56], это объективная необходимость, вызванная развитием строительной техники и

технологий. С другой – к формированию и показателям СНБ-2001 имеется слишком много вопросов.

Описанная выше история возникновения и развития системы российских нормативов трудозатрат в строительстве показала, что первоисточники базы ЕНиР были сформированы еще в XIV в. Каждый последующий документ разрабатывался на основании предыдущего, поэтому в нормативной базе 1986 г. могут оставаться ошибки, заложенные еще 200 лет назад. Тем не менее, даже на сегодняшний день, в РФ ЕНиРы являются единственной базой производственных нормативов, проработанных с высокой степенью тщательности и сформированных по регламентированной методологии.

Расчет трудозатрат по каждой операции строительного процесса является одним из основных этапов создания календарного плана. Он необходим для определения продолжительностей работ, а также для подбора оптимальной численности и квалификации бригад. Многие методические пособия при проведении соответствующих расчетов предлагают пользоваться сборниками ЕНиР. Т.к. новой производственной нормативной базы трудозатрат за последние 10 лет предложено не было, практика использования ЕНиР остается актуальной, тем более что данную базу официально не отменяли, а поэтому, с юридической точки зрения, ее нельзя считать недействующей. Хотя ЕНиРы, как уже упоминалось, и не являются общеобязательными нормативными документами, но свой рекомендательный и справочно-информационный статус эта база сохраняет.

Солин А.А. в своем труде [48] подчеркивает важность комплексного производственного нормирования процессов, аналогичного тому, которое существовало в СССР, но на сегодняшний день на территории РФ не производится, в том числе, как отмечается в работе [57], и по причине отсутствия специальных профессиональных структур, занимающихся формированием норм по обоснованной технологии. Только имея хорошо проработанную базу производственных нормативов, можно сформировать и обоснованные сметные.

По причине отсутствия такой базы с современными показателями вполне допустимо использовать имеющийся в распоряжении продукт, т.е. нормы ЕНиР.

Но, несмотря на обстоятельства, изложенные выше, в настоящее время часто возникают прецеденты, когда проекты, в которых при расчетах используются ЕНиРы, не проходят экспертизы с замечаниями о необходимости применения действующих норм. В таких случаях строители вынуждены обращаться либо к ГЭСН (СНБ-2001 – последняя редакция 2014 г.), либо к практическому опыту и интуиции [58].

Следует отметить, что нормы ГЭСН формировались на основании данных ЕНиР. Это следует из п.6.1 МДС 81-19.2000 «При определении нормы затрат труда в составе ГЭСН по видам работ в качестве справочного материала используется действующая нормативная база по труду (сборники ЕНиР, ВНиР, ТНиР и др.)» [59]. Необходимо обратить внимание на тот факт, что МДС 81-19.2000, который устанавливал методологию разработки ГЭСН, был отменен Приказом Минрегиона РФ от 07.11.2008 г. №248 «Об отмене Постановлений Государственного комитета Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу» [60]. Тем не менее, в публикациях, вышедших позднее этой даты, даются ссылки на прежний порядок формирования показателей ГЭСН на основании данных ЕНиР (например, статья [61]). Что вполне обоснованно, т.к. новый документ, закрепляющий процедуру создания и корректировки нормативов ГЭСН, предложен не был. Таким образом, все обновления базы ГЭСН до сих пор происходят при отсутствии ясных методических подходов. [62]

Автор статьи [63] Горячkin П.В. отмечает, что все новые разработки норм, которые выпускаются и декларируются на регулярной основе, представляют собой лишь переиздание старых сметных нормативов с незначительными изменениями. При этом такое мнение вполне аргументировано, т.к. в журнале «Ценообразование и сметное нормирование в строительстве» проходящие корректировки нормативной базы отслеживаются ежемесячно с 1994 года.

Горячkin П.В. в другой статье [64] обратил внимание на необоснованное резкое снижение затрат труда в большинстве норм, а также на тот факт, что разработчики нормативов базы ГЭСН периодически исключают некоторые

ресурсы при корректировках, а затем позднее снова их добавляют без дополнительных разъяснений и комментариев. Установлены и другие нелогичные и методически необоснованные изменения и действия. Это же подтверждает и автор работы [65].

Сравнение показывает, что нормы ГЭСН выше аналогичных норм ЕНиР (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Сравнение показателей трудозатрат в ЕНиР и ГЭСН (чел.-ч/кв.м)

Наименование и код процесса	ЕНиР	ГЭСН
Код процесса	E8-1-1 (Таблица 3-1а); E8-1-2 (Таблица 3-1а, 2а, 4а, 6а, 8а)	ГЭСН 15-02-016-5
Гипсовая штукатурка высококачественная, с установкой сетки, на стены, без приготовления раствора и монтажа лесов, механизированная, чел.-ч/кв.м	0,994	1,357
Превышение по отношению к норме ЕНиР (%)	0%	37%
Код процесса	E11-37 (4в)	ГЭСН 12-02-002-02,03
Гидроизоляция обмазочная в 2 слоя, чел.-ч/кв.м	0,185	0,504
Превышение по отношению к норме ЕНиР (%)	0%	172%
Код процесса	E6-13 (Таблица 2-3в, Таблица 4-11)	ГЭСН 10-01-039-1
Установка дверей, чел.-ч/кв.м	0,880	1,043
Превышение по отношению к норме ЕНиР (%)	0%	19%
Код процесса	E3-3 (2б)	ГЭСН 08-02-001-1
Кладка стен из кирпича, чел.-ч/куб.м	4,600	5,400
Превышение по отношению к норме ЕНиР (%)	0%	17%

Максимальное значение превышения в малой выборке из 4 процессов составило 172%.

Расчет трудозатрат на строительство 2-х этажного коттеджа с площадью застройки 228 кв.м и общей площадью 295 кв.м по базам ЕНиР и ГЭСН показал превышение ГЭСН на 91% (6 800 чел-ч по ЕНиР против 12 976 чел-ч по ГЭСН).

Необходимо обратить внимание на тот факт, что в ЕНиР согласно [55] учтено всё: прочие работы (п. 10, Общая часть ЕНиР), безопасные условия труда (п. 11), перемещение материалов (п. 12), работа в зимних условиях (п. 13), выполнение работ в сложных производственных условиях (п. 14). Аналогичные условия прописаны и в действующих МДС, и в технических частях ГЭСН.

Если считать ГЭСН более актуальными, выявляется следующее несоответствие – влияние технического прогресса должно отражаться в виде уменьшения трудозатрат на определенные виды работ, а не увеличения. Но наблюдается обратная ситуация, в т.ч. и за счет применения дифференцированных поправочных коэффициентов, установленных Методическими рекомендациями, введенными в действие письмом Госстроя России от 19.10.99 №НЗ-3605/10. [66, 67] Данный документ при разработке ГЭСН предписывает учитывать «особенности реальных условий производства строительных работ... с комплексной увязкой отдельных видов работ». Фактически это сводится к учету простоев по организационным и конструктивно-техническим причинам. При этом, как сообщается в документе [66], коэффициенты получены эмпирически, т.е. на основании данных от организаций и предприятий строительного комплекса.

Тот факт, что часть норм в составе ГЭСН завышена, а часть – занижена, отмечают и специалисты, которым реальные показатели приходится получать путем комбинации нескольких норм.

Таким образом, можно констатировать, что использование ГЭСН при построении календарного плана приводит к большой погрешности. В частности, это связано с тем, что при планировании организационные простои закладываются в резервы времени. Поэтому использование норм ГЭСН в ряде случаев приводит к двойному счету. Отсюда следует вывод, что при проектировании календарного плана применение справочников ГЭСН не обоснованно, и поэтому база производственных норм (ЕНиР) является более подходящей для проведения необходимых расчетов.

В работе [15], упомянутой в предыдущей главе, среди объективных источников рисков несвоевременного выполнения работ называются принципиально статистическое определение норм трудовых затрат; непредвиденные перерывы в выполнении работ; неопределенность состава работ, возникающая в результате планирования по укрупненным показателям; принятие гипотезы о равномерном выполнении работ во времени. Все эти факторы также являются латентными, т.е. скрытыми в производственных и сметных строительных нормативах.

Нормы, входящие в ЕНиР, являются результатом статистической обработки наблюдений за выработкой, проведенных в соответствии с установленными методами технического нормирования. Они были описаны и закреплены в «Руководстве по техническому нормированию труда рабочих в строительстве», выпущенном ВНИПИ труда в строительстве Госстроя СССР в 1977 г. [52]

Согласно общей теории нормирования «объектами наблюдений, проводимых с целью нормирования, не могут быть процессы, выполняемые передовиками и новаторами, достигшими рекордных показателей» [20]. Иными словами, наблюдение ведется за среднестатистическими рабочими, чтобы запроектированная норма являлась выполнимой, отвечала физиологическим требованиям, но при этом обеспечивала «высокий уровень производительности труда при сохранении здоровья трудящихся» [52].

В работе [68] подчеркивается, что нормирование труда в строительстве в основном производится аналитически-исследовательским методом, когда определение числовой характеристики нормы осуществляется путем анализа и синтеза данных средних затрат рабочего времени по составляющим элементам трудового процесса. Это указано и в Руководстве [52].

Любое среднее делит вариационный ряд на два подмножества, в одно из которых входят показатели рабочих с высокой производительностью, а другое – с низкой. Таким образом, возникает ситуация, когда даже отобранные для нормативных наблюдений специалисты не способны реализовать запроектированную норму. [15]

Влияние вышеназванного фактора отчасти снижается проведением процедуры оценки качества ряда и его очистки (при необходимости, т.к. в соответствии с [52] расхождение между крайними числовыми значениями не может превышать 30%). Однако погрешность нормы, пусть и в допустимых пределах, сохраняется. Она усиливается еще и тем, что, согласно Руководству [52] и Нормативам [69], время на подготовительно-заключительные мероприятия и на отдых и личные надобности рабочих принимается в процентах от нормы времени на оперативную работу и составляет от 2 до 16% в первом случае и от 6 до 30% во втором.

Таким образом, возникает вероятность того, что фактическое время выполнения работы будет отличаться от нормативного в ту или иную сторону, что в конечном итоге скажется на общей продолжительности строительства. Хотя в Руководстве [52] и прописано, что норма является адекватной при ее выполнении в диапазоне от 90 до 120%, разброс значений в 30% является очень значительным при проектировании календарного плана.

Как было упомянуто выше, нормативы кроме времени на оперативную работу включают в себя и затраты на подготовительно-заключительные мероприятия, отдых и личные надобности рабочих, а также необходимые технологические перерывы (до 10% от времени оперативной работы). При этом непроизводительные затраты и простои, возникающие вследствие плохой организации труда, нарушений трудовой дисциплины и прочим причинам, являются ненормируемыми и не учитываются [20].

Даже в период законного действия и функционирования ЕНиР специалисты отмечали, что «выработка по ЕНиР может быть достигнута только при идеальных условиях (благоприятные метеорологические условия, отсутствие отклонений по срокам, объемам и номенклатуре поставляемых материалов, бесперебойная работа строительных машин и транспорта, отсутствие больных или невыходов по другим причинам исполнителей и пр.)» [21]. Подчеркивают данный факт и авторы статьи [70]. Поэтому согласно труду [21] проектировщики при определении реальной выработки и продолжительности СМР обращались не только к

производственным нормативам, но и к предшествующему опыту и статистическим данным.

На этапе проведения планирования не всегда удается однозначно определить составы всех процессов. Многие факторы производства остаются неизвестными до момента непосредственного начала работ. При этом используемый норматив времени, который выбирается как наиболее подходящий, уже включает в себя определенную нормаль процесса. Несовпадение фактических условий производства с нормативными порождает риск несвоевременности, который усиливается еще и тем, что трудозатраты, определенные в сборниках ЕНиР, предусматривают выполнение работ конкретным квалификационным составом бригад, который при реализации проекта в большинстве случаев оказывается другим. И если отличия в условиях в дальнейшем при их обнаружении можно учесть путем введения поправочных коэффициентов, предложенных в общей части ЕНиР или технических частях каждого отдельного сборника, то разница в составах бригад корректировке не поддается [71].

Кроме того, в целях упрощения планирования зачастую допускается укрупнение и типизация конструкций для применения единообразных норм. В качестве примера в работе [15] приводится выполнение кладки кирпичной стены, участки которой могут быть разной степени сложности – простые глухие, простые с проемами, средней сложности с проемами, сложные с проемами и т.п. Аналогичный пример можно найти и в случае с кровельными работами, где трудозатраты ранжируются по виду крыши (простая, средней сложности, сложности). В вводной части сборника Е7 «Кровельные работы» [72] описан подход к классификации кровель по уровню сложности. Но крыша может сочетать в себе участки разной конструкции. При этом при расчете трудозатрат принимается какой-то один обобщенный тип кровли, что также вносит свою погрешность.

Очень часто несвоевременность выполнения работ провоцируется и использованием гипотезы о равномерном распределении работ во времени, что не всегда соответствует действительности. Эмпирическая закономерность,

сформулированная С.Н. Паркинсоном [73, 74], фактически проявляется в том, что даже если расчетное значение трудозатрат превышает реальное, то оно все равно останется на уровне расчетного, и запаса времени не возникнет, т.к. рабочие предпочтут предпринять действия по улучшению готовой продукции, чем по ее досрочной сдаче, способной привести в дальнейшем к директивному увеличению нормы их выработки.

В обратной же ситуации, в случае занижения расчетного уровня трудозатрат, сокращения срока производства работ не произойдет, т.к. интенсивность труда не может превышать максимально определенного уровня, зависящего от квалификации и физических возможностей рабочего.

Таким образом, существует достаточное количество латентных рисков нормативов, которые значительно сказывается на точности формируемых на их основании календарных планов. Данный фактор в настоящее время усиливается и тем, что совершенствование ЕНиР прекращено, а база ГЭСН, как уже было сказано, обновляется в условиях отсутствия утвержденного и обоснованного методического подхода.

### **1.3 Анализ подходов к совершенствованию методов календарного планирования**

Календарное планирование имеет особое значение в сфере строительства, где рентабельность проектов очень чувствительна к срокам их реализации. Несвоевременная сдача объектов всегда приводит к ряду дополнительных статей затрат и может спровоцировать банкротство компаний. Поэтому проблематике календарного планирования ИСП посвящено большое количество научных трудов. Среди наиболее известных ученых, занимавшихся данным вопросом: Г.Л. Гант [75, 76, 77], М.С. Будников [78, 79, 80], Дж.Е. Келли и М.Р. Уолкер [81, 82, 83], В.В. Чихачев [84], В.А. Афанасьев [85, 86, 87], а также их последователи.

Значительный толчок развитию календарного планирования дали попытки ученых визуализировать и смоделировать осуществление отдельных операций, составляющих проект, с отображением всех связей, возникающих между ними.

Все методы календарного планирования можно разделить на 2 группы: графические и математические.

К графическим относятся «линейная диаграмма Ганта» (в иностранной литературе «*Gantt Chart*», «*Bar Chart*» [2, 12]), циклограмма М.С. Будникова («*Linear Scheduling Method*» (*LSM*) или «*Line of Balance*» (*LOB*) [12, 88]), сетевой график Дж.Е. Келли и М.Р. Уолкера [89] («*Arrow Diagramming Method*» (*ADM*)).

Группу математических методов представляет матричная модель, разработанная В.А. Афанасьевым. Она позволяет производить расчет расписаний на основании различных методов поточной организации работ. Данный вопрос глубоко исследован в монографии Афанасьева В.А. [85], а также в публикациях зарубежных ученых, таких как [90] и [91]. Матричная модель позволяет найти оптимальную очередность освоения частных фронтов без перебора всех возможных вариантов.

В.А. Афанасьев предложил несколько методик расчета неритмичных потоков, среди которых метод непрерывного использования ресурсов (НИР), метод непрерывного освоения фронтов (НОФ), метод критических работ (МКР) и др.

Матрица для расчета неритмичного потока включает в себя данные о видах работ, о частных фронтах работ и продолжительности каждой отдельной работы на каждом отдельном фронте.

Метод НИР построен на построении матрицы продолжительности работ в системе «фронты работ» (рисунок 4), при котором частные фронты работ отражаются по горизонтали, а виды работ – по вертикали. Главной целью метода является установление таких сроков начала отдельных работ, которые обеспечивали бы максимальное сближение частных потоков и непрерывное использование ресурсов, т.е. ресурсные связи были бы равны нулю, а

фронтальные связи имели численное значение. Данный метод полностью исключает прости бригад, но допускает прости частных фронтов.

		Вид работ				
		A	B	V	G	D
Частный фронт работ	1	5	3	5	5	5
	2	6	4	4	6	5
	3	8	5	6	8	6
	4	6	6	8	7	8

Рисунок 4 – Матрица продолжительностей работ в системе «фронты работ» (в квадратах, образованных пересечением строк и столбцов, указаны условные продолжительности работ)

В методе НОФ используется матрица продолжительности работ в системе «виды работ» (рисунок 5).

Алгоритм расчета по методу НОФ полностью совпадает с методом НИР, но производится в транспонированной матрице. При этом все фронтальные связи равны нулю, а ресурсные – могут иметь числовое значение. Иными словами, метод НОФ характеризуется полным отсутствием прости частных фронтов, но допускает прости бригад.

		Частный фронт работ			
		1	2	3	4
Вид работ	A	5	6	8	6
	Б	3	4	5	6
	В	5	4	6	8
	Г	5	6	8	7
	Д	5	5	6	8

Рисунок 5 – Матрица продолжительностей работ в системе «виды работ»

Метод критических работ (МКР) реализуется на матрице в системе «фронты работ» (рисунок 4). Главная цель метода – выявить оптимальную очередность освоения частных фронтов при максимальной загрузке бригад. В процессе вычислений определяются ранние и поздние сроки выполнения работ, и формируется критический путь проекта, состоящий из работ, не имеющих резервов времени, и определяющий продолжительность строительства.

Среди расписаний, рассчитанных по трем методам, предлагается выбирать наиболее оптимальный путем оценки ряда дифференциальных критериев и вычисления единого интегрального критерия с учетом их значимости.

Для повышения надежности планирования авторы продолжают совершенствовать методики путем введения в них новых элементов, а также комбинирования методов. Так появились представления календарных планов, совмещающих в себе элементы линейных диаграмм, цикограмм, сетевых графиков. Например, В.А. Афанасьев в [92] предложил показывать выполнение основных работ в виде цикограммы, а вспомогательных – в виде линейного графика Ганта. Существуют и другие гибридные модели, разработанные с учетом специализированных нужд конкретных направлений деятельности. Например, в статье [93] рассматривается вопрос модификации сетевого графика для выполнения проектных работ с его внедрением в программные продукты по управлению проектами.

В современных программных продуктах по управлению проектами также используются усовершенствованные модели. Например, в *MS Project* в диаграмму Ганта внесены элементы сетевого графика в виде технологических и ресурсных связей между отдельными этапами, а также добавлена возможность отображения критического пути проекта.

Календарное планирование совершенствуется и за счет введения вероятностной составляющей. Так появились стохастические методы, основанные на учете вероятностного характера продолжительностей выполняемых работ, а также связей между ними. Среди них можно выделить две подгруппы: неальтернативные модели, где последовательность операций зафиксирована, а их

длительности изменяются по определенному закону; и альтернативные методы, где не только продолжительности работ, но и их последовательность носят вероятностный характер.

Среди неальтернативных методов широкое распространение, в т.ч. и за счет их интеграции в программные продукты по управлению проектами, получили метод PERT и метод статистических испытаний (имитационное моделирование Монте-Карло).

В основе *PERT* лежит та же последовательность отдельных работ, связанных между собой технологией и использованием ресурсов, однако продолжительность каждой из них имеет три оценки: наиболее вероятную ( $T_m$ ), оптимистическую ( $T_o$ ) и пессимистическую ( $T_p$ ). Ожидаемая длительность  $T_e$  зависит от предполагаемого распределения в диапазоне трех оценок. В классическом варианте *PERT* для расчета ожидаемой длительности используется бета-распределение и следующая формула математического ожидания:

$$T_e = \frac{T_o + 4T_m + T_p}{6}, \quad (1)$$

Ожидаемая длительность может быть получена и на основании треугольного распределения и другой формулы математического ожидания:

$$T_e = \frac{T_o + T_m + T_p}{3}, \quad (2)$$

К настоящему времени разработан ряд подходов к оценке ожидаемой длительности с использованием и других видов распределений.

Далее на основании расчета дисперсии и среднего квадратичного отклонения определяется диапазон значений продолжительности и вероятность реализации проекта в тот или иной срок.

Макрос расчета расписаний по методу *PERT* был встроен в программу *MS Project* до версии 2007 года.

В программе *Oracle Primavera* для вероятностной оценки календарного плана используется метод имитационного моделирования Монте-Карло, при котором на основе определенного распределения вероятностей для отдельных

работ генерируются тысячи возможных продолжительностей с целью установления распределения значений для общего срока завершения проекта.

Имитационное моделирование Монте-Карло легко реализуется и в программе *MS Excel*. Она позволяет испытывать любые численные модели путем использования генератора случайных значений, поэтому метод Монте-Карло получил широкое распространение в науке, технике и управлении. В сфере строительства и эксплуатации зданий данным алгоритмом также не пренебрегают. Ссылки на его применение можно найти во многих научных монографиях и статьях, например, у авторов [94, 95, 96, 97, 98].

Таким образом, перспективным направлением для повышения надежности расчета расписаний работ является разработка новых подходов к календарному планированию путем объединения нескольких методов, в том числе принадлежащих к разным группам. А статистическое моделирование позволяет оценить эффективность получаемых конвергированных методик.

### **Выводы по первой главе:**

1) риски несвоевременного выполнения работ целесообразно классифицировать на основании источников их возникновения. При таком подходе формируется разделение на 5 типовых групп: проектные, ресурсные, организационные, операционные, климатические. Кроме того, важно разбиение рисков и на 2 вспомогательные группы: случайные и систематические;

2) производственные и сметные строительные нормативы, используемые в настоящее время на территории РФ, имеют ряд скрытых (латентных) рисков, обусловленных эволюционным характером развития нормативных документов, отсутствием ясной методической основы формирования нормативов трудозатрат в современных условиях, широким декларированием тотального устаревания производственных нормативов ЕНиР, а также принципиально статистическим определением норм трудозатрат, непредвиденными перерывами в выполнении работ, неопределенностью состава работ при планировании по укрупненным показателям, принятием гипотезы о равномерном выполнении работ во времени;

3) наиболее перспективное направление для совершенствования процесса календарного планирования строительства лежит в области комбинирования и конвергирования различных методик для получения синергетического эффекта от их использования.

## ГЛАВА 2. МЕТОД КРИТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### 2.1 Метод критического пути в календарном планировании строительных проектов

Наибольшей популярностью в календарном планировании строительства пользуется метод критического пути, в том числе и потому, что он включен и подробно описан в *PMBoK* [2].

Метод критического пути в зарубежной литературе носит название «*Critical Path Method*» (*CPM*). Он используется для оценки минимальной длительности проекта. В общий алгоритм метода входит расчет дат раннего и позднего старта и финиша, на основании которого делают выводы об имеющихся резервах времени каждой отдельной операции и всего проекта в целом.

В *PMBoK* [2]дается следующее определение критического пути – это последовательность операций, представляющая собой самый длинный путь в расписании проекта, который определяет самую короткую возможную длительность проекта. Работы, находящиеся на критическом пути, как подчеркивается в [2], не имеют резерва времени, т.е. любое запаздывание на критическом пути влечет за собой задержку завершения проекта в целом.

Резервы времени обеспечивают гибкость расписания проекта с учетом действующих технологических и ресурсных связей и его устойчивость к наступлению рисковых событий. Работы, не имеющие резервов времени, задают общую продолжительность строительства. Влияние непредвиденных ситуаций на операции, лежащие на критическом пути, может иметь неблагоприятные последствия в виде несвоевременной сдачи объекта и сопутствующих этому дополнительных затрат. Поэтому выполнение критических работ должно находиться под пристальным вниманием руководителя проекта.

Формирование календарного плана по методу критического пути осуществляется по следующему алгоритму:

1) формирование структурной декомпозиции работ (СДР) путем разбиения проекта на составляющие операции. Степень укрупнения этапов определяется практической целесообразностью, удобством и наглядностью графика;

2) определение продолжительности работ, входящих в СДР. Данная информация может быть получена путем получения экспертных оценок либо в результате использования показателей трудозатрат из различных нормативных баз. Продолжительность каждой отдельной операции в составе СДР, определенной на предыдущем шаге, вычисляется по формуле:

$$T_p = \frac{Q_p}{N_q \cdot n}, \quad (3)$$

где  $T_p$  – продолжительность работы на рассматриваемой стадии в днях;

$Q_p$  – общая трудоемкость работы на рассматриваемой стадии в чел-дн;

$N_q$  – количество людей, выполняющих данную работу;

$n$  – количество рабочих смен в день. [99]

При наличии экспертных оценок суточной нормы выработки бригады длительность работы может быть рассчитана по формуле:

$$T_p = \frac{V_p}{H_p \cdot n}, \quad (4)$$

где  $T_p$  – продолжительность работы в днях;

$V_p$  – объем работы в физических единицах;

$H_p$  – сменная норма выработки бригады, занятой при выполнении работы;

$n$  – количество рабочих смен в день [12];

3) установление логических (технологических, ресурсных, организационных) связей между работами в составе СДР;

4) формирование расписания проекта с определением ранних и поздних сроков начала и окончания каждой операции, установление критических (не имеющих резерва времени) и некритических работ, а также расчет общей продолжительности проекта;

5) анализ полученного календарного плана и при необходимости его оптимизация с учетом предъявляемых требований по срокам завершения проекта.

Несмотря на свою распространенность, метод критического пути не позволяет учесть в полной мере широкий спектр рисков несвоевременного выполнения работ, описанный в Главе 1, поэтому деятельность специалистов и ученых по созданию различных методик календарного планирования, как детерминированного, так и стохастического, продолжается с целью минимизации вероятности задержки сроков строительства.

## **2.2 Метод критической цепи в календарном планировании строительных проектов**

Альтернативой методу критического пути является метод критической цепи, сформированный на положениях теории ограничений. Упоминание о нем нашло свое место в *PMBoK* [2] в разделе 6.6.2.3 «Разработка расписания: инструменты и методы. Метод критической цепи».

Теорию ограничений систем (ТОС, с англ. *Theory of Constraints*) сформулировал и обосновал Э.М. Голдратт. Она специально создавалась и развивалась в области промышленного производства, где для достижения конечной цели, т.е. получения прибыли, большое значение имеют скорость генерации дохода, размер связанного капитала и скорость операционных расходов [100]. Применение ТОС и метода критической цепи к проектам промышленного производства позволило оптимизировать данные показатели и максимизировать прибыль.

ТОС легко встраивается в области, смежные с производственной деятельностью, в том числе в управление проектами. Теория Э. Голдратта получила большое количество последователей, продолживших ее дальнейшее совершенствование. Среди наиболее известных – Лоуренс Лич и Уильям Детмер.

Основные предпосылки к формированию ТОС обозначены в книге Э. Голдратта «Цель: процесс постоянного совершенствования» [100], выпущенной в 1984 г. Для области управления проектами интересны следующие утверждения:

– «система локальных оптимумов совсем не оптимальная система» [100]. Э. Голдратт делает акцент на ошибочность традиционного подхода к пониманию производительности системы, при котором считается, что максимизация производительности каждой составной части (звена) приводит к максимизации результатов работы всей системы в целом;

– «узкие звенья диктуют уровень связанного капитала, так же как и производительность системы» [100]. Производительность системы определяется производительностью «узкого звена» («бутылочного горлышка»), которое и выступает в роли ограничения. Поэтому для увеличения эффективности работы достаточно повысить производительность одного звена, что автоматически за счет ускорения прохода через цепь событий уменьшит уровень связанного капитала, а также операционных расходов.

В этой же книге [100] Э. Голдратт формулирует последовательность шагов оптимизации работы системы:

Шаг 1. Найти ограничения системы;

Шаг 2. Решить, как эффективно использовать ограничения системы;

Шаг 3. Согласовать все остальные действия с этим решением;

Шаг 4. Повысить пропускную способность ограничения;

Шаг 5. Если на предыдущем этапе узкое звено было устранено, то вернуться к шагу 1. [54, 100]

Теория ограничений относится к категории методов, построенных на логических процедурах, среди которых *ЛТ* (*Just In Time* – «точно вовремя») и *TQM* (*Total Quality Management* – «всеобщее управление качеством») [101]. Эти управленческие философии во многом дополняют друг друга. Хотя в чистом виде они малоприменимы к управлению проектами. Но конвергенция отдельных элементов данных теорий позволяет сделать огромный шаг в совершенствовании данного процесса.

Основная причина, приводящая к срыву сроков сдачи проектов, превышению бюджета и урезанию содержания, а, следовательно, и снижению дохода от их реализации – это неопределенность факторов и условий, в которых

будет осуществляться проект [101, 102]. Иначе Э. Голдратт называет эту причину «Мерфи», т.е. закон Мерфи: «*Whatever can go wrong, will*» [103] (все, что может пойти неправильно, обязательно пойдет неправильно).

В обосновании теории ограничений Э.М. Голдратта использовано немало законов, относящихся к своеобразному управленческому фольклору, среди которых законы Мерфи, Паркинсона, Питера и др. Однако они вполне достоверно описывают процессы, имеющие место в действительности. В них можно выявить и дополнительный смысл, так, например, закон Мерфи ориентирует специалистов на использование пессимистических оценок отдельных операций при календарном планировании. На практике это реализуется путем заложения подстраховки при оценке длительности операций, которая, по наблюдениям Э. Голдратта, может достигать 200% [101].

Необходимо отметить, что Э. Голдратт в работе [101], а также Л. Лич в [32], постулируют, что вероятность выполнения того или иного проекта в срок соответствует бета-распределению с ярко выраженной левой асимметрией (рисунок 6).

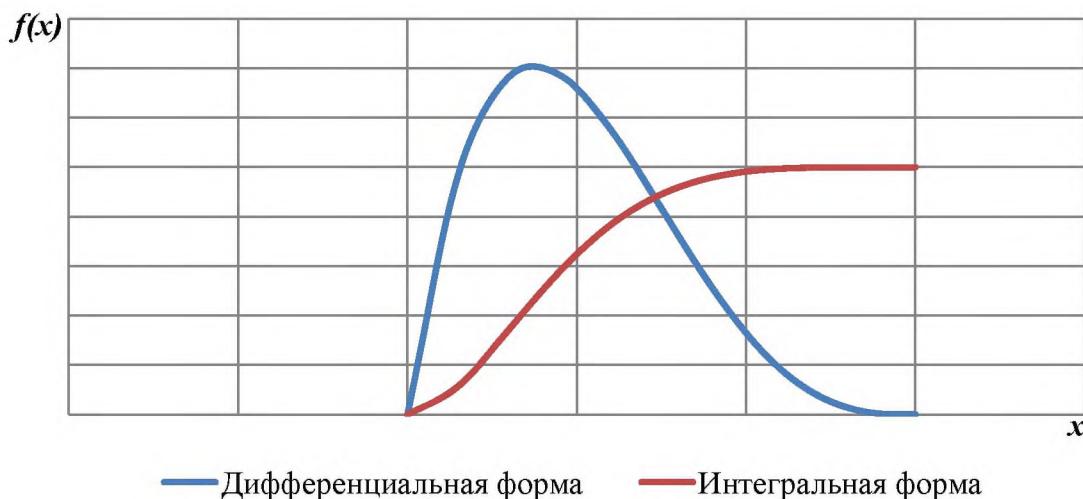


Рисунок 6 – Форма функции распределения и плотности вероятности выполнения строительного проекта в срок

На рисунке 6 видно, что период времени, соответствующий вероятности 50% (медиана распределения) значительно короче срока, соответствующего вероятности 80% или 90%, который специалисты пытаются заложить при

планировании. Эта разница, по мнению Э. Голдратта, и является выше обозначенной подстраховкой.

Несмотря на попытки специалистов учесть при планировании максимум неблагоприятных факторов, успешно, т.е. в срок и с соблюдением плановых показателей рентабельности, как указано в работе Л. Лича [32], заканчивается только 1/3 проектов.

Усиление действия законов Мерфи вплоть до невозможности устранения их последствий происходит из-за:

- потери сфокусированности исполнителей из-за одновременного выполнения и контроля нескольких задач [101]. Многозадачность ведет к увеличению длительности работы по причине «перепрыгивания» от одного процесса к другому. Л. Лич в [32] приводит пример, когда исполнитель в течение дня последовательно работает над тремя задачами, продолжительность каждой из которых при условии непрерывности составляет одну неделю. При ежедневном одновременном выполнении трех процессов их длительность увеличивается до трех недель, что провоцирует запаздывание и последующих связанных задач (рисунок 7).

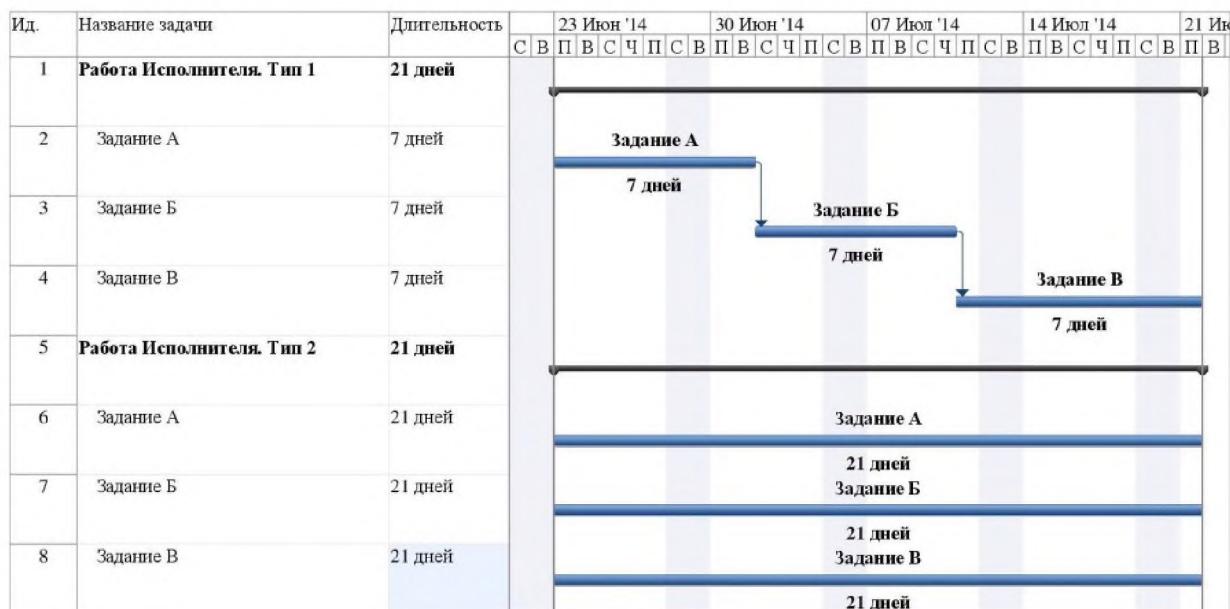


Рисунок 7 – Влияние многозадачности на длительность отдельной операции в составе проекта

Кроме того, необходимо добавить время на возвращение к процессу после его остановки, т.е. на восстановление подробностей, особенно если задачу сопровождает сложная мыслительная работа;

– студенческого синдрома: «спешить некуда, поэтому начинаем в последнюю минуту» [101]. Когда человек считает, что на выполнение задачи достаточно времени, исчезает мотивация к немедленному началу процесса. Резерв исчерпывается до того, как начинается работа, и проявление закона Мерфи в дальнейшем компенсировать не удается, а это приводит к запаздыванию проекта;

– действия закона Паркинсона: «работа расширяется, чтобы заполнить все время, остающееся до ее завершения» [73]. Э. Голдратт замечает: «При последовательных элементах отклонения по времени не усредняются. Опоздания аккумулируются, в то время как выигрыши по времени не аккумулируются» [101].

Исполнитель, завершивший задачу ранее обозначенного срока, никогда об этом не заявляет, а предпринимает действия по улучшению выполненной работы и сдаче результатов согласно плану. По-другому проявляют себя запаздывания, которые накапливаются от звена к звену. Следствие: дата завершения проекта отодвигается на сумму этих запаздываний;

Данные факторы приводят к полному расходованию заложенной подстражовки, какой бы большой она ни была, задолго до даты завершения проекта.

Для снижения влияния перечисленных воздействий Э. Голдратт предложил в управлении проектами использовать метод критической цепи (*Critical Chain Project Management – CCPM*).

Ограничением любого проекта, в т.ч. и строительного, по представлениям Э. Голдратта [101, 104], его узким звеном, является критический путь, определяющий продолжительность проекта. Необходимо отметить, что понятие «ограничение» в данном контексте терминологически расходится с общепринятым в зарубежной [105] и отечественной [106] практике, где под ним понимается условие, формирующее область допустимых решений в

оптимизационных задачах. Вместе с тем в привычных программах управления проектами (*MS Project*, *Oracle Primavera*, *Spider Project*) используются «ограничения» на сроки выполнения работ по типам и датам, а также «ограничения» на допустимые ресурсы [107]. Поэтому предложенная Э.М. Голдраттом трактовка термина вполне допустима.

В основе критического пути лежат ограничения по времени, предопределенные исключительно технологическими связями задач. При этом никак не учитывается зависимость элементов с точки зрения их исполнителя. В случае если ресурс занят на одном некритическом пути, а параллельно его работа требуется и на другом некритическом пути, провоцируется опоздание, которое приводит к изменению критического пути. Т.е. даже если элементы в составе проекта не связаны технологически, они могут оказаться зависимы от одного ресурса.

Связи элементов с точки зрения и технологии, и исполняющего ресурса учитываются в критической цепи. Э. Голдратт определяет ее, как самую длинную цепь, состоящую из отрезков, зависящих от пути, и отрезков, зависящих от ресурса [101].

Основное отличие метода критического пути от метода критической цепи состоит в том, что в критическом пути неопределенность учтена внутри каждой задачи, а в критической цепи – вынесена отдельно в конец проекта (рисунок 8). При этом необходимо отметить, что если в проекте нет ограничения по ресурсам (исполнителям), то критический путь и критическая цепь совпадают [103].

Сравнение методов критического пути и критической цепи по ряду показателей приведено в таблице 3.

Надежность даты завершения проекта в *CCPM* обеспечивается добавлением в график буферов, защищающих критическую цепь от воздействия законов Мерфи.

В Теории ограничений для систем промышленного производства буфером является запас материалов перед станком с наименьшей мощностью. В области управления проектами в качестве буфера выступает запас времени.

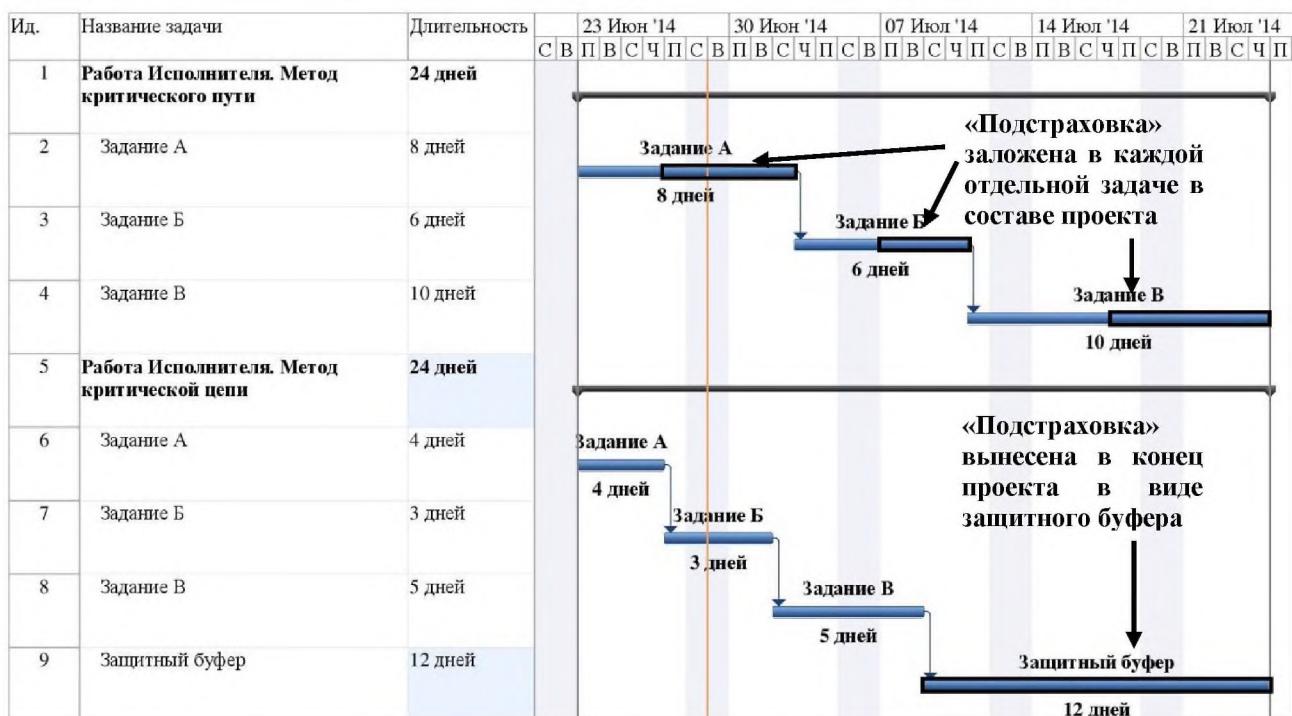


Рисунок 8 – Графическое сравнение методов критического пути и критической цепи

Таблица 3 – Сравнение методов критического пути и критической цепи

Наименование показателя сравнения	Метод критического пути	Метод критической цепи
1) Определение	Критический путь – самая длинная последовательность зависимых элементов проекта, которые не имеют резерва времени	Критическая цепь – самая длинная последовательность зависимых элементов проекта, состоящая из отрезков, не имеющих резерва времени с учетом ограничений по использованию ресурсов
2) Статичность ограничения	Критический путь может меняться в течение реализации проекта в зависимости от фактических дат завершения той или иной задачи	Критическая цепь не меняется в течение реализации проекта
3) Фиксируемые даты	Критический путь определяет даты начала и окончания проекта	Критическая цепь фиксирует только дату завершения проекта (после добавления проектного буфера). Начало проекта может определяться и некритической задачей

*Продолжение таблицы 3*

<b>Наименование показателя сравнения</b>	<b>Метод критического пути</b>	<b>Метод критической цепи</b>
4) Определение продолжительности задач	Продолжительность задач оценивается расчетным или экспертным методом с учетом "подстраховки" на основании предыдущего негативного опыта	Продолжительность задач, определенная расчетным или экспертным методом с учетом "подстраховки" на основании предыдущего негативного опыта, сокращается на 50%
5) Учет неопределенности	Неопределенность учитывается косвенным образом при определении продолжительности каждой отдельной задачи	Неопределенность учитывается в явном виде в защитных буферах (проектных и ресурсных)
6) Управление календарным планом	Чтобы проект реализовывался в соответствии с графиком, каждая отдельная задача должна выполняться в установленные сроки	Чтобы проект реализовывался в соответствии с графиком, необходимо контролировать защитные буфера (проектный и ресурсный) проекта, которые поглощают неопределенность каждой отдельной задачи
7) Контроль календарного плана	На дату завершения проекта влияет каждое опоздание, поэтому отслеживаются даты начала и окончания каждой задачи	Даты начала и окончания отдельных задач непринципиальны. Необходимо внимательно отслеживать состояние защитных буферов и активность их расходования
8) Резервы времени на некритических путях	Резервы времени, которые имеются на некритических путях, не отслеживаются	Для защиты критической цепи некритические пути должны иметь защитные буфера, состояние которых постоянно отслеживается
9) Отношение к многозадачности	Режим многозадачности при использовании ресурсов сохраняется из-за одновременной реализации нескольких проектов	Многозадачность, т.е. загрузка исполнителей работами по разным проектам ограничивается вплоть до задержки начала реализации других параллельных проектов (задач)

К п.9 таблицы 3 следует добавить, что в программах по управлению проектами данный недостаток метода критического пути устраняется функцией выравнивания работы ресурсов в рамках одного проекта. Однако это не снимает проблемы многозадачности на уровне организации.

В CCPM предполагается два вида буферов:

- а) буфер на слияние путей, который добавляется в месте впадения некритической цепи в критическую. Это обеспечивает своевременное начало

работ на этапе в составе критической цепи в случае возникновения сбоя на некритическом элементе;

б) проектный буфер, размещаемый в конце проекта. Он позволяет компенсировать опоздания, проявившиеся на критической цепи.

Вариантов критической цепи в составе одного проекта может быть несколько в зависимости от принятого решения по устраниению конкуренции за ресурсы. А это, в свою очередь, оптимизационная задача. Но Э. Голдратт не придает большого значения форме распределения ресурсов из-за отсутствия «действительной разницы», превышающей степень неопределенности в проекте [101], которая гасится в закладываемых буферах (см. рисунки 10, 11, 12).

Общая схема формирования календарного плана по методу критической цепи подробно описана в работе [32]. Представим данный алгоритм в несколько преобразованном виде:

1) построение логической последовательности операций со связями типа «поздний финиш»; при этом используется средняя длительность операций, соответствующая вероятности 50%, т.е. экспертная оценка продолжительности на данном этапе должна быть сокращена вдвое;

2) определение ресурсов, необходимых для выполнения описываемых операций;

3) устранение конфликта ресурсов путем переноса некоторых операций на более ранний срок;

4) выявление критической цепи – самой длинной последовательности зависимых событий;

5) добавление проектного буфера в конец критической цепи;

6) добавление буферов на слияние путей в конце тех цепочек операций, которые сливаются с критической цепью;

7) повторное снятие конфликта ресурсов, возникшего в результате добавления буферов.

Сравнение нескольких вариантов упрощенного календарного плана строительства двух коттеджей с укрупненной разбивкой работ на 6 этапов

показало, что метод критический цепи позволяет сформировать график, продолжительность проекта по которому будет на 16% меньше, чем по графику, построенному по методу критического пути (см. рисунки 9, 10, 11, 12).

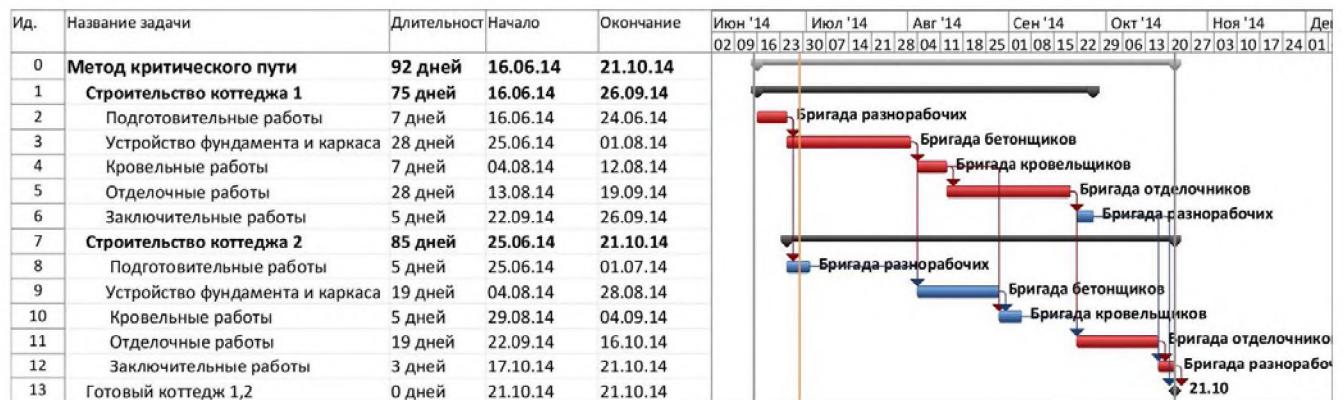


Рисунок 9 – График проекта по методу критического пути

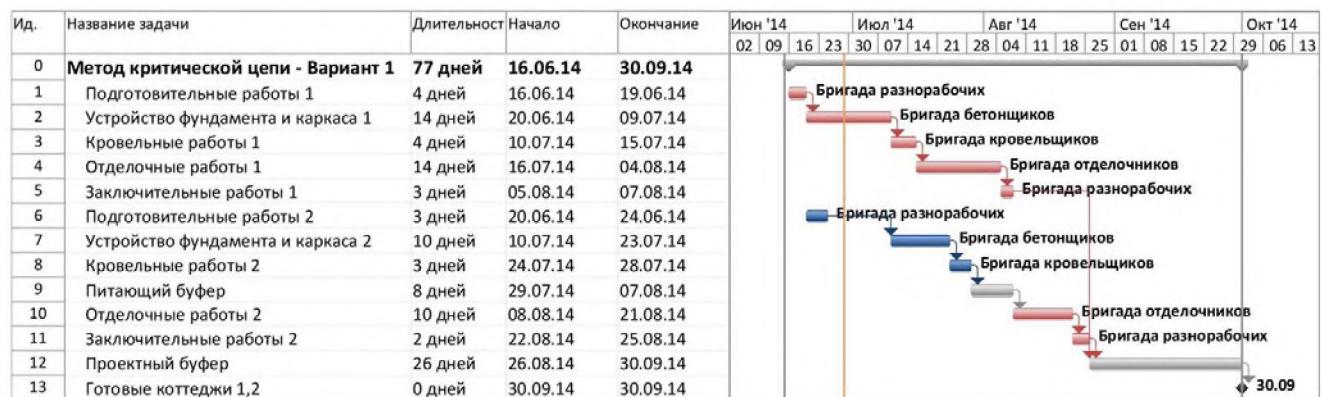


Рисунок 10 – График проекта по методу критической цепи – вариант 1



Рисунок 11 – График проекта по методу критической цепи – вариант 2

Разброс значений при сопоставлении трех графиков по методу критической цепи в зависимости от варианта устранения конфликта ресурсов не превышает 4%, что соотносится с мнением Э. Голдратта об ограниченности эффекта

оптимизации и позволяет при планировании использовать любую форму выравнивания ресурсов.

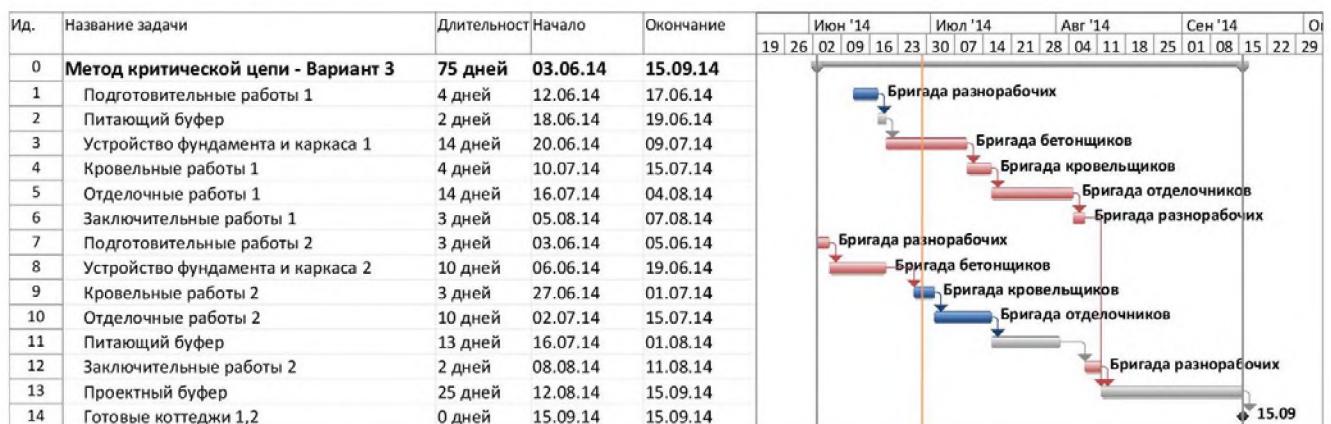


Рисунок 12 – График проекта по методу критической цепи – вариант 3

Результаты сравнения отображены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение графиков, сформированных по методу критического пути и критической цепи

Наименование	Кол-во дней
<b>Метод критического пути</b>	
До выравнивания ресурсов	75
После выравнивания (по двум вариантам - с помощью встроенной функции <i>MS Project</i> )	92
<b>Метод критической цепи</b>	
Выравнивание с помощью встроенной функции <i>MS Project</i> (вариант 1)	77
Выравнивание вручную (вариант 2)	74
Выравнивание вручную (вариант 3)	75
<b>Сопоставление графиков по методу критической цепи</b>	
Сравнение - вариант 1 / вариант 2	4%
Сравнение - вариант 2 / вариант 3	1%
Сравнение - вариант 3 / вариант 1	3%
Сравнение метода критического пути и метода критической цепи (по максимальным значениям)	16%

Прямое применение метода критической цепи к формированию календарного графика строительного проекта в целом показало положительные результаты.

Однако если рассматривать полученное расписание с точки зрения технологии, то обнаружится ряд неприемлемых фактов. В строительстве самым распространенным способом сокращения продолжительности работ при условии нормальной выработки бригады является увеличение ее численного состава. При этом такой шаг никак не скажется на длительности процессов, привязанных к технологическому поведению материалов. Например, время набора прочности бетона нельзя принудительно сократить вдвое, т.к. это приведет к недопустимому снижению качества конструкции. Пренебрежение этим фактом может спровоцировать несвоевременное окончание работ, вызванное необходимостью переделок некачественно выполненных работ.

Таким образом, вследствие сильных технологических зависимостей этапов строительства метод критической цепи не может применяться в буквальном виде и требует адаптации с учетом особенностей строительных процессов.

### **Выводы по второй главе:**

- 1) существующие методики календарного планирования, несмотря на их широкое и постоянное развитие, не обеспечивают полномерный учет рисков несвоевременного выполнения работ, что заставляет специалистов искать новые подходы;
- 2) альтернативный методу критического пути метод критической цепи Э.Голдратта, зарекомендовавший себя в области промышленного производства, а также управления проектами, однако не учитывающий особенностей строительного производства, а потому требующий адаптации для применения в этой сфере.

## ГЛАВА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ БАЗ ТРУДОЗАТРАТ РАБОЧИХ-СТРОИТЕЛЕЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА КРИТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

### **3.1 Актуализация производственных нормативов РФ**

В основе классического метода критической цепи лежат экспертные оценки продолжительности операций. Их использование – традиционный прием в зарубежном строительстве.

В российских условиях формирование календарного графика строительства, как правило, происходит на основании нормативных баз трудозатрат, таких как ЕНиР и ГЭСН, имеющих ряд латентных рисков, описанных в Главе 1. Их можно частично нейтрализовать, проведя процедуру актуализации производственных нормативов.

#### ***3.1.1 Основные характеристики нормативной базы ЕНиР***

Работа над созданием и совершенствованием базы ЕНиР проводилась в течение 50 лет сетью нормативно-исследовательских станций, собирающих данные с множества строительных площадок по всей стране.

Проектирование норм осуществлялось в соответствии с «Руководством по техническому нормированию труда рабочих в строительстве» и другими пособиями, выпущенными с целью развития данного документа, но с обязательным согласованием ВНИПИ труда в строительстве [52]. При этом все формы бланков, используемых в процессе нормирования, являлись унифицированными, и методика их заполнения была четко описана и закреплена, так же как и формы, и содержание сводных сборников норм (ЕНиР, ВНиР и др.).

Несмотря на такую длительную и всестороннюю проработку, база ЕНиР наряду с многочисленными достоинствами имеет и свои недостатки.

К достоинствам относятся:

- наличие технической части с подробным описанием нормалей процессов;

- наличие поправочных коэффициентов, позволяющих скорректировать норму в случае отклонения фактической нормали процесса от утвержденной;
- наличие информации о типовом составе звена, выполняющем работу;
- наличие дополнительной справочной информации об условиях, сопровождающих процесс (например, данные о делении грунтов на типы в сборнике Е2 «Земляные работы»), требованиях к качеству работ (например, данные о допускаемых отклонениях поверхностей, отделанных монолитной штукатуркой в сборнике Е8 «Отделочные покрытия строительных конструкций») и т.п.;
- наличие информации о применяемых машинах и механизмах, а также их технических характеристиках;
- раздельное представление данных о трудозатратах рабочих и времени работы машин;
- практически и методически обоснованные принципы формирования норм, основанные на применении формул статистической математики;
- единообразная форма представления данных;
- широкий охват нормируемых видов работ;
- высокий уровень точности норм в связи с их постоянным совершенствованием на протяжении длительного периода времени (более 50 лет);
- комплексный подход к формированию нормы, выражющийся в учете:
  - а) времени «на подготовительно-заключительные операции, в том числе на подготовку рабочего места и приведение его в порядок в конце смены, на получение материалов из приобъектных кладовых, на получение и подноску к месту работы инструментов и мелких приспособлений со сдачей их после окончания работ, на переходы в пределах одного объекта, связанные с переменой рабочих мест, на заправку и точку инструментов в процессе работы, на содержание в порядке приспособлений и машин, а также на получение заданий и сдачу выполненных работ мастеру или производителю работ» [55, с.6, п.10];

- б) времени на соблюдение установленных правил техники безопасности, а также на периодический отдых рабочих в течение смены [55, с.6-7, п.11];
- в) времени на перемещение материалов [55, с.7, п.12];
- г) зимних условий [55, с.7, п.13];
- д) сложных производственных условий [55, с.7, п.14].

В качестве недостатков базы ЕНиР можно выделить:

- сложное для восприятия построение данных;
- разрозненность информации о применении норм. База ЕНиР имеет общую часть, выпущенную в виде отдельного сборника. В ней описываются основные принципы построения и применения норм. Кроме того, каждый из 40 сборников (без учета деления на выпуски) имеет свою техническую (общую, вводную) часть, при этом она может находиться в начале самого документа (например, Сборник Е4. «Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций» – Выпуск 3. «Мосты и трубы»), а также раздела (например, Сборник Е3. «Каменные работы» – Раздел I. «Каменные конструкции зданий») или главы (например, Сборник Е1. «Внутрипостроечные транспортные работы» – Глава 1. «Механизированные транспортные работы»), и даже отдельного параграфа;
- большое количество коэффициентов для корректировки нормы в соответствии с фактическими условиями работы, информация о которых может находиться в разных частях сборника и базы (см. п.2);
- представление норм для конкретного типового звена с определенным квалификационным составом и отсутствие возможности корректировки нормы в случае его изменения, что зафиксировано в п.6 Общей части ЕНиР: «Выполнение работ рабочими не тех профессий и разрядов, которые указаны в параграфах ЕНиР и ВНиР, не может служить основанием для каких-либо изменений утвержденных норм и расценок» [55, с.5];
- регламентируемый срок действия утвержденных норм (5 лет) истек в 1991 г., но работа по их проверке, замене и совершенствованию остановлена, что

привело к устареванию ряда нормативов, а также отсутствию обоснованных производственных показателей на новые виды работ.

### ***3.1.2 Актуальные и неактуальные нормативы в базе ЕНиР***

Несмотря на п.5 предыдущего параграфа, нет оснований считать ЕНиР полностью устаревшими в связи с техническим прогрессом. Абсолютно утратившими свою актуальность можно признать только расценки рабочих, выраженные в рублях и копейках на принятый измеритель в связи с кардинальным изменением уровня цен, а также обновлением Единого тарифно-квалификационного справочника (ЕТКС).

Данные (нормы) ЕНиР можно разделить на 3 категории. Подобная классификация приводится в работе [108].

***Полностью неприменимые.*** К данной категории следует относить нормы, в которых задействованы машины и механизмы, в связи с появлением строительной техники нового поколения с более высокими показателями производительности и функциональности.

Например, башенные краны, характеристики которых на сегодняшний день становятся все более значительными. Так, краны *ALFA A 981-16* (Италия) имеют вылет крюка до 80 м и скорость подъема груза 80 м/мин. Существуют также краны со скоростью подъема груза до 122 м/мин (Башенный кран *POTAIN TOPLESS MDT 178* (Китай)). Тогда как краны, описываемые в ЕНиР (серия КБ), имеют максимальные значения по вылету стрелу и скорости подъема 50 м и 30 м/мин.

Однако если строительная компания использует технику из старого парка, то применение для расчета трудозатрат базы ЕНиР становится обоснованным.

***Частично применимые*** – нормы, из которых можно выделить отдельные операции, используемые в современном строительном производстве в составе технологически новых работ. Также к этой категории относятся комбинированные нормы, в которых задействованы и машинисты, и рабочие. Например, по §E4-1-1 «Установка фундаментных блоков или плит»

задействованы монтажники конструкций и машинист крана. Нормы для монтажников применимы для современного строительства. Нормы трудозатрат для машиниста актуальны только в том случае, если при строительстве используется кран, технические характеристики которого соответствуют механизмам, обозначенным в самой норме.

**Полностью применимые** – нормы на операции, которые технологически не изменились и используются в современном строительстве (как правило, это ручной труд, например, кладка кирпичной стены).

Для подтверждения положений, обозначенных выше, была проведена проверка базы ЕНиР на предмет выявления актуальных и неактуальных норм. Для этих целей в случайном порядке отобраны 3 сборника:

- Е3 «Каменные работы»;
- Е7 «Кровельные работы»;
- Е20 «Ремонтно-строительные работы» Выпуск 2 «Автомобильные дороги и искусственные сооружения».

В качестве исследуемых показателей приняты:

- общее количество норм трудозатрат рабочих и времени работы машин (расценки во внимание не принимались, т.к. являются абсолютно устаревшими) –  $N$ ;
- количество актуальных норм (упрощенный критерий актуальности – использование ручного труда без применения каких-либо машин или механизмов) –  $k$ ;
- количество неактуальных норм (вычисляется вычитанием актуальных норм из общего количества) –  $m$  (5);

$$m = N - k , \quad (5)$$

- количество комбинированных норм (выделяется из числа неактуальных норм по критерию одновременного использования ручного труда и машин) –  $m_0$ .

Результаты исследования отражены в таблице 5. Основные выводы по его итогам:

1) актуальных норм в выборке из трех ЕНиРов больше, чем неактуальных, на 8%. При этом для каждого отдельного сборника это соотношение индивидуально и зависит в большей степени от специфики описываемых работ;

Таблица 5 – Сводные результаты исследования по выявлению актуальных и неактуальных нормативов ЕНиР

<b>Наименование</b>	<b>Кол-во, шт.</b>	<b>Отношение к общему кол-ву нормативов</b>
<b>Исследуемые нормативы, из них:</b>	<b>1 057</b>	-
E3 Каменные работы	342	-
E7 Кровельные работы	119	-
E20 Ремонтно-строительные работы Выпуск 2 Автомобильные дороги и искусственные сооружения	596	-
<b>Актуальные нормативы, из них:</b>	<b>572</b>	<b>54%</b>
E3 Каменные работы	288	84%
E7 Кровельные работы	91	76%
E20 Ремонтно-строительные работы Выпуск 2 Автомобильные дороги и искусственные сооружения	193	32%
<b>Неактуальные нормативы, из них:</b>	<b>485</b>	<b>46%</b>
E3 Каменные работы	54	16%
E7 Кровельные работы	28	24%
E20 Ремонтно-строительные работы Выпуск 2 Автомобильные дороги и искусственные сооружения	403	68%
<b>Дополнительные исследования</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Отношение к кол-ву неактуальных нормативов</b>
<b>Количество комбинированных нормативов, из них</b>	<b>24</b>	<b>5%</b>
E3 Каменные работы	9	17%
E7 Кровельные работы	-	-
E20 Ремонтно-строительные работы Выпуск 2 Автомобильные дороги и искусственные сооружения	15	4%

2) гипотезу о степени актуальности сборника можно вывести на основании его названия, где находятся первичные сведения о содержащихся в нем нормативах. Так, например, в сборнике Е1 «Внутрипостроечные транспортные работы», вероятнее всего, неактуальных норм будет больше по причине прямого указания в названии на механический характер работ. А в сборнике Е8

«Отделочные покрытия строительных конструкций», напротив, подавляющее количество нормативов является актуальными, т.к. отделочные работы предполагают использование ручного труда;

3) из некоторых неактуальных нормативов можно выделить часть, которая еще действует. Это утверждение относится к нормам, в которых задействованы механизмы с параллельным использованием ручного труда. Например, работа Е20-2-9 «Скашивание травы в водоотводных канавах и на обрезах» выполняется ленточной сенокосилкой с тягой трактором МТЗ-50, управляемой трактористом, при этом в процессе участвует и дорожный рабочий, норматив трудозатрат которого нельзя считать устаревшим.

### ***3.1.3 Типовой состав сборников ЕНиР***

Типовой состав сборника ЕНиР представлен на рисунке 13, где:

- 1-С условный номер сборника ЕНиР;
- 2-С наименование сборника ЕНиР;
- 3-С номер выпуска (в случае разделения сборника на выпуски; может отсутствовать);
- 4-С наименование выпуска (в случае разделения сборника на выпуски; может отсутствовать);
- 5-С информационные данные (указываются общие сведения о выпуске сборника: разработчики, исполнители, утверждающий орган);
- 6-С вводная часть (указывается информация о существенных условиях применения сборника);
- 7-С номер раздела/главы; наименование раздела/главы (в случае деления сборника на разделы и/или главы; может отсутствовать);
- 8-С техническая часть (описываются существенные условия применения норм раздела/главы; может отсутствовать);
- 9-С номер параграфа; наименование параграфа.

**ЕДИНЫЕ НОРМЫ И РАСЦЕНКИ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ, МОНТАЖНЫЕ И  
РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

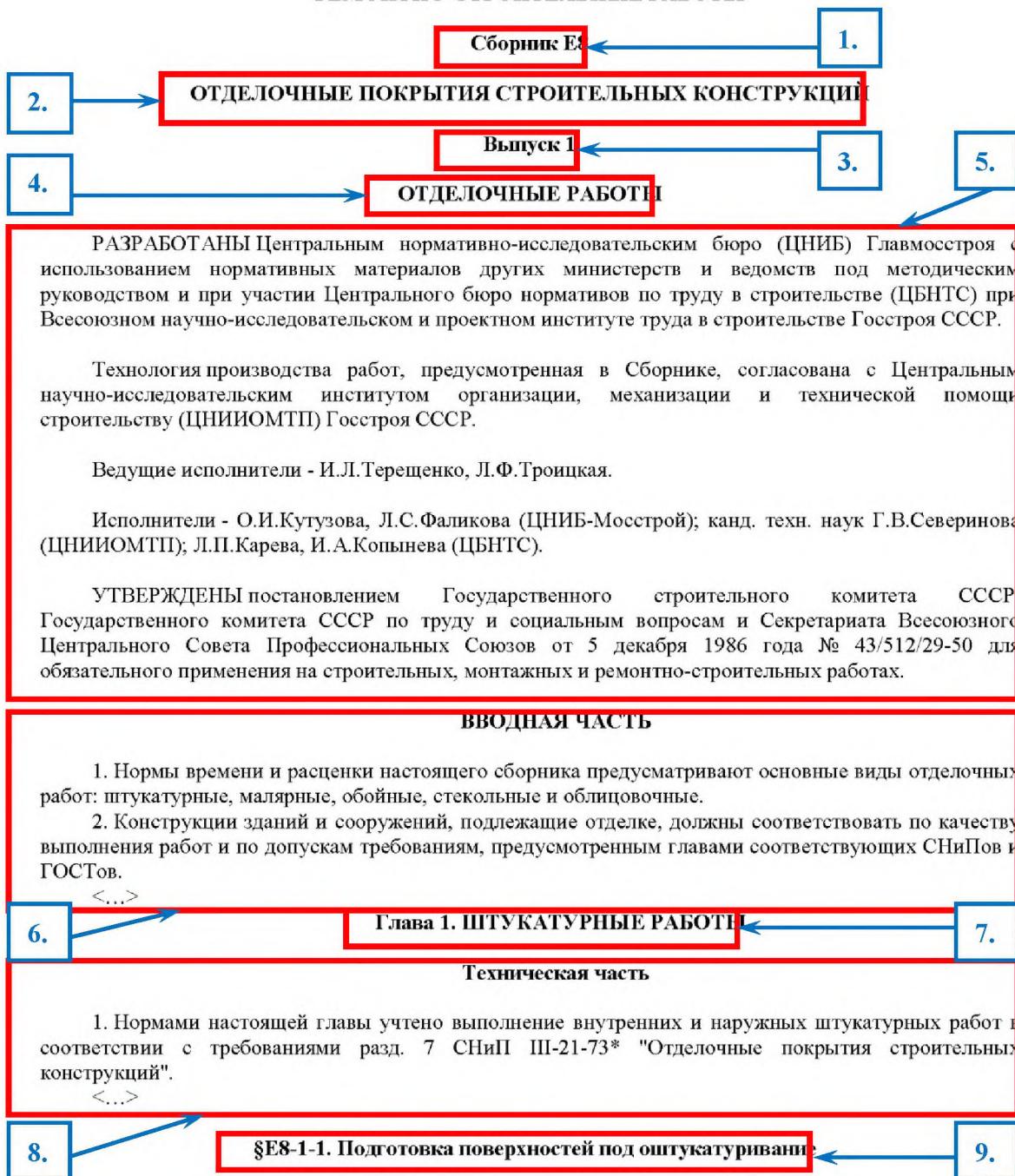


Рисунок 13 – Типовой состав сборника ЕНиР

Типовые формы параграфов норм ЕНиР представлены на рисунках 14, 15, 16, 17.

В параграф нормы ЕНиР могут входить следующие пункты:

1-П номер параграфа; наименование параграфа, содержащее сведения о виде нормируемых работ;

2-П указания по применению норм, в которых описываются существенные условия применения норм из параграфа. Кроме того, пункт может содержать информацию о технических характеристиках основных применяемых механизмов, а также требования к качеству продукции. Пункт может отсутствовать полностью, если норма достаточно проста и не требует каких-либо пояснений, либо пояснения уже даны в вышестоящих параграфах;

3-П состав звена (рекомендуемый; в соответствии с ЕТКС работ и профессий рабочих: вып. 3 [55, с.5, п.6]);

4-П состав работы (перечень рабочих операций, учитываемых нормой);

5-П измеритель работы (единица, на которую рассчитана норма);

6-П норма времени рабочего (чел.-ч в расчете на принятый измеритель);

7-П расценка рабочего (руб. и коп. в расчете на принятый измеритель);

**§Е3-7. Кладка простых стен из сплошных продольных полнотелых половинок бетонных камней с облицовкой кирпичом**

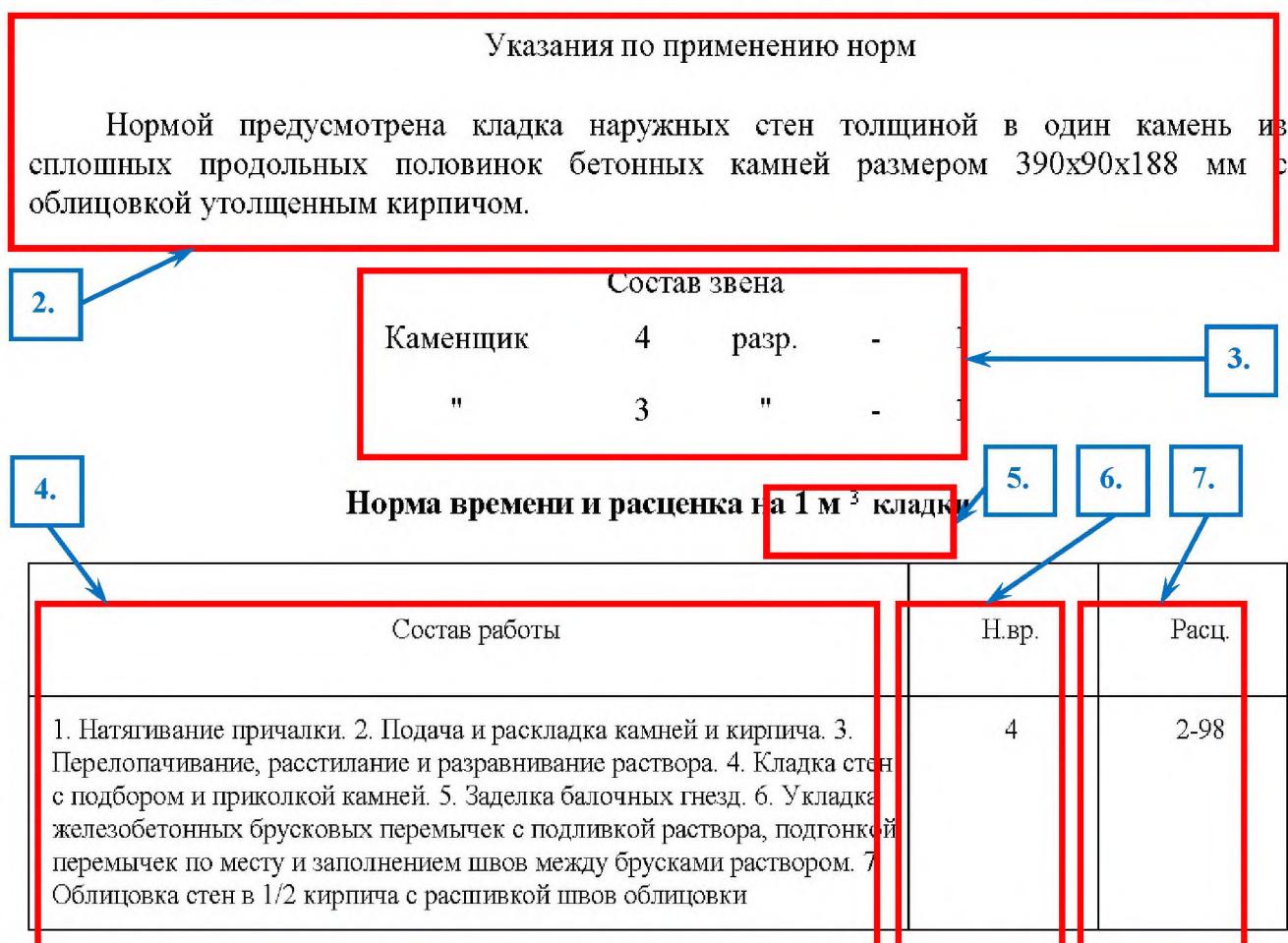


Рисунок 14 – Типовая форма параграфа норм ЕНиР

2.

**§ Е3-8. Кладка стен из пустотелых керамических камней с облицовкой кирпичом**

1.

**Указания по применению норм**

Нормами предусмотрена кладка наружных стен из керамических камней размером 250x120x138 мм с облицовкой одинарным или утолщенным кирпичом. Отклонения в размерах и положении кладки из керамических камней от проектных принимаются, как и для кирпичной кладки (см. табл. 1 § Е3-3).

Таблица 1

Профессия и разряд рабочих	Сложность стен	
	простые и средней сложности	сложные
Каменщик 5 разр.	-	1
" 4 "	1	-
" 3 "	1	1

4.

**Состав работы**

1. Натягивание причалки. 2. Подача и раскладка камней и кирпича. 3. Перелопачивание, расстилание и разравнивание раствора. 4. Подбор лицевого кирпича. 5. Кладка стен с облицовкой в 1/2 кирпича, с выкладкой всех усложнений кладки, подбором, околкой и отеской кирпича и керамических камней. 6. Заделка балочных гнезд. 7. Расшивка швов облицовки.

Таблица 2

Толщина стен, мм	Сложность стен		№
	простые и средней сложности	сложные	
510	6. 3,6 6. 2-68 10. 3,1 10. 2-31	6. 4,3 6. 3-46 7. 3,6 7. 2-90	1
640	7. a	7. b	2

Примечание. При кладке стен из пустотелых керамических камней без облицовки кирпичом Н.вр. и Расц. умножать на 0,85 (ПР-1)

11.

Рисунок 15 – Типовая форма параграфа норм ЕНиР

## §Е2-1-5. Срезка растительного слоя бульдозерами

2.

1.

Техническую характеристику бульдозеров см. в §Е2-1-22.

### Указания по применению норм

Нормами учтена срезка грунта при отсутствии корней кустарника за один-два прохода по одному следу на глубину до 15 см; при наличии корней кустарника и деревьев - за два-три прохода по одному следу на общую глубину до 25 см.

Ширина участка расчистки принята до 30 м. Уборка грунта с границ участка при необходимости нормируется отдельно в зависимости от способа уборки.

### Состав работы

1. Приведение агрегата в рабочее положение. 2. Срезка грунта. 3. Подъем и опускание отвала. 4. Возвращение порожняком.

4.

Машинист б разр.

3.

8.

Нормы времени и расценки на 1000 м<sup>2</sup> очищенной поверхности

5.

Марка трактора	Марка бульдозера	Группа грунта	1		2		3		4		5	
			I	II	1	2	3	4	5	N		
T-100	ДЗ-8 (Д-271А)	6.	0,84 (0,84)	1,8 (1,8)	7.	1-91	1,5 (1,5)	1-59	1,4 (1,4)	1-48	1,3 (1,3)	1-38
	Д-259, ДЗ-18 (Д-493А)	12.	0-89	0-73,1	6.	0-69 (0,69)	0-70	0-63,6	0-50,9	7.	1-17	1-11
T-130	ДЗ-28 (Д-533)	6.	0,66 (0,66)	1,4 (1,4)	7.	1-48	1-38	1,1 (1,1)	1-17	7.	1-11	1-11
	ДЗ-24А (Д-521А), ДЗ-35С (Д-575С), ДЗ-9 (Д-275А)	12.	0-6 (0,6)	0-63,6	6.	0-63,6	0-50,9	0-48 (0,48)	0-48 (0,48)	7.	1-17	1-11
	ДЗ-25 (Д-522), Д-290	12.	0-50,9	a	10.	b	11.					

Примечание. В нормах и расценках предусмотрена работа бульдозеров в грунтах природной влажности. При работе бульдозеров в переувлажненных грунтах, в которых буксуют или вязнут гусеницы тракторов, Н. вр. и Расц. умножать на 1,15 (ПР-1).

Рисунок 16 – Типовая форма параграфа норм ЕНиР

**§Е2-1-6. Срезка растительного слоя грейдерами**

Таблица 1.

Наименование показателя	Единица измерения	Марка автогрейдера				Марка прицепного грейдера
		ДЗ-99 (Д-710Б)	ДЗ-31-1 (Д-557-1)	ДЗ-14 (Д-395А)	ДЗ-98	
Длина отвала	м	3,04	3,7	3,7	3,7	3,7
Высота отвала	"	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5
Глубина резания	"	0,2	0,25	0,5	0,5	0,3
Радиус поворота	"	11	15	18	18	-
Мощность двигателя	кВт (л.с.)	66 (90)	99 (135)	121 (165)	184 (250)	79 (107)
Масса грейдера	т	9,7	12,40	17,4	19,5	4,36

**Состав работы**

1. Приведение грейдера в рабочее положение.
2. Срезка грунта на глубину до 15 см.
3. Перемещение грунта к краю расчищаемой полосы.
4. Подъем и опускание ножа грейдера.
5. Повороты в конце рабочих ходов.

Нормы времени и расценки на 1000 м <sup>2</sup> очищенной поверхности		Таблица 2.	
Тип грейдера	Марка грейдера	Профессия и разряд рабочих	N
Автогрейдеры	ДЗ-99 (Д-710Б)	3. Н. вр. Расц.	9.
	ДЗ-31-1 (Д-557-1)	2.9 (2,9) 3-07 2.7 (2,7) 2-86 2.3 (2,3) 2-44 2.3 (2,3) 2-97 6.4 (3,2) 6-30	1 2 3 4 5
	ДЗ-14 (Д-395А)	12. 6. 12. 6. 12. 6. 12. 6. 12. 6.	
	ДЗ-98	12. 7. 12. 7. 12. 7. 12. 7. 12. 7.	
Тяжелый прицепной грейдер на тракторе Т-100	ДЗ-1 (Д-20Б)	Машинист 5 разр. Тракторист 6 разр. - 1	

Рисунок 17 – Типовая форма параграфа норм ЕНиР

8-П виды, типы, основные параметры конструкции, используемого механизма, определяющие выбор применяемой нормы (может отсутствовать в случае простой нормы);

9-П номер строки таблицы (может отсутствовать – в односторонних таблицах представления данных);

10-П номер столбца таблицы (может отсутствовать – в случае представления данных одним столбцом);

11-П примечание, где приводятся дополнительные сведения о применении нормы (может отсутствовать, если норма не требует дополнительных пояснений);

12-П норма времени работы машин и механизмов (маш.-ч в расчете на принятый измеритель; может отсутствовать в случае нормирования процесса, в котором не задействованы машины и механизмы).

Таким образом, каждый параграф ЕНиР имеет обязательные (п.1, 3, 4, 5, 6, 7) и факультативные (п.2, 8, 9, 10, 11, 12) составляющие. К полям, лежащим в основе актуализации, относятся:

1-П наименование параграфа – позволяет идентифицировать актуализируемый процесс;

2-П указания по применению норм – позволяют выявить факторы, влияющие на степень актуальности нормы (например, в части технического описания учтенного механизма);

3-П состав звена – подлежит пересмотру с точки зрения квалификационного состава в соответствии с действующим ЕТКС; однако на саму норму трудозатрат в расчете на 1 рабочего не влияет;

4-П состав работы – аналогично п.2 – позволяет выявить факторы, влияющие на степень актуальности нормы;

6-П норма времени рабочего – непосредственно актуализируемый показатель, влияющий на продолжительность работы при проектировании календарного плана;

8-П виды, типы, основные параметры конструкции, используемого механизма – аналогично п.2, 4 – позволяет выявить факторы, влияющие на степень актуальности нормы;

11-П примечание – аналогично п.2, 4, 8 – позволяет выявить факторы, влияющие на степень актуальности нормы;

12-П норма времени работы машин и механизмов – аналогично п.6 – непосредственно актуализируемый показатель, влияющий на продолжительность работы при проектировании календарного плана, но применительно к времени работы машин и механизмов, а также рабочих, сопровождающих их функционирование.

П.5-П (измеритель работы), п.9-П (номер строки таблицы), п.10-П (номер столбца таблицы) на степень актуальности нормы не влияют. П.7-П (расценка рабочего) утратила актуальность в полном объеме.

### *3.1.4 Методика актуализации норм ЕНиР*

#### Этап 1. Идентификация выполняемых операций.

На первом этапе заинтересованный субъект (заказчик, подрядчик, иное лицо) определяет перечень операций, подлежащих нормированию, а также условия, в которых они предположительно будут выполняться.

#### Этап 2. Идентификация норм ЕНиР.

Из сборников ЕНиР версии 1986 г. выбираются те нормы, которые в максимальной степени соответствуют операциям, определенным на этапе 1, с учетом всех поправочных коэффициентов на условия работ, продекларированных в Общей части, Технической части сборника, выпуска, раздела, параграфа, а также примечаниях к параграфу. На этапе 2 используются п.1-П, 2-П, 11-П, 6-С, 8-С.

#### Этап 3. Идентификация действующих норм.

Из числа норм, определенных на этапе 2, выделяются полностью применимые.

Критериями применимости являются:

1) выполнение операций вручную; без задействования строительных машин и средств малой механизации, что определяется путем изучения состава работ (п.4-П), состава звена (п.3-П), а также п.8-П;

2) выполнение операций с использованием материалов, аналогичных по своим качественным характеристикам материалам, определенным в норме (используются п.1-П, 2-П, 4-П, 8-П, 11-П, 6-С, 8-С);

3) выполнение операций с использованием строительных машин и средств малой механизации, аналогичных по своим техническим характеристикам машинам, определенным в норме (используются п.1-П, 2-П, 4-П, 8-П, 11-П, 6-С, 8-С).

Условия 1-2 и 2-3 должны реализоваться одновременно. Условия 1-3 не зависят друг от друга. Соответствие нормы этим критериям обеспечивает ее полную достоверность и применимость.

#### Этап 4. Идентификация частично действующих норм.

Из числа норм, определенных на этапе 2, выделяются частично применимые.

Критерием отбора является одновременное выполнение трех условий:

1. использование механизма, сильно превышающего по своим техническим параметрам параметры механизма, описываемого в норме ЕНиР;

2. норма включает в себя операции, выполняемые вручную, в с помощью механизма;

3. выполнение операций с использованием материалов, аналогичных по своим качественным характеристикам материалам, определенным в норме (аналогично п.2 этапа 3).

#### Этап 5. Корректировка частично действующих норм.

Нормы, идентифицированные, как «частично применимые», подлежат корректировке. При этом трудозатраты рабочих можно считать актуальными и брать в расчет.

Ко времени работы ведущего механизма и машиниста необходимо применить поправочный коэффициент, рассчитываемый по формуле (6):

$$K = \sum_{ij=1}^n \frac{a_i}{b_j} \times \varphi, \quad (6)$$

где  $K$  – искомый поправочный коэффициент;

$a_i$  – определяющая характеристика реально применяемой машины/механизма;

$b_j$  – определяющая характеристика машины/механизма, описанной в норме ЕНиР;

$\varphi$  – весовой коэффициент определяющей характеристики, задаваемый эксперто.

Пояснение: определяющих характеристик может быть несколько, например, у бульдозера ими можно считать объем ковша и скорость перемещения земли; у крана – вылет стрелы, грузоподъемность, скорость подъема груза и т.п.

#### Этап 6. Замена недействующих норм.

Нормы, оставшиеся после проведения исследования по этапу 3, этапу 4 и этапу 5, следует признавать недействующими. Основными признаками устаревания нормы являются:

- использование материалов, которые по своим свойствам и технологии применения сильно отличаются от описанных;
- использование механизмов, время работы которых невозможно скорректировать.

Нормы, признанные недействующими, следует заменить подходящей нормой из другого справочника производственных нормативов либо, в случае отсутствия таковой, провести нормативное исследование рабочего процесса в соответствии с установленными методами технического нормирования.

Блок-схема методики актуализации норм ЕНиР представлена на рисунке 18.

Применение данного алгоритма в контексте расчета трудозатрат строительства коттеджа общей площадью 245 кв.м дало следующие результаты: трудозатраты по объекту без актуализации составили 6 804,95 чел-ч; с актуализацией – 6 799,59 чел-ч. Разница составила 0,08%. Данное различие можно считать несущественным. Это объясняется тем, что при строительстве небольших

сооружений, таких как коттедж, доля механизированных процессов мала, а устаревание нормативов связано в большей степени с развитием техники.

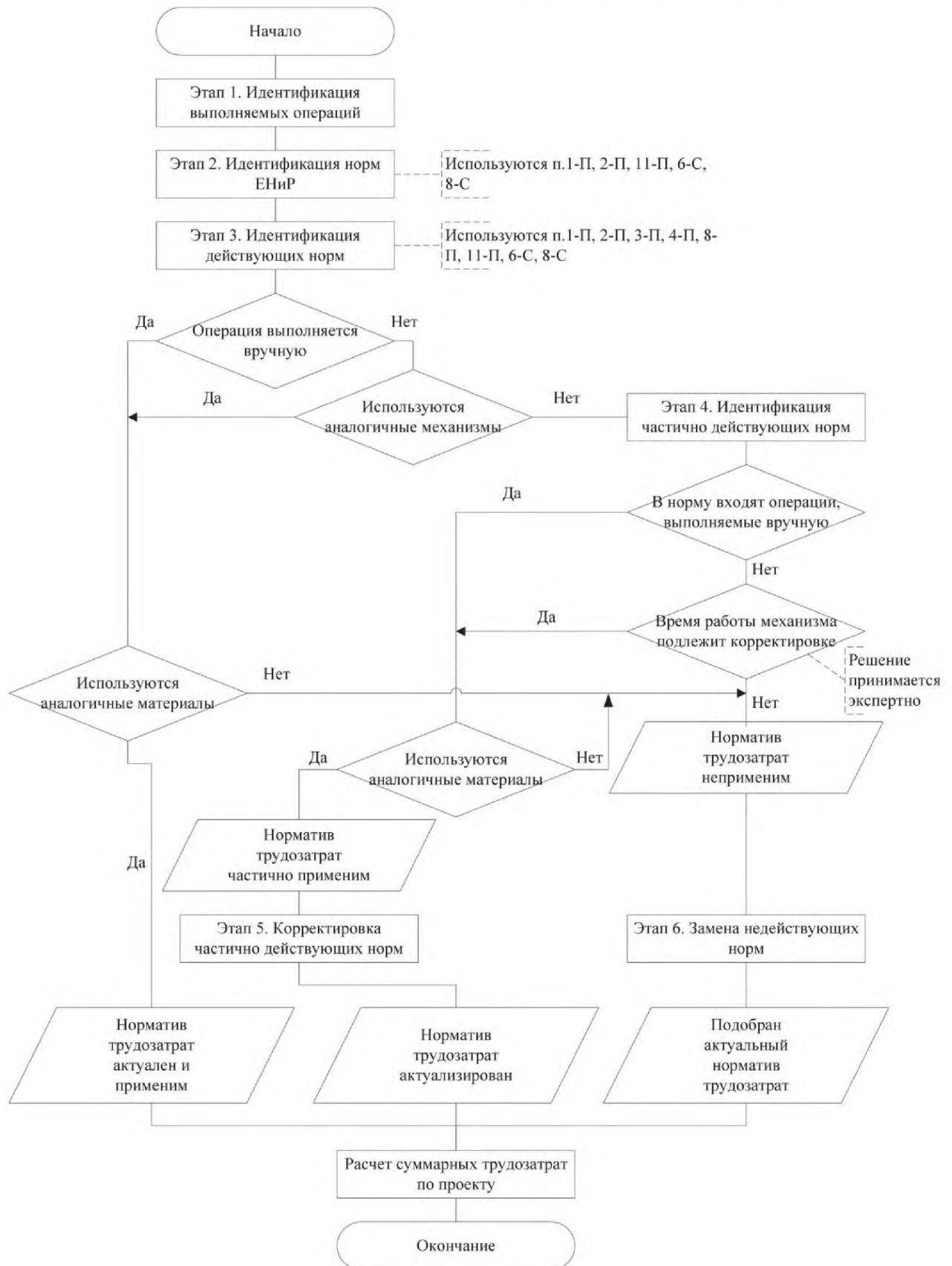


Рисунок 18 – Схема алгоритма актуализации нормативной базы ЕНиР

При расчете продолжительности возведения крупных и технически сложных объектов проведение актуализации базы ЕНиР по предложенному алгоритму позволит повысить точность разрабатываемого календарного графика.

### **3.2 Анализ зарубежных нормативов трудозатрат**

Отечественная практика строительства не ограничивает использование нормативных баз исключительно российскими документами. Кроме того, государство не ставит барьеров по участию иностранных компаний в развитии строительной отрасли, особенно учитывая расширяющийся процесс глобализации.

На протяжении последних нескольких лет в России проводится работа по сопоставлению и гармонизации существующей национальной системы проектного нормирования с европейскими стандартами под названием Еврокоды. Имеются специальные программы подготовки специалистов по применению европейских стандартов. Например, такая система разработана в Московском государственном строительном университете. Она подробно описана в статье [109].

Еврокоды представляют собой свод технических правил проектирования, а работа над ними осуществляется с 1975 г. Европейским комитетом по стандартизации (CEN) [110]. Считается, что к созданию системы Еврокодов Европу подтолкнул положительный пример СССР, где в 70-е гг. производство строительных работ происходило на основе единой нормативной базы, состоящей из ГОСТов и СНиПов [111]. При этом главное отличие Еврокодов в том, что они не определяют конкретные технологические приемы и решения при производстве строительных работ, а только ставят конечные цели, т.е. задают требуемые параметры конструкций и показатели качества. Однако в Еврокодах всё же заложен механизм учета особенностей отдельных стран (климатических, производственных, социальных и т.п.), предусматривающий создание соответствующих национальных приложений. С 2010 г. использование

Еврокодов стало обязательным для всех стран Евросоюза, и они должны заменить национальные стандарты в области строительного проектирования всех стран-членов ЕС [110, 112].

Техническое регулирование строительной отрасли в России основано на применении технических регламентов, определяющих перечень национальных стандартов и сводов правил, используемых в обязательном порядке. Остальной же перечень документов в области стандартизации применяется на добровольной основе. При этом разработка новых национальных стандартов и сводов правил ведется с учетом политики гармонизации российских и европейских норм. Так, например, в 2010 г. выпущены два документа, являющиеся аналогами Еврокодов: ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования» и СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» (актуализация СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия») [110]. Из этого следует, что Россия и ЕС стремятся к единой системе технического регулирования в строительстве.

Очевидно, что такая единая система технического регулирования вместе со вступлением России в ВТО способствует широкому проникновению зарубежных компаний на строительный рынок, в т.ч. и через участие в тендерах, конкурсах и аукционах на выполнение работ. При этом компании при подготовке документации будут стремиться использовать нормы, принятые в той стране, представителем которой являются. В аналогичной ситуации могут оказаться и российские фирмы при выходе на зарубежные строительные рынки.

Расчеты трудозатрат при формировании графика строительства, входящего в обязательном порядке не только в проекты организации строительства, но и в проекты производства работ и технологические карты, могут производиться с применением разных документов, что неизбежно приводит к отличающимся результатам при определении длительности проекта. Поэтому вопрос о соотношении отечественных и иностранных норм затрат труда в строительстве является актуальной задачей.

Зарубежные нормативные базы отличаются большим разнообразием. Очень важно отметить, что при их разработке используется принципиально другой подход. В СССР все нормы проектировались и вводились директивно на уровне государства и были обязательны для применения. В современной России нормы также вводятся государством, но во многих случаях носят рекомендательный характер.

За рубежом разработка стоимостных показателей и показателей трудозатрат – это отдельный вид коммерческой деятельности. Выпускаемые сборники цен применяются на добровольной основе и не требуют утверждения и введения в действие через официальные государственные инстанции.

В каждой стране имеется несколько крупных организаций, занимающихся формированием сборников со своей установленной периодичностью (но не реже, чем 1 раз в год). Так в Великобритании это компании *BCIS* (сборник *Comprehensive Building Price Book* и др.), *Davis Langdon an AECOM Company* (сборники *Spon's Price Books*), *Technical Indexes Ltd* (сборники *Wessex*); в США – *Compass International* (сборник *Global Construction Costs Yearbook* и др.) и *RSMeans* (*Building Construction Cost Data Book* и др.); во Франции – *Groupe Moniteur* (сборник *Le coût des travaux de bâtiment* и др.), в Польше – *Koel-Agimag* (система *NORMA*) и т.д. [113, 114, 115]

Для дальнейшего рассмотрения и сравнения норм остановимся на продуктах компании *RSMeans*, которая является крупной коммерческой организацией США, специализирующейся на разработке и выпуске сборников стоимостных показателей строительства, при чем, как единичных и элементных, так и укрупненных, а также различного вида справочных и методических пособий. Данная фирма осуществляет свою деятельность уже на протяжении 70 лет [116].

Сборник *RSMeans Building Construction Cost Data* (Стоимостные показатели для гражданского строительства) выпускается ежегодно и содержит информацию о звене, выполняющем работу (даные представлены в виде кода, расшифровка которого производится в справочной части сборника); сменной выработке (объем

работы для звена рабочих в расчете на 1 рабочую смену продолжительностью 8 часов); затратах труда (чел.-ч на единицу продукции); прямых затратах на материалы, заработную плату рабочих, машины и оборудование (на единицу продукции); стоимости единицы продукции, включая накладные расходы и прибыль. Кроме того, в справочной части сборника можно найти данные о рекомендуемых коэффициентах на учет условий работ (в т.ч. коэффициент на место проведения работ), уровне общепроектных накладных расходов и прибыли, затрат на проектирование и т.п. Общая структура представления данных в сборниках *RSMeans* представлена в таблице 6.

Основное назначение сборника *RSMeans Building Construction Cost Data* – формирование стоимости строительства, поэтому сведения о трудозатратах по видам работ носят информационный характер. В этом проявляется его сходство с российской сметно-нормативной базой, а в частности с нормами ФЕР. Отличительной чертой сборника компании *RSMeans* от аналогичных документов является полное отсутствие технической части, описания требований к качеству конечной продукции. Методика и подходы к разработке расценок авторами сборника не раскрываются. Говорится только о том, что первичные исходные данные получаются со строительных площадок [117].

Нормы затрат труда рабочих (показатели производительности труда) являются усредненными показателями и отражают нормальные, типичные условия производства работ. Они не учитывают возможных случайных колебаний (воздействий), не характерных для нормального ведения работ.

Для дальнейшего исследования необходимо отметить, что понятие «норма» в случае сборника *RSMeans Building Construction Cost Data* не совсем применимо, т.к. фактически в нем собраны «стоимостные показатели». Но, принимая во внимание условность термина «норма», для упрощения сопоставления понятие «показателя» заменим им.

Французская группа компаний *Groupe Moniteur* выпускает сборник *Le coût des travaux de bâtiment* (Стоимость работ в строительстве). Он предназначен,

прежде всего, для определения стоимости проекта на первой стадии инвестиционного процесса и представляет собой набор укрупненных расценок.

Таблица 6 – Структура представления данных в сборнике *RSMeans Building Construction Cost Data*

<i>Line Number</i>	<i>Description</i>	<i>Unit</i>	<i>Crew</i>	<i>Daily Output</i>	<i>Labor Hours</i>	<i>Bare Material</i>	<i>Bare Labor</i>	<i>Bare Equipment</i>	<i>Bare Total</i>	<i>Total O&amp;P</i>
	Наименование строительного процесса	Единица измерения	Состав звена (в виде кода, расшифровка которого приводится в специальной части справочника)	Дневная выработка звена (из расчета продолжительности смены – 8 часов)	Трудозатраты (чел.-ч в расчете на единицу измерения)	Прямые затраты на материал	Прямые затраты на оплату труда рабочих	Прямые затраты на оборудование	Общие прямые затраты	Всего, включая накладные расходы и прибыль
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Сборник включает в себя 2 тома – новое строительство и реконструкция (ремонт). Он выпускается ежегодно с 2008 г. В нем приведены цены по каждому элементному виду работ, показатели затрат труда, необходимые для их выполнения, а также показатели издержек по расходным статьям (вспомогательные материалы, приспособления, инструмент и т.д.). Структура представления данных (по информации работы [118]) отражена в таблице 7.

Фактором, отличающим французский сборник от американского, является наличие краткой технической части с описанием работ и указанием некоторых специфических особенностей производственного процесса. Тем не менее, данная база расценок, так же как и *RSMeans*, является аналогом отечественной сметной базы 2001 г., а именно норм ФЕР, т.е. имеют экономический характер, а не производственный.

Методика получения выходных данных во французском сборнике также не раскрывается. [119, 120]

Т.к. *Le coût des travaux de bâtiment* содержит укрупненные расценки, составы звеньев в нем не приводятся, затраты труда машинистов в рабочем времени звена рабочих не учитывается, применяемые механизмы не указываются.

Таблица 7 – Структура представления данных в сборнике *Le coût des travaux de bâtiment*

Код цены по базе <i>Batiprix</i>					Показатель цены в евро на укрупненный измеритель				
Наименование вида работы или строительной конструкции, состав работы									
Код элементной работы	Измеритель элементной работы	Наименование элементной работы	Количество	Цена продажи индиктивная		Расход средств производства		Время	
				Элементная	Всего (4 x 5)	Элементный	Всего (4 x 7)	Элементное	Всего (4 x 9)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Сопоставление отечественных, американских и французских нормативов широко проведено в работе А.А. Солина [118]. Данные вынесены в Приложение Б. Результаты сравнения сведены в таблицу 8.

За основу сравнения принята СНБ-1984 (сметно-нормативная база 1984 г., в основе которой лежала база производственных нормативов ЕНиР). Положительные значения интерпретируются, как превышение сравниваемого показателя трудозатрат по отношению к основному, т.е. работа считается более трудоемкой и требует больше времени.

Отрицательные значения интерпретируются, как превышение основного показателя по отношению к сравниваемому, т.е. работа по сравниваемой базе является менее трудоемкой.

Выборка включает в себя 29 процессов. По итогам анализа показателей можно сделать следующие заключения:

– показатели СНБ-2001, в основе которых лежит база ГЭСН, в 100% случаев превышают показатели СНБ-1984. Как упоминалось в разделе 1.2, такая ситуация является абсурдной, т.к. технический прогресс в виде усовершенствования техники и технологий должен проявлять себя диаметрально противоположно;

Таблица 8 – Результаты сопоставления российских, американских и французских нормативов

<b>СНБ 2001 (ГЭСН)</b>	<b><i>Le coût des travaux de bâtiment</i></b>	<b>RSMEANS</b>
18%	-	3%
19%	98%	4%
18%	-	-9%
19%	67%	-9%
18%	-	-25%
19%	68%	-24%
18%	-	-42%
19%	-	-39%
57%	-	47%
57%	-	63%
36%	-	64%
36%	-	81%
36%	-	59%
36%	-	77%
35%	-	11%
35%	-	23%
28%	-	28%
28%	-	45%
35%	-	40%
35%	-	75%
35%	-	40%
35%	-	58%
33%	-	0%
33%	-	25%
10%	-	61%
9%	-	74%
9%	-	74%
7%	-	19%
29%	12%	92%

– показатели французского сборника в 100% случаев превышают показатели СНБ-1984. Они, аналогично СНБ-2001, разработаны намного позднее, т.е. в соответствии с общей логикой должны быть более напряженными;

– показатели американского сборника в 75% случаев превышают показатели СНБ-1984. Оставшиеся 25% норм – более напряженные. Снижение трудозатрат зафиксировано на работах по устройству монолитного ленточного фундамента шириной более 0,5 м. Это можно объяснить более совершенными методами производства работ. Тем не менее, 75% норм относится к механизированным земляным работам и к устройству кирпичной кладки, которое производится вручную, что также не соответствует общей логике.

В качестве объяснения причин результатов, полученных выше, можно принять утверждения работ [119] и [120] о том, что нормы времени в СССР устанавливались на уровне, превышающим фактические и тем более необходимые затраты труда, чтобы стимулировать рабочих к повышению производительности. Но в таком случае возникает противоречие с Руководством [52], в котором заявлялось о расчете именно усредненных фактических показателях трудозатрат.

Интересен опыт финской ассоциации «Строительная индустрия», силами которой созданы нормы *RATU*, представляющие собой картотеку системы стандартизации [121]. Они выполнены в виде технологических карт на строительные работы с детальным описанием производимых операций. Кроме того, нормы *RATU* содержат информацию о затратах труда (укрупненно и пооперационно с указанием влияния переменных факторов), рекомендуемом составе звена, необходимых документах и планах, требуемых материалах (с указанием расхода), машинах и оборудовании, технике безопасности, мероприятиях по обеспечению качества, а также особые инструкции и указания.

Данные по трудозатратам и расходу материалов разбиты в соответствии с финляндской системой классификации строительных работ *Talo90* [122, 123].

Карты *RATU* носят производственно-технологический характер, а сбор данных для них ведется с 70-х гг. силами специалистов ряда крупнейших

строительных компаний Финляндии. Обработка полученной информации началась только в 1990 г. [122].

На сегодняшний день картотека *RATU* включает в себя более 3774 карт-страниц по всем строительным специальностям и направлениям, включая Руководства *RATU* – 1197 страниц; *RATU*-дом – 725 страниц; *RATU*-ремонт – 608 страниц; *RATU*-техника – 218 страниц; инструкции по планированию и прочую информацию – 1026 страниц.

По мере развития техники и технологий картотека совершенствуется – устаревшие нормы заменяются новыми (но без установленной периодичности), при этом все нормы *RATU* переведены на русский язык [124].

В сборе исходных данных ежегодно задействовано несколько десятков строительных компаний и стройплощадок, и, таким образом, постоянно появляются новые данные о трудозатратах и расходах материалов, или обновляются ранее представленные.

Участвующие в исследовании компании и стройплощадки находятся в нескольких районах Финляндии и имеют разный масштаб – от крупных предприятий до малых.

Каждая норма вычисляется на основании данных, полученных не менее чем с 10 объектов. При этом ее погрешность не превышает 10% [122].

Сравнение единичных показателей *RATU* и ЕНиР представлено в Приложении В. Результаты сведены в таблицу 9.

Выборка включает в себя 29 показателей. Произведенный анализ выявил:

- в 66% случаев нормы *RATU* более напряженные, чем ЕНиР. Это соответствует общему представлению о влиянии технического прогресса на производительность труда рабочих;

Таблица 9 – Результаты сравнения показателей ЕНиР и *RATU*

Показатель ЕНиР, чел-ч/ед.изм.	Показатель <i>RATU</i> , чел-ч/ед.изм.	Соотношение показателей
0,03	0,01	-73,08%
0,11	0,07	-38,60%
0,04	0,04	-7,89%

*Продолжение таблицы 9*

<b>Показатель ЕНиР, чел-ч/ед.изм.</b>	<b>Показатель RATU, чел-ч/ед.изм.</b>	<b>Соотношение показателей</b>
0,15	0,07	-55,33%
0,05	0,03	-32,00%
0,34	0,27	-20,59%
0,16	0,27	68,75%
0,37	0,28	-24,32%
0,15	0,30	100,00%
24,50	13,00	-46,94%
13,50	5,50	-59,26%
0,18	0,33	83,33%
0,18	0,20	11,11%
1,60	0,34	-78,75%
1,30	0,21	-83,85%
1,60	0,87	-45,63%
2,00	2,90	45,00%
1,20	2,37	97,50%
0,33	0,20	-39,39%
0,17	0,04	-76,47%
2,64	1,80	-31,82%
4,00	1,33	-66,67%
0,62	0,70	12,90%
1,20	2,00	66,67%
1,20	1,00	-16,67%
0,60	0,80	33,33%
0,14	0,14	0,00%
0,36	0,17	-52,78%
0,30	0,06	-78,67%

– в 31% случаев нормы *RATU* менее напряженные, чем ЕНиР. Данное наблюдение зафиксировано при работах, выполняемых вручную. Такое отличие может объясняться повышенными требованиями к качеству конечной продукции, а также к поддержанию порядка на участке строительства, т.е. в состав операций включены дополнительные измерительные и контролирующие процедуры, и помимо этого – тщательная уборка рабочего места после завершения работ.

Дополнительное сопоставление по показателям трудозатрат произведено в таблице 10. Рассмотрены три вида работ: высококачественная гипсовая штукатурка стен, обмазочная гидроизоляция в 2 слоя и установка дверей. В качестве исходной основы сравнения приняты нормы базы ЕНиР.

Таблица 10 – Сравнение показателей трудозатрат (чел.-ч/кв.м)

Наименование и код процесса	ЕНиР	<i>RATU</i>	<i>RSMEANS</i>
Код процесса	E8-1-1 (Таблица 3-1а); E8-1-2 (Таблица 3-1а, 2а, 4а, 6а, 8а)	71-0307	092320101200
Гипсовая штукатурка высококачественная, с установкой сетки, на стены, без приготовления раствора и монтажа лесов, механизированная, чел.-ч/кв.м	0,994	0,860	0,668
Превышение по отношению к норме ЕНиР (%)	0%	-13%	-33%
Код процесса	E11-37 (4в)	63-0302	071113100100
Гидроизоляция обмазочная в 2 слоя, чел.-ч/кв.м	0,185	0,183	0,172
Превышение по отношению к норме ЕНиР (%)	0%	-1%	-7%
Код процесса	E6-13 (Таблица 2-3в, Таблица 4-11)	52-0261	081413103020
Установка дверей, чел.-ч/кв.м	0,880	0,795	1,143
Превышение по отношению к норме ЕНиР (%)	0%	-10%	30%

На основе полученных результатов сделаны следующие выводы:

– по работе «высококачественная гипсовая штукатурка стен» норма ГЭСН превышает норму ЕНиР на 37%, норма *RATU* ниже нормы ЕНиР на 13%, норма *RSMeans* ниже нормы ЕНиР на 33%;

– по работе «обмазочная гидроизоляция в 2 слоя» норма ГЭСН превышает норму ЕНиР на 172%, норма *RATU* ниже нормы ЕНиР на 1%, норма *RSMeans* ниже нормы ЕНиР на 7%;

– по работе «установка дверей» норма ГЭСН превышает норму ЕНиР на 19%, норма *RATU* ниже нормы ЕНиР на 10%, норма *RSMeans* превышает норму ЕНиР на 30%.

Дополнительное сравнение показало, что нормы *RATU* и нормы *RSMeans* в выборке из 4х процессов по сравнению с нормами ЕНиР более напряженные, что вполне объяснимо использованием усовершенствованных технологий. При этом рассматриваемые карты *RATU* были выпущены в 2006 г., а сборник *RSMeans* – в 4 квартале 2012 г.

Несоответствующим общей тенденции является пункт «установка дверей» по сборнику *RSMeans*, который превышает норму ЕНиР на 30%. Для сравнения из сборника *RSMeans* принималась норма 081413103020, предусматривающая установку резной двери из цельного красного дерева. Вероятно, высокий уровень трудозатрат объясняется дополнительными мероприятиями по защите двери от механических повреждений в процессе установки.

Сводное сопоставление трудозатрат на такие объекты, как 2-х этажный коттедж, 9-ти этажный многоквартирный жилой дом и рыборазводный завод представлено в таблице 11.

Таблица 11 – Сравнение сводных трудозатрат по объектам в целом

Наименование объекта	Площадь застройки, кв.м	Общая площадь, кв.м	Этажность	ЕНиР, чел-ч	<i>RATU</i> , чел-ч	Разница
Коттедж	228	295	2	6 800	5 879	14%
Многоквартирный жилой дом	964	8 677	9	9 932	8 013	19%
Рыборазводный завод	7 399	10 418	3	7 704	4 236	45%

Зафиксировано обобщенное превышение трудозатрат ЕНиР над показателями *RATU*. Таким образом, по *RATU* процесс строительства данных

объектов является менее трудоемким, чем по ЕНиР, что в целом соответствует сделанному ранее выводу о положительном влиянии технического прогресса.

Сравнение нормативных баз ЕНиР, ГЭСН, *RATU*, *RSMeans* по различным критериям приведено в Приложении Г. Оно выявляет основные сходства и различия между ними. Из основных особенностей необходимо отметить различия организаций, выпускающих сборники: в России этим занимаются государственные структуры, в Финляндии – строительное сообщество, а в США – коммерческие компании.

Существенные различия наблюдаются и в подходе к обновлению данных: в России нормы ЕНиР не обновляются с 1987 года, в Финляндии ведется постоянное дополнение и совершенствование технологических карт *RATU*, а в США актуализированные сборники выпускаются 1 раз в год. Цели использования баз ЕНиР, ГЭСН, *RATU*, *RSMeans* также различны.

Сравнение показателей из баз ЕНиР, *RATU*, *RSMeans* по ряду работ единой тенденции не выявило. Проведенный статистический анализ данных явной корреляции также не показал.

Зафиксировано как превышение трудозатрат по российским нормам над трудозатратами по иностранным, что можно объяснить действием технического прогресса; так и уменьшение, что аргументируется достаточным запасом напряженности, заложенным в нормы ЕНиР.

Принимая во внимание влияние технического прогресса, использование финской базы *RATU* на территории РФ более обоснованно, чем *RSMeans*, поэтому нормативы ЕНиР, которые признаны непригодными для использования, при расчете трудоемкости для целей календарного планирования вполне могут быть заменены на нормативы *RATU*.

### **Выводы по третьей главе:**

1) риски несвоевременного выполнения работ, спровоцированные действием латентных факторов, можно частично снизить путем проведения

процедуры актуализации отфильтрованных нормативов ЕНиР по предложенному алгоритму из 6 этапов;

2) альтернативой применению отечественных нормативов является использование норм трудозатрат из иностранных нормативных баз. Единая тенденция по соотношению показателей из баз ЕНиР, *RATU*, *RSMeans* отсутствует: часть единичных показателей из ЕНиР является более напряженной по сравнению с иностранными нормами; часть – менее напряженной. Статистический анализ данных явной корреляции также не показал.

## ГЛАВА 4. СНИЖЕНИЕ РИСКА НЕСВОЕВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ АДАПТАЦИИ МЕТОДА КРИТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ К ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ

### 4.1 Адаптация метода критической цепи к поточной организации строительно-монтажных работ

В современном строительстве четко прослеживается тенденция по переходу от возведения точечных зданий к комплексному освоению больших земельных участков. Такой подход обеспечивает создание комфортной городской среды, т.к. позволяет спланировать и сформировать эргономичную инфраструктуру. В Санкт-Петербурге среди наиболее значимых проектов квартальной застройки можно выделить «Балтийскую жемчужину» (ЗАО «Балтийская жемчужина»), «Северную Долину» (ООО «Главстрой-СПб»), «Семь столиц» (ООО «Сэтл Сити»), «Триумф Парк» (*Mirland Development Group*), «Новую Охту» (ООО «ЛСР. Недвижимость – Северо-Запад») и другие [125].

Комплексное освоение территорий традиционно ведется с применением поточных методов строительства. Его другая особенность – повышенное внимание к срокам сдачи готовых объектов. Оно обусловлено тем, что такие проекты часто включаются в перечень социально значимых и реализуются не только с привлечением средств дольщиков, но и при частичном финансировании из городского бюджета. Это усиливает ответственность строительной компании за срыв сроков сдачи.

В большинстве случаев в календарном планировании, в том числе и на основании методов поточной организации работ, используются детерминированные оценки продолжительности, однако имеется масса примеров, показывающих, что люди склонны переоценивать точность собственных прогнозов. Как отмечено в работе [126], длительность большинства проектных операций нельзя оценить с погрешностью менее 20%. Более того, для снижения погрешности необходимо приложить дополнительные информационные усилия, требующие затрат времени и ресурсов. В работе [32] показано, что для

повышения точности прогноза бюджетные затраты существенно возрастают, при этом имеется предел, обусловленный характерной для рассматриваемого процесса вариабельностью (рисунок 19).

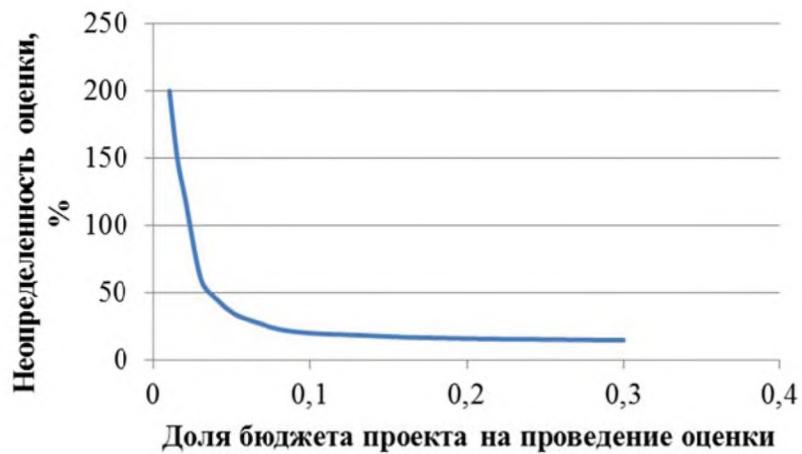


Рисунок 19 – Зависимость неопределенности оценки продолжительности проекта от бюджетных затрат

Причины возникновения погрешностей в данном контексте абсолютно идентичны причинам несвоевременного строительства, т.к. именно высокая степень неопределенности оценок продолжительности провоцирует срывы сроков выполнения работ.

Экспертные оценки продолжительности Э.М. Голдратт ассоциирует с пессимистическими. Поэтому он предлагает уменьшать экспертно планируемую продолжительность в 2 раза, а для демпфирования несвоевременности выполнения работ в календарный план вводить защитные буферы.

Теперь обратимся к количественным характеристикам, характеризующим несвоевременное выполнение работ, представленным в монографии [32]. Ее автор отмечает, что до 80% заданий завершается в установленный срок. Далее приводится список из 7 пунктов, объясняющих отмеченный феномен. Перегруппируем их в другую логическую структуру, состоящую из 4 категорий:

- 1) произведенная оценка ресурсов и времени занижена, а объемы работ наоборот увеличиваются по ходу проекта, и, как следствие, проект потребляет все выделенное время и бюджет;

2) в большинстве организаций существует угроза наказания за несоблюдение запланированных сроков, но отсутствует поощрение за досрочную сдачу;

3) обычно считается, что следующий этап все равно не готов к тому, чтобы начинать работать досрочно по мере выполнения предыдущего;

4) при досрочном выполнении снижается доверие к оценкам длительности и стоимости работ.

Таким образом, автором работы [32] делается вывод о том, что под влиянием вышеперечисленных факторов люди не видят смысла в досрочном завершении работы и стараются придерживаться плановых сроков. В итоге и формируется ситуация, при которой до 80% заданий завершается в срок [32, с.136], только отдельные работы выполняются досрочно, а все остальные с превышением планируемой продолжительности. Вывод об эмпирической нецелесообразности досрочного окончания заданий в полной мере соответствует закону Паркинсона [74].

Ранее при описании алгоритма метода критического пути говорилось, что продолжительности выполнения работ могут задаваться нормативным либо экспертным путем. При этом нормативные оценки представляют собой средние величины, полученные на основании статистических данных многолетних наблюдений за выработкой специалистов. Экспертно заданные продолжительности определяются субъективными величинами, которые неизбежно построены на принципе максимизации вероятности их дальнейшего выполнения.

Согласно общей методологии критической цепи оценка продолжительностей работ делится на 2 равные части (исходя из представления, что в оценку продолжительности специалисты всегда стремятся заложить не менее 100% «подстраховки»): первая часть имеет статус плановой, а вторая – буферной. Применяемая при этом статистическая модель распределения продолжительностей не обосновывается. Однако, несмотря на данный факт,

сделан вывод, что при экспертной оценке продолжительности ее значение нужно уменьшить вдвое.

Альтернативой экспертной оценке является статистическое определение продолжительности. Для его обоснования обратимся к работе [127], где определяется форма кривой распределения и его параметризация посредством использования стандартных статистических характеристик.

Обоснование вида кривой распределения случайной продолжительности работы можно произвести на основании следующего эмпирического факта: вероятность меньшего отклонения от плановой продолжительности выше вероятности большего отклонения от той же плановой продолжительности. Отсюда вытекает следствие: кривая, отражающая распределение плотности вероятности случайной продолжительности, – монотонно убывающая функция. Но достаточно большое количество функций являются монотонно убывающими на отрезке  $[a, b]$  (например, параметрическое бета-распределение, гамма-распределение, нормальное распределение, треугольное распределение), поэтому для уменьшения исходного множества введем ограничивающее условие, вытекающее из учета противодействия процессу несвоевременного выполнения работ, заключающегося в том, что, чем больше отставание проекта от графика, тем больше усилий необходимо приложить для его устранения.

Рассмотрим первую производную плотности вероятности по времени  $df(t)/dt$ . Из вывода, сделанного в предыдущем абзаце, следует, что изменение скорости уменьшения плотности вероятности пропорционально самой плотности вероятности. Это описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{df(t)}{dt} = \alpha \cdot f(t) , \quad (7)$$

$$\frac{df(t)}{dt} - \alpha \cdot f(t) = 0 , \quad (8)$$

где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности.

Интегрируя уравнение (8), получаем экспоненциальную функцию распределения плотности вероятности, которую при нормировке параметров можно представить в следующем виде:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma} \exp \frac{-(t - a)}{\sigma}, \quad (9)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение от средней продолжительности, определяемое на основе статистических данных по несвоевременности выполнения работ (по Голдратту – это половина средней величины, т.е.  $\sigma = m/2$ ;  $m$  в данном контексте – среднее значение продолжительности работы);

$a$  – минимальная продолжительность, которая при традиционном детерминированном планировании определяется как плановая продолжительность.

В практических целях условный размах продолжительностей ограничим диапазоном  $4\sigma$ . Тогда вероятность нахождения продолжительности работы в диапазоне от  $m-\sigma$  до  $m+3\sigma$  будет более 98%.

Таким образом, математически обоснованное экспоненциальное распределение разделено на квартили равные ширине стандартного отклонения. Математическое ожидание будет делить общий размах в соотношении один к трем (рисунок 20).

Во многих современных программных продуктах имеется встроенный генератор случайных чисел. В такой вычислительный инструмент, как *MS Excel*, интегрирована функция «СЛЧИС», которая выдает случайное равномерно распределенное вещественное число в диапазоне от 0 до 1 [128].

Переход от равномерного генератора к генератору экспоненциального распределения случайных продолжительностей осуществляется по формуле:

$$t = 0,5m[1 - \ln(Rnd)], \quad (10)$$

где  $Rnd$  – равномерный генератор случайных чисел в диапазоне  $[0, 1]$ .

В дальнейшем под генератором случайных продолжительностей будем понимать функцию распределения случайной продолжительности работы,

используемой при статистическом моделировании работ в календарных планах строительства.

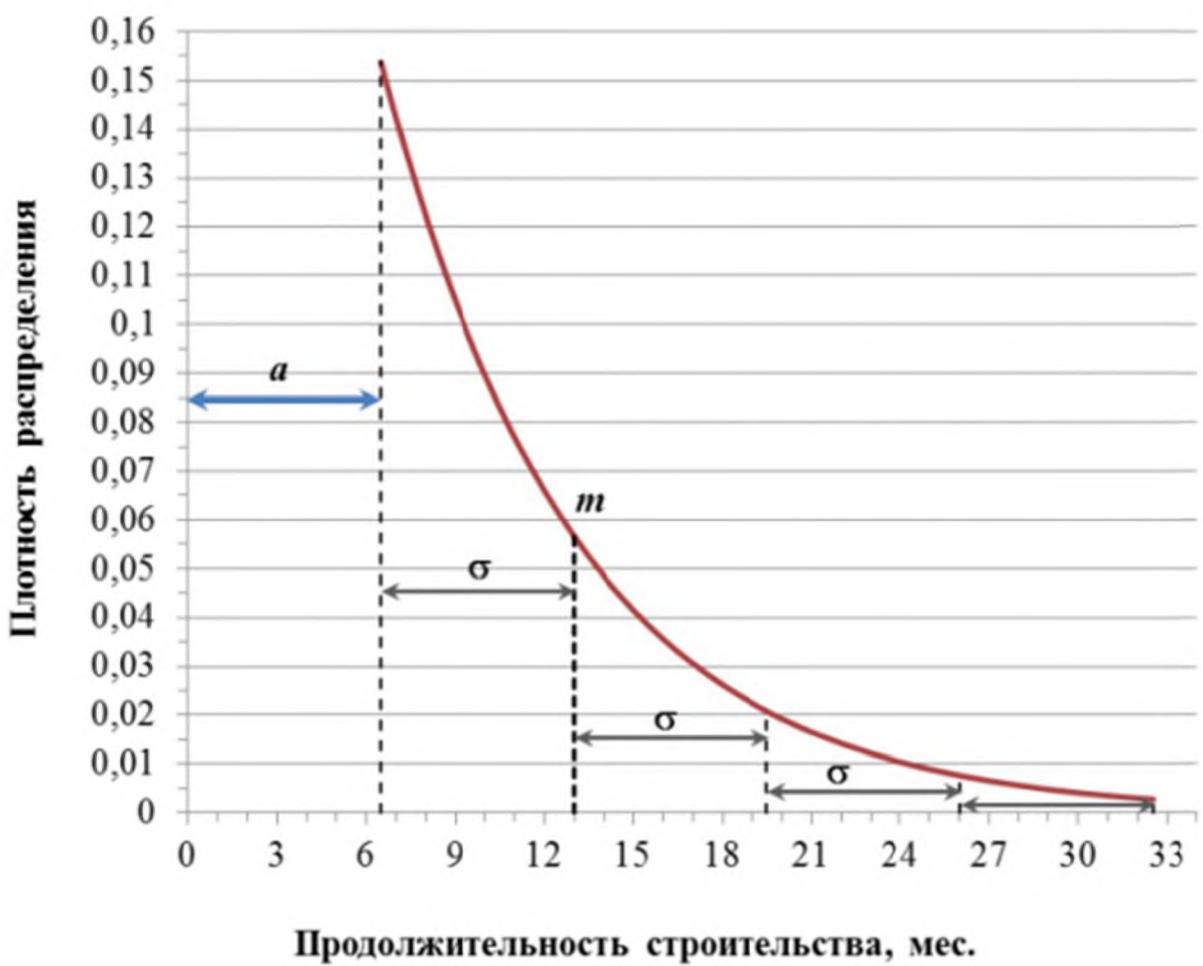


Рисунок 20 – Плотность вероятности экспоненциального распределения продолжительности строительства 12-ти этажного монолитного здания площадью 12 000 кв.м и нормативным сроком строительства 13 мес. [129]

Вычислительный эксперимент, проведенный в программе *MS Excel*, подтвердил обоснованность данной формулы для генерирования случайных продолжительностей работ в соответствии с экспоненциальным распределением вероятностей. Его результаты представлены в виде гистограммы (рисунок 21).

В издании [32, с.109] рассмотрена динамика усилий по мере выполнения работ, и установлено, что усилия растут к приближению плановой даты их завершения (рисунок 22). Поэтому можно рекомендовать при планировании работ

в такой программе как *MS Project* использовать ресурсный профиль типа «загрузка в конце» [130].

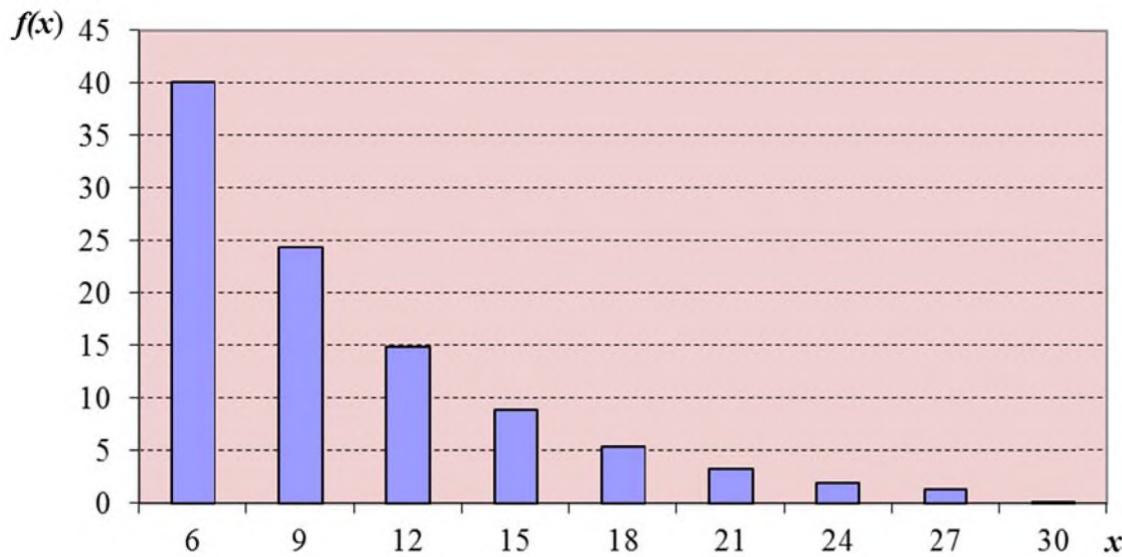


Рисунок 21 – Плотность вероятности экспоненциального распределения, сформированная на основании встроенного в *MS Excel* равномерного генератора случайных чисел

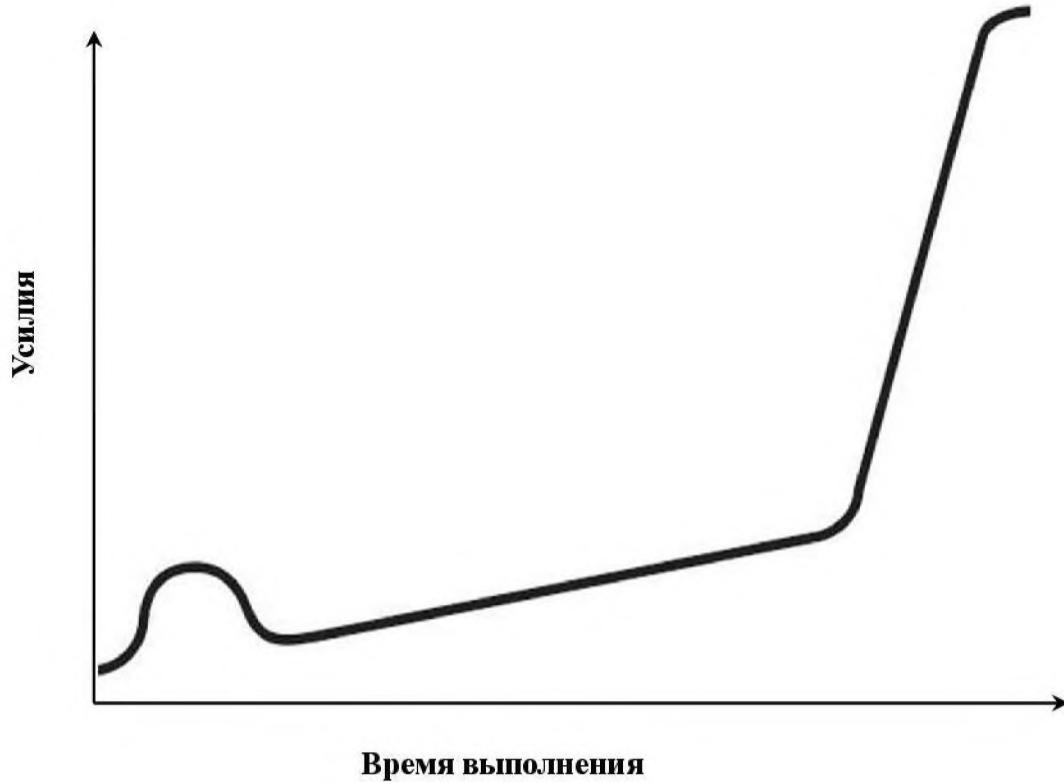


Рисунок 22 – Динамика усилий по мере выполнения работ

Одним из этапов алгоритма формирования календарного плана по методу критической цепи является выравнивание ресурсов. В результате данной операции, т.е. после перераспределения задач, как отмечается в работе [32, с.127], срок реализации проекта увеличивается. Однако анализ теории поточной организации строительства, изложенной в [85], позволяет сделать вывод, что выравнивание ресурсов для нее не актуально, т.к. в сам алгоритм составления и оптимизации расписания входит процедура установления технологических и ресурсных связей, делающая возникновение ресурсного конфликта изначально невозможным.

Описанные выше особенности метода критической цепи формируют особый интерес к определению эффективности его применения в организации строительства комплекса объектов поточными методами. Рассмотрим практический демонстрационный пример, который сгенерирован на основе малой выборки из массива жилых объектов, отраженных в СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» [129].

Этот документ по своей сути является базой обработанной статистической информации о продолжительности строительства зданий с различными архитектурно-строительными и конструктивными решениями, а также различного назначения. Данные для формирования СНиПа собирались на территории СССР в течение нескольких десятилетий и обрабатывались специальными проектными организациями, широкий перечень которых представлен в вводной части документа.

На настоящий момент СНиП 1.04.03-85\* по данным электронной справочной системы «Техэксперт: Нормы, правила, стандарты и законодательство России» [131] является действующим и применяется проектными организациями при разработке раздела №6 проектной документации «Проект организации строительства». СНиП не включен в перечень национальных стандартов и сводов правил, применяемых в обязательном порядке, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. №1047-р [132], а также

в его новую редакцию, введенную в действие постановлением Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 г. №1521 [133], что означает его рекомендательный характер документа. Но специалистами данные нормы продолжительности признаны актуальными, поэтому они могут быть использованы в качестве основы для проведения вычислительного эксперимента.

В таблице 12 представлен проект комплекса из 4 монолитных зданий, выполнение работ по которым осуществляется поточным методом. Детерминированное расписание рассчитано методом критического пути (в таблице 13 желтым цветом показан критический путь проекта). Продолжительность работ принята на основании [134] с их переводом в календарные недели.

Освоение объектов осуществляется в очередности 1→2→3→4, а выполнение работ – в последовательности: фундамент→коробка→отделка. Т.к. в качестве стандарта в управлении проектами принято создание графика типа «ранний старт», о чем говорится в работе [32], в целях упрощения задачи будем рассматривать только ранние сроки (в матрице (таблица 13) отражены сверху). Таким образом, детерминированная длительность проекта будет составлять 160 недель.

Таблица 12 – Исходные данные для формирования расписания работ

№ зд.	Тип	Этажи	Площадь, кв.м	Фундамент, нед.	Коробка, нед.	Отделка, нед.
1	Монолитное	12	12000	4	36	8
2	Монолитное	16	12000	12	28	12
3	Монолитное	16	18000	12	36	12
4	Монолитное	20	16000	12	44	12

При введении в матрицу случайных продолжительностей работ, распределенных по экспоненциальному закону, получим результат, представленный в таблице 14.

В таблице 14 объединено 2 расписания работ: нижние элементы определяют детерминированные продолжительности и детерминированное расписание,

задаваемое нормативными длительностями, а верхние – случайное расписание. Проведенный статистический эксперимент позволил установить функцию распределения плотности вероятности, представленную верхним графиком на рисунке 23.

Таблица 13 – Детерминированное расписание, рассчитанное по методу критического пути

	Фундамент		Коробка		Отделка	
	0	4	4	40	40	48
1	4		36		8	
	0	4	4	40	116	124
	4		16	68	68	80
2		12		28	12	
	28		40	68	124	136
	16		28	104	104	116
3		12		36	12	
	56		68	104	136	148
	28		40	148	148	160
4		12		44	12	
	92		104	148	148	160

Таблица 14 – Детерминированное (внизу) и случайное расписания поточной организации работ, рассчитанные методом критического пути

№	Фундамент			Коробка			Отделка		
1	0	6,5	6,5	6,5	110,2	116,7	116,7	5,2	122,0
	0	4	4	4	36	40	40	8	48
2	6,5	7,1	13,6	116,7	25,7	142,4	142,4	28,0	170,3
	4	12	16	40	28	68	68	12	80
3	16,0	18,6	34,6	142,4	25,7	168,1	170,3	6,3	176,7
	16	12	28	68	36	104	104	12	116
4	34,6	12,9	47,4	168,1	53,2	221,3	221,3	30,4	252
	28	12	40	104	44	148	148	12	160

Как показал вычислительный эксперимент, за счет того, что оптимистические продолжительности работ принимаются в 2 раза меньше средних, определяемых нормами как детерминированные, только в 29% случаях данный комплекс можно построить за 160 недель.

Заметим, что для организации работ, представленной в таблице 14, начала всех задач фиксированы. Это соответствует общепринятой мировой практике

строительства, осуществляющейся на основе подрядных договоров, для которых сроки работ являются его обязательным атрибутом [134]. Но для других ситуаций, когда подобные ограничения отсутствуют, можно воспользоваться рекомендацией авторов метода критической цепи относительно снятия ограничений на начала смежных работ. Соответствующее случайное расписание строительных работ представлено в таблице 15.

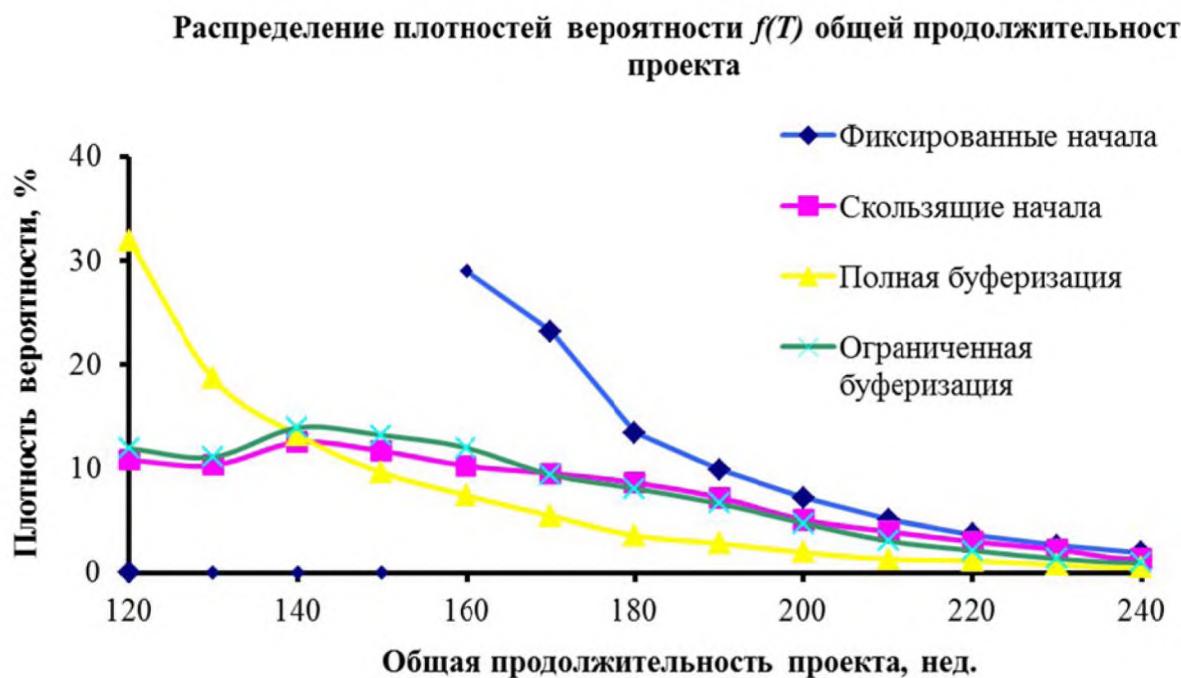


Рисунок 23 – Экспериментальные функции распределения плотности вероятности

Таблица 15 – Вариант случайного расписания поточной организации работ, рассчитанного методом критического пути без учета ограничений на начала работ

№	Фундамент			Коробка			Отделка		
1	0	3,5	3,5	3,5	32,8	36,3	36,3	5,2	41,5
2	3,5	26,7	30,2	36,3	16,0	52,3	52,3	6,9	59,2
3	30,2	6,2	36,4	52,3	73,4	125,8	125,8	17,6	143,3
4	36,4	11,7	48,1	125,9	26,0	151,9	151,9	7,1	159

Снятие ограничений на начала работ дает дополнительный эффект по увеличению вероятности выполнения комплекса работ в срок. Это связано с тем, что при досрочном выполнении предыдущих работ можно сразу начинать последующие работы, не дожидаясь фиксированного договором срока. Статистический результат показан на рисунке 23 экспериментальной кривой,

определенной квадратными метками. Общий интегральный эффект определяется тем, что уже в 56% случаях данный комплекс может быть построен за 160 недель.

Перейдем к трансформации метода критического пути в метод критической цепи при поточной организации работ. Первое принципиальное изменение заключается в том, что согласно эмпирическому правилу Э. Голдратта необходимо сформировать строительный поток с половинными продолжительностями каждой работы. При этом следует отметить, что по умолчанию предполагается выполнение работ всеми имеющимися в распоряжении ресурсами со 100%-ной загрузкой. Поэтому считаем, что всем половинным продолжительностям будут соответствовать и половинные трудозатраты. В этом случае, в силу воздействия случайных факторов, освоенные объемы работ также будут являться случайными величинами, которые при принятой форме генератора случайных продолжительностей определяются следующей формулой:

$$\nu = \frac{1}{[1 - Ln(Rnd)]}, \quad (11)$$

где  $\nu$  – случайный объем выполнения работ, определяемый диапазоном  $[0, 1]$ .

Форма кривой распределения плотности вероятности выполнения объема работ за половинное время представлена на рисунке 24.

Как видно из гистограммы, мода данного распределения приходится на 50% общего объема работы. Однако данный максимум весьма пологий, а потому в отдельных случаях представленное распределение можно заменить соответствующим равновероятным распределением. Таким образом, чисто топологически половинный строительный поток остается практически неизменным. Вариант статистической реализации такого потока отражен в таблице 16.

Результатом исполнения представленного расписания является процент выполнения заданного объема работ. Так, например, фундаментные работы на 1-м

объекте за срок, определенный 2 неделями выполнены на 64%, а возведение коробки 4-го здания – всего лишь на 41%.

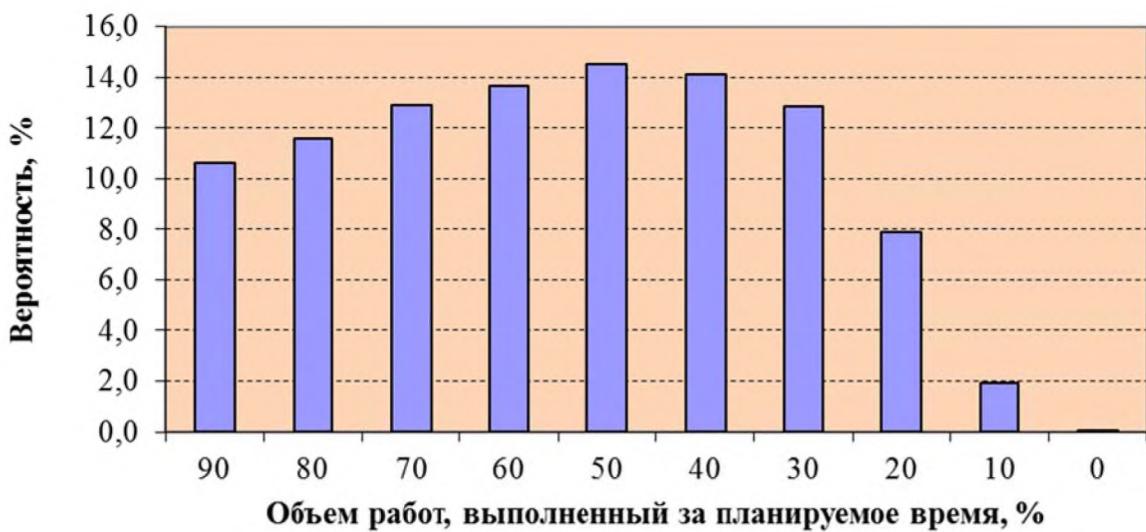


Рисунок 24 – Гистограмма вероятности выполнения объема работ за половинное время

Таблица 16 – Вариант случайного расписания поточной организации работ, рассчитанного при половинных продолжительностях работ

№	Фундамент			Коробка			Отделка		
1	0	<b>64%</b>	2	2	<b>48%</b>	20	20	<b>29%</b>	24
2	2	<b>55%</b>	8	20	<b>34%</b>	34	34	<b>39%</b>	40
3	8	<b>44%</b>	14	34	<b>65%</b>	52	52	<b>96%</b>	58
4	14	<b>71%</b>	20	52	<b>41%</b>	74	74	<b>94%</b>	80

Создание проектного буфера, по замыслу автора метода критического пути, является необходимым элементом для завершения недовыполненных ранее работ, при включении в нее мотивирующей составляющей [32, 135, 136]. Однако с точки зрения адаптации рассматриваемого метода к поточной организации работ требуется дополнительная и более детальная структуризация проектного буфера. Это связано с тем, что каждый недовыполненный вид работ требует для своего завершения специализированных ресурсов. Поэтому при организации проектного буфера принимаем параллельное выполнение всех специализированных работ, как это представлено в таблице 17.

Таблица 17 – Вариант случайного расписания поточной организации работ, определяемого проектным буфером

Вид работы	Всего, нед.	Выполнено	Осталось недель до завершения	Фактическое кол-во оставшихся недель по статистическому эксперименту
<b>Фундамент</b>	40	68%	12,9	7
<b>Коробка</b>	144	33%	96,9	63
<b>Отделка</b>	44	46%	23,5	17

Средний процент выполнения рассчитывается по формуле:

$$V\%_i = \frac{\sum_j t_{ij} v\%_{ij}}{\sum_j t_{ij}}, \quad (12)$$

где  $V\%_i$  – процент выполненной  $i$ -й работы;

$v\%_{ij}$  – процент выполненной  $i$ -й работы на  $j$ -ом здании;

$t_{ij}$  – плановая продолжительность  $i$ -й работы на  $j$ -ом здании.

Исходя из ранее определенного процента выполнения, пропорционально рассчитывается планируемая продолжительность выполнения вида работы в проектном буфере. Для получения статистики выполнения работ в проектном буфере применяется генератор случайных продолжительностей работ, описанный формулой (11). Например, с учетом выполнения фундаментных работ на 68% их планируемая продолжительность в проектном буфере составит 12,9 недель, а представленный вариант статистической реализации составит 7 недель. Общее завершение всех работ в проектном буфере определяется максимумом из всех параллельно выполняемых работ. Так один из статистических вариантов даст результат  $T = 80 + \max(7, 63, 17) = 143$  недели.

Статистический результат применения полной буферизации показан на рисунке 23 экспериментальной кривой, обозначенной треугольными метками. Общий интегральный эффект определяется тем, что в 81% случаев продолжительность строительства комплекса составит 160 недель и менее. Рассматривая аналогичные примеры, связанные с полной буферизацией, можно отметить очень высокую эффективность применения метода критической цепи.

Однако, как показал эксперимент, при применении полной буферизации могут быть нарушены технологические ограничения. Статистически может оказаться, что процента выполнения предыдущей работы недостаточно для начала следующей. Например, для пятиэтажного здания процент выполнения работ по созданию коробки оказался равным 15%. При такой ситуации начало выполнения внутренних работ невозможно. Поэтому для адаптации метода критического пути в календарное планирование строительства необходимо ввести ограничение на минимально допустимый процент выполнения предшествующих работ, отраженный в рисунке 25. Расширенный вариант расчета расписания с проведением статистических испытаний представлен в Приложении Д.

	Фундамент			Коробка			Отделка			Проектный буфер	
1	0	2	3	3	18	50,4	50,4	4	54,4		
	<b>0,46</b>	<b>0,7</b>		<b>0,30</b>	<b>0,8</b>		<b>0,24</b>				
2	3	6	20	50,4	14	74,6	74,6	6	80,6		
	<b>0,25</b>	<b>0,7</b>		<b>0,46</b>	<b>0,8</b>		<b>0,50</b>				
3	20	6	26	74,6	18	95,2	95,2	6	101,2		
	<b>0,93</b>	<b>0,93</b>		<b>0,70</b>	<b>0,8</b>		<b>0,58</b>				
4	26	6	35,4	95,2	22	128,6	128,6	6	135		
	<b>0,45</b>	<b>0,7</b>		<b>0,53</b>	<b>0,8</b>		<b>0,95</b>				
Минимум выполнения фундаментных работ			0,7	Минимум выполнения работ по возведению этажей зданий			0,8	Фундамент			
Конец проекта как случайная величина (135 + 29) нед.			164	Коробка			Отделка	Всего	Вып. объем	Ост. нед.	Факт нед.
Конец проекта как случайная величина (135 + 29) нед.			164				44	60%	17,7	16	
Конец проекта как случайная величина (135 + 29) нед.			164				40	77%	9,2	11	
Конец проекта как случайная величина (135 + 29) нед.			164				144	80%	28,8	29	

Рисунок 25 – Вариант реализации конвергированной модели расчета расписания работ с элементами метода критической цепи при использовании экспертных оценок продолжительности

Для примера рассмотрим срок окончания фундаментных работ на 4-м объекте. За отведенные на их выполнение 6 недель выполнено всего лишь 45%, следовательно, при такой интенсивности для выполнения 70% работы потребуется продолжительность 9,4 недель, и тогда момент достижения 70%-ного

объема работы определится сроком  $26+9,4=35,4$  недель. Для работ, у которых имеется превышение над введенным ограничением, продолжительности работ не меняются.

Статистический результат применения ограниченной буферизации показан на рисунке 23 экспериментальной кривой, определенной крестообразными метками. В результате общий интегральный эффект снизился до величины 63%, определяющей число случаев, которые дают продолжительность строительства комплекса 160 недель и менее. Но зато устранен дефект метода, касающийся несоблюдения технологической составляющей работ. Рассматривая аналогичные примеры, связанные с ограниченной буферизацией, можно отметить ее высокую эффективность в случае уменьшения ограничений на совмещение работ.

Величкин В.З. в работе [137] отмечает, что в большинстве проектов вероятность завершения работ в расчетный срок составляет около 50%. Адаптированный метод критической цепи позволяет ее существенно повысить.

По результатам проведенных статистических экспериментов можно сделать следующие выводы:

- применение метода критической цепи для расчета расписаний работ, организованных в строительные потоки, позволяет прогнозировать своевременное выполнение проектов с большей вероятностью;
- применение метода критической цепи расчета расписаний работ, организованных в строительные потоки, в чистом виде (без адаптации) дает искаженные результаты из-за нарушения технологических ограничений в части совмещения потоков;
- повышение организационно-технологической надежности напрямую зависит как от корректного определения совмещения последовательно выполняемых видов работ, так и от других многочисленных параметров расписаний работ, что требует постановки и проведения соответствующего статистического эксперимента.

Для проверки устойчивости представленной модели эксперимент следует расширить и провести с другими возможными вариантами жилых комплексов, которые формируются на основании СНиП 1.04.03-85\*. [138]

Данные из раздела «3. Непроизводственное строительство» подраздела «1\*. Жилые здания» позволяют сгенерировать большое количество различных комплексов зданий. Этот фрагмент СНиПа 1.04.03-85\* включает в себя 230 конфигураций жилых домов. Из них, согласно п.5 Общих указаний к подразделу, 74 нормы продолжительности рассчитаны для строительства зданий в сельских населенных пунктах (здания до четырех этажей), что делает возможным их исключение из формируемой генеральной совокупности.

Кроме того, 70 норм продолжительности относятся к тем типам домов, возведение которых в советское время считалось перспективным и активно реализовывалось, однако в современный период практически не ведется. К ним относятся крупноблочные, каркасно-панельные и объемно-блочные здания.

12 позиций норм разработаны для помещений, используемых для общественных или технических нужд и приспособляемых в интересах гражданской обороны.

Таким образом, для целей эксперимента пригодны 74 нормы продолжительности. Жилой комплекс при этом может включать в себя 2 и более различных здания. Выборка элементов при этом будет неупорядоченной. Количество возможных вариантов можно рассчитать по формуле:

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}, \quad (13)$$

где  $C$  – количество сочетаний без повторений;

$n$  – общее количество элементов выборки;

$k$  – количество объектов в комплексе.

Используя формулу (13), получаем, что генеральная совокупность комплексов, состоящих из двух зданий, случайно выбранных из 74 позиций СНиПа, включает в себя 2 701 вариант. Если в комплекс входит 3 здания, то количество вариантов увеличивается до 64 824, а при 4 зданиях – 1 150 626.

Вычислительная трудоемкость задачи будет увеличиваться экспоненциально по мере увеличения числа объектов в очереди. Поэтому, аналогично случаю, рассмотренному в статье [139], она будет относиться к категории *NP*-трудных.

Объем генеральной совокупности не позволяет произвести полный перебор вариантов в рамках эксперимента по установлению устойчивости модели к различным комбинациям объектов, поэтому было рассмотрено 9 комплексов, сформированных случайным образом. Выборка представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Варианты комплексов зданий, сформированных на основании данных из СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений»

Комбинация зданий	Суммарная площадь комплекса, кв.м	Детерминированная продолжительность строительства, нед.
M-12; M-16; M-16; M-20	58 000	160
M-12; M-16; M-16; M-20; M-25	76 000	212
M-16; M-12; M-20; M-16; M-5	59 500	172
K-5; K-9; K-10; K-12; K-14	51 000	158
K-12; K-5; K-9; K-14; K-10	51 000	162
P-5; P-9; P-10; P-16; P-10	47 500	86
P-16; P-5; P-10; P-10; P-9	47 500	88
M-10; P-9; M-9; K-9; K-14	61 000	162
M-14; M-12; M-25; K-14; K-12	58 000	88

В данной таблице каждое здание представлено в виде кода, где буква означает его тип (М – монолитное; К – кирпичное; П – крупнопанельное), а число – этажность. Под детерминированной продолжительностью строительства понимается срок, рассчитанный на основании нормативных длительностей каждого отдельного этапа строительства, принятых в соответствии со СНиП 1.04.03-85\*.

В рамках эксперимента рассмотрена организация строительных работ поточным методом, при этом потоки являются неритмичными. Для расчета продолжительности проекта использованы методы, предложенные В.А.

Афанасьевым: метод непрерывного использования ресурсов (НИР), метод непрерывного освоения фронтов (НОФ) и метод критических работ (МКР).

Минимальное количество итераций модели, реализованной в программе *MS Excel*, для каждого жилого комплекса и метода расчета установлено на уровне 5 000. Результаты вычислений вероятности окончания проекта в оптимистический срок представлены в таблице 19. При этом в качестве оптимистической выступает продолжительность, определенная при использовании теории ограничений и метода критической цепи, т.е. с учетом двукратного сокращения средней (нормативной, наиболее вероятной) длительности проекта.

По итогам анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- самый большой разброс значений между вероятностями реализации оптимистической продолжительности работ по трем методам поточной организации строительства в рамках одного варианта комплекса наблюдается в случае, при котором ранние начала фиксированы договором, и достигает 7%.

При этом ведение строительства по методу критических работ дает более высокие значения вероятности (в выборке из 9 комплексов – 8 значений). Это объясняется наличием дополнительных простоев фронтов, возникающих между датой окончания работ одного подрядчика и датой начала работы другого, закрепленной в его подрядном договоре. По причине наличия еще одного вида простоев, связанного с методом организации работ (при НИР – простои фронтов; при НОФ – простои бригад), за счет сложения эффектов перерывы приобретают дополнительную вариабельность по сравнению с ситуацией, когда ограничений по дате начала работ нет. Т.к. при использовании метода МКР простои фронтов и бригад максимально оптимизируются, то и показатели вероятности выполнения работ в оптимистический срок увеличиваются.

Снятие ограничения на начало работ влечет за собой устранение принципиального отличия по критерию вероятности выполнения работ в оптимистический срок при использовании разных методов поточной организации строительства. Размах вероятностей не превышает 2%.

Таблица 19 – Результаты вычислений вероятности окончания проекта в оптимистический срок, %

Комбинация зданий	Ранние начала работ фиксированы договором			Ранние начала работ не фиксированы договором			Двукратное уменьшение продолжительностей до оптимистических			Двукратное уменьшение продолжительностей с учетом ограничения на совмещения работ		
	НИР	НОФ	МКР	НИР	НОФ	МКР	НИР	НОФ	МКР	НИР	НОФ	МКР
M-12; M-16; M-16; M-20	23	26	29	57	56	56	81	81	80	63	62	63
M-12; M-16; M-16; M-20; M-25	20	25	27	57	55	55	80	80	80	60	61	61
M-16; M-12; M-20; M-16; M-5	16	13	12	52	53	52	81	81	82	59	59	60
K-5; K-9; K-10; K-12; K-14	20	23	24	55	55	56	80	81	80	62	62	61
K-12; K-5; K-9; K-14; K-10	20	24	25	57	56	56	81	82	82	62	63	63
П-5; П-9; П-10; П-16; П-10	20	23	24	56	55	55	82	80	80	61	61	60
П-16; П-5; П-10; П-10; П-9	18	21	23	55	51	55	83	83	82	62	61	63
M-10; П-9; M-9; K-9; K-14	21	23	26	56	55	56	81	80	81	63	62	63
M-14; M-12; M-25; K-14; K-12	19	22	22	56	55	56	79	80	80	61	60	61
Минимальное значение вероятности, %	16	13	12	52	51	52	79	80	80	59	59	60
Максимальное значение вероятности, %	23	26	29	57	56	56	83	83	82	63	63	63
Размах значений вероятности, %	7	13	17	5	5	4	4	3	2	4	4	3

Таким образом, при отсутствии ограничения на начало работ при использовании адаптированного метода критической цепи выбор метода организации строительства принципиального значения не имеет и может подбираться в зависимости от целесообразности, определенной классическим способом на основании дифференциальных и интегрального критериев эффективности;

– самый большой разброс значений вероятности в выборке из 9 комплексов наблюдается в случае, когда ранние начала фиксированы договором. Это также объясняется наличием дополнительных простоев между завершением работ одного подрядчика и договорным началом работ другого. Каждый из таких простоев имеет свой показатель вероятности. Их сочетание состоями, возникающими в рамках использования того или иного метода организации строительства, дает аккумулирующий эффект и провоцирует более широкий разброс значений.

Снятие ограничения на начало работ приводит к тому, что размах крайних значений не превышает 5%, что позволяет сделать вывод об устойчивости разработанной модели при различных комбинациях зданий в составе строительного комплекса.

Анализ распределений плотностей вероятности  $f(T)$  общей продолжительности проекта, представленных в Приложении Ж, показывает, что при принятии гипотезы об экспоненциальном распределении случайной продолжительности работы:

- кривые экспериментального распределения имеют сходный вид при разных способах поточной организации строительства, что подтверждает вывод об отсутствии разницы по использованию предложенной реализации метода критической цепи в рамках ее интеграции с методами НИР, НОФ и МКР;
- кривые экспериментального распределения являются убывающими функциями, что позволяет отметить эффективность адаптированного МКЦ при оценке продолжительности проекта, т.к. вероятность отставания от директивного срока снижается по мере увеличения значения такого отставания;

– модель с использованием утверждения о фиксированном типе начал каждого отдельного этапа строительства дает результаты, при которых директивная длительность является крайним реализуемым значением, т.е. носит пессимистический характер. Это объясняется тем, что любой выигрыш по времени, полученный на предыдущем этапе, гасится в период ожидания выхода на площадку следующего подрядчика, придерживающегося договорных сроков. Наиболее вероятное значение в большинстве случаев лежит в следующем по счету интервале продолжительностей;

– кривые экспериментального распределения, соответствующие моделям при снятии ограничения на начала работ и при ограниченной буферизации, имеют идентичный вид, т.е. перенос резерва времени из основной части продолжительности в буфер не оказывается на значении ее вероятности. Принимая во внимание мотивационную составляющую адаптированного МКЦ, можно сделать вывод о ее повышенной эффективности по сравнению с классическими методами календарного планирования поточного строительства;

– наибольшие значения вероятности дает модель с полной буферизацией, т.е. с двукратным уменьшением продолжительностей до оптимистических, что нереализуемо в условиях поточного строительства, где существуют ограничения, обусловленные технологией проведения работ.

Результаты проведенного экспериментального исследования подтвердили устойчивость адаптированной модели реализации метода критической цепи применительно к разным составам комплексов объектов и методам поточной организации строительства.

#### **4.2 Использование статистических и нормативных оценок продолжительности при применении метода критической цепи**

Как упоминалось ранее, в зарубежном строительстве при определении продолжительности работ чаще всего используют экспертные оценки. Однако это не единственный подход. Когда имеется статистическая база сроков реализации

проектов, целесообразно обращаться именно к ней. Например, рассмотрим данные, представленные в работе [140] для наиболее распространенного вида контракта *LSC*, характеризующегося фиксированной стоимостью и продолжительностью (таблица 20).

Таблица 20 – Статистическая обработка данных по запаздываниям работ

1. Диапазон	0-20%	21-50%	51-100%	101-200%	Суммы
2. Центр диапазона	10%	35%	75%	150%	
3. Частость	52,0%	27,0%	18,0%	3,0%	100%
4. Среднее запаздывание				32,65%	
5. Стандартное отклонение				31,69%	
6. по СКО	62,7%	28,5%	8,1%	0,8%	100%
7. $ \Delta $ по СКО	10,7%	1,5%	9,9%	2,2%	max 10,7%
8. по Регрессии	51,3%	31,3%	14,2%	3,2%	100%
9. $ \Delta $ по регрессии	0,7%	4,3%	3,8%	0,2%	max 4,3%

В верхней строке таблицы 20 представлены диапазоны, в пределах которых определялись запаздывания; во второй – центры этих диапазонов, а в третьей – эмпирические частоты соответствующих запаздываний. В четвертой и пятой строках показаны рассчитанные статистические характеристики представленной выборки. Для их определения проведена статистическая обработка в соответствии с буквальным применением формулы (9) и получены значения частостей, сумма которых оказалась отлична от 100%. Следовательно, для соблюдения нормировки необходимо откорректировать множитель перед экспонентой, в результате чего получена следующая эмпирическая формула:

$$f(x) = 86 \cdot \exp\left(\frac{-x}{31,69}\right), \quad (14)$$

где  $x$  – величина запаздывания.

На основании эмпирической формулы (14) в шестой строке таблицы 20 получены расчетные значения частостей и их абсолютные отклонения от исходных статистических данных. Максимальное отклонение составило 10,7%.

Поскольку применение теоретической формулы (9) пришлось дополнить процедурой корректировки, то в целях более адекватного описания исходных данных нами предложено использовать ее в качестве формы регрессионного уравнения, и в соответствие с ней установить регрессионные параметры. Итоговая зависимость представлена формулой (15):

$$f(x) = 62,5 \cdot \exp\left(\frac{-x}{50,5}\right), \quad (15)$$

где  $x$  – величина запаздывания, равная  $(t/a-1)$ , при этом  $t$  – ожидаемый срок реализации проекта;  $a$  – нормативный (оптимистический) срок.

На основании эмпирической формулы (15) в восьмой и девятой строках таблицы 20 получены расчетные значения частостей и их абсолютные отклонения от исходных статистических данных. Максимальное отклонение уменьшилось более чем в два раза и составило 4.3%. На рисунке 26 графически показаны искомые зависимости.

Объяснение уменьшению абсолютных погрешностей связано с существом построения регрессий, основанного на применении оптимизационного метода наименьших квадратов. Однако перед его практическим применением необходимо линеаризовать исходное экспоненциальное уравнение посредством логарифмирования левой и правой частей. В результате принятая нами методика сводится к следующему алгоритму: для получения эмпирической зависимости, описывающей экспоненциальное распределение запаздывания продолжительности работы, необходимо линеаризовать исходные данные посредством их логарифмирования, применить к ним регрессионную обработку, потенцировать полученную зависимость и нормировать ее на диапазон, принятый за 100%.

Таким образом, с учетом данной методики расширен диапазон данных, принимаемых в методе критической цепи, т.е. используются не только экспертные оценки, но и существенно более точные статистические данные. Вместе с этим следует признать тот факт, что могут иметь место статистические данные, которые не коррелируют с экспоненциальным распределением, например

в ранее упомянутой работе [140]. В модифицированном виде они представлены в таблице 21.

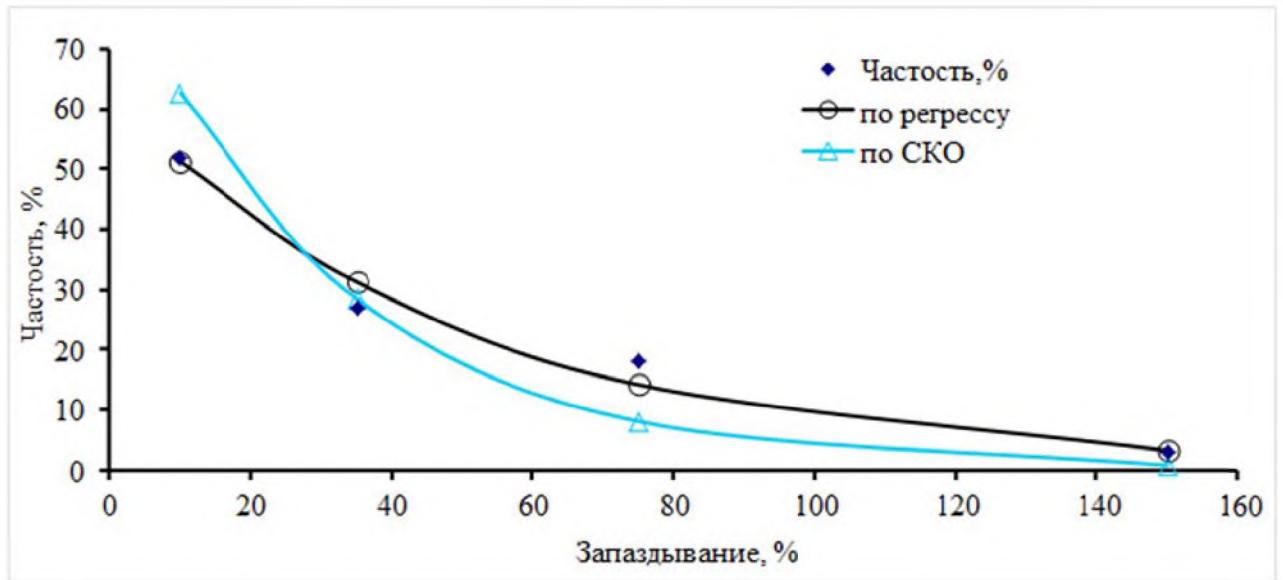


Рисунок 26 – Исходные данные и эмпирические зависимости

Таблица 21 – Статистические данные запаздываний по контрактам PRC и IRC

1. Диапазон	0 – 20%	21 – 50%	51– 100%	101-200%	Суммы
2. Центр диапазона	10%	35%	75%	150%	
3. Частость PRC	21,0%	20,0%	27,0%	32,0%	100%
4. Частость IRC	23,0%	15,0%	29,0%	33,0%	100%

Графическое отображение исходных данных и соответствующих им регрессионных зависимостей показано на рисунке 27.

Как наглядно видно из рисунка 27 регрессионная обработка показала монотонное возрастание запаздывания, что противоречит исходным положениям об усилении регулирующего воздействия при больших запаздываниях. Однако, по заключению авторов работы [22], в обоих контрактах (PRC и IRC) отсутствуют детальные чертежи и поэтому они являются неэффективными. Поэтому для таких контрактов характерна большая доля неопределенности, которая может быть оценена энтропийным показателем. Из теории известно, что при известных границах изменения случайной величины максимальной энтропией обладает равномерное распределение [141]. Также отметим, что равномерное

распределение в определенной степени является пределом экспоненциального распределения, при условии стремления показателя степени к нулю. Поэтому для аналогичных случаев предлагается использовать равномерное распределение запаздывания работ.

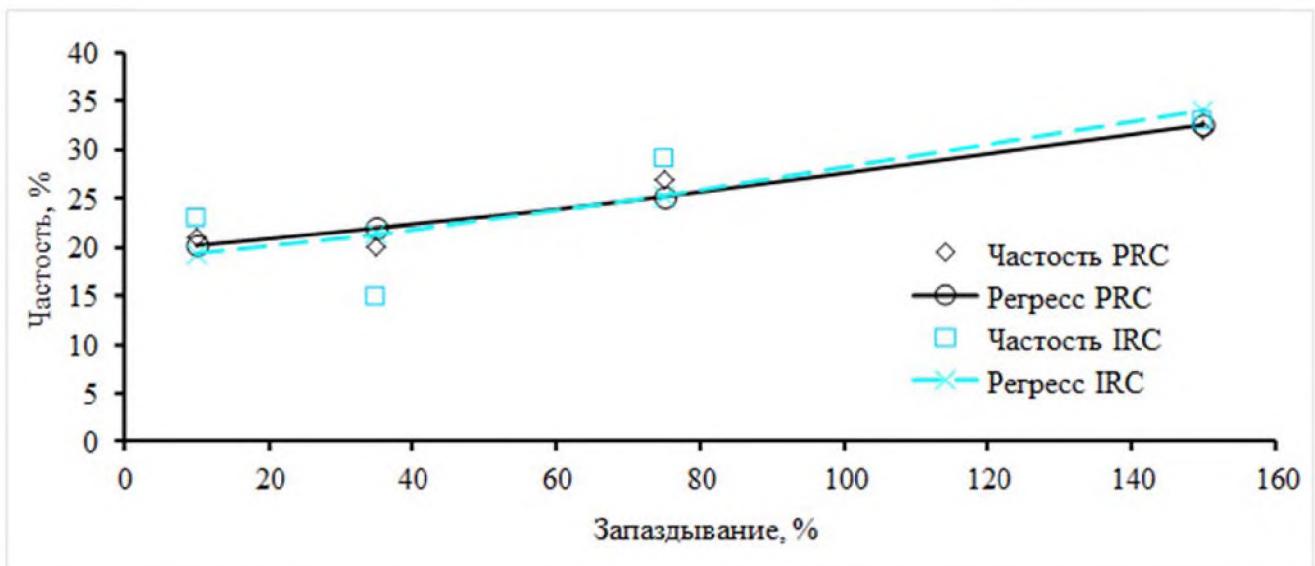


Рисунок 27 – Данные и регрессионные зависимости по контрактам PRC и IRC

При использовании статистически обоснованной формулы запаздывания генератор случайных продолжительностей будет иметь вид:

$$t = 0,505 \cdot a \cdot [1,51 - \ln(Rnd)], \quad (16)$$

В конвергированной модели, построенной на основании данной формулы, рассмотрим тот же состав комплекса зданий, что и в экспертном варианте (рисунок 28). При этом примем в качестве оптимистической продолжительности нормативно установленное значение 160 недель.

В данном варианте модели среднее число верхней строки каждой ячейки – нормативно установленная продолжительность работы на указанном фронте. Остальные значения аналогичны ранее описанным.

При таком подходе вероятность завершения проекта с 20% запаздыванием по сравнению с нормативным, т.е. за 190 недель, будет составлять 44%, а в срок до 240 недель (50% запаздывание) уже 92%. Экспериментальное распределение

плотностей вероятности  $f(T)$  общей продолжительности проекта представлено на рисунке 29.

	Фундамент			Коробка			Отделка			Проектный буфер
1	0	4	4	4	36	40	40	8	48	
2	4	12	16	40	28	68	68	12	80	
3	16	12	29,5	68	36	106,4	106,4	12	118,4	
4	29,5	12	46,2	106,4	44	150,4	150,4	12	162	
	0,5	0,7	0,94	0,96	0,96	0,96	0,75	0,22	0,44	
			0,7			0,8				Всего
										Вып. объем
										Ост. нед.
										Факт нед.

*Минимум выполнения фундаментных работ*

*Минимум выполнения работ по возведению этажей зданий*

Фундамент  
Коробка  
Отделка

**Конец проекта как случайная величина (162 + 14) нед.**

Рисунок 28 – Вариант реализации конвергированной модели расчета расписания работ с элементами метода критической цепи при использовании статистических данных продолжительности

Реализация модели на матрицах НИР и НОФ дает похожие результаты (см. таблицу 22).

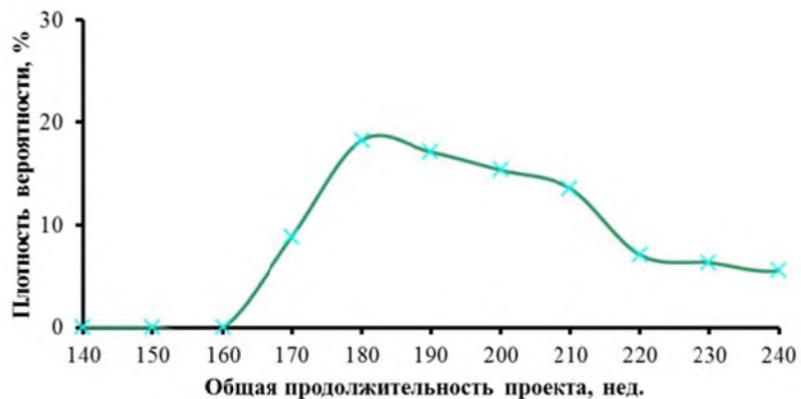


Рисунок 29 – Распределение плотности вероятности  $f(T)$  общей продолжительности проекта при использовании статистических данных по запаздыванию работ

В российских условиях строительства формирование календарного графика, как правило, происходит на основании данных нормативных баз трудозатрат,

таких как ЕНиР, ГЭСН. В качестве их зарубежных аналогов выступают подборки норм *RSMeans* (США), *RATU* (Финляндия) и другие, о которых говорилось ранее.

Таблица 22 – Результаты вычислений вероятности окончания проекта в ожидаемый срок при использовании модели, построенной на статистических данных по запаздыванию работ

<b>Наименование</b>	<b>Вероятность завершения работ в ожидаемый срок, %</b>		
	<b>НИР</b>	<b>НОФ</b>	<b>МКР</b>
Нормативное окончание проекта	0	0	0
Запаздывание до 20% (190 недель)	45	47	44
Запаздывание до 50% (240 недель)	47	46	48
Запаздывание более 50%	9	7	8
<b>ИТОГО:</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Сравнение норм ГЭСН, *RSMeans*, *RATU* с данными ЕНиР в выборке из 29 позиций и статистический анализ полученных данных определенных закономерностей по вероятности запаздывания сроков строительства при изменении используемой нормативной базы не выявил. Такая ситуация может объясняться недостаточностью выборки, которая не отражает генеральную совокупность. При огромном количестве данных, содержащихся в базах, а также при высокой трудоемкости сравнительных работ, исследования генеральной совокупности носят глобальный характер. С учетом того, что выборка в любом случае будет неоднородной из-за различий в соотношениях ручного и машинного труда, даже такие исследования могут не дать конкретных результатов, т.к. данные обладают очень высокой энтропией. В таком случае также рекомендуется применять равномерное распределение.

Формула генератора случайной продолжительности для нормативных данных примет вид:

$$t = a + (b - a) \cdot Rnd, \quad (17)$$

где  $a$  – минимальная продолжительность работы, определенная по нормативному справочнику (например, ЕНиР);

$b$  – максимальная продолжительность работы, определенная по альтернативному справочнику (например, ГЭСН) либо экспертным путем.

#### **4.3 Конвергированная методика формирования календарного плана поточного строительства**

Выводы, сделанные в предыдущем параграфе, а также Главах 1, 2 и 3, позволяют сформировать конвергированную методику формирования календарного плана, построенную на матричной модели с элементами метода критической цепи и включающую процесс актуализации данных о трудозатратах рабочих.

##### **Этап 1. Анализ исходных данных**

Перед началом проектирования календарного плана проводится анализ имеющихся в распоряжении исходных данных по проекту, включая проектную документацию, техническое задание, условия и этап реализации проекта, нормативную базу, а также назначение разрабатываемого графика.

##### **Этап 2. Выбор подхода к оценке продолжительности проекта**

На основании проведенного анализа осуществляется выбор подхода к оценке продолжительности проекта. Если в соответствии с заданными целями календарного планирования, необходимо разработать график, учитывающий максимальные риски, а также при отсутствии нормативных или статистических баз, применяются экспертные оценки продолжительности.

Если в распоряжении имеются статистические данные по запаздываниям сроков проектов, планирование осуществляется с их использованием.

В остальных случаях формирование графиков производится на основании информации о трудозатратах из нормативных и сметных справочников.

##### **Этап 3. Расчет продолжительности работ**

В зависимости от выбранного подхода к формированию графика производится либо сбор экспертных оценок продолжительности, их аналитическая обработка в соответствии с установленными методиками,

например, в соответствии с [142] или аналогично [143], либо определение статистических оценок, используемых в расчете, либо расчет трудозатрат по нормативной базе.

Расчет общих трудозатрат ведется на основании любой имеющейся в распоряжении базы, т.к. исследование показало отсутствие действительной разницы между ними. При этом рекомендуется отдавать предпочтение базам производственных нормативов, аналогичных российским ЕНиР или финским *RATU*.

Расчет производится по формуле:

$$Q = \sum_i^n q_i \cdot v_i , \quad (18)$$

где  $Q$  – суммарные трудозатраты по проекту;

$q_i$  – единичный показатель трудозатрат  $i$ -той работы, принятый по нормативной базе;

$v_i$  – объем  $i$ -той работы.

Если в качестве нормативной базы приняты ЕНиР, то расчет необходимо производить с учетом алгоритма актуализации, предложенного в Главе 2.

Расчет продолжительностей осуществляется на основании данных о проектных трудозатратах и имеющихся трудовых ресурсах по формуле (1).

#### Этап 4. Выбор метода поточной организации строительства и Этап 5.

##### Расчет детерминированной продолжительности проекта

На данном этапе производится определение детерминированной продолжительности проекта по матричной модели В.А. Афанасьева.

Осуществляется расчет по методу непрерывного использования ресурсов (НИР), непрерывного освоения фронтов (НОФ) и методу критических работ (МКР). Далее выполняется вычисление дифференциальных критериев эффективности и интегрального критерия, на основании которого делаются выводы о наиболее целесообразном методе поточной организации строительства применительно к конкретному проекту.

**Этап 6. Определение фиксированной (основной) части длительностей работ.**

В зависимости от выбранного типа оценок продолжительности работ (экспертный, статистический, нормативный) определяется фиксированная длительность проекта по формуле расчета случайно выполненного объема с учетом заданных технологических ограничений на совмещение видов работ:

- экспертные оценки  $v=1/[1-Ln(Rnd)]$
- статистические оценки  $v=1/[0,505*(1,51-Ln(Rnd))]$
- нормативные оценки  $v=a/[a+(b-a)*Rnd]$

**Этап 7. Формирование проектного буфера**

По формуле (12) производится расчет среднего процента выполнения каждого вида работ в потоке за фиксированное время.

Срок, необходимый для 100%-ного завершения вида работы в проекте, вычисляется пропорционально в соответствии с ранее определенным средним процентом выполнения.

**Этап 8. Расчет наиболее вероятной продолжительности проекта.**

Путем проведения статистических испытаний построенной модели календарного плана определяется наиболее вероятная продолжительность проекта.

Блок-схема алгоритма конвергированной методики календарного планирования проекта при поточной организации строительства приведена на рисунке 30. Примеры практической реализации отражены в Приложении К.

**Выводы по четвертой главе:**

1) разработанный механизм адаптации метода критической цепи к поточной организации строительных работ включает в себя внедрение применимых для строительной отрасли элементов метода, таких как разделение продолжительности работы на 2 части: плановую и буферную; формирование проектного буфера, в матричную модель В.А. Афанасьева с установлением ограничений на минимально допустимый процент совмещение потоков для

перехода потока на следующий этап, а также с обоснованием вида функции распределения плотности вероятности случайной продолжительности работы;

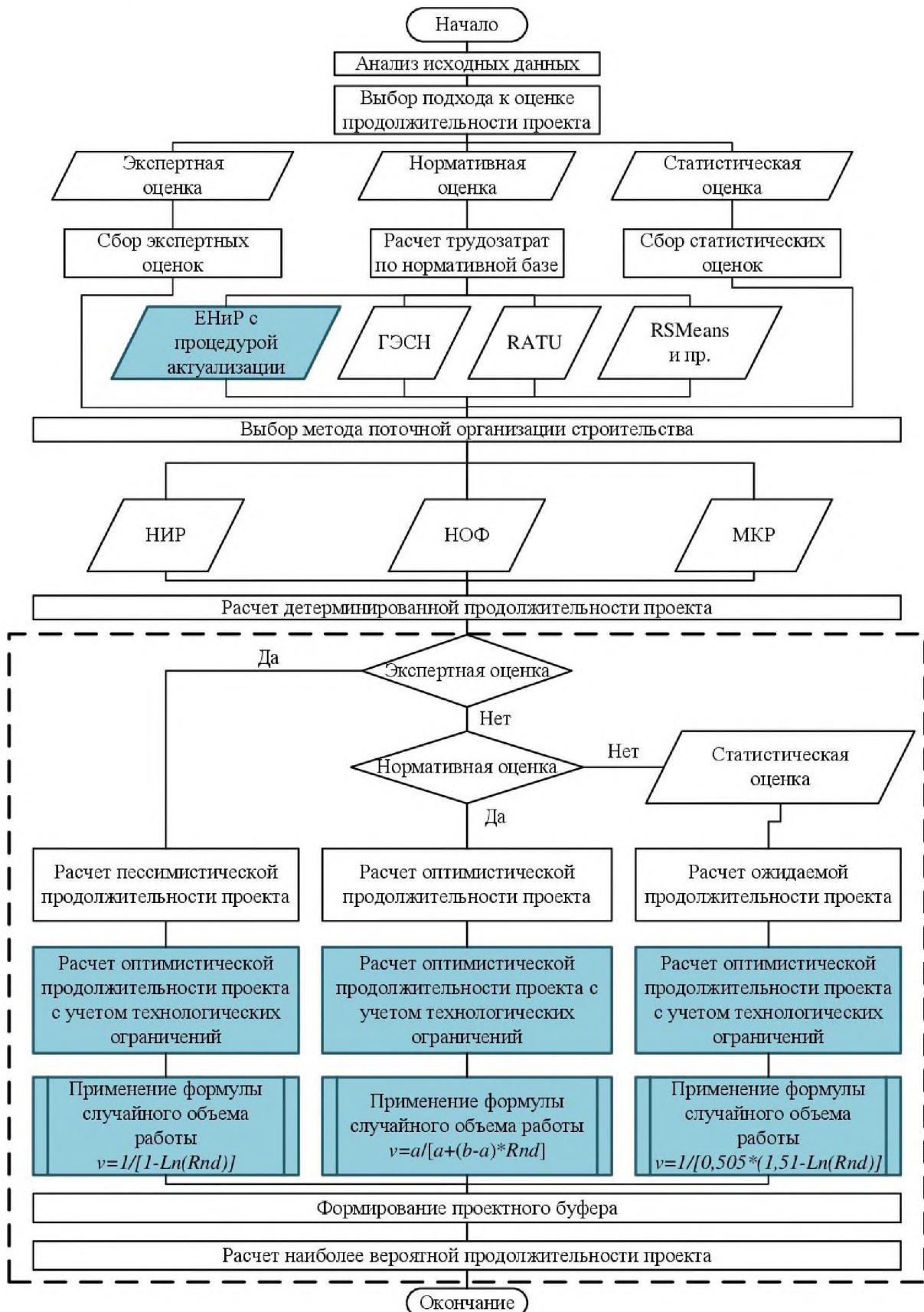


Рисунок 30 – Схема алгоритма конвергированной методики

2) проведённый статистический эксперимент показал устойчивость результатов, полученных по итогам использования разработанной модели, к изменению состава строительных комплексов и методов поточной организации работ;

3) кроме экспертных оценок продолжительности работ при формировании календарного плана возможно использование более точных статистических данных, а также информации о трудозатратах из нормативных баз;

4) разработанная конвергированная методика формирования календарного плана поточного строительства позволяет спрогнозировать своевременное выполнение проектов с большей вероятностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного диссертационного исследования можно сформулировать следующие выводы:

1) разработана классификация рисков несвоевременного выполнения работ на основании источников их возникновения, включающая 5 типовых групп: проектные, ресурсные, организационные, операционные, климатические. Кроме того, полезным для части задач является разбиение рисков на 2 группы, аналогичные понятиям метрологии: случайные и систематические;

2) проведен сопоставительный анализ метода критического пути и альтернативного ему метода критической цепи, хорошо зарекомендовавшего себя в области промышленного производства, но имеющего ограничения по применению в сфере строительства, т.к. он не учитывает особенностей технологических процессов, что делает невозможным его прямое применение к планированию строительных проектов;

3) проведен анализ путей совершенствования методов календарного планирования, показавший, что наиболее перспективным является направление, связанное с конвергенцией и комбинированием различных методов и методик;

4) выявлены латентные риски несвоевременности, скрытые в нормативах трудозатрат, применяемых в РФ, обусловленные спецификой их возникновения и развития, а также методической основой формирования; риск несвоевременности может быть снижен за счет проведения процедуры актуализации отфильтрованных показателей трудозатрат базы ЕНиР по предложенному алгоритму, включающему в себя 6 этапов;

5) проведена оценка применения зарубежных нормативных баз в качестве альтернативы российским. Единой тенденции по их соотношению с ЕНиРами не выявлено. Для применения в календарном планировании более пригодны финские нормативы *RATU*;

6) разработан механизм адаптации метода критической цепи к поточной организации строительных работ, показавший по итогам проведения

статистических испытаний эффективность и устойчивость к изменению состава строительных комплексов и методов поточной организации работ;

7) разработана конвергированная методика календарного планирования поточного строительства, основанная на матричной модели с внедрением элементов метода критической цепи, которая позволяет прогнозировать своевременное выполнение проектов с большей вероятностью.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон : [от 30.12.2004 № 214-ФЗ : ред. от 13.07.2015]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_101448/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_101448/)
2. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide): Fifth Edition / Project Management Institute, Inc. – USA: PMI, 2013. – 589 p.
3. Burduk, A. Methods of Risk Evaluation in Manufacturing Systems / A. Burduk, E. Chlebus // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2009. – №3. – P. 17-30.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [Электронный ресурс]: утв. приказами Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 г. № ВК 477. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28224/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28224/). – Загл. с экрана.
5. Zavadskas, E. K. Risk Assessment of Construction Projects / E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Tamošaitien // Journal of Civil Engineering and Management. -2010. – №16 (1). – P. 33-46.
6. Chavas, J-P. Risk analysis in theory and practice / J-P. Chavas. – USA: Elsevier Academic Press, 2004. – 247 p.
7. Управление рисками в недвижимости / П. Г. Грабовый, В. Я. Осташко, Н. К. Гогуа, А. В. Каширский, Л. Н. Чернышов; под общ. ред. П. Г. Грабового. – М.: Реалпроект, 2005. – 472 с.
8. Управление рисками в недвижимости / под общ. ред. П. Г. Грабового. – М.: Проспект, 2012. – 424 с.
9. Кононов, Ю. Д. Оценка рисков в предпринимательстве при анализе эффективности крупномасштабных проектов в ТЭК : монография / Ю. Д. Кононов, В. И. Локтионов ; М-во образования и науки РФ, Байкал. гос. ун-т экономики и права. – Иркутск: БГУЭП, 2012. – 143 с.

10. Lambeck, R. Urban Construction Project Management / R. Lambeck, J. Eschemuller ; McGraw-Hill Construction Series. – USA: McGraw-Hill Companies, 2008. – 480 p.
11. Управление рисками, риск-менеджмент на предприятии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.risk24.ru>. – Загл. с экрана.
12. Mubarak, S. A. Construction Project Scheduling and Control. Second Edition / Saleh A. Mubarak. – New Jersey, Hoboken: published by John Wiley & Sons, Inc., 2010. – 445 p.
13. Дао Чонг Хунг. Анализ проектных рисков как неотъемлемая часть комплексной экспертизы проекта / Дао Чонг Хунг // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – №11. – С. 42-43.
14. Организация, планирование и управление строительным производством / под общ. ред. П. Г. Грабового. – Липецк: Информ, 2006. – 304 с.
15. Птухина, И. С. Распределение ответственности между контрагентами строительства / И. С. Птухина, С. А. Болотин, М. А. Котовская. -Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 95 с.
16. Гинев, П. Долгострои Петербурга: последние из могикан? [Электронный ресурс] / П. Гинев // Бн-газета : [сайт]. – Режим доступа: <http://www.bn.ru/articles/2012/12/17/98808.html>. – Загл. с экрана.
17. Гинев, П. Долгострои Петербурга: пять месяцев до сдачи [Электронный ресурс] / П. Гинев // Бн-газета : [сайт]. – Режим доступа: <http://www.bn.ru/articles/2013/08/12/120320.html>. – Загл. с экрана.
18. Две причины срыва сроков строительства соцобъектов обнаружили власти Ленобласти [Электронный ресурс] // Restate.ru: Портал рынка недвижимости : [сайт]. – Режим доступа: <http://www.restate.ru/material/ 138575.html>. – Загл. с экрана.
19. Власти Ленобласти нашли причины срыва сроков строительства соцобъектов [Электронный ресурс] // bpn.ru: Большой портал недвижимости : [сайт]. – Режим доступа: <http://www.bpn.ru/publications /64616>. – Загл. с экрана.

20. Романова, К. Г. Нормирование труда и сметы / К. Г. Романова, Е. П. Жарковская, Г. Л. Исаева и др.; под общ. ред. К. Г. Романовой. – М.: Стройиздат, 1989. – 304 с.
21. Седых, Ю. И. Организационно-технологическая надежность жилищно-гражданского строительства / Ю. И. Седых, В. М. Лазебник. – М.: Стройиздат, 1989. – 396 с.
22. Лисичкин, В. А. Организация управления строительством в капиталистических странах / В. А. Лисичкин, М. И. Ковальский. – М.: Стройиздат, 1987. – 296 с.
23. Болотин, С. А. Организация строительного производства / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. – М.: Издат. центр «Академия», 2007. – 208 с.
24. Болотин, С. А. Конвергенция организационно-технологического и архитектурно-строительного проектирования, ориентированного на энергоресурсосбережение при строительстве и эксплуатации зданий : монография / С. А. Болотин, А.-К. Х. Дадар ; М-во образования и науки, С.-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т. – СПб. : [б. и.], 2011. – 200 с.
25. Верстов, В. В., Бадьин, Г.М. Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений в Санкт-Петербурге / В.В. Верстов, Г.М. Бадьин // Вестник гражданских инженеров. – 2010. – №1. – С. 96-104.
26. Бадьин, Г.М. Строительное производство. Основные термины и определения / Г.М. Бадьин, В.В. Верстов, В.Д. Лихачев, А.Ф. Юдина ; М-во образования и науки, С.-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т. – СПб. : [б. и.], 2011. – 324 с.
27. Ящерицын, П. И. Планирование эксперимента в машиностроении / П. И. Ящерицын, Е.И. Махаринский. – Минск: Высшая школа, 1985. – 286 с.
28. Государственная система обеспечения единства измерения. Метрология. Основные термины и определения. РМГ 29-99. – Введ. 17.05.2000. – Режим доступа : <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=490676>. – Загл. с экрана.
29. Shewhart, Walter A. Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control / Walter A. Shewhart. – New York: Dover, 1986. – 155 p.

30. Deming, W. Edwards. Out of the Crisis / W. Edwards Deming. – Cambridge, MA: MIT Press, 2000. – 523 p.
31. Deming, W. Edwards. The New Economics for Industry, Government, Education / W. Edwards Deming. – 2nd edition. – Cambridge, MA: MIT Press, 2000. – 265 p.
32. Лич, Л. Вовремя и в рамках бюджета: Управление проектами по методу критической цепи / Лоуренс Лич; пер. с англ. У. Саламатова. – 2-е изд. – М.: АЛЬПИНА ПАБЛИШЕР, 2014. – 352 с.
33. Из истории развития сметного нормирования в России [Электронный ресурс] // Сметный портал : [сайт]. – Режим доступа : <http://cmet4uk.ru/publ/4-1-0-33>. – Загл. с экрана.
34. Урочный реестр по части гражданской архитектуры, или описание разных работ, входящих в состав каменных зданий, с показанием: какие именно при оных работы встречаются и сколько полагается на производство их вольнонаемных мастеровых и рабочих людей: Сочинен в 1811 году. -Санкт-Петербург: типогр. Ф. Дрехслера, 1811. – 90 с.
35. Урочный реестр, по которому при крепостях в летнее, осенне и зимнее время солдатам и вольным рабочим людям фортификационные работы исправлять: Сочинен в 1812 году. – Санкт-Петербург: типогр. Ф. Дрехслера, 1812. – 38 с.
36. Абрамова, М. Ю. Нормативно-техническая документация: от истоков к современности / М. Ю. Абрамова, Т. Л. Курочкина // Жилищное строительство. – 2012. – №12. – С. 37-38.
37. Золотарева, М. В. Стандартизация в строительстве в первой половине XIX века / М. В. Золотарева // Промышленное и гражданское строительство. -2009. – №2. – С. 37-38.
38. Котовская, М. А. Оценка применимости норм ЕНиР к расчету проектных трудозатрат при определении продолжительности строительства / М. А. Котовская // Актуальные проблемы современного строительства и пути их эффективного решения: материалы Международной научно-практической конференции 10-12 октября 2012 г., Санкт-Петербург. Ч. 2 / под общей редакцией А. Н. Егорова, А. Г. Черных. – СПб: СПбГАСУ, 2012. – С. 153-156.

39. Зворыкин, Д. Н. Развитие проектного дела в СССР / Д. Н. Зворыкин. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
40. Розенберг, А. В. Теория нормирования строительных процессов / А. В. Розенберг. – М.: Московское акционерное издательское общество, 1928. – 136 с.
41. Урочные положения на все вообще работы, производящиеся при крепостях, гидротехнических сооружениях и гражданских зданиях: [Введ. в действие] 23 апр. 1832 г. – Санкт-Петербург: тип. Времен. деп. воен. поселений, 1832. – 565 с.
42. Урочное положение для строительных работ: Выс. утв. 17-го апр. 1869 г. - Санкт-Петербург, 1881. – 354 с.
43. Курзанов, Р. С. Полная расценочная книга для строительных работ, приспособленная к составлению нормальных и исполнительных смет согласно выводам и расчетам урочного положения, за немногими изменениями и дополнениями, и служащая хорошим пособием при сооружении зданий к единичному выводу всех потребностей / Сост. техн. Р. Курзановым. – Саратов: типо-лит. Киммель и К°, 1883. – 516 с.
44. Рошефор, Н. И. де. Иллюстрированное урочное положение: Полн. текст по испр. экземпляру с пояснит. рис., справ. сведениями, расчетами, практ. указаниями и бланковыми расценками на строит. работы. Пособие при сост. и проверке смет, проектировании и исполнении работ / Сост. инж.-архит. гр. Николай Иванович де-Рошефор. – 6-е изд., испр. – Петроград: тип. Петрогр. одиночной тюрьмы, 1916. – 694 с.
45. Балова, Е. Ф. Вопросы нормирования, оплаты и стимулирования труда и их место в совершенствовании хозяйственного механизма / Е. Ф. Балова // Нормирование и оплата труда в строительстве: сб. науч. трудов / Госстрой СССР, Всесоюз. н.-и. и проект. ин-т труда в стр-ве. – М.: Стройиздат, 1983. – С. 3-15.

46. Организация и нормирование труда / д. э. н., проф. В. В. Адамчук, к. э. н., доц. В. В. Воротникова, к. э. н. В. В. Маслова и др.; под ред. д. э. н., проф. В. В. Адамчука. – М.: Финстатинформ, 2000. – 301 с.
47. Березин, С. И. Совершенствование нормативов строительного производства / С. И. Березин, С. К. Шарапова, Г. М. Овечкина. – М.: Стройиздат, 1975. – 213 с.
48. Солин, А. А. Вопросы нормирования производственных ресурсов в строительстве: сборник статей / А. А. Солин. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. -148 с.
49. Ефремов, С. А. Нормирование труда и сметы / С. А. Ефремов, П. Д. Самохин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1977. – 264 с.
50. Петров, И. А. Техническое нормирование и сметы / И. А. Петров. – М.: Стройиздат, 1945. – 190 с.
51. Петров, И. А. Техническое нормирование и сметное дело в строительстве / И. А. Петров. – М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953. – 263 с.
52. Руководство по техническому нормированию труда рабочих в строительстве / ВНИПИ труда в строительстве Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1977. – 49 с.
53. Инструкция по нормированию труда рабочих в строительстве: СН 530-80 / Гос. ком. СССР по делам строительства. – М.: Стройиздат, 1981. – 45 с.
54. Детмер, У. Теория ограничений Голдратта: Системный подход к непрерывному совершенствованию / Уильям Детмер; пер. с англ. У. Саламатова. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 444 с.
55. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы (ЕНиР): Общая часть / Госстрой СССР. – М.: Прейскурантиздат, 1987. – 38 с.
56. Павленко, О. А. Сметное ценообразование в современных рыночных условиях / О. А. Павленко // Вестник ЮРГТУ (НПИ). – 2010. – №2. – С. 116-119.
57. Кузнецов, В. Н. Роль и значение нормирования в современных условиях / В. Н. Кузнецов // Фундаментальные исследования : научный журнал. – 2008. – №4. – С. 116-118.

58. Калюжнюк, М. М. Упорядочение рабочих операций простых технологических процессов в строительстве / М. М. Калюжнюк, А. В. Калюжнюк // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – №7. – С. 87-99.
59. МДС 81-19.2000. Методические указания о порядке разработки государственных элементных сметных норм на строительные, монтажные, специальные строительные и пусконаладочные работы: [утв. Постановлением Госстроя России от 24.04.98 №18-40] : дата введения 1998-05-01 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : [сайт]. – ЗАО «Кодекс», 2012-2014. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200007122>. – Загл. с экрана.
60. Приказ Минрегиона РФ от 07.11.2008 N 248 "Об отмене Постановлений Государственного комитета Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу" [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс : [сайт]. – КонсультантПлюс, 1992-2015.– Режим доступа : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_84572](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_84572). – Загл. с экрана.
61. Симанович, В. М. К вопросу сметного нормирования в строительстве / В. М. Симанович // Нормирование и оплата труда в строительстве. – 2012. – №9. – С. 14-30.
62. Гимадиева, Л. Ш. Проблемы современной нормативной базы ценообразования в строительстве / Л. Ш. Гимадиева // Известия КазГАСУ. – 2010. – №2. – С.327-332.
63. Горячkin, П. В. Анализ сметно-нормативной базы ценообразования в строительстве в редакции 2014 года / П. В. Горячkin // Ценообразование и сметное нормирование в строительстве. – 2014. – №3. – С. 112-121.
64. Горячkin, П. В. Анализ сметно-нормативной базы ценообразования в строительстве в редакции 2014 года / П. В. Горячkin // Ценообразование и сметное нормирование в строительстве. – 2014. – №6. – С. 112-124.
65. Сарыгина, Н. А. Анализ изменений и дополнений, выполненных в новой федеральной сметно-нормативной базе 2001 г. / Н. А. Сарыгина //

Ценообразование и сметное нормирование в строительстве. – 2014. – №4. -С. 100-107.

66. Письмо НЗ-3605/10. Методические рекомендации по применению дифференцированных поправочных коэффициентов ко времени эксплуатации строительных машин и механизмов и определению поправочных коэффициентов к затратам труда рабочих-строителей [Электронный ресурс] // Помощь по ГОСТам : [сайт]. – [Б.и., б.г.]. – Режим доступа : [http://www.gosthelp.ru/text/PismoNZ360510\\_Metodicheski.html](http://www.gosthelp.ru/text/PismoNZ360510_Metodicheski.html). – Загл. с экрана.
67. Джумаев, А. В. К вопросу о применении поправочных коэффициентов к сметам, составленным на основе ЕНиР [Электронный ресурс] / А. В. Джумаев // Сметный портал : [сайт]. – [Б.и., б.г.]. – Режим доступа: [http://cmet4uk.ru/publ/k\\_voprosu\\_o\\_primenenii\\_popravochnykh\\_koehfficientov\\_k\\_smetsm\\_sostavlennym\\_na\\_osnove\\_enir/9-1-0-237](http://cmet4uk.ru/publ/k_voprosu_o_primenenii_popravochnykh_koehfficientov_k_smetsm_sostavlennym_na_osnove_enir/9-1-0-237).
68. Стахов А. Е. Методы повышения эффективности управления строительным проектированием / А. Е. Стахов. – СПб: Стройиздат СПб, 2005. – 109 с.
69. Нормативы на подготовительно-заключительную работу и отдых для применения при проектировании норм труда в строительстве / Всесоюз. науч.-исслед. и проект. ин-т труда в строительстве. – М.: Прейскурантиздат, 1988. – 20 с.
70. Баженова, В. В. Об учете организационно-технологических тенденций при формировании объектного контроллинга заработной платы в строительстве / В. В. Баженова, Е. О. Сысоев // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – №3. – С. 32-34.
71. Котовская, М. А. Анализ латентных рисков применения производственных и сметных нормативов трудозатрат при проектировании календарного плана строительства / М. А. Котовская // Петербургская школа поточной организации строительства: материалы международной научной конференции, посвященной памяти профессора Виктора Алексеевича Афанасьева 20-21 февраля 2014 г. / ред. Е. Б. Смирнов. – СПб: СПбГАСУ, 2014. – С. 44-47.

72. ЕНиР: Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы [Утв. Гос. строит. ком. СССР и др. 05.12.86]. Сб. Е7 : Кровельные работы. – Прейскурантиздат, 1987. – 23 с.
73. Речкалов, В. Управление проектами по методу Критической цепи [Электронный ресурс] / В. Речкалов // TOCPEOPL: сообщество поклонников ТОС : [сайт]. – [Б. м.], 2011-2015. – Режим доступа : <http://www.tocpeople.com/2012/10/kriticheskaya-ser/>. – Загл. с экрана.
74. Производительность труда «белых воротничков»: пер. с англ. / общ. ред. и вступит. ст. В. В. Зотова. – М.: Прогресс, 1989. – 248 с.
75. Gantt, H. L. Work, Wages, and Profits [Electronic resource] / H. L. Gantt. – 2nd edition. – New York: The Engineering Magazine Co, 1919. – 319 p. – Mode of access: <https://archive.org/details/workwagesprofits00gant>. – Title screen.
76. Gantt, H. L. Organizing for Work [Electronic resource] / H. L. Gantt. – USA, New York: Harcourt, Brace and Howe, 1919. – 120 p. – Mode of access: <http://www.ganttchart.com/orgforwork.html>. – Title screen.
77. Gantt, H. L. Industrial Leadership [Electronic resource] / H. L. Gantt. – New Haven: Yale University Press, 1916. – 128 p. – Mode of access : <http://www.unz.org/Pub/GanttHenry-1916>. – Title screen.
78. Будников, М. С. Проектирование и осуществление строительства поточно-расчененным методом / М. С. Будников. – Киев: Изд-во Акад. архитектуры УССР, 1951. – 14 с. – (К Республиканскому совещанию руководящих и инженерно-технических работников проектных, научно-исследовательских и строительных организаций и предприятий промышленности строительных материалов в г. Киеве . 1 Секция. Обмен передовым опытом по внедрению в жилищно-гражданское строительство новой технологии и передовой техники ; вып. 6).
79. Будников, М. С. Расчет срока скоростного строительства / М. С. Будников. – Киев: Укргизмвестпром, 1941. – 170 с.
80. Будников, М. С. Об основах теории поточного строительства / М. С. Будников. – М.: Б. и., 1962. – 39 с.

81. Kelley, J. E. Critical-path planning and scheduling [Electronic resource] / J. E. Kelley, M. R. Walker // IRE-AIEE-ACM '59 (Eastern) : Papers presented at the December 1-3, 1959, eastern joint IRE-AIEE-ACM computer conference. – P. 160-173. – Mode of access : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1460318>. – Title screen.
82. Kelley, J. E. The Construction Scheduling Problem (A Progress Report) / UNIVAC Applications Research Center. Philadelphia: Remington Rand UNIVAC. April 25, 1957.
83. Kelley J.E. Extension of the Construction Scheduling Problem: A Computational Algorithm / UNIVAC Applications Research Center. Philadelphia: Remington Rand UNIVAC. Nov. 18, 1958.
84. Чихачев, В. В. Поточно-скоростной метод организации строительных работ: автореф. дис. на соискание ученой степени д-ра техн. наук / В. В. Чихачев ; М-во высш. образования СССР, Моск. текстильн. ин-т (МТИ). – М., 1949. – 17 с.
85. Афанасьев, В. А. Поточная организация строительства / В. А. Афанасьев. -Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. – 302 с.
86. Афанасьев, В. А. Методы организации работ в строительстве / В. А. Афанасьев ; Петрозаврод. гос. ун-т им. О.В. Куусинена. – Петрозаводск: ПГУ, 1989. – 95 с.
87. Афанасьев, В. А. Алгоритмы формирования, расчета и оптимизации методов организации работ / В. А. Афанасьев. – Л.: ЛИСИ, 1980. – 96 с.
88. Andersson, N. Practical Implications of Location-Based Scheduling [Electronic resource] / N. Andersson, K. Christensen // CME25: Construction Management and Economics: past, present and future: Section for Planning and Management of Building Processes, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark. 2007. – Mode of access : [http://orbit.dtu.dk/en/publications/practical-implications-of-locationbased-scheduling\(bdd9f0c6-d92d-4f92-8cd0-43e7da53feb1\).html](http://orbit.dtu.dk/en/publications/practical-implications-of-locationbased-scheduling(bdd9f0c6-d92d-4f92-8cd0-43e7da53feb1).html). – Title screen.
89. Weaver, P. A Brief History of Scheduling: Back to the Future [Electronic resource] / Weaver P. // Originally presented at MyPrimavera06, Hyatt, Canberra: Mosaic,

Project Services Pty Ltd, 4-6 April 2006. – Mode of access : [http://www.mosaicprojects.com.au/Resources\\_Papers\\_042.html](http://www.mosaicprojects.com.au/Resources_Papers_042.html). – Title screen.

90. Hejducki, Z. Time Couplings in Scheduling Methods of Complex Construction Process / Z. Hejducki. – Wrocław : University of Technology, 2000. – 126 p.
91. Harris, R. B. Scheduling projects with repeating activities / R. B. Harris, P. G. Ioannou // Journal of Construction Engineering and Management ASCE. – 1998. – №124 (4). – P. 269–278.
92. Афанасьев, В. А. Проектирование организации строительства, организации и производства работ / В. А. Афанасьев, А. В. Афанасьев / Ленингр. инж.-строит. ин-т. – Л.: ЛИСИ, 1988. – 96 с.
93. Бучацкий, И. В. Разработка графиков выполнения проектных работ с использованием средств визуализации / И. В. Бучацкий // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – №3. – С. 50-51.
94. Опарина, Л. А. Имитационное моделирование энергопотребления зданий в течение жизненного цикла на основе аппарата стохастических агрегативных систем / Л. А. Опарина // Жилищное строительство. – 2013. – №8. – С. 22-24.
95. Птухина, И. С. Распределение ответственности контрагентов организации строительства на основе проектного планирования договорных обязательств и их исполнения : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.08 / Птухина Ирина Станиславовна ; [С.-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т]. – Санкт-Петербург, 2012. – 18 с.
96. Оптимизация организационно-технологических решений при строительстве зданий и сооружений / С. М. Кузнецов, Н. А. Сироткин, К. С. Кузнецова, И. Л. Чулкова // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – №9. – С. 57-60.
97. Повышение организационно-технологической надежности проектирования строительных объектов / В. Н. Анферов, О. И. Недавний, С. В. Базилевич, С. М. Кузнецов // Известия вузов. Строительство. – 2013. – №8. – С. 51-63.

98. Лебедев, В. В. Анализ критериев технологической и технико-экономической эффективности проектных решений / В. В. Лебедев, Е. Я. Крымская // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – Т.8, №4 (51). – С. 102-116.
99. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства / Л. Г. Дикман. -М.: АСВ, 2003. – 512 с.
100. Голдратт, Э. М. Цель. Процесс непрерывного совершенствования / Элияху М. Голдратт, Джейф Кокс; пер. с англ. Е. Федурко. – Минск: Попурри, 2014. – 400 с.
101. Голдратт, Э.М. Критическая цепь / Элияху М. Голдратт; пер. с англ. Е. Федурко. – Минск: Попурри, 2013. – 240 с.
102. Котовская, М. А. Особенности теории ограничений систем Голдратта и метода критической цепи в области календарного планирования строительных проектов / М. А. Котовская // Современные проблемы науки и образования : научный журнал. – 2014. – № 4. – С.234-235 ; То же [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.science-education.ru/118-14374>.
103. Stelth, P. Projects' Analysis through CPM (Critical Path Method) / Peter Stelth (MSc), Professor Guy Le Roy (PhD) // School of Doctoral Studies (European Union) : journal. – 2009. – №1. – P.10-51.
104. Goldratt, E. M. Theory of Constraints / E. M. Goldratt. – Croton-on-Hudson, NY: North River Press, 1990. – 160 p.
105. Korn, G. A. Mathematical handbook for scientists and engineers / G. A. Korn, T. M. Korn. – New York, McGraw-Hill Book Company, 1968. – 1151 p.
106. Лопатников, Л. И. Экономико-математический словарь: словарь современной экономической науки / Л. И. Лопатников. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2003. – 520 с.
107. Куперштейн, В. И. Microsoft Project 2010 в управлении проектами / В. И. Куперштейн. – СПб: БХВ-Петербург, 2011. – 506 с.
108. Котовская, М. А. Оценка применимости норм ЕНиР к расчету трудозатрат при проектировании календарного плана / М. А. Котовская // Актуальные проблемы современного строительства и пути их эффективного решения:

- материалы Международной научно-практической конференции 10-12 октября 2012 г., Санкт-Петербург. Ч. 2 / под общей редакцией А. Н. Егорова, А. Г. Черных. – СПб: СПбГАСУ, 2012. – С. 197-200.
109. Ляпидевская, О. Б. Система подготовки специалистов по Еврокодам в Московском государственном строительном университете / О. Б. Ляпидевская // Жилищное строительство. – 2012. – №12. – С. 35-36.
110. Васильев, С. Еврокоды в России: сегодня и завтра [Электронный ресурс] / С. Васильев // Вестник строительного комплекса: Всероссийский информационно-аналитический журнал . – 2011. – №74. – Режим доступа : <http://www.vestnik.info/archive/39/article760>. – Загл. с экрана.
111. Флинк, О. Евроремонт с перепланировкой [Электронный ресурс] / О. Флинк // Эксперт Казахстан. – 2011. – №24 (315). – Режим доступа : <https://expert.ru/kazakhstan/2011/24/evroremont-s-pereplanirovkoj>. – Загл. с экрана.
112. Травуш, В. Аналитический взгляд на Еврокоды. Гармонизация российских и европейских строительных нормативов требует тщательной проработки / В. Травуш, В. Алмазов, Ю. Волков // Строительная газета. – 2010. – №51 (10114). – С. 4-5.
113. Котовская, М. А. Анализ европейской и российской нормативных баз трудовых затрат применительно к календарному планированию строительства / М. А. Котовская, С. А. Болотин // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – №2 (37). – С. 98-103.
114. Фадеева, Н. С. Экономически обоснованная стоимость как основа договорных отношений и фактор модернизации строительства / Н. С. Фадеева, С. Л. Золотухин // Экономика строительства. – 2012. – №1 (13). – С. 16-31.
115. Сайфуллина, Ф. М. Оптимизация механизма ценообразования в системе инновационного развития инвестиционно-строительного комплекса [Электронный ресурс] / Ф. М. Сайфуллина // Современные технологии управления. – 2011. – №9 (09). – Режим доступа : <http://www.sovman.ru/all->

- numbers/archive-2011/september2011/item/32-optimization-of-the-pricing-mechanism-in-the-system.html. – Загл. с экрана.
116. RSMeans [Electronic resource]. – The Gordian Group Inc., 2014. – Mode of access : <http://rsmeans.reedconstructiondata.com>. – Title screen.
117. Солин, А. А. Сравнительный анализ отечественных и зарубежных сметных нормативов / А. А. Солин // Строительство. Экономика и управление. – 2011. – №1. – С. 46-51.
118. Солин, А.А. Анализ зарубежного опыта разработки и применения сборников цен на строительные работы [Электронный ресурс] / А. А. Солин // ЦНИИЭУС : [сайт]. – [М., 2010-]. – Режим доступа : <http://www.cniieus.ru/documents/docs/Analyz.pdf>. – Загл. с экрана.
119. Напряженность норм труда / А. А. Пригарин, В. М. Рысс, Е. И. Шерман, К. Х. Кузнецова. – М.: Экономика, 1968. – 175 с.
120. Ардзинов, В. Д. Заработка плата и сметное дело в строительстве / В. Д. Ардзинов, Д. В. Ардзинов. – СПб: Питер, 2010. – 256 с.
121. Котовская, М. А. Российский и зарубежный опыт расчета трудозатрат при проектировании календарного плана / М. А. Котовская // Актуальные проблемы строительства: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и докторантов / М-во образования и науки РФ, С.-Петербург. гос. архитектур. – СПб: СПбГАСУ, 2013. – С. 92-94.
122. RATU: Трудозатраты и расходы материалов при строительных работах / Строительная индустрия РТ, Стройинфо РТС. – Хельсинки: Стройинфо, 2006. – 146 с.
123. Building 90: The Finnish building classification system / Group and The Finnish Building Centre Ltd. – Helsinki: The Finnish Building Centre Limited, 1999. – 51 p.
124. Поршнева, Л. Г. Финский опыт: кадры решают все! [Электронный ресурс] / Л. Г. Поршнева // Бюллетень Национального Объединения Строителей. – 2011. – №8 (15). – С. 57-133. – Режим доступа : [http://строамур.рф/doc/nostroy\\_bull/15.pdf](http://строамур.рф/doc/nostroy_bull/15.pdf). – Загл. с экрана.

125. Быстрицкая, К. КОТ завоевывает рынок [Электронный ресурс] / К. Быстрицкая // BSN.RU : [сайт]. – Большой Сервер Недвижимости, 1999-2015. – Режим доступа : [http://www.bsn.ru/analytics/all\\_analytics/spb/17151\\_koty\\_zavoevyvayut\\_rynom/](http://www.bsn.ru/analytics/all_analytics/spb/17151_koty_zavoevyvayut_rynom/). – Загл. с экрана.
126. Daniel, K. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases / K. Daniel, P. Dlovic, A. Tversky. – Cambridge: Cambridge University Press, 1982. – 544 p.
127. Bolotin, S. Time Management in Drafting Probability Schedules for Construction Work / S. Bolotin, A. Birjukov // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Vol. 23, № 13. – P. 1-4.
128. Веденеева, Е. А. Функции и формулы Excel 2007: [библиотека пользователя уровень: начинающий /опытный] / Е. А. Веденеева. – СПБ : Питер, 2008. – 384 с.
129. СНиП 1.04.03-85. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : [сайт]. – ЗАО «Кодекс», 2012-2014. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200000622>. – Загл. с экрана.
130. Taylor, J. R. An introduction to error analysis / J. R.Taylor. – 2nd edition. - California: University Science Books, 1997. – 327 p.
131. «Техэксперт». Электронная информационно-справочная система. URL: <http://www.cntd.ru> (дата обращения: 09.02.2015).
132. Распоряжение Правительства РФ от 21.06.2010 N 1047-р «О перечне национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»» // КонсультантПлюс : некоммерческая интернет-версия : [сайт]. – КонсультантПлюс, 1997-2015. – Режим доступа : <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=LAW; n=101790>. – Загл. с экрана.

133. Постановление Правительства РФ от 26.12.2014 N 1521 "Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" // КонсультантПлюс : некоммерческая интернет-версия : [сайт]. – КонсультантПлюс, 1997-2015. – Режим доступа : http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=173491. – Загл. с экрана.
134. Гражданский кодекс Российской Федерации. Ч.1 [Электронный ресурс] : принят Государственной Думой 21 октября 1994 года : [ред. от 29.06.2015] // КонсультантПлюс : некоммерческая интернет-версия : [сайт]. – КонсультантПлюс, 1997-2015. – Режим доступа : http://base.consultant.ru /cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=182098. – Загл. с экрана.
135. Болотин, С. А. Адаптация метода критической цепи при поточной организации работ / С. А. Болотин, М. А. Котовская // Недвижимость: экономика, управление. – 2015. – №3-4. – С.38-43.
136. Quasi float time revealing when evaluating construction schedules based on discounting / Sergey Bolotin, Marina Kotovskaya, Ivan Ptuhin, Irina Ptuhina, Ilya Chahkiyev, Jasmina Ćetković // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – №725-726. – P.1019-1024.
137. Величкин, В.З. Управление и надежность реализации строительных программ / В.З. Величкин // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – №7 (51). – С.74-79.
138. Котовская, М. А. Устойчивость модели адаптированного метода критической цепи к изменению состава комплекса объектов строительства / М. А. Котовская // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №1. – Режим доступа : www.science-education.ru/121-18859. – Загл. с экрана.
139. Болотин, С. А. Модель пространственно-временной аналогии в оптимизации последовательности реконструируемых объектов / С. А. Болотин, А. Х. Дадар,

- М. А. Котовская // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – №7 (42). – С. 51-57.
140. Gore, P. S. Rationale of Contracts Awards and Contract Systems / P. S. Gore // Proceedings of the ASCE : journal of the Construction Division. – 1980. – Vol. 106, №C04. – P. 507-517.
141. Куликовский, Л. Ф. Теоретические основы информационных процессов / Л. Ф. Куликовский, В. В. Мотов. – М.: Высшая школа, 1987. – 248 с.
142. Орлов, А.И. Организационно-экономическое моделирование : в 3 ч. Ч. 2 : Экспертные оценки. / А.И. Орлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2011. – 486 с.
143. Козин, П.А. Методика определения значений весовых коэффициентов / А.В. Григорьев, П.А. Козин, А.В. Остапчук // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2004. – №8. – С.73-83.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

#### Типовые причины потерь рабочего времени

Наименование причин несвоевременности работ	Источник литературы	Тип причин	Общий признак
Погодные явления (дождь, град, метель, мороз)	[20]	Явные, случайные	Климатические
Снегопад	[21]	Климатические	Климатические
Гололед	[21]	Климатические	Климатические
Ветер свыше 6 баллов	[21]	Климатические	Климатические
Ливень	[21]	Климатические	Климатические
Мороз ниже минус 25	[21]	Климатические	Климатические
Стихийные бедствия	[21]	Климатические	Климатические
Погодные условия на строительной площадке.	[24]	Объективные	Климатические
Ошибки на строительной площадке	[22]	Переделки	Операционные
Ошибки на стадии инженерной подготовки	[22]	Переделки	Операционные
Производство бракованной продукции	[20]	Явные, лишняя работа	Операционные
Излишняя обработка готовой продукции	[20]	Явные, лишняя работа	Операционные
Потери из-за нарушения нормальной технологической последовательности выполнения работ	[20]	Скрытые	Операционные
Потери из-за применения малоэффективных методов, ручных процессов	[20]	Скрытые	Операционные
Потери из-за низкого качества предшествующих работ	[20]	Скрытые	Операционные

<b>Наименование причин несвоевременности работ</b>	<b>Источник литературы</b>	<b>Тип причин</b>	<b>Общий признак</b>
Низкое качество выполняемых работ			Операционные
Нарушение принятой технологии производства работ	[21]	Технологические	Операционные
Устранение брака, переделка недоброкачественно выполненных работ	[21]	Технологические	Операционные
Нарушение правил техники безопасности, противопожарных мероприятий	[21]	Технологические	Операционные
Появление непредвиденных работ	[21]	Технологические	Операционные
Изменение запланированной последовательности работ	[21]	Организационные	Операционные
Непредвиденные перерывы в выполнении работ;	[24]	Объективные	Операционные
Перебазирование на новое рабочее место	[22]	Ожидания	Организационные
Ожидание информации	[22]	Ожидания	Организационные
Неподготовленности фронта работ	[20]	Явные, организационно-технические	Организационные
Несвоевременность указаний технического персонала	[20]	Явные, организационно-технические	Организационные
Потери из-за нерациональной организации строительных площадок и графиков производства работ	[20]	Скрытые	Организационные
Увеличение расстояний транспортирования	[20]	Скрытые	Организационные
Излишние перекладки и перемещения материалов, конструкций, механизмов	[20]	Скрытые	Организационные
Холостые пробеги машин	[20]	Скрытые	Организационные
Срыв сроков предоставления или подготовки площадки, фронта работ	[21]	Организационные	Организационные
Несвоевременное обеспечение проектной документацией	[21]	Организационные	Организационные
Срыв согласованных сроков работ какой-либо из участвующих в строительстве организаций	[21]	Организационные	Организационные

<b>Наименование причин несвоевременности работ</b>	<b>Источник литературы</b>	<b>Тип причин</b>	<b>Общий признак</b>
Несвоевременное принятие решений или доведение их до исполнителей	[21]	Управленческие	Организационные
Недостатки структуры управления	[21]	Управленческие	Организационные
Несовершенство оперативного планирования и управления	[21]	Управленческие	Организационные
Отсутствие или некомпетентность диспетчерской службы, аппарата управления	[21]	Управленческие	Организационные
Некомпетентность руководства и волевые решения, необоснованные корректировки плана в течение года	[21]	Управленческие	Организационные
Проектные ошибки	[22]	Переделки	Проектные
Потери из-за дефектов рабочих чертежей	[20]	Скрытые	Проектные
Изменение проектных решений в процессе строительства	[21]	Технические	Проектные
Недостатки проектирования технологии	[21]	Технологические	Проектные
Ошибки вычислительной техники	[21]	Организационные	Проектные
Ошибки планирования и управления	[21]	Управленческие	Проектные
Получение необъективной или неверной информации	[21]	Управленческие	Проектные
Принципиально статистическое определение норм трудовых затрат	[24]	Объективные	Проектные
Неопределенность состава работ, возникающая в результате планирования по укрупненным показателям;	[24]	Объективные	Проектные
Принятие гипотезы о равномерном выполнении работ во времени	[24]	Объективные	Проектные
Несоответствие между планируемой нормативной базой и фактически используемой базой при производстве работ	[24]	Объективные	Проектные
Слабое взаимодействие бригад	[22]	Ожидания	Ресурсные
Ожидание строительного оборудования	[22]	Ожидания	Ресурсные

<b>Наименование причин несвоевременности работ</b>	<b>Источник литературы</b>	<b>Тип причин</b>	<b>Общий признак</b>
Ожидание строительных материалов	[22]	Ожидания	Ресурсные
Ожидание инструмента	[22]	Ожидания	Ресурсные
Взаимодействие внутри бригады	[22]	Ожидания	Ресурсные
Несвоевременная подача материалов на рабочее место	[20]	Явные, организационно-технические	Ресурсные
Недостаток или неисправность орудий труда	[20]	Явные, организационно-технические	Ресурсные
Отсутствие или перебои подачи энергии, топлива, пара, воды на рабочие места	[20]	Явные, организационно-технические	Ресурсные
Прекращение подачи на стройку энергии, воды, пара	[20]	Явные, случайные	Ресурсные
Неявки	[20]	Явные, дисциплина	Ресурсные
Опоздания на работу	[20]	Явные, дисциплина	Ресурсные
Преждевременные уходы на обед и с работы	[20]	Явные, дисциплина	Ресурсные
Посторонние разговоры	[20]	Явные, дисциплина	Ресурсные
Болезнь	[20]	Явные, дисциплина	Ресурсные
Учебный отпуск, отпуск по беременности, отпуск без сохранения содержания	[20]	Явные, дисциплина	Ресурсные
Потери из-за применения материалов и деталей, не соответствующих требованиям проекта или некачественных	[20]	Скрытые	Ресурсные
Поломка грузоподъёмных машин, механизмов, транспортных средств, средств малой механизации	[21]	Технические	Ресурсные
Выход из строя временных инженерных сетей и коммуникаций (сетей электро-, водо-, теплоснабжения, дорог)	[21]	Технические	Ресурсные
Низкое качество материалов, деталей, конструкций, полуфабрикатов	[21]	Технические	Ресурсные

<b>Наименование причин несвоевременности работ</b>	<b>Источник литературы</b>	<b>Тип причин</b>	<b>Общий признак</b>
Отсутствие или поломка средств измерений и контроля, инструментов и приспособлений	[21]	Технические	Ресурсные
Изменение численного или квалификационного состава звеньев и бригад, эффективных способов производства работ	[21]	Технологические	Ресурсные
Отсутствие материалов, изделий, конструкций, полуфабрикатов, оборудования	[21]	Организационные	Ресурсные
Отсутствие необходимых ресурсов или нарушение сроков их поставки	[21]	Организационные	Ресурсные
Отсутствие рабочих требуемой специальности и квалификации	[21]	Организационные	Ресурсные
Отсутствие производственной связи или ее повреждение	[21]	Управленческие	Ресурсные
Невыход или опоздание на работу исполнителей	[21]	Социальные	Ресурсные
Невыполнение производственного задания при полном обеспечении работ	[21]	Социальные	Ресурсные
Низкая квалификация исполнителей	[21]	Социальные	Ресурсные
Умышленная порча или хищение материалов, инструментов, оборудования	[21]	Социальные	Ресурсные
Отсутствие заинтересованности рабочих и ИТР в своевременном и качественном производстве работ	[21]	Социальные	Ресурсные
Необеспеченность рабочих нормальными бытовыми условиями и питанием	[21]	Социальные	Ресурсные
Прогулы	[24]	Субъективные	Ресурсные
Низкая квалификация исполнителей	[24]	Субъективные	Ресурсные
Недобросовестность поставщиков оборудования, материалов	[24]	Субъективные	Ресурсные

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Сопоставление российских, американских и французских нормативов (по данным [116])

Наименование и код процесса	СНБ 1984 г.	СНБ 2001 г.	<i>Le coût des travaux de bâtiment</i>	RSMEANS
Код процесса	6-1-20	06-01-001-20	-	033053403900
Устройство монолитного ленточного фундамента 0,460 м x 0,230 м неармированного Измеритель - 1 куб.м	3,060	3,600	-	3,140
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	18%	-	3%
Код процесса	6-1-22	06-01-001-22	R1070100003	033053403920
Устройство монолитного ленточного фундамента 0,460 м x 0,230 м армированного Измеритель - 1 куб.м	4,010	4,766	7,920	4,190
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	19%	98%	4%
Код процесса	6-1-20	06-01-001-20	-	033053403925
Устройство монолитного ленточного фундамента 0,508 м x 0,254 м неармированного Измеритель - 1 куб.м	3,060	3,600	-	2,790
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	18%	-	-9%
Код процесса	6-1-22	06-01-001-22	R1070100009	033053403930
Устройство монолитного ленточного фундамента 0,508 м x 0,254 м	4,010	4,766	6,680	3,660

<b>Наименование и код процесса</b>	<b>СНБ 1984 г.</b>	<b>СНБ 2001 г.</b>	<b><i>Le coût des travaux de bâtiment</i></b>	<b>RSMEANS</b>
армированного Измеритель - 1 куб.м				
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	19%	67%	-9%
Код процесса	6-1-20	06-01-001-20	-	033053403935
Устройство монолитного ленточного фундамента 0,610 м x 0,305 м неармированного Измеритель - 1 куб.м	3,060	3,600	-	2,280
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	18%	-	-25%
Код процесса	6-1-22	06-01-001-22	R1070100012	033053403940
Устройство монолитного ленточного фундамента 0,610 м x 0,305 м армированного Измеритель - 1 куб.м	4,010	4,766	6,730	3,050
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	19%	68%	-24%
Код процесса	6-1-20	06-01-001-20	-	033053403945
Устройство монолитного ленточного фундамента 0,910 м x 0,305 м неармированного Измеритель - 1 куб.м	3,060	3,600	-	1,790
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	18%	-	-42%
Код процесса	6-1-22	06-01-001-22	-	033053403950
Устройство монолитного ленточного фундамента 0,910 м x 0,305 м	4,010	4,766	-	2,440

<b>Наименование и код процесса</b>	<b>СНБ 1984 г.</b>	<b>СНБ 2001 г.</b>	<b><i>Le coût des travaux de bâtiment</i></b>	<b>RSMEANS</b>
армированного Измеритель - 1 куб.м				
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	19%	-	-39%
Код процесса	1-11-8	01-01-009-8	-	312316130510
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 0,75 куб.м навымет (в отвал) обыкновенные, обычные грунты (2-ая группа грунтов) глубина траншеи от 2 до 3 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,018	0,028	-	0,026
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	57%	-	47%
Код процесса	1-11-8	01-01-009-8	-	312316130910
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 0,75 куб.м навымет (в отвал) обыкновенные, обычные грунты (2-ая группа грунтов) глубина траншеи от 3 до 4,2 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,018	0,028	-	0,029
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	57%	-	63%
Код процесса	1-11-7	01-01-009-7	-	312316135150
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 0,75 куб.м	0,015	0,020	-	0,024

<b>Наименование и код процесса</b>	<b>СНБ 1984 г.</b>	<b>СНБ 2001 г.</b>	<b><i>Le coût des travaux de bâtiment</i></b>	<b>RSMEANS</b>
навымет (в отвал) супеси и суглинки (1-ая группа грунтов) глубина траншеи от 2 до 3 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч				
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	36%	-	64%
Код процесса	1-11-7	01-01-009-7	-	312316135200
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 0,75 куб.м навымет (в отвал) супеси и суглинки (1-ая группа грунтов) глубина траншеи от 3 до 4,2 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,015	0,020	-	0,027
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	36%	-	81%
Код процесса	1-11-7	01-01-009-7	-	312316136150
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 0,75 куб.м навымет (в отвал) песчано-гравелистые грунты (1-ая группа грунтов) глубина траншеи от 2 до 3 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,015	0,020	-	0,024
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	36%	-	59%
Код процесса	1-11-7	01-01-009-7	-	312316136200

<b>Наименование и код процесса</b>	<b>СНБ 1984 г.</b>	<b>СНБ 2001 г.</b>	<b><i>Le coût des travaux de bâtiment</i></b>	<b>RSMEANS</b>
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 0,75 куб.м навымет (в отвал) песчано-гравелистые грунты (1-ая группа грунтов) глубина траншеи от 3 до 4,2 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,015	0,020	-	0,026
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	36%	-	77%
Код процесса	1-11-(9-10)	01-01-009-(9-10)	-	312316137150
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 0,75 куб.м навымет (в отвал) тугопластичные твердые глины (3-4 группа грунтов) глубина траншеи от 2 до 3 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,027	0,036	-	0,029
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	35%	-	11%
Код процесса	1-11-(9-10)	01-01-009-(9-10)	-	312316137200
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 0,75 куб.м навымет (в отвал) тугопластичные твердые глины (3-4 группа грунтов) глубина траншеи от 3 до 4,2 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,027	0,036	-	0,033

<b>Наименование и код процесса</b>	<b>СНБ 1984 г.</b>	<b>СНБ 2001 г.</b>	<b><i>Le coût des travaux de bâtiment</i></b>	<b>RSMEANS</b>
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	35%	-	23%
Код процесса	1-11-2	01-01-009-2	-	312316130610
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,15 куб.м навымет (в отвал) обыкновенные, обычные грунты (2-ая группа грунтов) глубина траншеи от 2 до 3 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,014	0,018	-	0,018
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	28%	-	28%
Код процесса	1-11-2	01-01-009-2	-	312316131000
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,15 куб.м навымет (в отвал) обыкновенные, обычные грунты (2-ая группа грунтов) глубина траншеи от 3 до 4,2 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,014	0,018	-	0,020
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	28%	-	45%
Код процесса	1-11-1	01-01-009-1	-	312316135170
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,15 куб.м навымет (в отвал) супеси и суглинки (1-ая группа грунтов)	0,011	0,015	-	0,016

<b>Наименование и код процесса</b>	<b>СНБ 1984 г.</b>	<b>СНБ 2001 г.</b>	<b><i>Le coût des travaux de bâtiment</i></b>	<b>RSMEANS</b>
глубина траншеи от 2 до 3 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч				
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	35%	-	40%
Код процесса	1-11-1	01-01-009-1	-	312316135210
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,15 куб.м навымет (в отвал) супеси и суглинки (1-ая группа грунтов) глубина траншеи от 3 до 4,2 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,011	0,015	-	0,020
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	35%	-	75%
Код процесса	1-11-1	01-01-009-1	-	312316136170
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,15 куб.м навымет (в отвал) песчано-гравелистые грунты (1-ая группа грунтов) глубина траншеи от 2 до 3 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,011	0,015	-	0,016
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	35%	-	40%
Код процесса	1-11-1	01-01-009-1	-	312316136210
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,15 куб.м навымет (в отвал)	0,011	0,015	-	0,018

<b>Наименование и код процесса</b>	<b>СНБ 1984 г.</b>	<b>СНБ 2001 г.</b>	<b><i>Le coût des travaux de bâtiment</i></b>	<b>RSMEANS</b>
песчано-гравелистые грунты (1-ая группа грунтов) глубина траншеи от 3 до 4,2 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч				
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	35%	-	58%
Код процесса	1-11-(3-4)	01-01-009-(3-4)	-	312316137170
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,15 куб.м навымет (в отвал) тугопластичные твердые глины (3-4 группа грунтов) глубина траншеи от 2 до 3 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,020	0,027	-	0,020
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	33%	-	0%
Код процесса	1-11-(3-4)	01-01-009-(3-4)	-	312316137210
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,15 куб.м навымет (в отвал) тугопластичные твердые глины (3-4 группа грунтов) глубина траншеи от 3 до 4,2 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,020	0,027	-	0,025
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	33%	-	25%
Код процесса	1-10-8	01-01-002-2	-	312316131320

<b>Наименование и код процесса</b>	<b>СНБ 1984 г.</b>	<b>СНБ 2001 г.</b>	<b><i>Le coût des travaux de bâtiment</i></b>	<b>RSMEANS</b>
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,9 куб.м навымет (в отвал) обыкновенные, обычные грунты (2-ая группа грунтов) глубина траншеи от 4,2 до 6 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,008	0,008	-	0,012
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	10%	-	61%
Код процесса	1-10-7	01-01-002-1	-	312316135270
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,9 куб.м навымет (в отвал) супеси и суглинки (1-ая группа грунтов) глубина траншеи от 4,2 до 6 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,006	0,007	-	0,011
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	9%	-	74%
Код процесса	1-10-7	01-01-002-1	-	312316136270
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,9 куб.м навымет (в отвал) песчано-гравелистые грунты (1-ая группа грунтов) глубина траншеи от 4,2 до 6 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,006	0,007	-	0,011
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г.	0%	9%	-	74%

<b>Наименование и код процесса</b>	<b>СНБ 1984 г.</b>	<b>СНБ 2001 г.</b>	<b><i>Le coût des travaux de bâtiment</i></b>	<b>RSMEANS</b>
(%)				
Код процесса	1-10-(9-10)	01-01-002-(3-4)	-	312316137270
Разработка грунта экскаваторами вместимость ковша 1,9 куб.м навымет (в отвал) тугопластичные твердые глины (3-4 группа грунтов) глубина траншеи от 4,2 до 6 м Измеритель - 1 куб.м Сопоставление по маш.-ч	0,0115	0,0123	-	0,014
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	7%	-	19%
Код процесса	8-5-9	08-02-002-5	R1102800003	042113132000
Кирпичная кладка Измеритель - 1 куб.м	9,5800	12,340	10,710	18,430
Превышение по отношению к норме СНБ 1984 г. (%)	0%	29%	12%	92%

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**Сравнение показателей ЕНиР и RATU**

Нормативная база	Наименование нормы	Специфические особенности	Рекомендуемый состав звена	Ед. изм.	Номер нормы ЕНиР	Норма, ч-час/ед.изм., маш.- час/ед.изм.	Приведенная норма, ч-час/ед.изм	Разница норм (RATU по отношению к ЕНиР)
ЕНиР	E2-1-11. Разработка грунта в котлованах одноковшовыми экскаваторами, оборудованными обратной лопатой	Экскаваторы с гидравлическим приводом 19,2 т, ковш - 0,65 куб.м, с погрузкой в транспортные средства, II группа грунта	Машинист 6 разр. - 1	100 куб.м	4б	2,60	0,03	-
RATU	12. Выемка грунта	Вес гидравлического экскаватора 21...25 т, грунт H1, H2, в плотном теле	Профессиональный дорожный рабочий - 1 Экскаваторщик - 1	куб.м	-	0,01	0,01	-73,08%
ЕНиР	E12-27. Вертикальное погружение одиночных свай пневмоколесными копрами	Железобетонные сваи 10 м	Машинист копра 6 разр. - 1 Копровщик 5 разр. - 1 Копровщик 3 разр. - 1	1 свая	1б	1,14 0,38	0,11 0,04	-
RATU	14. Свайные работы	Погружение свай, железобетонные сваи, обычный для забивки свай грунт, длина свай 0...10 м	Оператор сваезабивного оборудования - 2 Профессиональный рабочий - 1	1 м сваи	-	0,07 0,04	0,07 0,04	-38,60% -7,89%
ЕНиР	E12-44. Вертикальное погружение одиночных свай гусеничными копрами	Копер навесной на базе кранов-экскаваторов, расчетная длина сваи 10 м	Машинист копра 6 разр. - 1 Копровщик 5 разр. - 1 Копровщик 3 разр. - 1	1 свая	1в	1,50 0,50	0,15 0,05	-

Нормативная база	Наименование нормы	Специфические особенности	Рекомендуемый состав звена	Ед. изм.	Номер нормы ЕНиР	Норма, ч-час/единица маш.- час/ед.изм.	Приведенная норма, ч-час/единица маш.- час/ед.изм.	Разница норм (Ratio по отношению к ЕНиР)
RATU	14. Свайные работы	Погружение стальных свай	Оператор сваезабивного оборудования - 2 Профессиональный рабочий - 1	1 м сваи	-	0,07	0,07	-55,33%
						0,03	0,03	-32,00%
ЕНиР	Е4-1-34. Установка и разборка деревянной и деревометаллической опалубки	Пункт "Д". Опалубка стен и перегородок щитовой опалубки. Монтаж	Плотник 4 разр. - 1 Плотник 2 разр. - 1	1 кв.м стен	1а, 3а	0,34	0,34	-
		Пункт "Д". Опалубка стен и перегородок щитовой опалубки. Разборка	Плотник 3 разр. - 1 Плотник 2 разр. - 1	1 кв.м опалубки	3б	0,16	0,16	-
RATU	21. Опалубочные работы	Щитовая опалубка стен. Монтаж	Опалубщик-плотник - 1 Строитель - 1 Помощник плотника - 1	1 кв.м опалубки	-	0,27	0,27	-20,59%
		Щитовая опалубка стен. Распалубка и очистка	Опалубщик-плотник - 1 Строитель - 1 Помощник плотника - 1	1 кв.м опалубки	-	0,27	0,27	68,75%
ЕНиР	Е4-1-34. Установка и разборка деревянной и деревометаллической опалубки	Пункт "Г". Опалубка перекрытий. Щитовая. Монтаж	Плотник 4 разр. - 1 Плотник 2 разр. - 1	1 кв.м опалубки	1а	0,37	0,37	-
		Пункт "Г". Опалубка перекрытий. Щитовая. Разборка	Плотник 3 разр. - 1 Плотник 2 разр. - 1	1 кв.м опалубки	1б	0,15	0,15	-

Нормативная база	Наименование нормы	Специфические особенности	Рекомендуемый состав звена	Ед. изм.	Номер нормы ЕНиР	Норма, ч-час/единица маш.-час/ед.изм.	Приведенная норма, ч-час/ед.изм	Разница норм (Rату по отношению к ЕНиР)
RATU	21. Опалубочные работы	Щитовая опалубка плит монтаж	Опалубщик-плотник - 1 Строитель - 1 Помощник плотника - 1	1 кв.м опалубки	-	0,28	0,28	-24,32%
		распалубка и очистка	Опалубщик-плотник - 1 Строитель - 1 Помощник плотника - 1	1 кв.м опалубки	-	0,30	0,30	100,00%
ЕНиР	E4-1-46. Установка и вязка арматуры отдельными стержнями	Стены и перегородки, с одинарной арматурой до 8 мм, стержень	Арматурщик 5 разр. - 1 Арматурщик 2 разр. - 1	1 т установленной арматуры	9б	24,50	24,50	-
RATU	22. Армирование	Стены, стержень 8 мм	Арматурщик - 2	1000 кг	-	13,00	13,00	-46,94%
ЕНиР	E4-1-46. Установка и вязка арматуры отдельными стержнями	Плиты, с одинарной арматурой 12 мм	Арматурщик 4 разр. - 1 Арматурщик 2 разр. - 1	1 т установленной арматуры	6в	13,50	13,50	-
RATU	22. Армирование	Плита, стержень 12 мм	Арматурщик - 2	1000 кг	-	5,50	5,50	-59,26%
ЕНиР	E4-1-48. Подача бетонной смеси бетононасосами	Пункт "В". Подача бетонной смеси к месту укладки производительностью 20 куб.м/ч	Машинист бетононасосной установки 4 разр. - 1 Слесарь строительный 4 разр. - 1 Бетонщик 2 разр. - 1	100 куб.м бетонной смеси	2	18,00	0,18	-
						6,10	6,10	-

Нормативная база	Наименование нормы	Специфические особенности	Рекомендуемый состав звена	Ед. изм.	Номер нормы ЕНиР	Норма, ч-час/единица маш.- час/ед.изм.	Приведенная норма, ч-час/единица маш.- час/ед.изм.	Разница норм (Rату по отношению к ЕНиР)
RATU	23. Бетонирование	Стены и высокие фундаментные стенки. Бетонирование с применением бетононасоса	Бетонщик - 1 Разнорабочий - 1	1 куб.м	-	0,33	0,33	83,33%
ЕНиР	E4-1-48. Подача бетонной смеси бетононасосами	Пункт "В". Подача бетонной смеси к месту укладки производительностью 20 куб.м/ч	Машинист бетононасосной установки 4 разр. - 1 Слесарь строительный 4 разр. - 1 Бетонщик 2 разр. - 1	100 куб.м бетонной смеси	2	18,00	0,18	-
						6,10	6,10	-
RATU	23. Бетонирование	Плиты. Бетонирование с применением бетононасоса	Бетонщик - 1 Разнорабочий - 1	1 куб.м	-	0,20	0,20	11,11%
ЕНиР	E4-1-49. Укладка бетонной смеси в конструкции	Пункт "В". Стены и перегородки бадьями. Прямолинейные вертикальные стены или перегородки	Бетонщик 4 разр. - 1 Бетонщик 2 разр. - 1	1 куб.м	1в	1,60	1,60	-
RATU	23. Бетонирование	Бетонирование с применением бетонораздаточной бадьи	Бетонщик - 1 Разнорабочий - 1	1 куб.м	-	0,34	0,34	-78,75%
ЕНиР	E4-1-49. Укладка бетонной смеси в конструкции	Пункт "Б". Ленточные фундаменты и элементы каркасных конструкций. Плиты и ребристые перекрытия (включая балки и прогоны) при площади между балками до 10 кв.м	Бетонщик 4 разр. - 1 Бетонщик 2 разр. - 1	1 куб.м	10	1,30	1,30	-
RATU	23. Бетонирование	Плиты бетонирование с применением бетонораздаточной бадьи	Бетонщик - 1 Разнорабочий - 1	1 куб.м	-	0,21	0,21	-83,85%

Нормативная база	Наименование нормы	Специфические особенности	Рекомендуемый состав звена	Ед. изм.	Номер нормы ЕНиР	Норма, ч-час/единица маш.-час/ед.изм.	Приведенная норма, ч-час/единица маш.-изм.	Разница норм (Rату по отношению к ЕНиР)
ЕНиР	E4-1-1. Установка фундаментных блоков или плит	Фундаментные блоки или плиты массой до 8т. Фундамент ленточный. Плиты. Универсальный дырчатый блок массой до 3 т	Монтажник конструкций 4 разр. - 1 Монтажник конструкций 3 разр. - 1 Монтажник конструкций 2 разр. - 1 Машинист крана 6 разр. - 1	1 элемент	4а 4а	1,60 0,53	1,60 0,53	- -
RATU	25. Монтаж сборных бетонных конструкций	Пустотные плиты. Вес 3...8 т. Монтаж + заполнение швов закачиванием растворонасосом, армирование, опалубка	Монтажник элементов - 2 Разнорабочий - 1	1 штука	-	0,87	0,87	-45,63%
ЕНиР	E4-1-1. Установка фундаментных блоков или плит	Фундаментные блоки или плиты массой до 8т. Фундамент под колонны. Стакан до 5 т	Монтажник конструкций 4 разр. - 1 Монтажник конструкций 3 разр. - 1 Монтажник конструкций 2 разр. - 1 Машинист крана 6 разр. - 1	1 элемент	8 8	2,00 0,67	2,00 0,67	- -
RATU	25. Монтаж сборных бетонных конструкций	Элементы фундамента. Элементы ростверков и стаканов	Монтажник элементов - 2 Разнорабочий - 1	1 штука	-	2,90	2,90	45,00%
ЕНиР	E4-1-3. Установка стеновых блоков	Пункт "Б". Цокольные блоки и блоки наружных стен. Блоки наружных стен рядовые, простеночные, перемычечные, подоконные и пояски до 3,5 т	Монтажник конструкций 5 разр. - 1 Монтажник конструкций 4 разр. - 1 Монтажник конструкций 3 разр. - 1 Монтажник конструкций 2 разр. - 1 Машинист крана 6 разр. - 1	1 блок	12 12	1,20 0,30	1,20 0,30	- -

Нормативная база	Наименование нормы	Специфические особенности	Рекомендуемый состав звена	Ед. изм.	Номер нормы ЕНиР	Норма, ч-час/ед.изм., маш.-час/ед.изм.	Приведенная норма, ч-час/ед.изм	Разница норм (Rату по отношению к ЕНиР)
RATU	25. Монтаж сборных бетонных конструкций	Стеновые элементы (габариты элемента 8 кв.м). Монтаж элементов наружных стен + заливка швов + заполнение вертикальных швов бетононасосом	Монтажник элементов - 2 Разнорабочий - 1	1 штук а	-	2,37	2,37	97,50%
ЕНиР	E7-9. Сборка и навеска водосточных труб	Установка ухватов, сборка и навеска водосточных труб с готовых подмостей	Кровельщик 4 разр. - 1	1 м	1а, 2а	0,33	0,33	-
RATU	34. Окрытие жестью и фасонными листами	Конструкции на кровле - водоприемные лотки и водосточные трубы	Жестянщик - 1 Разнорабочий - 1	1 м	-	0,20	0,20	-39,39%
ЕНиР	E7-6. Покрытие отдельных элементов и обделка примыканий кровли из рулонных и штучных материалов кровельной листовой сталью с заготовкой картин	Покрытие карнизных свесов (без учета изготовления) при ширине покрытия до 0,7 м	Кровельщик 3 разр. - 1	1 м	1а	0,17	0,17	-
RATU	34. Окрытие жестью и фасонными листами	Защитные жестяные конструкции - карнизы	Жестянщик - 1 Разнорабочий - 1	1 м	-	0,04	0,04	-76,47%
ЕНиР	E5-1-10. Монтаж площадок, лестниц, мостиков, ограждений	Лестницы, маршевые лестницы с площадками, площадки и мостики, масса конструкции до 0,4 т	Монтажник конструкций 4 разр. - 1 Монтажник конструкций 3 разр. - 2 Электросварщик 4 разр. - 1 Машинист крана 6 разр. - 1	1 т	1а, 1б 1в	6,60 1,70	2,64 0,68	-

<b>Нормативная база</b>	<b>Наименование нормы</b>	<b>Специфические особенности</b>	<b>Рекомендуемый состав звена</b>	<b>Ед. изм.</b>	<b>Номер нормы ЕНиР</b>	<b>Норма, ч-час/единица маш.-час/ед.изм.</b>	<b>Приведенная норма, ч-час/ед.изм</b>	<b>Разница норм (Ratio по отношению к ЕНиР)</b>
RATU	35. Монтаж металлических конструкций	Монтаж лестниц - менее 500 кг, 3 м подъема	Рабочий - 2	1 штук а	-	1,80	1,80	-31,82%
ЕНиР	E3-3. Кладка стен из кирпича	Пункт "А". При обычной кладке. Простые стены. 1 кирпич с расшивкой швов. Глухая	Каменщик 3 разр. - 2	1 куб.м	2а	4,00	4,00	-
RATU	41. Кирпичная кладка	Фасад - 285x85/135x85, лицевая кладка	Каменщик - 1 Помощник каменщика - 1	1 кв.м	-	0,38	1,33	-66,67%
ЕНиР	E3-14. Устройство перегородок из коробчатого профильного строительного стекла сечением 244x50 мм		Каменщик 4 разр. - 1 Каменщик 2 разр. - 1	1 кв.м	-	0,62	0,62	-
RATU	41. Кирпичная кладка	Кладка стеклянных блоков - 190x190x80	Каменщик - 1 Помощник каменщика - 1	1 кв.м	-	0,70	0,70	12,90%
ЕНиР	E3-15. Устройство вентиляционных каналов и труб	Горизонтальные вентиляционные каналы сечением в кирпичах 1x1 по чердачному перекрытию	Каменщик 3 разр. - 1	1 м	5	1,20	1,20	-
RATU	41. Кирпичная кладка	Кладка вентиляционного канала	Каменщик - 1 Помощник каменщика - 1	1 м	-	2,00	2,00	66,67%
ЕНиР	E19-21. Устройство полов из плиток природного камня	При площади пола свыше 10 кв.м. Число плиток в 1 кв.м - до 10. Плитки мраморные	Камнетес 4 разр. - 1 Камнетес 3 разр. - 1	1 кв.м	4г	1,20	1,20	-
RATU	43. Каменные работы	Внутренняя облицовка камнем, размер камня 0,18 кв.м	Профессиональный каменщик - 1	1 кв.м	-	1,00	1,00	-16,67%

Нормативная база	Наименование нормы	Специфические особенности	Рекомендуемый состав звена	Ед. изм.	Номер нормы ЕНиР	Норма, ч-час/единица маш.- час/ед.изм.	Приведенная норма, ч-час/единица	Разница норм (Rату по отношению к ЕНиР)
ЕНиР	E6-13. Заполнение проемов	Пункт "А". Установка оконных и дверных блоков. Площадь блока до 2,5 кв.м. С широкими или составными коробками (с двумя раздельными переплетами)	Крановщик 5 разр. - 1 Плотник 4 разр. - 1 Плотник 2 разр. - 1	4г 100 кв.м 4в	20,00	0,60	-	
					10,00	0,30	-	
RATU	52. Работы по установке окон и дверей	Окно среднего размера, установка коробки и подгонка	Монтажник - 2	1 окно	-	0,80	0,80	33,33%
ЕНиР	E8-3-1. Облицовка гипсокартонными листами	Пришивка листов гвоздями. Стены и перегородки	Штукатур 3 разр. - 1	1 кв.м	2а	0,14	0,14	-
RATU	55. Работы по обшивке	Внутренняя обшивка. Стены. Гипсоплита	Плотник - 1 Строитель - 1	1 кв.м	-	0,14	0,14	0,00%
ЕНиР	E8-3-13. Облицовка гипсокартонными листами	Потолок. Крепление шурупами	Штукатур 4 разр. - 1 Штукатур 3 разр. - 1	1 кв.м	2	0,36	0,36	-
RATU	55. Работы по обшивке	Потолок. Гипсоплита	Плотник - 1 Строитель - 1	1 кв.м	-	0,17	0,17	-52,78%
ЕНиР	E11-6. Изоляция матами прошивными и плитами на связках	Изоляция плоских поверхностей	Термоизолировщик 4 разр. - 1 Термоизолировщик 3 разр. - 1 Термоизолировщик 2 разр. - 1	1 кв.м	4г	0,30	0,30	-
RATU	61. Теплоизоляция	Монтаж теплоизоляционных плит (1 слой плиты). Стена между опорами каркаса k600	Строитель - 2	1 кв.м	-	0,06	0,06	-78,67%

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Сравнение норм ЕНиР, ГЭСН, RATU, RSMeans по различным критериям

<b>Наименование характеристики</b>	<b>ЕНиР</b>	<b>ГЭСН</b>	<b>RATU</b>	<b>RSMEANS</b>
<b>Страна</b>	Россия	Россия	Финляндия	США
<b>Тип организации, выпускающей нормы</b>	Государственный	Государственный	Общественный	Коммерческий
<b>Характер документа</b>	Производственные нормы	Сметные нормы	Технологические нормы	Сметные нормы
<b>Основное назначение</b>	Установление нормативной выработки рабочих; расчет продолжительности работ	Ценообразование	Руководство по производству работ	Ценообразование
<b>Периодичность обновления</b>	Последнее обновление базы относится к 1987 г.	Выпущены в 2001 г. Дополнение базы - постоянное (без установленной периодичности)	Дополнение картотеки происходит по мере разработки карт на новые либо усовершенствованные технологии	Ежегодно
<b>Разбиение на сборники</b>	По видам работ	По видам работ	Нет. Выпущено в виде картотеки	По видам работ
<b>Описываемые параметры</b>	1. Состав работ 2. Состав звена 3. Измеритель продукции 4. Технические параметры продукции 5. Норма времени 6. Расценка (для рабочих)	1. Состав работ 2. Измеритель продукции 3. Технические параметры продукции 4. Затраты труда рабочих-строителей 5. Средний разряд работы 6. Затраты труда	1. Связь с другими работами 2. Состав работ 3. Показатели затрат труда укрупненно и пооперационно 4. Состав звена 5. Необходимые документы и планы 6. Влияние переменных	1. Вид работ 2. Технические параметры продукции 3. Измеритель продукции 4. Состав звена 5. Дневная

<b>Наименование характеристики</b>	<b>ЕНиР</b>	<b>ГЭСН</b>	<b>RATU</b>	<b>RSMEANS</b>
		<p>машинистов</p> <p>7. Время работы машин и механизмов</p> <p>8. Расход материалов</p>	<p>факторов на затраты труда</p> <p>7. Расход материалов</p> <p>8. Технология (пооперационно с иллюстрациями)</p> <p>9. Требуемые материалы, машины и оборудование</p> <p>10. Техника безопасности</p> <p>11. Мероприятия по обеспечению качества</p> <p>12. Особые инструкции и указания</p>	<p>выработка</p> <p>6. Затраты труда</p> <p>7. Прямые затраты (материалы, труд, оснащение)</p> <p>8. Стоимость с учетом накладных расходов и прибыли (для субподрядчика)</p> <p>9. Коэффициент на общие условия проведения работ</p> <p>10. Накладные расходы (для генподрядчика)</p> <p>11. Прибыль (для генподрядчика)</p>
<b>Техническая часть</b>	Есть	Есть	Есть	Нет
<b>Требования к качеству продукции</b>	Есть	Нет	Есть	Нет

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Варианты реализации конвергированной модели расчета расписания работ с элементами метода критической цепи при использовании экспертных оценок продолжительности

<b>1</b>	0	2	2,3	2,3	18	20,3	20,3	4	24,3
			<b>0,62</b>	0,70		<b>0,97</b>	0,97		<b>0,28</b>
<b>2</b>	2,3	6	11,0	20,3	14	61,4	61,4	6	67,4
			<b>0,48</b>	0,70		<b>0,27</b>	0,80		<b>0,41</b>
<b>3</b>	11,0	6	18,7	61,4	18	94,7	94,7	6	100,7
			<b>0,54</b>	0,70		<b>0,43</b>	0,80		<b>0,78</b>
<b>4</b>	18,7	6	25,1	94,7	22	130,0	130,0	6	136
			<b>0,66</b>	0,70		<b>0,50</b>	0,80		<b>0,42</b>

0,7  
Минимум выполнения  
фундаментных работ

0,8  
Минимум выполнения  
работ по возведению  
этажей зданий

Фундамент (А)

Коробка (Б)

Отделка (В)

Экспериментальное распределение общей продолжительности комплекса зданий в неделях															
менее	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	более	число испытаний
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5099
<i>f(T)</i>	626	614	663	690	634	509	404	300	205	162	102	69	36	85	
	12	12	13	14	12	10	8	6	4	3	2	1	1	2	100%
<i>F(T)</i>	12	24	37	51	63	73	81	87	91	94	96	98	98	100	%

Всего	Вып. объем	Ост. нед.	Факт нед.
40	70%	12,0	27
144	84%	22,7	27
44	49%	22,3	33

Проектный буфер

Конец проекта  
как случайная величина

169

<b>1</b>	0	2	3,7	3,7	18	21,7	21,7	4	25,7
			<b>0,38</b>	0,70		<b>0,92</b>	0,92		<b>0,36</b>
<b>2</b>	3,7	6	16,9	21,7	14	35,7	35,7	6	41,7
			<b>0,32</b>	0,70		<b>0,83</b>	0,83		<b>0,65</b>
<b>3</b>	16,9	6	25,5	35,7	18	58,5	58,5	6	64,5
			<b>0,49</b>	0,70		<b>0,63</b>	0,80		<b>0,31</b>
<b>4</b>	25,5	6	34,2	58,5	22	81,2	81,2	6	87
			<b>0,48</b>	0,70		<b>0,77</b>	0,80		<b>0,26</b>

0,7  
Минимум выполнения  
фундаментных работ

0,8  
Минимум выполнения  
работ по возведению  
этажей зданий

Фундамент (А)

Коробка (Б)

Отделка (В)

Экспериментальное распределение общей продолжительности комплекса зданий в неделях															
менее	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	более	число испытаний
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5126
<i>f(T)</i>	633	614	666	695	634	514	405	303	206	163	102	69	37	85	
	12	12	13	14	12	10	8	6	4	3	2	1	1	2	100%
<i>F(T)</i>	12	24	37	51	63	73	81	87	91	94	96	98	98	100	%

Всего	Вып. объем	Ост. нед.	Факт нед.
40	70%	12,0	13
144	83%	23,8	20
44	40%	26,4	23

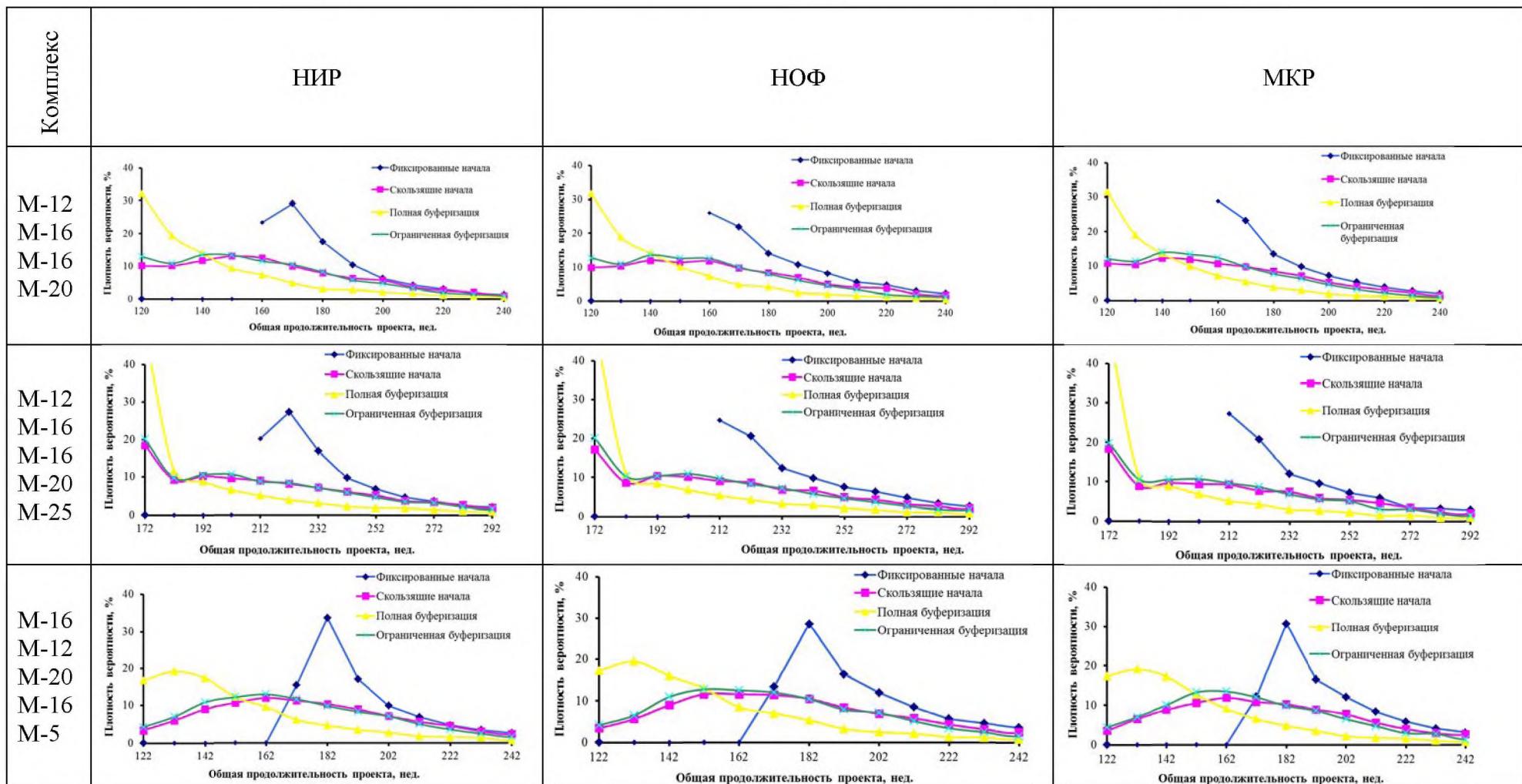
Проектный буфер

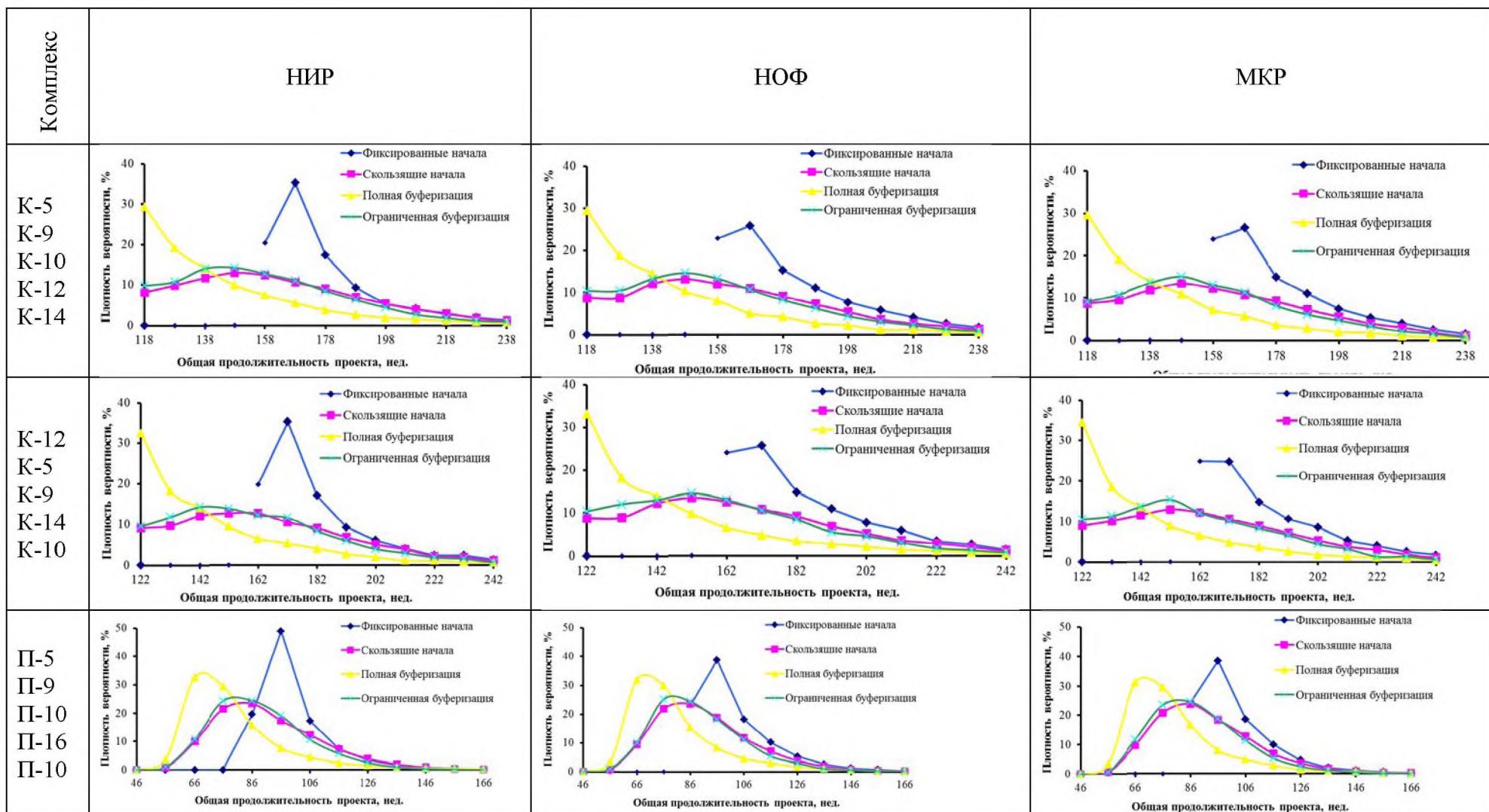
Конец проекта  
как случайная величина

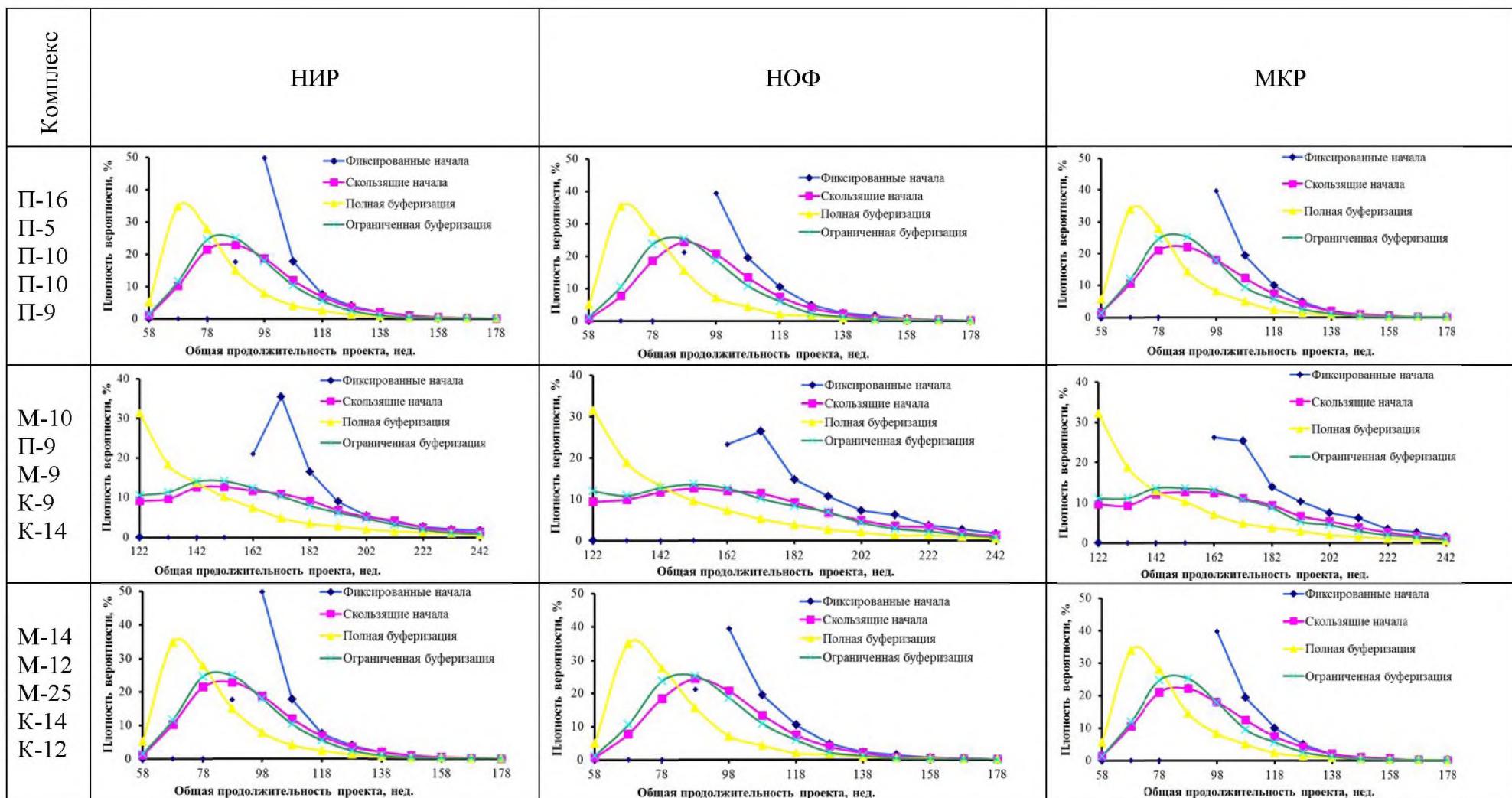
110

## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

### Распределения плотностей вероятности, полученные в рамках эксперимента







## ПРИЛОЖЕНИЕ К

### Примеры практической реализации конвергированной методики формирования календарного плана поточного строительства с элементами метода критической цепи

Пример 1. Многоквартирный жилой дом со встроенными помещениями обслуживания и встроенным амбулаторно-поликлиническим учреждением, строящийся на земельном участке по адресу: Ленинградская область, Всеволожский район, земли САОЗТ «Ручьи».

Основные характеристики объекта приведены в таблице К.1.

Таблица К.1 – Основные характеристики объекта строительства

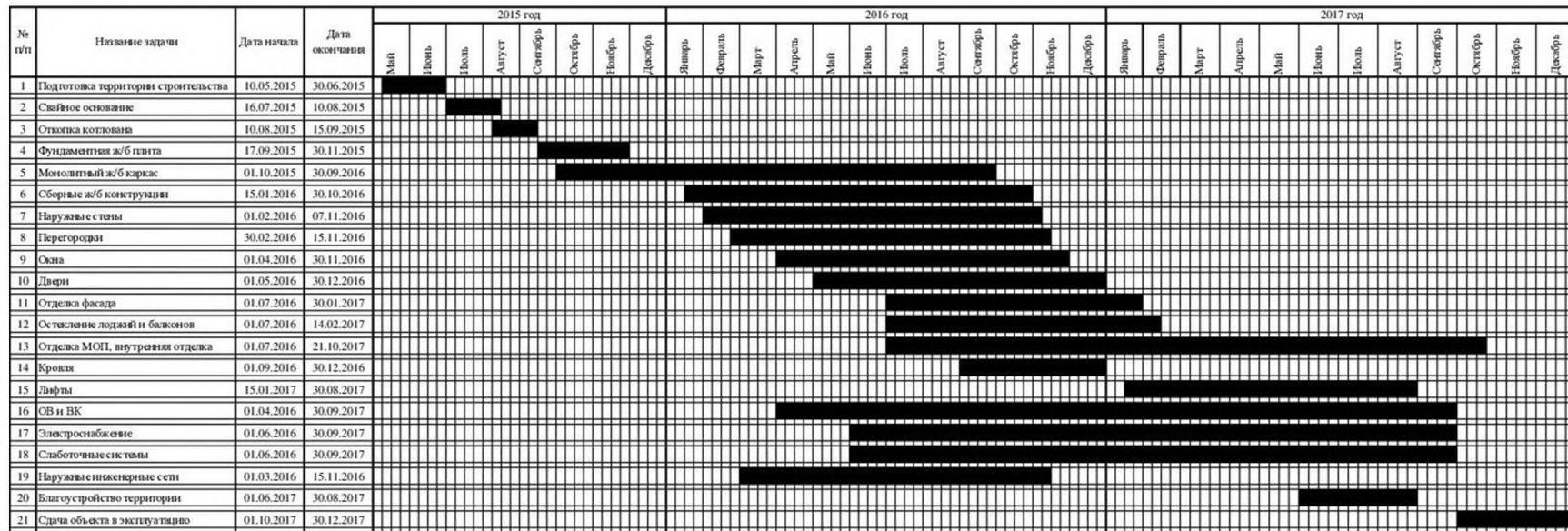
Наименование показателя	Единица измерения	Количество
Количество секций здания	секция	3
Количество этажей 1 секции	этаж	13
Количество этажей 2 и 3 секций	этаж	19
Наличие подвала		есть
Наличие технического этажа		есть
Общая площадь квартир	кв.м	16 810
Количество квартир	шт.	570
Общая площадь встроенных помещений	кв.м	1 140
Тип фундамента		Свайное основание и фундаментная ж/б плита
Тип каркаса здания		Сборно-монолитный

Нормативный срок строительства согласно СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» составляет 22 месяца (88 недель).

Исполнительный календарный график, отраженный на рисунке К.1, предусматривает возведение здания за 30 месяцев (120 недель).

В основу расчета расписания реализации проекта по конвергированной методике с элементами метода критической цепи (рисунок К.2) легли оценки продолжительности этапов строительства, представленные в исполнительном графике. В контексте примера они будут соответствовать экспертным оценкам.

График производства работ по объекту: «Многоквартирный жилой дом со встроеными помещениями обслуживания и встроенным амбулаторно-поликлиническим учреждением», строящийся на земельном участке по адресу: Ленинградская область, Всеволожский район, земли САОЗТ «Ручьи»



172

Рисунок К.1 – Исполнительный календарный график



Рисунок К.2 – Расписание проекта, сформированное по конвергированной методике с элементами метода критической цепи

Расписание проекта, сформированное по конвергированной методике с элементами метода критической цепи, показывает, что при использовании поточного метода строительства и адаптированного метода критической цепи закончить возведение здания к нормативному сроку 88 недель можно с вероятностью 53%. А к плановому сроку 120 недель – с вероятностью 95%. 100% вероятность обеспечивает срок 145 недель. Распределение плотности вероятности общей продолжительности проекта отображено на рисунке К.3.

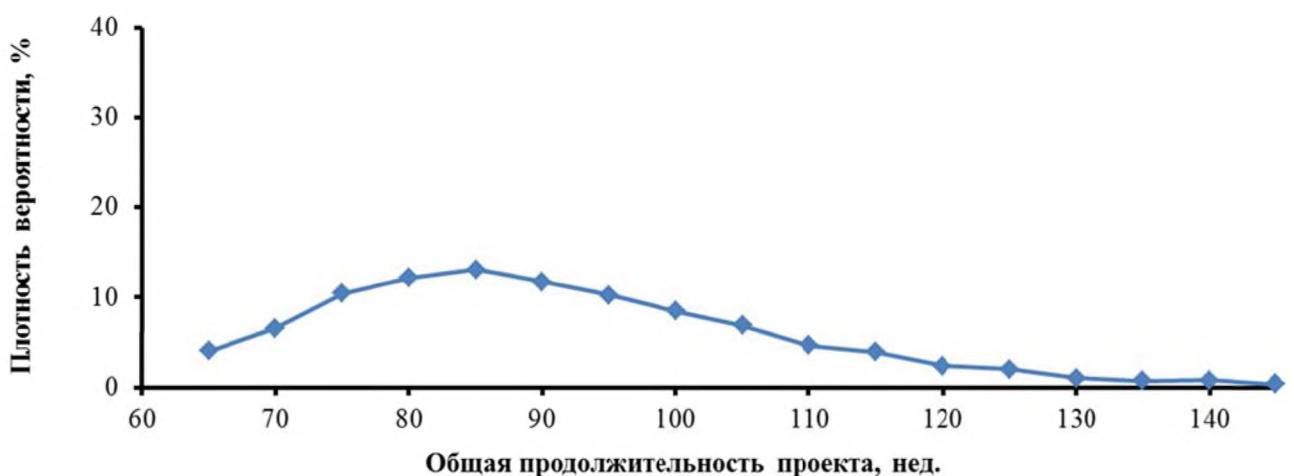


Рисунок К.3 – Распределение плотности вероятности  $f(T)$  общей продолжительности проекта

Пример 2. Многоэтажный жилой дом по переулку Газовый, 15и в городе Воронеж.

Основные характеристики объекта приведены в таблице К.2.

Таблица К.2 – Основные характеристики объекта строительства

Наименование показателя	Единица измерения	Количество
Количество секций здания	секция	2
Количество этажей	этаж	17
Наличие подвала		есть
Общая площадь квартир	кв.м	8 654
Количество квартир	шт.	170
Тип фундамента		Фундаментная ж/б плита
Тип каркаса здания		Панельный

Нормативный срок строительства согласно СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» составляет 8,7 месяца (35 недель).

Исполнительный календарный график, фрагмент которого отражен на рисунке К.4, предусматривает возведение здания за 12 месяцев (48 недель).

Расписание проекта, сформированное по конвергированной методике с элементами метода критической цепи и представленное на рисунке К.5, показывает, что при использовании поточного метода строительства и адаптированного метода критической цепи закончить возведение здания к нормативному сроку 35 недель можно с вероятностью 44%. А к плановому сроку 48 недель – с вероятностью 91%.

100% вероятность обеспечивает срок 65 недель.

Распределение плотности вероятности общей продолжительности проекта отображено на рисунке К.6.

Использование конвергированной методики с элементами метода критической цепи позволяет определять и задавать продолжительность работ, включаемую в исполнительный календарный график, с требуемым уровнем вероятности. При этом в качестве планового срока строительства рекомендуется выбирать значение, близкое к нормативному.

Гибкость расписания, обеспечиваемая созданием проектного буфера, сглаживает проявление риска несвоевременного выполнения работ и минимизирует вероятность срыва сдачи готового объекта.

Кроме того, конвергированная методика с элементами метода критической цепи полномерно отображает сроки строительства, которые следует вносить в договоры участников разных уровней: от генерального заказчика до субподрядчиков, чтобы обеспечить завершение проекта без задержки согласованных сторонами сроков.

## Календарный график строительства многоэтажного жилого дома пер.Газовый, поз.6

Рисунок К.4 – Фрагмент исполнительного календарного графика



Рисунок К.5 – Расписание проекта, сформированное по конвергированной методике с элементами метода критической цепи

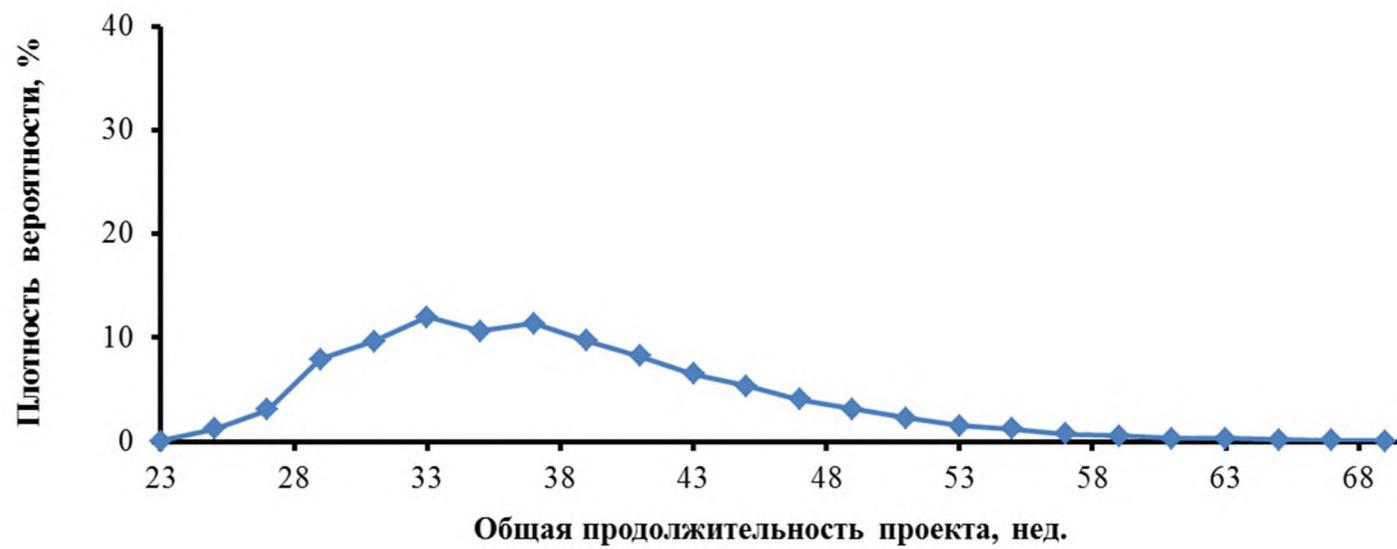


Рисунок К.6 – Распределение плотности вероятности  $f(T)$  общей продолжительности проекта