

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

на правах рукописи



Савенков Андрей Николаевич

**МЕТОДИКА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ИНЖИНИРИНГЕ
ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ**

2.1.7 Технология и организация строительства

диссертация на соискание научной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук
Макаров Александр Николаевич

Москва - 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ И ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ	11
1.1. Пусконаладочные работы на атомных электростанциях.....	11
1.2. Нормирование труда в строительстве. Анализ действующих норм продолжительности строительства АЭС и проблемы, связанные с их применением.....	17
1.3. Инжиниринг пусконаладочных работ	19
1.4. Риски при ПНР их влияние и ущерб	29
Выводы по первой главе.....	36
2. ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ	38
2.1. Статистика	38
2.2. Методология сбора и анализа информации для нормирования.....	39
2.3. Техническое нормирование ПНР	41
2.4. Анализ и оценка рисков	50
2.5. Календарное планирование ПНР.....	60
Выводы по второй главе.....	67
3. ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПЛАНИРОВАНИЯ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ.....	68
3.1. Определение трудоемкости пусконаладочных работ	68
3.2. Классификация и систематизация рисков	69
3.3. Определение продолжительности ПНР с учетом степени воздействия рисков.....	74
3.4. Комплекс мер по снижению рисков.....	77
3.5. Планирование ПНР с учетом рисков и комплекс мер по их минимизации. Общие положения и этапы методики	83
Выводы по третьей главе.....	90
4. ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ И ВНЕДРЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ИНЖИНИРИНГЕ ПНР.....	91
4.1. Практическая реализация методологических подходов сбора данных для расчета норм времени	91

4.2 Расчет норм времени ПНР технологической части машины перегрузочной в здании реактора	95
4.3 Классификация и оценка рисков возникающих при проведении ПНР технологической части машины перегрузочной в здании реактора	104
4.4.Определение продолжительности ПНР	117
4.5.Минимизация рисков и расчет экономического эффекта.....	118
Выводы по четвертой главе	132
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	134
Список сокращений и условных обозначений.....	137
Список терминов	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	141
Приложение А. Акт о внедрения результатов.....	166
Приложение Б. Диплом лауреата Всероссийского инженерного конкурса.....	169

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Фактическое время на ввод в эксплуатацию энергоблоков АЭС в России, в значительной степени превышает директивные сроки предусматривающийся проектной документацией (~460 суток от начала подачи на собственные нужды напряжения) и составили для энергоблоков Ростовской, Балаковской и Калининской АЭС в среднем 740 суток.

Недостатки в организации труда и производства, а также возникновение рисков приводят в строительстве к значительным потерям рабочего времени, а также в ряде случаев к его непроизводительному использованию.

В настоящее время нормы продолжительности строительства АЭС предусмотрены в СНиП 1.04.03-85* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», устанавливающие продолжительность строительства АЭС с реакторами ВВЭР-1000 и РБМК-1000. Указанный СНиП 1.04.03-85* принят в апреле 1985 года, спустя всего лишь год - в апреле 1986 произошла самая масштабная авария в истории атомной энергетики.

В результате деятельности МАГАТЭ требования в сфере безопасности, устанавливаемые отечественными регламентирующими нормативами и международными требованиями МАГАТЭ, регулярно дополняются, уточняются и ужесточаются.

Таким образом нормативы продолжительности проведения пусконаладочных работ (ПНР) при строительстве энергоблоков атомных станций установленные в 1985 году не соответствуют современным требованиям и разрабатывались для строительства АЭС с устаревшими и не применяемыми к настоящему времени проектами реакторных установок.

Продолжительность работ по вводу энергоблока АЭС в эксплуатацию определяется как правило проектным (нормативным) графиком, устанавливающим время, необходимое для выполнения ПНР на системах и оборудовании АЭС. При этом график не учитывает риски увеличения

продолжительности работ из-за задержек, связанных со срывом сроков поставки оборудования и материалов, с незавершенностью строительно-монтажных работ в необходимые сроки, с выявлением и необходимостью безотлагательного устранения несоответствий проекта, изготовления, строительства и монтажа, прямо или косвенно влияющих на безопасность, качество и цели выполнения работ, а также функционирование систем и оборудования АЭС в соответствии с проектом. По указанным причинам реальные сроки выполнения работ по вводу энергоблока в эксплуатацию, как правило, превышают нормативные. При планировании ПНР риски и вероятность их возникновения не учитываются, а графики ПНР корректируются в процессе инжиниринга уже по факту случившихся событий.

Качественное планирование сроков ПНР с учетом оценки и минимизации технических рисков, позволит обеспечить эффективность капитальных вложений при строительстве АЭС.

Необходимость решения указанной проблемы в настоящее время остро ощущается при проектировании и строительстве современных энергоблоков АЭС (ВВЭР-1200 и ВВЭР ТОИ) [131].

Степень разработанности темы исследования. Методы планирования, технического нормирования, системного анализа, теории вероятности, статистики и обработки результатов экспертных оценок были исследованы в трудах Лapidуса А.А, Олейника П. П., Ширшикова Б.Ф., Морозенко А. А., Мухаметзянова З.Р., Бовтеева С.В., Воронкова И.Е., Кузьмина Н.Ю., Синенко С.А., Шрейбера А.К., Киевского Л.В., Казаряна Р.Р., Фахратова М.А., Король Е.А., Грабового П.Г., Саакова Э.С., Рясного С.И. и др.

Цель исследования - разработка методики планирования пусконаладочных работ при инжиниринге в строительстве АЭС с учетом влияния рисков.

Задачи исследования

В рамках проводимых исследований решались следующие задачи:

1. изучение и анализ планирования ПНР, в том числе узловым методом, при строительстве АЭС;

2. разработка форм сбора информации для нормирования процессов и расчет норм времени;
3. идентификация и кодификация наиболее влияющих на ПНР рисков;
4. разработка модели расчета продолжительности ПНР с учетом влияния рисков;
5. разработка методики планирования ПНР;
6. практическая апробация и внедрение, анализ результатов исследования и формирование выводов.

Объект исследования - комплекс работ завершающего этапа строительства атомной электростанции, обеспечивающий их надежную и безопасную эксплуатацию и достижение установленных проектом технико-экономических показателей.

Предмет исследования - процессы планирования ПНР при инжиниринге в строительстве АЭС.

Научно-техническая гипотеза заключается в предположении возможности совершенствования системы планирования ПНР на основании рассчитанных норм времени и оценки возникающих рисков с реализацией мероприятий по их минимизации.

Методология и методы исследования

Методологической основой для исследования стали работы отечественных и зарубежных специалистов и ученых в области технологии и организации строительства, планирования и расчета продолжительности работ, инжиниринга ПНР, а также организационно-технологические методы моделирования, статистики, системного анализа, технического нормирования, метод экспертных оценок и теории вероятности (рисунок 1).

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- разработана модель определения продолжительности ПНР на основании адаптированной технологии нормирования и оценки наиболее значимых рисков;
- разработана методика планирования ПНР на АЭС в условиях

возникновения технических рисков на основании предложенной модели и комплекса мер по снижению рисков.

Теоретическая значимость работы:

- разработанная методика и предложения могут стать основой для отраслевых (корпоративных) нормативов на ПНР при строительстве АЭС;
- методика позволит составлять график производства работ в части ПНР с учетом влияния рисков;
- создана основа для систематизации и кодификации рисков при проведении ПНР на АЭС, возможность их дальнейшего учета при планировании и управления ими.

Практическая значимость работы:

Сформирован инструмент поддержки принятия эффективных решений и оптимизации строительства АЭС, включая актуализацию графиков ПНР на завершающей стадии строительства.

Качественное планирование сроков, позволит осуществлять ввод объекта в эксплуатацию обеспечивая эффективность капитальных вложений и снижение затрат.

Внедрение инновационных методов управления рисками при инжиниринге ПНР, для обеспечения качества, безопасности и надежности при вводе в эксплуатацию энергоблока, применения наиболее рациональных схем взаимодействия участников строительства, сокращение продолжительности ввода энергоблоков в эксплуатацию.

Личный вклад автора состоит:

- в формировании технологии сбора и анализа информации для нормирования процессов при инжиниринге ПНР на АЭС;
- в разработке формул для расчета норм времени и продолжительности ПНР;
- в определении перечня наиболее значимых рисков при инжиниринге ПНР на АЭС, в том числе факторов наступления, вида ущерба и их классификации;

- в проведении расчета степени воздействия рисков с учетом вероятности возникновения и влияния на продолжительность ПНР;
- в подготовке комплекса мер по совершенствованию планирования при инжиниринге ПНР на АЭС и управлению рискам;
- в разработке методики планирования ПНР на АЭС с учетом рисков.

Основные положения, выносимые на защиту:

- технология сбора и анализа информации для нормирования процессов при инжиниринге ПНР на АЭС, а также расчета норм времени;
- перечень наиболее значимых рисков при инжиниринге ПНР на АЭС, в том числе факторы наступления, вид ущерба и их кодификация;
- результаты расчета степени воздействия рисков с учетом вероятности возникновения и влияния на продолжительность ПНР;
- методика планирования ПНР на АЭС с учетом влияния рисков.

Степень достоверности и апробации результатов.

Достоверность полученных результатов исследования обеспечена:

- апробацией на международных и всероссийских конференциях;
- репрезентативностью при осуществлении формирования экспертной группы и сбора исходных данных для расчетов;
- применением в качестве исходных данных исполнительной документации строительства энергоблоков Белорусской, Курской и Ленинградской атомных станций, а также информационных источников АО «Атомтехэнерго» являющегося российским лидером в области организации, управления и выполнения ввода АЭС в эксплуатацию и по сути уникальным предприятием, специализирующимся на выполнении всего комплекса пусконаладочных работ на АЭС, а также научных трудов отдельных ученых и специалистов;
- подтверждением положений методики планирования при инжиниринге пусконаладочных работ при ее внедрении на объекте строительства Белорусская АЭС (акт о внедрении результатов кандидатской диссертации утвержденный АО «Атомтехэнерго» прилагается).

Апробация результатов научных исследований. Результаты исследований докладывались на конференциях:

- 78-й Всероссийской научно-технической конференции «Традиции и инновации в строительстве и архитектуре»;
- международной научной конференции «Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering»;
- 79-й Всероссийской научно-технической конференции «Традиции и инновации в строительстве и архитектуре»;
- Всероссийский инженерный конкурс (диплом лауреата конкурса в приложении Б).

Публикации.

Результаты научного исследования представлены в 8 работах, из них 3 - работы в журналах, включенных в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», 2 работы опубликованы в журналах, включенных в базу данных SCOPUS, 3 работы опубликованы в других научных журналах и изданиях.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.1.7 Технология и организация строительства по пунктам 8 и 17:

- п. 8. Разработка принципов организации строительства сложных и уникальных объектов, развитие поточных методов, применение сетевых и других моделей, совершенствование **методов** календарного **планирования**;
- п. 17. Разработка методов и средств организации строительного производства **в условиях** технических и экономических **рисков** и неопределенностей.

Структура и объем диссертации.

Структура содержит введение, четыре главы, заключение. Работа изложена на 169 страницах и включает: таблиц: 22, иллюстраций: 35, приложений: 2, список сокращений и условных обозначений, список терминов, библиографических источников в списке литературы: 199.

Объект исследования - комплекс работ завершающего этапа строительства АЭС, обеспечивающий их надежную и безопасную эксплуатацию и достижение установленных проектом технико-экономических показателей

Предмет исследования - процессы планирования ПНР при инжиниринге в строительстве АЭС

Методология и методы исследования

Методологической основой для исследования стали работы отечественных и зарубежных специалистов и ученых в области технологии и организации строительства, планирования и расчета продолжительности работ, инжиниринга ПНР, а также организационно-технологические методы моделирования, статистики, системного анализа, технического нормирования, метод экспертных оценок и теории вероятности

Научно-техническая гипотеза заключается в предположении возможности совершенствования системы планирования ПНР на основании рассчитанных норм времени и оценки возникающих рисков с реализацией мероприятий по их минимизации

Цель исследования - разработка методики планирования пусконаладочных работ при инжиниринге в строительстве АЭС

Задачи исследования:

1. изучение и анализ планирования ПНР узловым методом при строительстве АЭС;
2. разработка форм сбора информации для нормирования процессов и расчет норм времени;
3. идентификация и кодификация наиболее влияющих на ПНР рисков;
4. разработка модели расчета продолжительности ПНР с учетом влияния рисков;
5. разработка методики планирования ПНР;
6. практическая апробация и внедрение, анализ результатов исследования и формирование выводов.

Научная новизна исследования:

1. разработана модель определения продолжительности ПНР на основании адаптированной технологии нормирования и оценки наиболее значимых рисков;
2. разработана методика планирования ПНР на АЭС в условиях возникновения технических рисков на основании предложенной модели и комплекса мер по снижению рисков.

Апробация результатов диссертационной работы диссертационной работы проведена в рамках общероссийских и международных научных конференциях, в НИУ МГСУ на заседаниях кафедры «Технологии и организация строительного производства», в рамках учебного процесса, а также на ряде объектов.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ И ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

1.1. Пусконаладочные работы на атомных электростанциях

Ввод в эксплуатацию энергоблока АЭС является заключительной стадией его создания. Этой стадии предшествуют разработка, проектирование, строительство и монтаж оборудования.

Ввод в эксплуатацию – это процесс, во время которого системы и оборудование АС (блока АС) начинают функционировать, а также проверяется их соответствие проекту АС и готовность к эксплуатации, завершающийся получением в установленном градостроительным законодательством порядке разрешения на ввод объекта в эксплуатацию [156].

В период ввода блока в эксплуатацию выполняются:

- проверка качества проектирования, изготовления, строительства и монтажа;
- проверка соответствия систем и оборудования требованиям проекта;
- сравнительный анализ проектных и достигнутых показателей оборудования и систем блока;
- выявление и устранение несоответствий;
- подтверждение безопасности блока;
- регулировка параметров и уточнение методов эксплуатации;
- сбор данных для обеспечения основной информацией, необходимой для дальнейшей эксплуатации блока;
- проверка готовности эксплуатационной документации;
- контроль готовности эксплуатационного персонала к этапам ввода блока в эксплуатацию;
- обучение и приобретение навыков эксплуатации систем и оборудования блока эксплуатационным персоналом;

– проверка внесения в проект блока изменений, выполненных на ранее введенных энергоблоках данного типа по результатам пусконаладочных работ и эксплуатации систем и оборудования [132, 139].

Ввод в эксплуатацию энергоблока АЭС начинается с момента приемки из монтажа в ПНР первой системы или оборудования, на которой согласно утвержденному графику должны выполняться ПНР на этапе «Предпусковые наладочные работы».

Пусконаладочные работы (ПНР) – это работы, включающие проверку, настройку и испытания оборудования, систем, элементов и/или частей систем, обеспечивающие достижение проектных параметров и режимов, ввод в эксплуатацию (временную эксплуатацию) систем, оборудования и объектов пускового комплекса и проведение комплексного опробования блока АС [156].

В ходе выполнения пусконаладочных работ оборудование и системы начинают функционировать, выполняются испытания систем важных для безопасности с загруженными в реактор имитаторами топливных сборок, затем загрузка ядерного топлива и нейтронно-физические испытания реактора на этапе «Физических пуск», включение генератора в сеть, освоение 100% мощности энергоблока на этапе «Опытно-промышленная эксплуатация», завершающемся получением разрешения на ввод энергоблоков АЭС в эксплуатацию.

Пусконаладочные работы на АЭС осуществляются в два периода:

– пусконаладочные работы «вхолостую» - пусконаладочные работы, выполняемые с момента их начала на первой системе или оборудовании объекта пускового комплекса блока АС до момента первого успешного включения генератора блока АС в сеть (начала выработки собственной электроэнергии);

– пусконаладочные работы «под нагрузкой» - пусконаладочные работы, выполняемые на этапе Г «Опытно-промышленная эксплуатация» после момента первого успешного включения генератора блока в сеть (с начала выработки собственной электроэнергии) до окончания комплексного опробования.

ПНР на энергоблоках АЭС от момента их начала до получения разрешения на ввод энергоблока в эксплуатацию длятся более трех лет на объектах пускового

комплекса количество которых составляет порядка 130 объектов в составе которых несколько тысяч налаживаемых систем и оборудования. Учитывая такое количество налаживаемых систем в процесс ПНР вовлечено как правило не менее трех десятков специализированных организаций, общее количество специалистов на объектах участвующих в проведении ПНР достигает более пятисот человек.

Испытания систем и оборудования тесно связанных с безопасностью, многократно повторяются при различных условиях на блоке в ходе этапа «Предпусковые» наладочные работы процесса ввода в эксплуатацию до загрузки имитаторов топливных кассет в реактор, с имитаторами топливных кассет, с ядерным топливом при физическом пуске реактора, ступенчатом освоении мощности энергоблока от 1% до 100% от номинальной.

В состав ПНР входят большое количество трудно формализуемых испытаний, по которым невозможно разработать нормы затрат труда расчетно-аналитическим методом - это нейтронно-физические, теплогидравлические, теплофизические, динамические испытания и другие проводимые на различных ступенях мощности реакторной установки в процессе опытно-промышленной эксплуатации.

Имеют место большие затраты труда при изучении специалистами проектно-конструкторской и заводской документации и последующей разработки программ пусконаладочных работ и испытаний, которые составляют от 20 до 40% от общих трудозатрат на выполнение работ в зависимости от объема и сложности испытаний и методик обработки полученных результатов;

Оформляется большой объем отчетной документации при приемке из монтажа в ПНР, в ходе и после окончания ПНР, разрабатываемой по каждой без исключения системе или оборудованию энергоблока АЭС, оформляемой в соответствии с требованиями нормативной документации в атомной энергетике (протоколы, акты, в том числе акты рабочих подкомиссий и рабочей комиссии, итоговые отчеты после окончания подтипов и этапов ввода в эксплуатацию и т.д.), предъявляемые, том числе, органам государственного надзора за строительством и эксплуатацией АЭС.

Основной особенностью ПНР АЭС, является то, что на энергоблоке АС при вводе в эксплуатацию могут проводиться плановые ремонты оборудования. При этом их необходимость и продолжительность определяется по результатам оценки фактического состояния оборудования энергоблока и предусматривается этапными графиками работ.

От результативности системы менеджмента качества (СМК) организации выполняющей ПНР на АЭС зависит насколько эффективно будут проведены пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию. Таким образом, руководству данных организаций, необходимо как минимум раз в году организовывать и проводить анализ результатов по обеспечению качества выполнения ПНР и давать оценку системе менеджмента качества организации в части ее достаточности и результативности.

В процессе анализа собирается информация и определяются показатели, позволяющие качественно оценить выполнение работ, в том числе их уровень в части обеспечения надежности и безопасности. Необходимо проанализировать итоги всех видов аудитов, проверок и оценок. Провести оценку результатов и определить были ли достигнуты организацией поставленные цели в ходе осуществления процессов. Особое внимание уделяется результатам деятельности, направленной на поиск новых и наиболее эффективных примеров выполнения работ. Также проанализировать эффективность контроля процессов производства работ, мониторинга и принятия мер по возникающим несоответствиям, провести оценку выполнения обязательств поставщиков, в том числе в рамках установления несоответствий, для принятия корректирующих и предупреждающих мер.

По итогам анализа определяются факторы, влияющие на обеспечение качества выполнения работ, надежность и безопасность, определяются возможности усовершенствования и при необходимости подготавливаются предложения по внесению изменений в законодательные и нормативные документы.

Результаты анализа позволяют руководству оценить соответствие структуры и ресурсов организации, принять решения, для повышения безопасности, качества продукции и процессов, производительности и безопасности выполнения работ организацией, и при необходимости утвердить планы по минимизации рисков.

Эффективное взаимодействие участников пусконаладочных работ с организациями, принимающими участие в сооружении АЭС обеспечивается руководством Застройщика. При этом генеральным подрядчиком по ПНР, как правило, разрабатывается структура организации и выполнения ПНР на АЭС. Пример организационной структуры выполнения ПНР приведен на рисунке 2.

Принципиальная схема внешних взаимодействий организаций, участвующих во вводе энергоблока АЭС в эксплуатацию



РК – рабочая комиссия
РПК – рабочая подкомиссия
РУ - реакторная установка

Рисунок 2. Принципиальная схема внешних взаимодействий организаций, участвующих во вводе энергоблока АЭС в эксплуатацию

Проведенный анализ показал, что определение трудоемкости ПНР является сложной и ответственной задачей, что характеризуется спецификой и особенностями содержания труда специалистов наладчиков. Прежде всего это интеллектуальные затраты доля которых является преобладающей и обусловлено это элементами инженерного творчества, наукоемким технологическим оборудованием, сложными инженерными сетями и системами, необходимость постоянно поддерживать высокую квалификацию, широкий кругозор и необходимые для успешного выполнения работ организаторские способности. Более того, на работу специалистов наладчиков большое влияние оказывает вероятностный фактор, поскольку основным трудоемким элементом при выполнении работ является установление причин, вызывающих отклонения параметров технологических процессов от проектных значений, отказов в работе отдельных машин, агрегатов, автоматизированных и поточных линий, систем управления и инженерного обеспечения. Поиск указанных причин ведется практически в условиях неопределённости. Затраты труда в такого рода деятельности в основном зависят от глубины и уровня технических знаний, накопленного опыта, аналитических способностей и интуиции исполнителя, а также качества изготовления и монтаже оборудования, т. е. факторов, не поддающихся наблюдению и строгому количественному учету.

Все это делает весьма проблематично, а порой и просто невозможным использовать при определении норм затрат труда на пусконаладочные работы методы технического нормирования, основанные на хронометраже и самофотографировании трудового процесса. Указанные методы основаны на жесткой фиксации моментов труда, что возможно лишь в том случае, когда сам процесс технологически предопределен, многократно повторяем и допускает пооперационную разбивку. Это характерно для простых видов работ, тогда как ни одно из этих условий для пусконаладочных работ не выполняется [132, 139].

1.2. Нормирование труда в строительстве. Анализ действующих норм продолжительности строительства АЭС и проблемы, связанные с их применением

При научном обосновании норм труда как правило применяется несколько методических приемов, позволяющих выделить технические, технологические, организационные стороны производства при проектировании норм и определить оптимальные организационно-технологические схемы с учетом накопленного опыта исполнителей работ показывающих наибольшую эффективность труда и качество.

В рамках исследований проведен анализ действующей Методики [86], на предмет возможности разработки сметных норм на ПНР при строительстве АЭС. Анализ показал, недостаточность перечня исходных данных для разработки сметных норм на ПНР при строительстве АЭС, предусмотренного Методикой (необходим набор документов, наиболее полно отражающий сведения по ПНР, например, программы, методики и графики проведения ПНР, перечни-графики ПНР, расчеты численности и квалификации пусконаладочных бригад, отчеты о выполнении ПНР, согласованные с застройщиком, при наличии: журналы учета выполненных работ, таблицы учета рабочего времени и пр.).

Кроме того, выявлена необходимость адаптации расчетных форм для обработки исходных данных по ПНР. Ввиду широкого состава комплекса работ для каждого вида оборудования (системы) АЭС и большого объема цифровой информации для упрощения и удобства проведения расчётов необходима разработка новых форм Таблиц вывода норм (ТВН) и расчетных обоснований для сметных норм на ПНР (Форма 2 и т.д.).

Использование при определении норм затрат труда на ПНР при строительстве АЭС методов нормативных наблюдений, основанных на очной фиксации и документировании затрат труда пусконаладочного персонала осложнено в виду невозможности четкой фиксации процессов труда, так как процесс ПНР технологически не предопределён и не имеет пооперационной четкой разбивки.

В Методике [86] отсутствуют положения позволяющие корректно определить затраты, связанные с возникающими рисками (дефекты и несоответствия), оказывающие влияние на сроки выполнения ПНР оборудования (систем) при строительстве АЭС. Предварительный анализ позволяет предположить, что учет указанных затрат можно было бы реализовать через расчет поправочных коэффициентов, дифференцированных в зависимости от типа риска, вероятности его наступления и степени влияния на продолжительность работ.

Не предусмотрен порядок определения затрат на выполнение таких этапов работ как: «Организационная и инженерная подготовка работы» и «Разработка отчетной документации», выполняемых инженерами пуско-наладчиками камерально.

В рамках проводимых исследований представляется целесообразным рассмотреть возможность использования опытно-статистических и расчетно-аналитических методов при проектировании норм труда.

При этом учитывая вышеуказанную специфику пусконаладочных работ видится необходимость дальнейшей актуализации Методики [86] для обеспечения возможности разработки проектов сметных норм в целях последующего их включения в федеральный реестр сметных нормативов.

Для этой цели необходимо провести расчетно-теоретические исследования по установлению возможности использования при разработке норм труда на пусконаладочные работы наиболее известных методов нормирования и оценить возможность их адаптации с учетом специфики проведения данных работ при строительстве АЭС.

Кроме того, анализ СНиП 1.04.03-85* показал, что для реакторов ВВЭР-1000 и РБМК-1000 установлены нормы продолжительности строительства в своем составе разделенные на общие, в т. ч. подготовительный период и на монтаж оборудования, предполагая, что указанные сроки включают его индивидуальные испытания, комплексное опробование и ПНР, а время на

комплексное опробование оборудования и ПНР определяется периодом от месяца окончания его монтажа до предъявления объекта к сдаче в эксплуатацию.

При этом в нормативах отсутствует продолжительность для следующих основных этапов: этап А - предпусковые наладочные работы, этап Б - физический пуск, этап В - энергетический пуск, этап Г - опытно-промышленная эксплуатация.

Необходимо отметить, что после известных аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима» случившихся уже после того как были разработаны вышеуказанные нормы продолжительности МАГАТЭ были разработаны рекомендации и программы работ по повышению ядерной безопасности АЭС.

В настоящее время современные энергоблоки проектируются и строятся на базе эволюционного реактора ВВЭР-1200 значительно улучшенным по отношению к ВВЭР-1000 и РБМК-1000.

1.3. Инжиниринг пусконаладочных работ

Интерпретируя в рамках проводимого исследования инжиниринг как инженерную деятельность по проектированию и воплощению в материально-вещественной форме технических решений, следует указать её многоплановый и многоуровневый характер, обусловленный особенностями этапов жизненного цикла объекта капитального строительства (ОКС). Учитывая также нормативное закрепление терминологии и классификации, действующих в данной деятельности, можно установить в качестве предметной области исследования инжиниринг пусконаладочных работ, который является частью инжиниринга в строительстве, что соответствует ГОСТ Р 57306-2016 «Инжиниринг. Терминология и основные понятия в области инжиниринга» и ГОСТ 58179-2018 «Инжиниринг в строительстве. Термины и определения», а объектами исследования определены атомные электростанции. Назначение инжиниринга в строительстве в том числе руководство пусконаладочными работами [26, 27].

Актуальность выбранной проблематики подтверждается динамикой объемов мировой и отечественной генерации электроэнергии, в том числе и на атомных электростанциях (АЭС). Открытые статистические данные показывают,

что с 2010 года объем мировой генерации вырос в среднем на 2...4 % в год с 21 579 тыс. ГВт в 2010 году до 26 907 тыс. ГВтч в 2020 году (рисунок 3). Доля генерации электроэнергии с помощью АЭС в мире в 2020 году составила 9,5 % от общей генерации. [133]

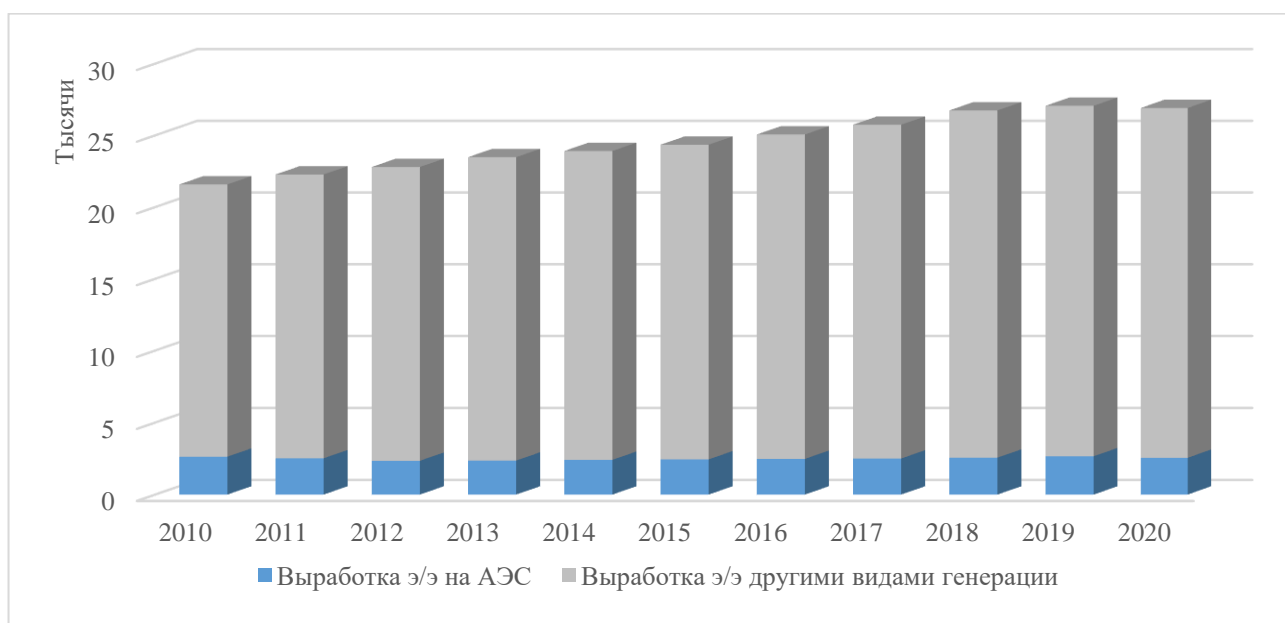


Рисунок 3. Мировая генерация электроэнергии (World power generation) (тыс. ГВтч).
Источник: Enerdata

Выявленная тенденция сохраняется и в настоящее время, в русле которых движется отечественная энергетика, а именно: объем генерации электроэнергии в РФ увеличился с 1 038 тыс. ГВтч в 2010 году до 1 125 тыс. ГВтч в 2019 году, в 2021 году объем незначительно снизился до 1 095 тыс. ГВтч (рисунок 4). Однако доля генерации электроэнергии на АЭС росла с 17% в 2010 году до 21% в 2021 году [133].

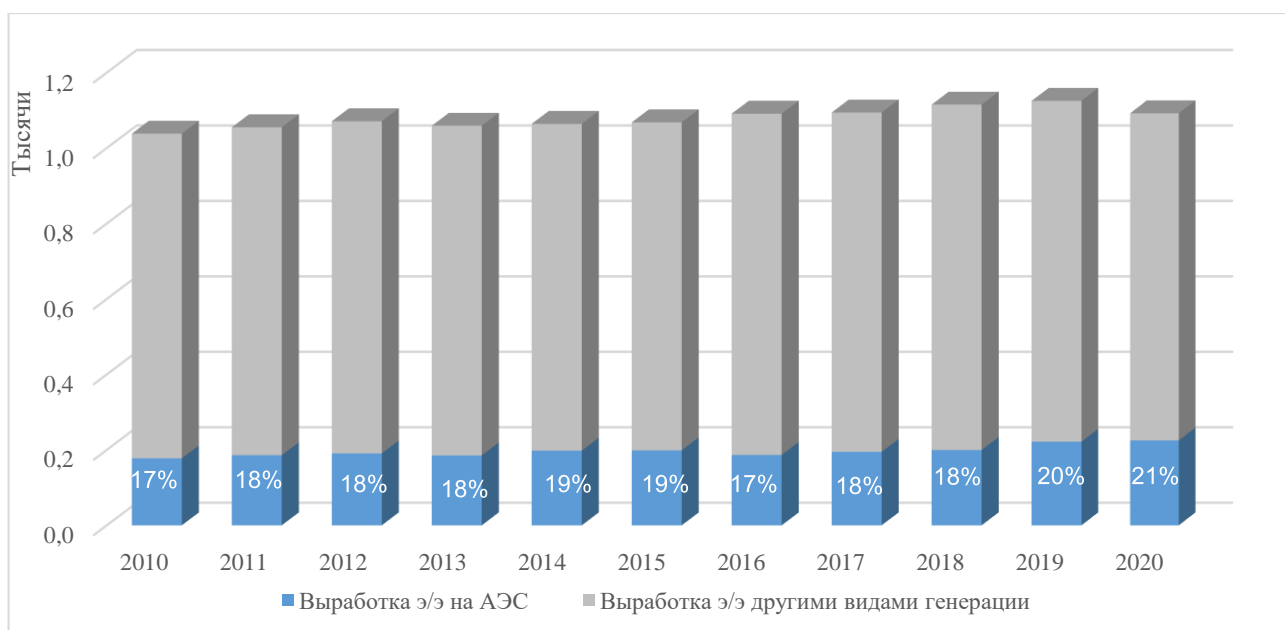


Рисунок 4. Генерация электроэнергии в РФ (тыс. ГВтч).
Источник: Enerdata

По показателям генерируемой энергии Россия по состоянию на 2020 год уступает только Китаю, США и Индии (таблица 1).

Таблица 1. Объем генерации электроэнергии

№	Страна	тыс. ГВтч
1	Китай	7 798,00
2	Соединенные штаты	4 262,00
3	Индия	1 557,00
4	Россия	1 092,00
5	Япония	1 011,00
6	Канада	648,00
7	Бразилия	614,00
8	Германия	572,00
9	Южная Корея	571,00
10	Франция	533,00
11	Саудовская Аравия	363,00
12	Иран	322,00

Анализ реализуемой ГК «Росатом» инвестиционной политики в части отечественных и зарубежных проектов, показывает, что инвестиции в строительство новых АЭС и энергоблоков увеличиваются и их пик на 2024 год. И стоит отметить важный фактор, что акцент делается на зарубежные проекты и их доля в портфеле компании с каждым годом увеличивается (2015 г. -33%, 2020 г. -

56%, 2024 – 66%), что характеризует компанию как мирового лидера в данном направлении.

Динамика инвестиций в строительство АЭС на территории России и зарубежом представлена на рисунке 5.

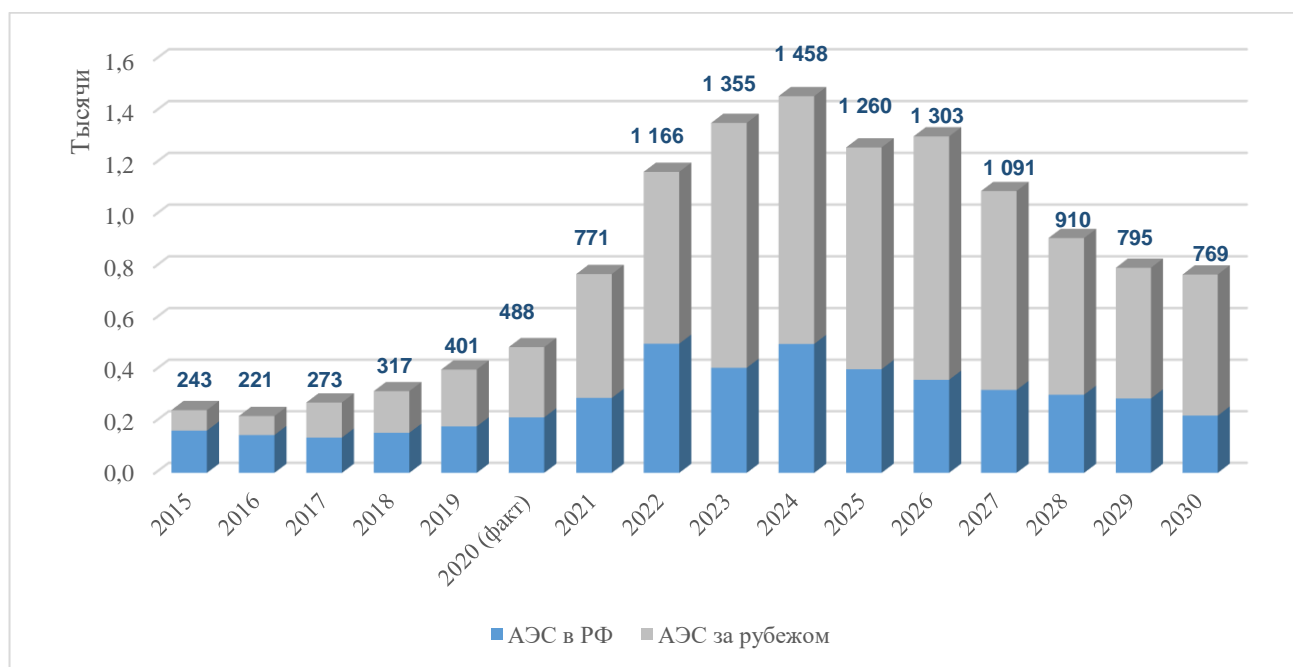
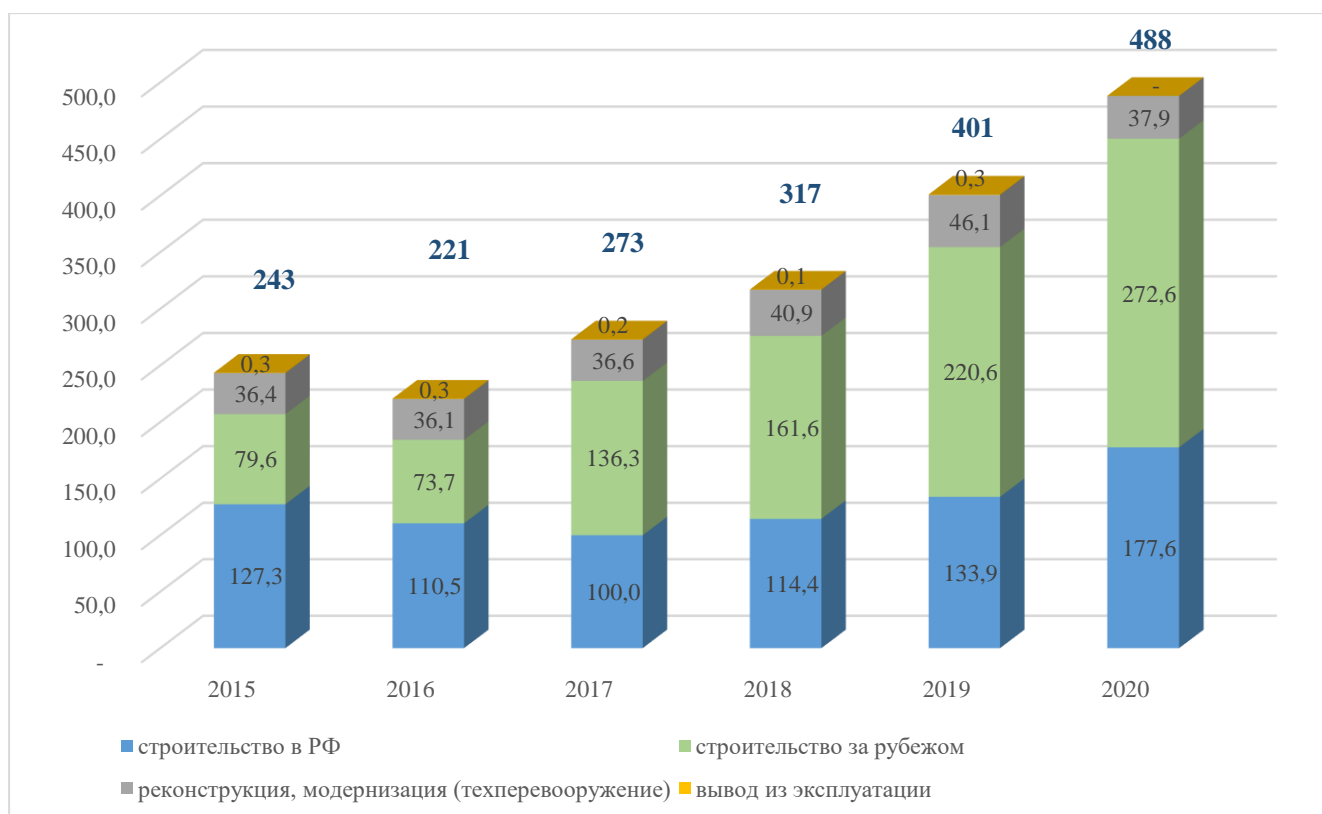


Рисунок 5. Динамика инвестиций Госкорпорации «Росатом» в отечественные и зарубежные проекты (млрд. руб.)

Источник: Программа строительства ГК «Росатом»

Инвестиционная программа ГК «Росатом» помимо нового строительства, предполагает мероприятия реинжинирингу АЭС, предполагающему проведение капитального ремонта, реконструкции и в дальнейшем вывод из эксплуатации энергоблоков срок службы которых закончился и не может быть продлен.

Как менялась структура и шла динамика ее изменения, также какую долю занимают капитальные вложения относительно других видов строительства представлено на рисунке 6 [133].



*Рисунок 6. Фактические объемы капитальных вложений, млрд. руб.
Источник: Программа строительства ГК «Росатом»*

ГК «Росатом» в рамках планирования своей инвестиционно-строительной деятельности дает прогноз по капитальным вложениям в разрезе видов строительства и согласно данному прогнозу сохраняется тенденция развития на ближайшие пять и более лет, и если отметить в части нового строительства, то он занимает то данный вид занимает существенно большую долю по отношению к другим видам (рисунок 7).

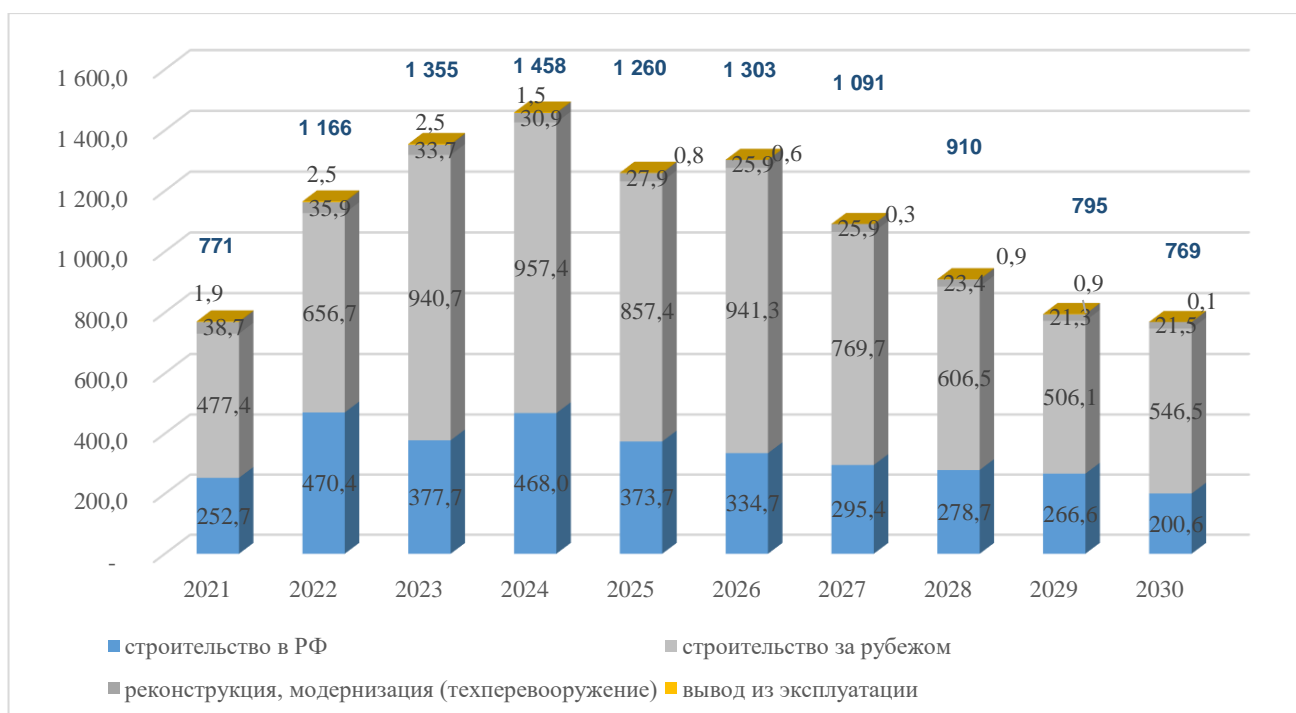


Рисунок 7. Планируемые объемы капитальных вложений, млрд. руб.

Использование инжиниринга в строительстве не только как методологии, но и как эффективной практики, особенно в отношении возведения АЭС, предполагает выделение трех основных составляющих:

- 1) обеспечение безопасности;
- 2) оптимизация организационно-технологических решений, в том числе за счет информационного моделирования;
- 3) использование прогрессивных методов управления строительством и соответствующих им организационных схем.

Указанные составляющие в полной мере можно спроецировать на этап пусконаладочных работ и рассматривая одноименный инжиниринг как часть общей системы управления строительством АЭС.

В этой связи следует отметить, что участие в МАГАТЭ обуславливает новые требования к безопасности, что в конечном итоге определяет их влияние на инвестиции, в том числе в автоматизацию и безопасность ОИАЭ.

Авария на АЭС «Фукусима» с подвигла МАГАТЭ разработать план действий по ядерной безопасности, в дальнейшем это План утвердил Совет управляющих МАГАТЭ, а также он был одобрен Генеральной конференцией

МАГАТЭ. В этом плане была определена программа работ по повышению ядерной безопасности АЭС. Указанный документ предполагал пересмотр положений, касающихся регулирующей структуры, аварийной готовности и реагирования, ядерной безопасности. Кроме того, акцент был сделан на инженерно-технических вопросах: выбор и оценка площадки, оценка экстремальных опасных природных явлений, включая их комбинированное воздействие, управление тяжелыми (запроектными) авариями, обесточивание станции, прекращение теплоотвода, накопление взрывчатых газов, поведение ядерного топлива и обеспечение безопасности хранения отработавшего топлива. Данные вопросы непосредственно связаны проектными решениями как технологической, так и строительной части и их реализацией на площадке существенную часть которых занимает пуско-наладка. Это в свою очередь попадает в предметную область исследования – инжиниринг пусконаладочных работ [133].

Еще одним направлением развития инжиниринга, в том числе и пусконаладочных работ при строительстве АЭС, является цифровизация. По данному направлению ведется активная деятельность по разработке стандартов и внедрение технологий информационного моделирования (ТИМ) на жизненном цикле сложных технологических объектов, к которым относят и АЭС. Работа имеет две составляющие:

- 1) формирование стандартов по информационному моделированию и составу информационных моделей на жизненном цикле сложных технологических объектов;

- 2) внедрение сквозных технологий информационного моделирования (ТИМ).

Входящая в состав Государственной корпорации «Росатом» инжиниринговая организация АО «Атомтехэнерго» оказывая услуги застройщику осуществляет ввод в эксплуатацию энергоблоков АЭС. При этом выполнение пусконаладочных работ, включающих в себя проверки, настройки и испытания систем и оборудования, элементов и/или частей систем, обеспечивающие

достижение системами и оборудованием энергоблоков АЭС проектных параметров, а также ввод их в эксплуатацию в составе энергоблока АЭС, является основной задачей АО «Атомтехэнерго».

Структурная инжиниринговая схема организации технического руководства ПНР на оборудовании и системах энергоблока АЭС во время ввода его в эксплуатацию в соответствии с действующими нормативными документами представлена рисунке 8 (на примере ввода в эксплуатацию Курской АЭС-2) [133].

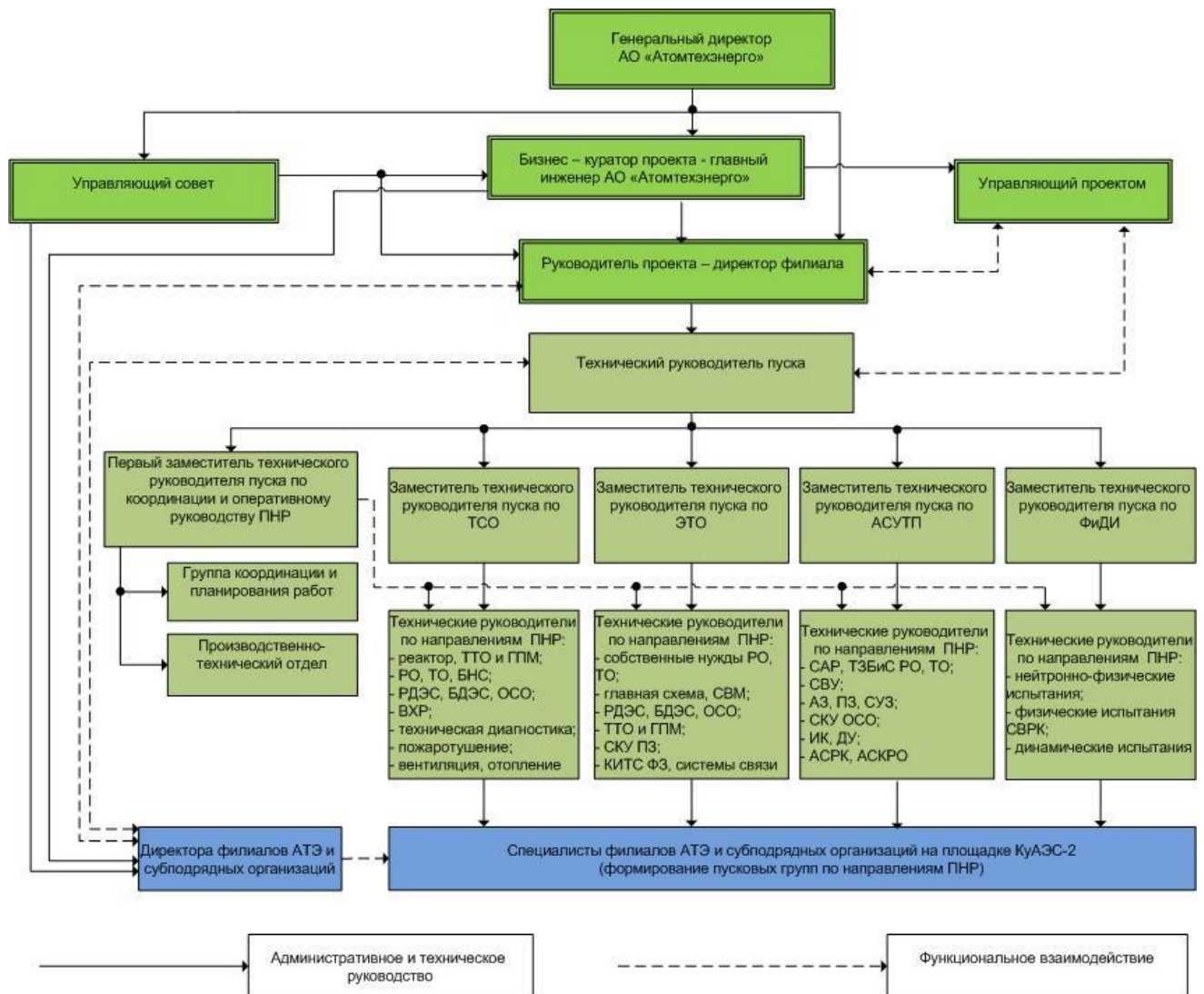


Рисунок 8. Структурная инжиниринговая схема организации технического руководства ПНР на оборудовании и системах энергоблока АЭС

К основным работам, которые выполняются в рамках руководства пусконаладочными относятся:

- разработка организационно-технической документации, графиков работ сметной, пусконаладочной и эксплуатационной документации;

– организация технического руководства выполнения послемонтажных очисток и индивидуальных испытаний оборудования технологических систем и трубопроводов на завершающей стадии их монтажа, техническое руководство ПНР во время ввода в эксплуатацию энергоблока АЭС, включая координацию между подрядчиками, планирование и соблюдение сроков выполнения работ в соответствии с программами индивидуальных испытаний и пусконаладочных работ, послемонтажных очисток, и организационно-технической документацией по вводу в эксплуатацию энергоблока АЭС;

– подготовка и выполнение совместно с персоналом АЭС ПНР инженерных систем и оборудования на этапе ввода в эксплуатацию энергоблока АЭС;

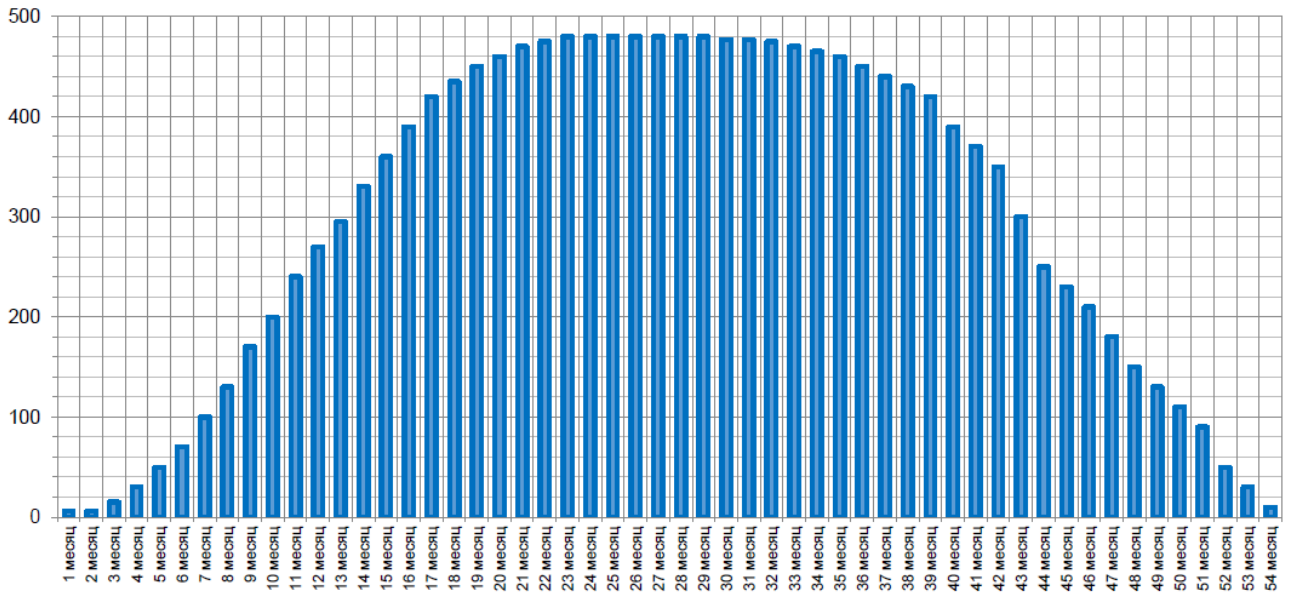
– организация устранения всех несоответствий, связанных с некачественной разработкой проектной документации, дефектов, возникших на этапе изготовления или монтажа оборудования, а также проведения строительно-монтажных работ. К этой части также относятся несоответствия, связанные с недостижением проектных параметров в процессе выполнения ПНР систем и оборудования энергоблока АЭС;

– разработка и согласование отчетной документации по ПНР.

Для ПНР требуется высококвалифицированные специалисты по направлениям наладки систем и оборудования реакторной установки, турбоагрегата и его основным и вспомогательным системам, и оборудованию, специалисты по автоматизированным системам управления технологическими процессами (АСУ ТП), специалисты-электрики, а также физики и технологи, для определения нейтронно-физических характеристик активной зоны, теплогидравлических и динамических характеристик реакторной установки и энергоблока в целом [133].

Изменение среднесписочной численности пусконаладочного персонала на примере ввода в эксплуатацию энергоблока № 1 Курской АЭС-2 указано на рисунке 9. Максимальное количество специалистов на графике принято исходя из планового характера выполнения работ и график не учитывает дополнительные

работы, связанные с возникающими рисками. При этом ввод энергоблока в эксплуатацию как правило продолжается не менее 4 лет.



A-0	A-1	A-2	A-3	A-4	Б	В	Г
Этап А – Предпусковые наладочные работы							
Этап Б – Физический пуск							
Этап В – Энергетический пуск							
Этап Г – Опытно-промышленная эксплуатация							

Рисунок 9. Среднесписочная численность пусконаладочного персонала на примере ввода в эксплуатацию энергоблока № 1 Курской АЭС-2

Фактические сроки проведения ПНР в значительной степени зависят от возникающих рисков и реализации мероприятий по их минимизации. При этом как правило риски разделяются на те, которые можно предположить и разработать превентивные мероприятия по их минимизации и на те, которые выявляются только непосредственно при проведении ПНР.

1.4. Риски при ПНР их влияние и ущерб

На протяжении жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта все его участники сталкиваются с необходимостью оценки риска для учета количества опасных событий и разработки компенсирующих мероприятий.

При строительстве ОИАЭ эта необходимость приобретает важный и перманентный характер, так как в значительной степени связана с управлением стоимостью и сроками реализации проектов и внедрения современных информационных систем, способных обеспечить выполнение обязательства перед инвесторами в полном объеме, в срок и с максимальной эффективностью.

В целях сокращения сроков и снижения себестоимости строительства АЭС Госкорпорация «Росатом» использует отраслевую систему комплексного управления стоимостью и сроками сооружения объектов использования атомной энергетики TCM NC, где управление рисками занимает важную нишу.

Вопросам управления рисками, современным подходам к управлению строительством АЭС посвящены научные труды Морозенко А.А., [113], Грабового П.Г. [31, 32], а подробно особенности организационно-управленческой деятельности в строительстве АЭС описаны в учебном пособии, написанном в соавторстве с Воронковым И.Е. и Кузьминым Н.Ю.

Указанные труды были использованы при написании работы, но также стоит отметить, что риски при проведении ПНР на АЭС требуют более глубоких исследований и предложений, по их оценке, и минимизации.

В своих трудах Морозенко А.А. предлагает классифицировать риски при строительстве ОИАЭ следующим образом.

Риски разделены на пять основных категорий: технические, организационные, экономические, политические, коммерческие.

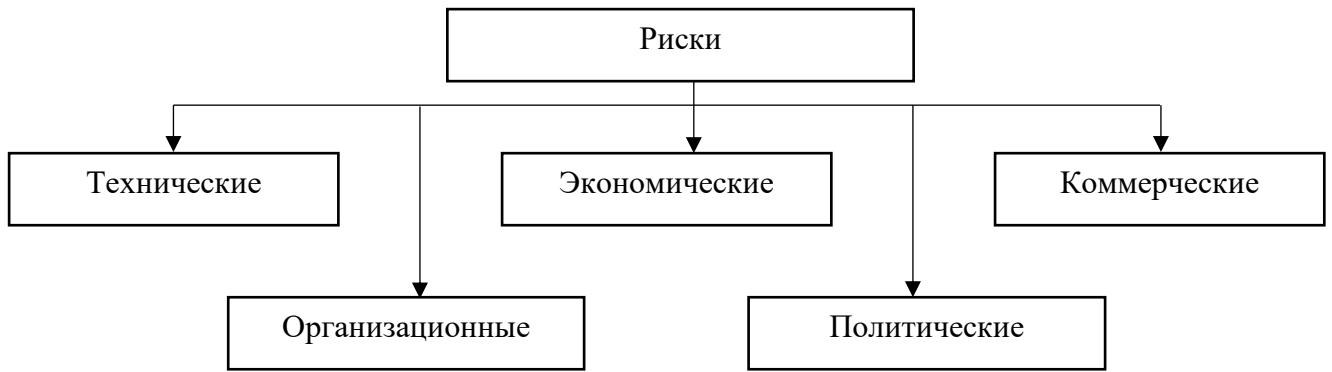


Рисунок 10. Классификация рисков при строительстве ОИАЭ

В дальнейшем предлагается дифференциация рисков по каждой категории на отдельные составляющие в зависимости от их влияния на тот или иной этап инвестиционно-строительного проекта, в целях дальнейшего определения общего подхода к управлению рисками и определению требований к составу и порядку выполнения процессов [113].

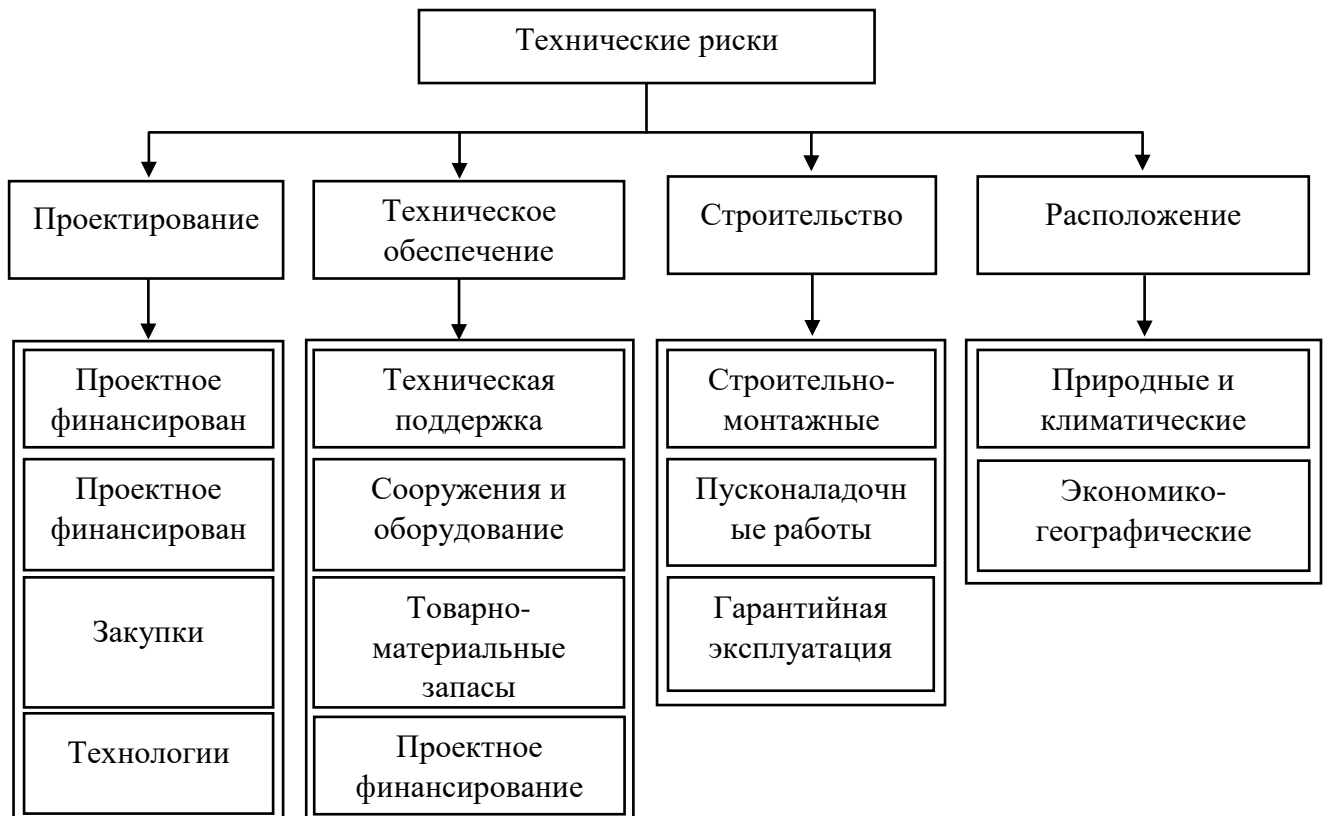


Рисунок 11. Технические риски

Согласно предложенной классификации риски, возникающие при выполнении ПНР относятся к этапу строительство, являются техническими и приведены на рисунке 11. При этом необходимо обратить внимание, что на риски, возникающие при ПНР влияют и другие этапы реализации и составляющие

инвестиционного проекта, например, такие как проектирование и техническое обеспечение.

В части предложенной схемы организационных рисков, приведенной на рисунке 12, можно отметить, что прямо или косвенно они могут влиять на ПНР [113].



ПБ – промышленная безопасность; ООС – охрана окружающей среды

Рисунок 12. Организационные риски

При этом анализ экономических, коммерческих и политических рисков, указанных на рисунках 13, 14 и 15, показал, что они в полной мере могут влиять на ввод объекта в эксплуатацию и ПНР [113].

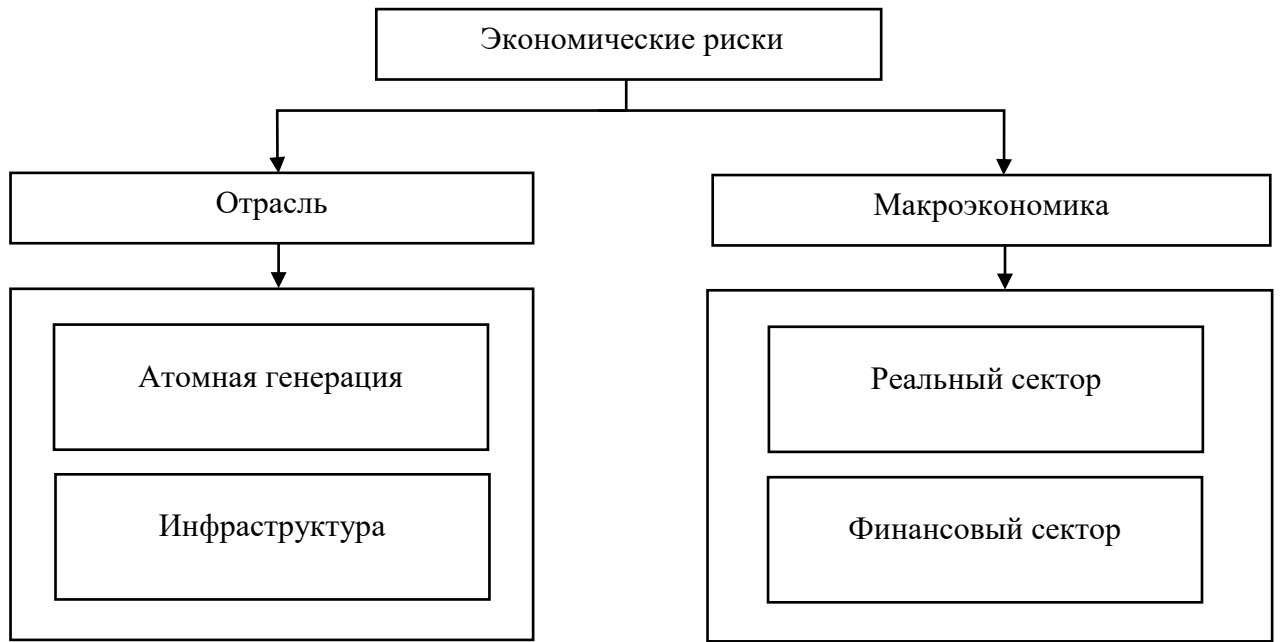


Рисунок 13. Экономические риски



Рисунок 14. Коммерческие риски.

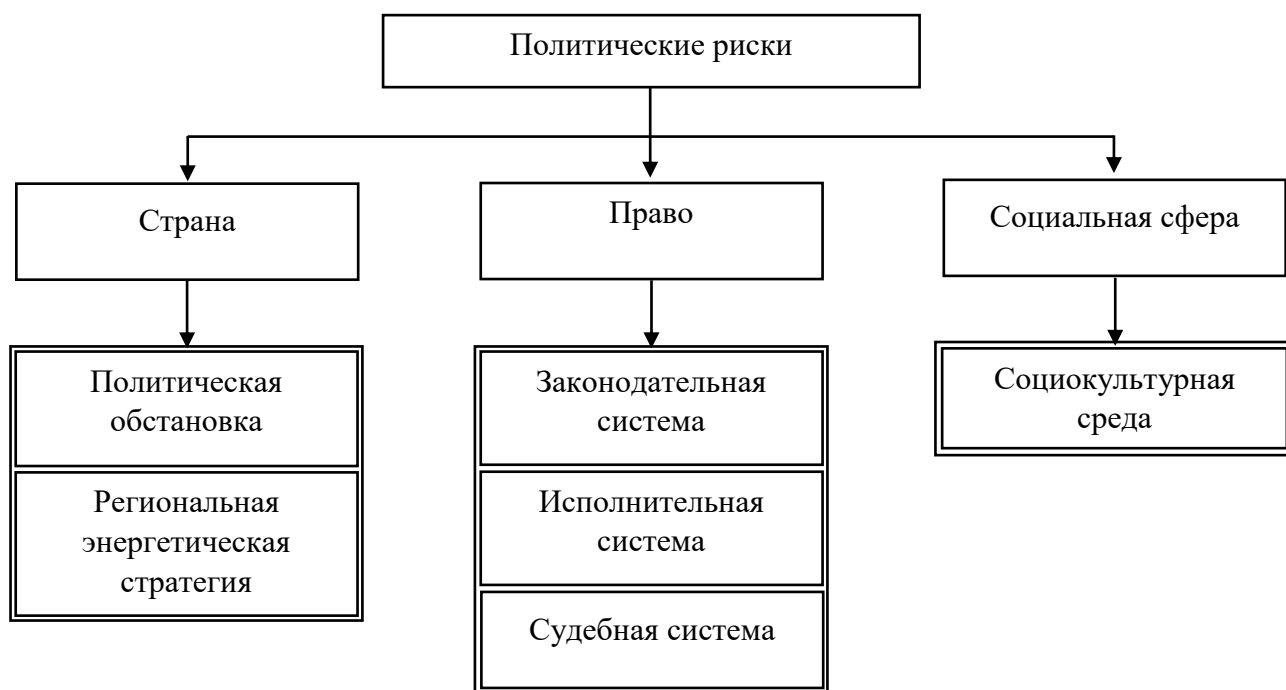


Рисунок 15. Политические риски.

Значительным вкладом в проблематику рисков при строительстве ОИАЭ являются предложенные Морозенко А.А. [113] типовые мероприятия по управлению рисками на прединвестиционной, инвестиционной и постинвестиционной стадии проекта.

Необходимо отметить, что все вышеуказанные риски классифицированы и глубоко изучены, однако они не адаптированы для ПНР. На сегодняшний день оценка технических рисков при проведении ПНР, в том числе вероятности их возникновения отсутствует, а степень влияния рисков на продолжительность ПНР не рассчитана. Таким образом полагается целесообразным рассчитывать нормы продолжительности ПНР на АЭС с учетом оценки рисков.

При этом для стадии на которой выполняются ПНР на АЭС в рамках проводимых диссертационных исследований необходимо детализировать возникающие технические риски определив факторы их наступления, в целях выработки узконаправленных мероприятий по их минимизации [113].

Процессы взаимодействия для управления рисками и общие подходы к выявлению, анализу и управлению рисками приведены в ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство» и ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска».

ГОСТ Р ИСО 31000 включает в себе основные принципы управления рисками, и устанавливает организационные механизмы и основы, которые обеспечивают процесс управления рисками.

Благодаря указанным принципам создается возможность распознавания и понимания рисков, обеспечивая кроме того установление критериев в рамках этого же процесса.

Технология оценки риска включающая в себя определение области применения, оценку, обработку, мониторинг и пересмотр рисков представлена на рисунке 16 [29].

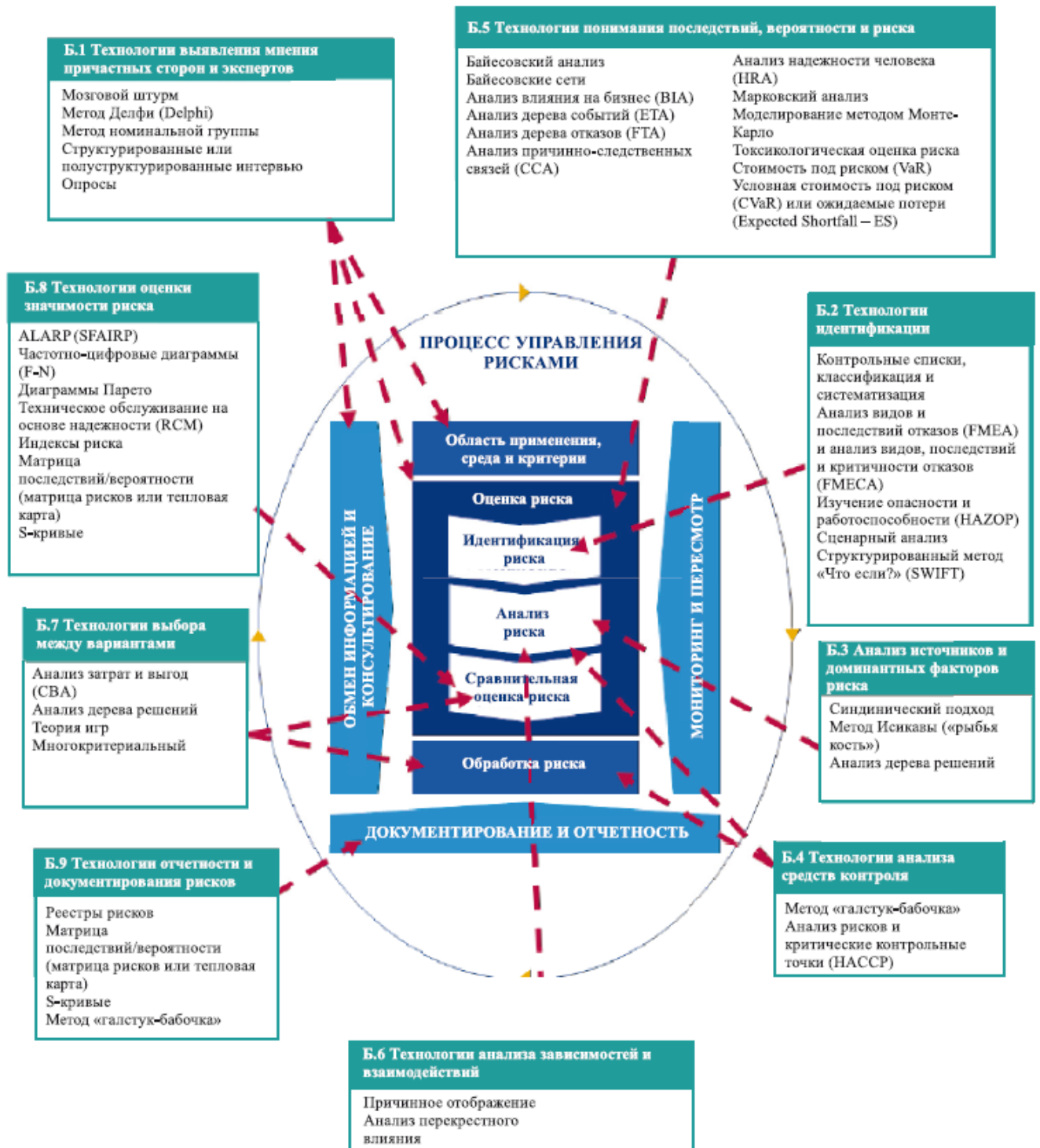


Рисунок 16. Технологии процесса управления рисками.

Управление информацией о риске и разработка моделей предполагает, что на начальном этапе оценки риска происходит сбор информации, затем проводится анализ данных, разрабатывается и применяется модель, и только после этого проводится полноценная оценка рисков с применением известных технологий приведенных в приложении А ГОСТ Р 58771-2019 [28].

Следует отметить, что для каждой технологии, приведенной в вышеуказанном ГОСТе, имеются индикативные характеристики, позволяющие определиться с методом в зависимости от значимости воздействующих факторов таких как ресурсы и возможности, неопределенность и сложность, а также возможность получения количественных выходных данных.

При этом критерий - количественные выходные данные является особо важным и определяющим при выборе метода для оценки рисков в части их влияния на сроки проведения работ и ущерба.

Такие индикативные характеристики как опыт специалиста и необходимость информации (данных), являющиеся высокими в отношении ПНР также сужают диапазон возможных методов и технологий, установленных ГОСТ Р 58771-2019 [28].

Выводы по первой главе

Проведенный в рамках исследований анализ позволил выявить основные подходы и принципы производства ПНР, позволил установить особенности и специфику определения продолжительности и трудоёмкости ПНР.

Проведенный обзор научных трудов в данной области, нормативной и технической литературы, позволяет прийти к выводам, о том, что методологические подходы и рекомендации для нормирования ПНР в атомной отрасли в настоящее время отсутствуют [131, 133].

В атомной отрасли широко применяется инжиниринговая схема управления строительством и одним из направлений развития инжиниринга может стать управление сроками в условиях возникающих рисков.

Использование в полной мере при проектировании и планировании строительства и ПНР норм, приведенных в СНиП 1.04.03-85* не представляется возможным, а анализ нормативной и технической литературы, показывает, что необходим более совершенный механизм планирования, включающий элементы нормирования, сбора информации, а также формирования и использования баз данных по возникающим рискам. Тем самым можно предложить инструмент, позволяющий осуществлять планирование ПНР на основании времени,

определённого путем нормирования (проектные сроки на основе нормали процесса) и результатов оценки возникающих рисков по вероятности наступления и величины ущерба (увеличения сроков).

Таким образом полагается целесообразным разработать модель продолжительности ПНР на АЭС с учетом оценки рисков. А также детализировать и классифицировать возникающие технические риски в отношении ПНР определив факторы их наступления, в целях дальнейшей выработки узконаправленных мероприятий по их минимизации

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ

2.1. Статистика

Статистическая методология включает в себя систему способов, приемов и методов, которые изучают закономерности в количественном выражении, проявляющиеся в структуре, динамике и взаимосвязях событий.

Как правило статистические исследования предполагают следующие основные этапы: первый это сбор первичной информации (методы массового контроля), второй этап - свод и обработка первичной информации (метод статистических группировок) и завершающий третий этап - анализ сведенной статистической информации (динамические ряды и регрессионный анализ).

Задачей статистического исследования является обобщение показателей и выявление закономерностей в конкретных условиях, проявляющихся в большей массе событий, через преодоление случайности, свойственной единичным явлениям. Количественная характеристика статистики выражается через устанавливаемые статические показатели, при этом они должны отражать результат измерения единиц совокупности от совокупности в целом. Основными атрибутами статистических показателей являются: количественная определенность, место события и время (в определенный момент или период).

Статистические методы исследования видятся наиболее предпочтительными для обработки информации о продолжительности ПНР, затратах труда и возникающих при выполнении работ рисках (несоответствия, дефекты и отказы). Ввиду отсутствия в настоящее время в отраслевых организациях сведенной статистической информации указанные методы сложно применимы на данном этапе, для определения показателей влияния на продолжительность ПНР.

Однако данные методы применимы при улучшении групповых оценок экспертов, и таким образом результаты экспертного оценивания можно обрабатывать с применением методов математической статистики (например, усреднение полученных данных).

2.2. Методология сбора и анализа информации для нормирования

При проектировании проектов производственных норм на ПНР необходимо руководствоваться следующими основными принципами. Должны быть определены исчерпывающие характеристики нормируемого процесса, установлены полнота и ясность описания нормали процесса, подобраны целесообразные формы построения норм и таблиц нормативных показателей, проведена оценка полноты и ясности формулировки условий применения норм.

Содержание норм и таблиц нормативных показателей, а также их структура зависят от сложности нормируемого процесса и количества включаемых в таблицу норм исследуемого процесса. Но независимо от этого проекты производственных норм должны содержать:

1. Наименование нормируемого процесса.
2. Характеристику машин, приспособлений, инструментов и т.п.
3. Характеристику монтируемого и налаживаемого оборудования, применяемых материалов, деталей, полуфабрикатов и т.д.
4. Требования к производству работ.
5. Состав элементов процесса.
6. Состав исполнителей процесса.
7. Положения в части организации труда пусконаладочного персонала и установленные требования по режиму труда и отдыха (по возможности)
8. Единицу законченной продукции.
9. Таблицу нормативных показателей.
10. Примечания (в необходимых случаях).

В наименование проекта производственной нормы на ПНР необходимо включать не только точное название процесса, но и параметры (характеристики) оборудования и систем, в том числе общепромышленного оборудования, используемого для комплектации элементов ОИАЭ 1, 2 и 3 классов безопасности.

При указании характеристик монтируемого и налаживаемого оборудования, применяемых материалов, деталей, полуфабрикатов необходимо использовать информацию приведенную в нормативно-технической документации,

подтверждающую качество, требования по безопасности и условия эксплуатации, технические условия, стандарты регулирования, которых обеспечивается 162-ФЗ [166]. По комплекту оборудования указываются его состав, перечень, техническая характеристика (габариты, масса и т.п.).

В части требований к производству работ описываются технология и организация пусконаладочных работ или испытаний, с указанием факторов, оказывающих влияние на трудоемкость процесса, техника выполнения работ; указываются технические условия и ссылки на нормативные документы, определяющие требования к качеству выполняемых пусконаладочных работ.

Состав элементов процесса приводится в виде пронумерованного перечня основных и вспомогательных операций в соответствии с технологической последовательностью их выполнения. Последовательность и объемы пусконаладочных работ устанавливаются программами, методиками и графиками ПНР [153].

В случае возникновения отдельных факторов влияния на трудоемкость процесса проектируются поправочные коэффициенты и приводятся в примечаниях к таблице нормативных показателей [7].

Общая продолжительность работ по вводу энергоблока составляет порядка 4 лет и для сокращения трудоемкости и общего объема нормативно исследовательской работы видится целесообразным раскладывать номенклатуру оборудования на узлы, аппараты, небольшие автономные схемы и т.п. И в дальнейшем выделять из них типовые линии, аппараты, схемы в которые входят типовые узлы. В таком случае нормаль процесса можно запроектировать на типовые крупные схемы с выделением в них типовых элементов, на которые в последующем на основе нормативных наблюдений или аналитическими методами разработать нормативы затрат.

Исходными данными для проектирования производственных норм могут являться:

1. Заводские паспорта на оборудование, технологические регламенты и другие документы.

2. Стандарты организаций (ГК «Росатом», НОСТРОЙ, АО «Концерн Росэнергоатом») и другая нормативно-техническая документация.

3. Требования органов государственного технического надзора, правила по охране труда и технике безопасности, пожарной и газовой безопасности, охране окружающей среды.

4. ЕТКС, ЕКС раздел «Квалификационные характеристики должностей работников организаций атомной энергетики».

5. Проектно-конструкторская документация и другая документация по наладке и эксплуатации конкретного вида оборудования (работ).

6. Программы и методики испытаний, графики пусконаладочных работ 3-го уровня и перечни-графики.

7. Результаты нормативных наблюдений и таблицы учета рабочего времени.

8. Журналы учета выполненных работ, копии процентов на выполненные объемы пусконаладочных работ и копии таблиц отработанного времени к процентам.

9. Задания на ПНР и отчеты по ним.

Для сбора информации и необходимых для нормирования ПНР исходных данных в отношении одной из систем на АЭС (технологическая часть машины перегрузочной) согласно вышеуказанного перечня был подготовлен запрос в АО «Атомтехэнерго» и собрана необходимая информация для дальнейшего анализа.

2.3. Техническое нормирование ПНР

Исследования предполагают формирование единого методического подхода в определении норм затрат труда на пусконаладочные работы.

Проанализируем на примере известных расчетно-аналитических и опытно-статистических методов (рисунок 17) исходные данные, которые формируются при проектировании сметных норм и возможность их применения при разработке сметных норм на пусконаладочные работы при строительстве объектов использования атомной энергии.

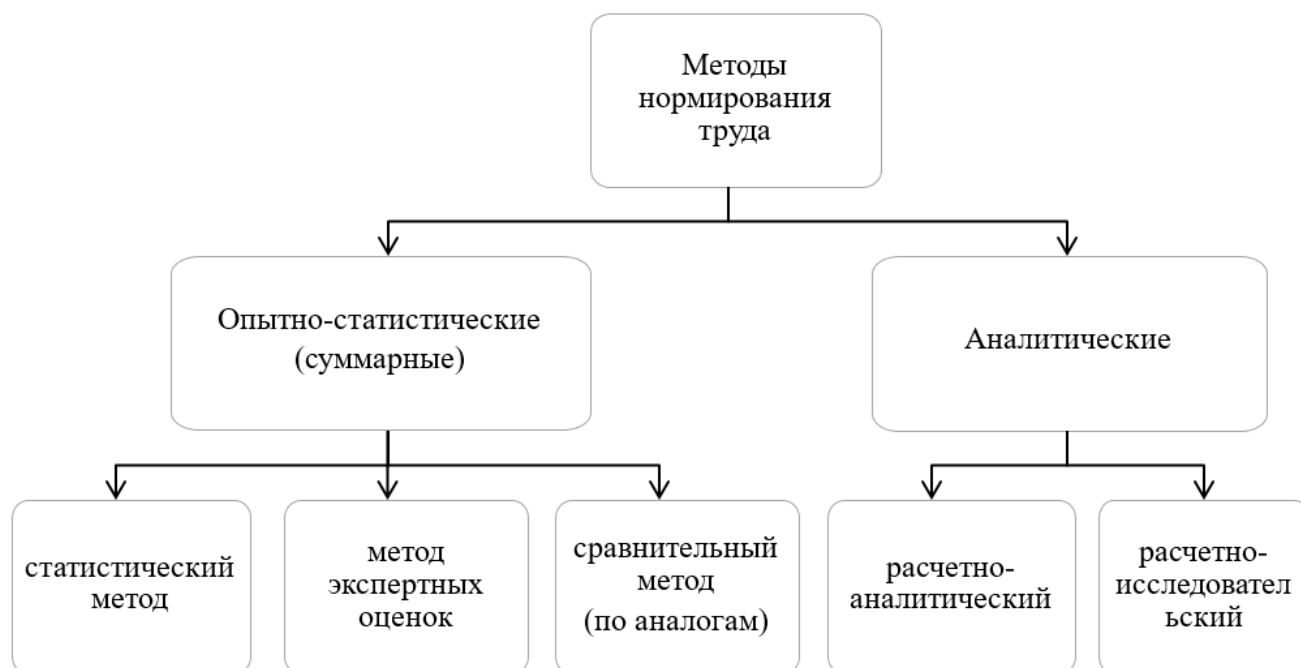


Рисунок 17. Методы нормирования труда

Расчетно-аналитический метод предполагает использование действующей нормативной базы по труду, норм-аналогов, технических характеристик указанных в паспортах машин и механизмов, в том числе нормативно-технической литературы. Согласно 317-ФЗ Росатом является уполномоченным органом управления использованием атомной энергии на проведение государственной политики и осуществление нормативно-правового регулирования. Однако типовые отраслевые нормы труда на типовые рабочие операции и однородные работы на основании статьи 161 Трудового кодекса [162], согласованные с Министерством труда и социального развития Российской Федерации в настоящее время Росатомом не разработаны. Общеотраслевая нормативная база по труду (ЕНиР, ВНиР) [36] не содержит в своем составе необходимых норм труда. Таким образом отсутствует возможность детального планирования ПНР и проектирования сметных норм на ПНР расчетно-аналитическим методом в связи с отсутствием указанных исходных данных.

Суммарный метод нормирования предполагает проектирование норм труда на процесс в целом без разделения, изучения и анализа отдельных рабочих операций, установления факторов производства и условий труда и установления оптимальности организационно-технологической схемы процесса.

Существует несколько видов указанного метода:

- метод экспертных оценок;
- статистический метод;
- метод сравнительного анализа (по аналогам).

Характерной особенностью метода экспертных оценок является то, что нормы труда определяются на основе личного опыта, интуиции привлекаемых экспертов и глубоких знаний содержания работ, позволяющих оценить их трудоемкость.

В основе метода лежит интуитивно-логический анализ, по итогам которого эксперты дают количественную оценку времени требующегося на выполнение процесса.

Нормирование методом экспертных оценок предполагает следующие этапы работ:

- выбор экспертов, формирование экспертной группы;
- подготовка анкет (опросных листов);
- проведение опроса экспертов и анализ результатов;
- математическая обработка результатов и формирование итоговых показателей.

Группе экспертов предлагается оценить затраты труда на выполнение в соответствии с нормалью процесса этапа или элемента работ с учетом квалификации специалистов, выполняющих указанные работы. После обработки полученных оценок по определенному алгоритму выводится групповая оценка трудозатрат по этапам работ и в целом по виду работ, что и является решением поставленной проблемы.

Как правило, достоверность экспертной оценки зависит от количества экспертов в группе, уровня квалификации привлекаемых специалистов и глубины их знаний по поставленной проблеме. Высокий уровень компетентности экспертов усилит указанную зависимость и повысит достоверность результатов экспертной оценки.

При подборе экспертов необходимо учитывать, что каждый вид работ имеет свою специализацию и, следовательно, должен быть предопределен профиль привлекаемых специалистов. Кроме того, по отдельным видам работ возможна группировка по типу оборудования или инженерных систем и потребуются формирование нескольких узкоспециализированных экспертных групп. Область знаний, в которой должны быть компетентны привлекаемые к оценке специалисты, в значительной степени ограничена. И данный подход упрощает разработчикам процесс подбора экспертов. Как показывает практика максимально эффективной является группа экспертов, сформированная из 5-7 высококвалифицированных специалистов. При подборе экспертов необходимо проанализировать следующие характеристики: компетентность, способности к анализу, широта и конструктивность мышления, отношение к работе (в части проводимой оценки), самокритичность.

Достоверность результатов экспертной оценки, в случае если специалист является сформировавшимся экспертом и уже привлекался к подобным работам, может быть подтверждена по следующей формуле:

$$D = \frac{N_n}{N}, \quad (1)$$

где:

N_n – количество экспертиз, с приемлемыми результатами;

N – суммарное количество экспертиз по аналогичным вопросам для решения которых эксперт ранее привлекался.

Анкетирование видится наиболее оптимальным инструментом для выполнения оценки, так как предполагает наличие исходных данных и необходимой информации, а структурированные формы и дает возможность экспертам указать результаты их интеллектуальной работы. Анкетирование может проходить в несколько этапов по методу «Дельфи», который предполагает многократное повторение опроса, при котором ранее полученные результаты являются основой для постановки вопросов на следующем этапе и по итогам подвергаются статистической обработке. При этом после каждого тура опроса

экспертам предлагается уточнить свою позицию при необходимости, по итогам ознакомления с результатами и аргументируя свое мнение. Как правило трех или четырех этапов опроса бывает достаточным, для того чтобы мнения экспертов были близки к условно истинному значению.

По итогам первого этапа, анкеты анализируются и обрабатываются для расчета крайних и среднего показателей в ряде и привлекаемым экспертам передаются результаты обработки, чтобы при необходимости они могли уточнить свои оценки и привести аргументацию. Такой подход в опросе может помочь нивелировать при необходимости мнение эксперта, который сомневается или недостаточно глубоко знает специфику обозначенного вопроса и получить Анкетирование может проходить в очной и заочной форме, при этом заочная форма более предпочтительна, так как позволяет сохранить независимость оценок экспертов.

В зависимости от специфики оцениваемых работ затраты труда могут быть определены двумя разными подходами. В первом случае проводится оценка трудоёмкости работ по этап (элементам, видам) работ и категориям исполнителей. Например, когда работы (оборудование, системы, линия) имеют широкое распространение и информация по ним представлена экспертам в развернутом виде и достаточном для принятия решения экспертом. Экспертам при этом представляется информация о содержании каждого этапа, в том числе входящих в него элементов работ или операций, в целях недопущения неоднозначных и двояких толкований одних и тех же работ различными экспертами. Во втором подходе на первом этапе предполагается оценка общих трудозатрат, а в дальнейшем проводится распределение этих затрат по этапам (элементам, видам) и выделяются доли участия отдельных категорий исполнителей в выполнении каждого этапа (элемента) работ в относительных величинах (процентах, долях единицы). Принципиальные отличия указанных подходов, заключаются в том, что в одном случае экспертная оценка проводится от частного к общему, а в другом от общего к частному.

Статистический метод предполагает определение трудоемкости по итоговым статистическим данным фактической производительности труда исполнителей при выполнении тех или иных работ. В этом случае проектирование нормы труда заключается в определении среднеарифметической величины по данным фактической выработки.

Метод сравнительного анализа (по аналогам) предусматривает проектирование норм труда по результатам сравнительного анализа с аналогичной по технологии выполнения работой, для которой норма труда уже установлена.

Как показали проводимые исследования опытно-статистические методы предполагают установление норм труда на всю работу или процесс без их поэлементного анализа производственных операций, условий и организации труда. Указанные подходы методы не позволяют оценить и учесть роста технической вооруженности труда, передовые технологии, выработать оптимальные организационно-технологические схемы производства работ и как правило отражают достигнутый средний уровень производительности. Данный подход в определении норм труда может привести к идентичному уровню оплаты высококвалифицированных и малоквалифицированных специалистов выполняемых работ и как следствие к недостоверному определению необходимых финансовых ресурсов.

Данные о трудоемкости, полученные таким путем не позволят определить производственные резервы изучаемых операций, так как не учитывают оптимизации организации производства. Величина устанавливаемой нормы труда или затраты времени на технологический процесс могут быть определены на основании субъективной оценки привлекаемого эксперта или специалиста по техническому нормированию и эти недостатки делают опытно-статистические методы неэффективными.

Важно отметить, что за рубежом также отсутствуют нормативно-технические документы или рекомендации по формированию норм на

пусконаладочные работы и нормативы как правило определяются в процентном отношении экспертным путем.

Укрупненные отраслевые нормы (УОН) разрабатываются на единицы конечной продукции комплексных процессов наладки или на узел, блок и т. д. при выполнении пусконаладочных работ.

УОН должны включать в себя затраты труда (времени):

на основные работы - виды работ, определяющие характер комплексного процесса, его конечную продукцию и самостоятельно входящие в нее своей законченной продукцией. Количество основных работ, приходящихся на единицу конечной продукции комплексного процесса, может быть определено, как правило, прямым счетом по проектной (рабочей) или технической документации;

на сопутствующие работы - виды работ, технологически связанные с основными работами, не определяющие характер комплексного процесса и его конечную продукцию, но входящие в нее своей законченной продукцией как обязательное требование технологии, обеспечивающее надлежащее качество конечной продукции. Количество сопутствующих работ, приходящееся на единицу конечной продукции, может быть определено, как правило, не прямым счетом, а специальным расчетом по конструкторской, технической, технологической или проектной документации;

на подсобно-вспомогательные работы - виды работ, организационно связанные с основными или сопутствующими работами, которые определяются специальным расчетом или принимаются на основании ранее рассчитанных относительных значений, носящих рекомендательный характер.

В случаях, когда сопутствующие или подсобно-вспомогательные работы могут выполняться в многовариантном сочетании или с разрывом во времени, а также различными бригадами или звеньями, затраты труда на эти работы рекомендуется не включать в состав укрупненной нормы, а показывать отдельной строкой на принятую единицу конечной продукции или выделять в отдельные нормы времени.

Наиболее эффективными для разработки УОН методами видятся:

- метод калькулирования на единицу конечной продукции;
- метод объединения норм на близкие по характеру разновидности комплексного процесса;
- метод усреднения близких по характеру и числовым характеристикам норм.

Основным методом разработки УОН видится метод калькулирования, предполагающий подбор, анализ и синтез технически обоснованных норм по рабочим процессам из которых состоит исследуемый и нормируемый комплекс работ, с установлением укрупненной нормы на единицу конечно продукции основного в данном комплексе вида работ.

Методы объединения и усреднения можно применить как в процессе калькулирования для укрупнения производственных норм на отдельные рабочие процессы и виды работ, включаемые в комплексный процесс, так и для последующей разработки обобщенной укрупненной нормы.

Проектирование затрат труда на элементы оперативной работы на основании нормативных наблюдений осуществляется как правило в следующем порядке.

Из бланков первичной обработки нормативных наблюдений выписывают полученные значения натуральной выработки или числа циклов за 60 чел.-мин.

Производится логический анализ значений ряда затрат труда на основе сопоставления характеристики процесса по каждому наблюдению с запроектированной нормалью. При обнаружении существенных отклонений от нормали (неодинаковая совокупность основных факторов влияния, различное число исполнителей элемента трудового процесса и т. п.) из ряда исключаются замеры, относящиеся к наблюдениям с нарушениями нормали. Замеры, признанные доброкачественными, принимаются к расчету среднего гармонического значения затрат труда независимо от размера их расхождений.

Ряд показателей нормативных наблюдений необходимо обрабатывать на предмет присутствия в нем случайных замеров.

Проверка может осуществляться двумя методами: предельных значений и

относительной квадратичной ошибки. Как правило первый метод используется при коэффициенте разбросанности ряда K_p больше 1,3, но меньше 2 ($1,3 \leq K_p \leq 2$). При этом второй метод является более универсальным и может применяться при любых значениях K_p выше допустимого.

Метод предельных значений предполагает установление крайних значений ряда при которых погрешность средних его значений не превышает 7%.

Крайние значения могут быть проверены на допустимость в ряду по следующим формулам:

$$a_n \leq \frac{\sum a_i - a_n}{n-1} + K (a_{n-1} - a_1); \quad (2)$$

$$a_1 \geq \frac{\sum a_i - a_1}{n-1} - K (a_n - a_2), \quad (3)$$

где $\sum a_i$ – сумма всех значений ряда; a_1 – первый член ряда; a_n – n -й член ряда; a_2 и a_{n-1} – соответственно второй и предпоследний члены выстроенного ряда; K – коэффициент, зависящий от числа членов в ряду. Рекомендуемые значения коэффициента K приведены в таблице 2.

Таблица 2. Коэффициент зависимости от числа членов в ряду

Число значений в ряду ($n-1$)	K
4	1,4
5	1,3
6	1,2
7-8	1,1
9-10	1
11-15	0,9
16-30	0,8
31-50	0,7

Проверку крайних значений ряда необходимо выполнять последовательно, и таким образом, что, если в случае проверки одного из значений установлена необходимость его исключения из ряда, перед проверкой следующего крайнего значения необходимо установить коэффициент разбросанности ряда K_p и определить необходимость дальнейшей проверки. При допустимом коэффициенте K_p дальнейшая проверка не требуется. Из ряда не исключаются одинаковые значения, при этом решение о необходимости исключения из ряда следующего

такого же значения возможно только после очередной проверки. По итогам проверки ряда на основании установленных значений необходимо провести расчет среднего арифметического значения затрат труда (времени).

Метод относительной квадратичной ошибки предполагает определение относительной ошибки среднего значения ряда, если для расчета средней принимаются все значения ряда.

Средняя квадратичная ошибка $E_{\text{отн}}$ определяется по следующим формулам:

$$E_{\text{отн}} = \frac{1}{\sum a_i} \sqrt{\frac{n \sum a_i^2 - (\sum a_i)^2}{n-1}} 100; \quad (4)$$

$$E_{\text{отн}} = \pm \frac{1}{a_{\text{ср}}} \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n(n-1)}} 100, \quad (5)$$

где $\sum \Delta^2 = (a_i - a_{\text{ср}})^2$ – сумма квадратов отклонений каждого значения ряда от его среднего значения; $a_{\text{ср}}$ – среднее значение ряда [7].

2.4. Анализ и оценка рисков

Наиболее распространенными методами оценки рисков являются: статистические, экспертных оценок, аналогии, логико-вероятностные и др.

В основе логико-вероятностного метода лежат субъективные, но при этом логические суждения о возможности возникновения ситуаций, сопряженных с рисками, при этом указанный метод признается научным сообществом достаточно слабым.

Метод аналогии предполагает рассмотрение ситуаций, сопряженных с рисками, которые возникали на других аналогичных объектах, и разработку мероприятий, направленных на их минимизацию с учетом накопленного опыта. При этом в случае применения данного метода необходимо учитывать, что тенденции развития не являются линейными, а тренды и связи не копируют прошлые.

Метод экспертных оценок видится наиболее универсальным и продвинутым, чем предыдущие, но присутствует определенный элемент субъективизма. При этом интеграция указанного метода с методом Дельфи

позволяет значительно улучшить результаты группового опроса и снизить влияние субъективизма при оценке.

Статистический метод является полноценным инструментом при анализе рисков, при котором может быть проанализирована объективная фактическая информация, что, следовательно, приведет к более точным результатам, которые легко интерпретировать для общего понимания. При этом существующее множество алгоритмов позволяет в зависимости от сложившихся условий применять инструменты имеющие разную степень сложности и точности, начиная с простых непараметрических оценок до сложных эконометрических моделей. Единственной слабой стороной указанного метода является то, что при скудности первично информации могут получиться очень искаженные результаты.

Для анализа и оценки рисков, возникающих при ПНР проведена адаптация существующих методов, включающих их идентификацию, а также качественную и количественную оценку [125].

Вероятность - степень (относительная мера, количественная оценка) возможности наступления некоторого события, по сути представляет собой безразмерную положительную величину, принимающую значение от нуля до единицы (или от 0 до 100 %).

В случае экспертной оценки вероятности диапазон всего лишь позволяет экспертам на первом этапе сблизить мнение, чтобы не получились значительные выбросы.

При этом на последующих этапах экспертной оценки, вне зависимости от диапазона или значения проводится обработка результата через математические (статистические) методы обработки результатов.

Для оценки рисков рекомендуемые диапазоны в нормативной, методической и научной литературе встречаются разные. Так, например, если брать матрицу рисков, по типу тепловой карты, то ГОСТ Р58771-2019 [28] рекомендует представлять ее со шкалой вероятности по одной оси и шкалой последствий (влияния) по другой, при этом шкалы могут иметь любое количество точек, но наиболее распространенными являются трех, четырех или пяти

точечные.

Учитывая основную задачу по расчету коэффициента влияния на продолжительность, а также тот факт, что разрабатываемый инструмент не должен являться сильно сложным для расчетов, для адаптации имеющихся методов была выбрана пятиточечная шкала как для оценки вероятности, так и для оценки влияния на продолжительность.

Кроме того, в рамках исследований был изучен метод FMEA (ГОСТ Р 27.303-2021) предполагающий анализ видов и последствий отказов, в котором указано, что не существует единого универсального метода анализа критичности и таким образом метод должен быть адаптирован по отношению к области применения.

Согласно ГОСТ Р 27.303-2021 должно быть выбрано достаточное количество категорий, допускающее классификацию и адекватное деление всей совокупности последствий. Как правило, требуется не менее трех категорий для обеспечения достаточной дифференциации всей рассматриваемой совокупности последствий. Большое количество категорий может быть неудобно, поскольку это может потребовать чрезмерных усилий для правильной категоризации, хотя последующая обработка может не существенно отличаться между категориями.

Таким образом с учетом рекомендаций, приведенных в ГОСТ Р 58771-2019 и ГОСТ Р 27.303-2021 матрица последствий с рейтингом последствий (a, b, c, d, e) и рейтингом вероятностей (1, 2, 3, 4, 5), была адаптирована и для поэтапной качественной и количественной оценки рисков разработаны таблицы 3 и 4 для качественного и количественного категорирования рисков при ПНР.

Согласно пункту 2.2 приложения В ГОСТ Р 27.303-2021 для количественных данных могут быть более подходящими логарифмические, а не линейные шкалы, как для последствий, так и для вероятности.

В рамках проводимых исследований были проанализированы существующие логарифмические зависимости, и наиболее практичным с точки зрения восприятия экспертами и для упрощения расчетов видится нормальное распределение вероятностей, так называемое распределение Гаусса.

На основании кривой Гаусса для количественной оценки вероятности и влияния рисков были предложены диапазоны, приведенные в таблицах 3 и 4.

Так как предполагается определение средневзвешенной экспертной оценки рисков на основании много-турового экспертного опроса, в калибровании предложенных диапазонов нет необходимости, так как основная цель предложенных диапазонов — это сблизить мнение экспертов при качественной оценке в первых турах и провести количественную оценку в конкретном диапазоне в последующих турах во избежание математических выбросов и возможного исключения из расчетов оценки какого-либо эксперта.

В соответствии с основными принципами адаптированного метода оценки рисков, необходимо:

Определить исчерпывающий перечень простых рисков для системы (оборудования). Классифицировать риски по вероятности наступления и влиянию на сроки проведения работ. I этап

Оценить вероятность наступления событий, относящихся к каждому простому риску. II этап

Провести оценку рисков с учетом вероятности наступления и величины ущерба (увеличения сроков). III этап

Расчитать степень воздействия риска. IV этап

Рисунок 18. Основные этапы экспертной оценки

Для возможности классификации рисков экспертным путем по вероятности их наступления предложены рекомендаций представленные в таблице 3.

Таблица 3. Категорирование рисков по вероятности их возникновения

Категория	Вероятность возникновения	
	Р (в долях единицы)	Интерпретация события связанного с риском
I категория	$0,0 \leq P \leq 0,05$	Исключительный случай при котором происходило событие
II категория	$0,05 < P \leq 0,25$	Событие происходит редко, но имеются случаи возникновения
III категория	$0,25 < P \leq 0,75$	О возможности возникновения события свидетельствуют значительные свидетельства
IV категория	$0,75 < P \leq 0,95$	Событие может произойти
V категория	$0,95 < P \leq 1,0$	Высокая вероятность того, что событие произойдет

В отношении каждого риска, также необходимо провести оценку по влиянию на продолжительность ПНР, назначив сначала категорию согласно предложенного в таблице 4 диапазона, а на следующем этапе предложив количественную оценку в предложенном промежутке значений.

Таблица 4. Категорирование рисков по влиянию на сроки ПНР

Категория влияния рисков на сроки	Величина удлинения в % от срока ПНР
Категория А	$0\% < I \leq 5\%$
Категория В	$5\% < I \leq 25\%$
Категория С	$25\% < I \leq 75\%$
Категория D	$75\% < I \leq 95\%$
Категория E	$95\% < I \leq 100\%$

При этом степень воздействия риска можно рассчитать, как произведение вероятности и величины ущерба (коэффициент удлинения срока ПНР):

$$M = P \times \frac{I}{100}, \quad (6)$$

где M – степень воздействия рисков; P – вероятность возникновения рисков, (в долях единицы); I – величина удлинения в % от срока ПНР.

Для проведения экспертного опроса необходимо сформировать группу экспертов.

Количество экспертов в группе определяется не только достоверностью экспертизы и затратами на неё, но также и качеством самих экспертов. Так как определение норм затрат труда на пусконаладочные работы относится к классу проблем с высоким уровнем информационного потенциала знаний, то увеличение экспертов в группе приводит, как это следует из теории обработки наблюдений, к повышению достоверности результатов проводимой экспертизы.

Особенность подбора экспертов при разработке норм затрат труда на пусконаладочные работы в том, что область знаний, которыми должны обладать эксперты является очень специфичной. Это обстоятельство в определенной степени облегчает процедуру подбора экспертов сужая круг поиска до узкоспециализированных организаций (АО «Атомтехэнерго»). При этом

достаточной для качественной экспертизы следует считать группу из не менее 5-7 высококвалифицированных специалистов.

Для анкетирования экспертов предлагается использовать метод Дельфи в несколько туров с обратной связью при опросе, который позволит экспертам ознакомиться с результатами опроса коллег по итогам предыдущего тура.

При этом обработку результатов проводить по итогам окончания каждого тура с целью выделения среднего и крайних мнений, и сообщения экспертам этих мнений, для того чтобы во втором и последующих турах опроса, эксперты могли изменить свои оценки, приведя необходимую аргументацию. После того как ответы экспертов перестают изменяться опрос может быть закончен.

Результаты экспертного опроса оцениваются, в том числе путем выявления и исключения аномальных значений оценок согласно следующего алгоритма.

Пусть x_{ij} - оценка j - го эксперта по i - тому риску ($i=1,2,\dots, n$), m – объем выборки.

Сначала вычисляется среднее арифметическое значение этих оценок для каждого риска:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{m} * \sum_{j=1}^m x_{ij}, \quad (7)$$

Затем определяется среднее квадратичное отклонение оценок по формуле:

$$\delta_i = \sqrt{\frac{1}{m-1} * \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}, \quad (8)$$

Аномальным считаются такие значения оценок, для которых выполняется следующее неравенство:

$$|x_{ij} - \bar{x}_i| \geq \alpha * \delta_i, \quad (9)$$

где: $2,5 \leq \alpha \leq 3$.

Расчёты предлагается приводить в таблицах, пример оформления приведен в таблице 5.

Таблица 5. Пример оформления расчетов

№ риска (<i>i</i>)	1		2		...	n	
Код риска							
Номер эксперта (<i>j</i>)	$(x_{1j} - \bar{x}_1)$	$(x_{1j} - \bar{x}_1)^2$	$(x_{2j} - \bar{x}_2)$	$(x_{2j} - \bar{x}_2)^2$		$(x_{nj} - \bar{x}_n)$	$(x_{nj} - \bar{x}_n)^2$
1							
2							
...							
n							
$(x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$\sum_{j=1}^m (x_{1j} - \bar{x}_1)^2$		$\sum_{j=1}^m (x_{2j} - \bar{x}_2)^2$...	$\sum_{j=1}^m (x_{nj} - \bar{x}_n)^2$	
δ_i	δ_1		δ_2			δ_n	

Для получения групповой оценки используется среднее взвешенное значение оценки для каждого риска.

$$x_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} k_j, \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (10)$$

где k_j - коэффициенты компетентности экспертов, т.е.

$$\sum_{j=1}^m k_j = 1, \quad (11)$$

Коэффициенты компетентности экспертов определяются по результатам оценки, при этом компетентность экспертов оценивается по степени согласованности их оценок с групповой оценкой.

Коэффициенты компетентности определяются пошагово с уточнением полученных значений на предыдущем шаге, а по итогам необходимо рассчитать коэффициенты приближения. Для t -го шага ($t=1, 2, \dots$) рассчитываются по следующим формулам:

$$x_i^t = \sum_{j=1}^m x_{ij} k_j^{t-1}, \quad (12)$$

$$\lambda^t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} - x_i^t, \quad (13)$$

$$k_j^t = \frac{1}{\lambda^t} \sum_{i=1}^n x_{ij} * x_i^t, \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^m k_j^t = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, m), \quad (15)$$

Здесь λ^t это вспомогательный расчетный параметр.

В качестве начальных значений коэффициентов компетентности принимаются равными k_j^0 , и первое приближение коэффициентов компетентности ($t=1$) рассчитывается по следующим формулам:

$$x_i^1 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij}, (i=1, 2, \dots, m), \quad (16)$$

$$\lambda^1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} * x_i^1, \quad (17)$$

$$k_j^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^n x_{ij} * x_i^1, (i=1, 2, \dots, n), \quad (18)$$

Коэффициенты компетентности первого приближения k_j^1 в дальнейшем позволяют рассчитать по формулам (12), (13) и (14) показатели второго приближения x_i^2 , λ^2 , k_j^2 . Вычисления заканчиваются, когда значения коэффициентов компетентности стабилизируются и дальнейшие вычисления не дают существенного уточнения. Изученный опыт имеющихся исследований по данному вопросу предполагает, что для прекращения уточнения и установления коэффициента компетентности с точностью до второго знака достаточно как правило третьего приближения.

По результатам определения коэффициентов по формуле (10) определяются групповые оценки рисков.

Ниже на рисунке 19 приведена схема определения рисков, включая алгоритм их оценки и расчета.

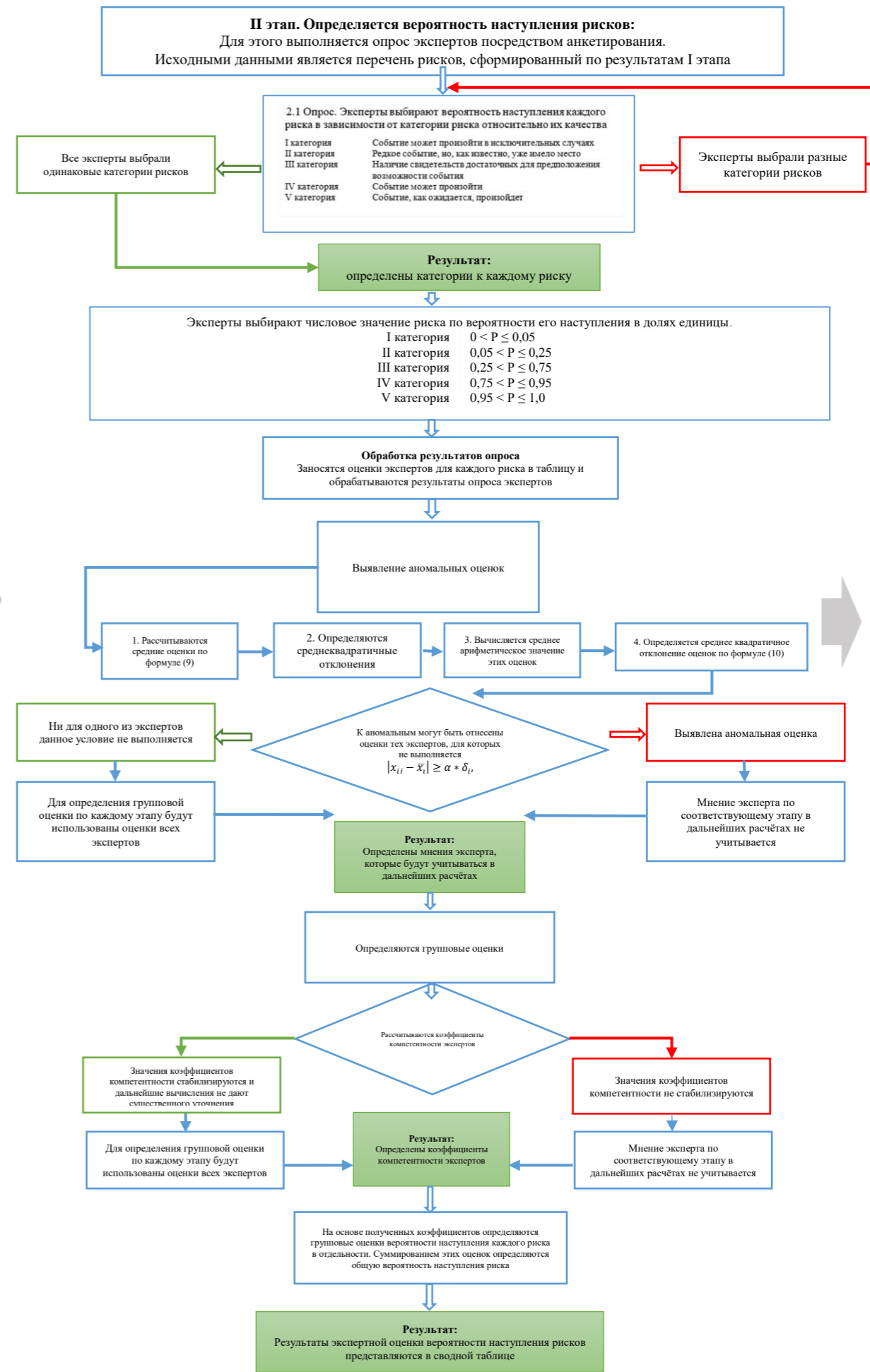
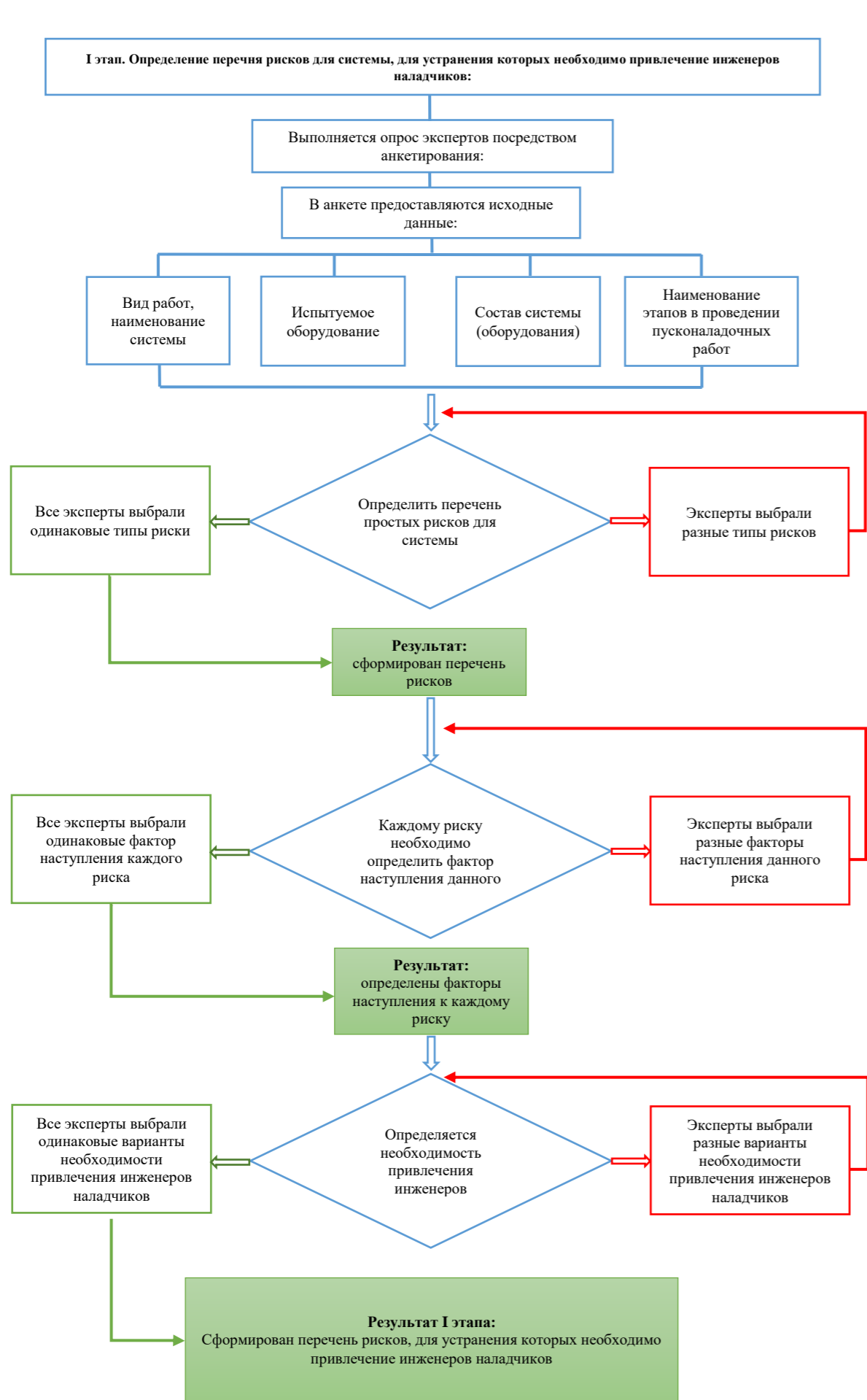


Рисунок 19. Блок-схема алгоритма, определения, классификации и оценки рисков

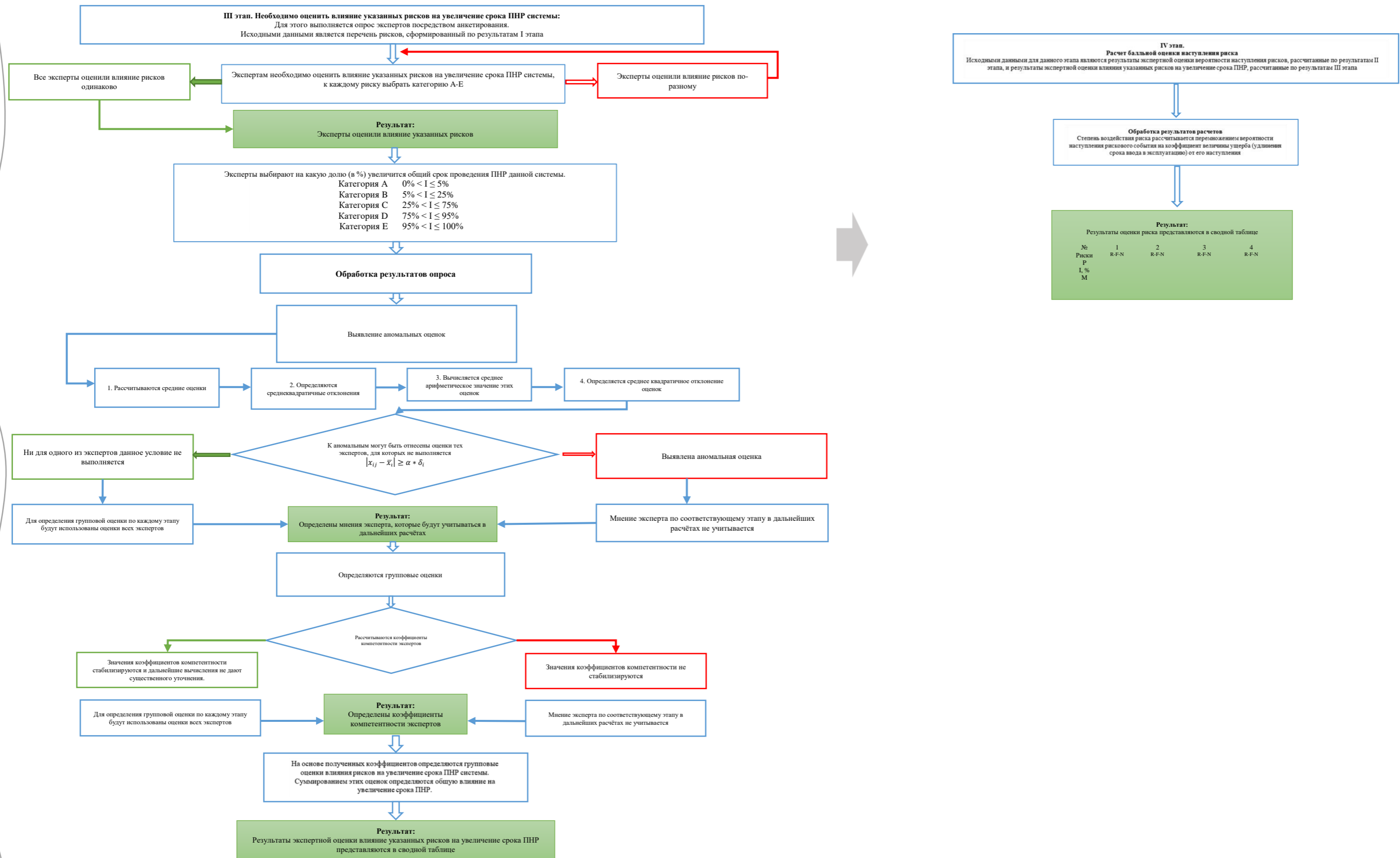


Рисунок 19. Блок-схема алгоритма, определения, классификации и оценки рисков

2.5. Календарное планирование ПНР

Целью календарного планирования является оптимизация временных показателей в условиях минимального и достаточного обеспечения ресурсами.

Календарное планирование представлено значительным количеством методов и инструментов с использованием которых разрабатываются технологические схемы, графические отчеты, средства контроля исполнения этапов проектирования, критический путь, ресурсное обеспечение и т.д. При этом визуализация календарного планирования, в том числе графически может быть обеспечена сетевыми диаграммами, диаграммой Ганта или диаграммой - PERT.

Одним из инструментов планирования продолжительности является работа с диаграммой PERT. В основе указанного метода лежит метод критического пути. При этом важным этапом при работе с данными диаграммами является подсчет объемов работ.

По сравнению с методом определения объемов работ PERT может показаться исчерпывающим, учитывающим все, начиная с управления ресурсами и заканчивая личной эффективностью, но это в определённой степени усложняет процесс планирования, что делает его менее эффективным.

Проведенные исследования показали, что наиболее эффективным для календарного планирования ПНР является линейный календарный график (диаграмма Ганта), представляющий собой таблицу «работы-время», в которой продолжительность работ изображается графически в виде горизонтальных отрезков, соизмеримых с продолжительностью работ в днях.

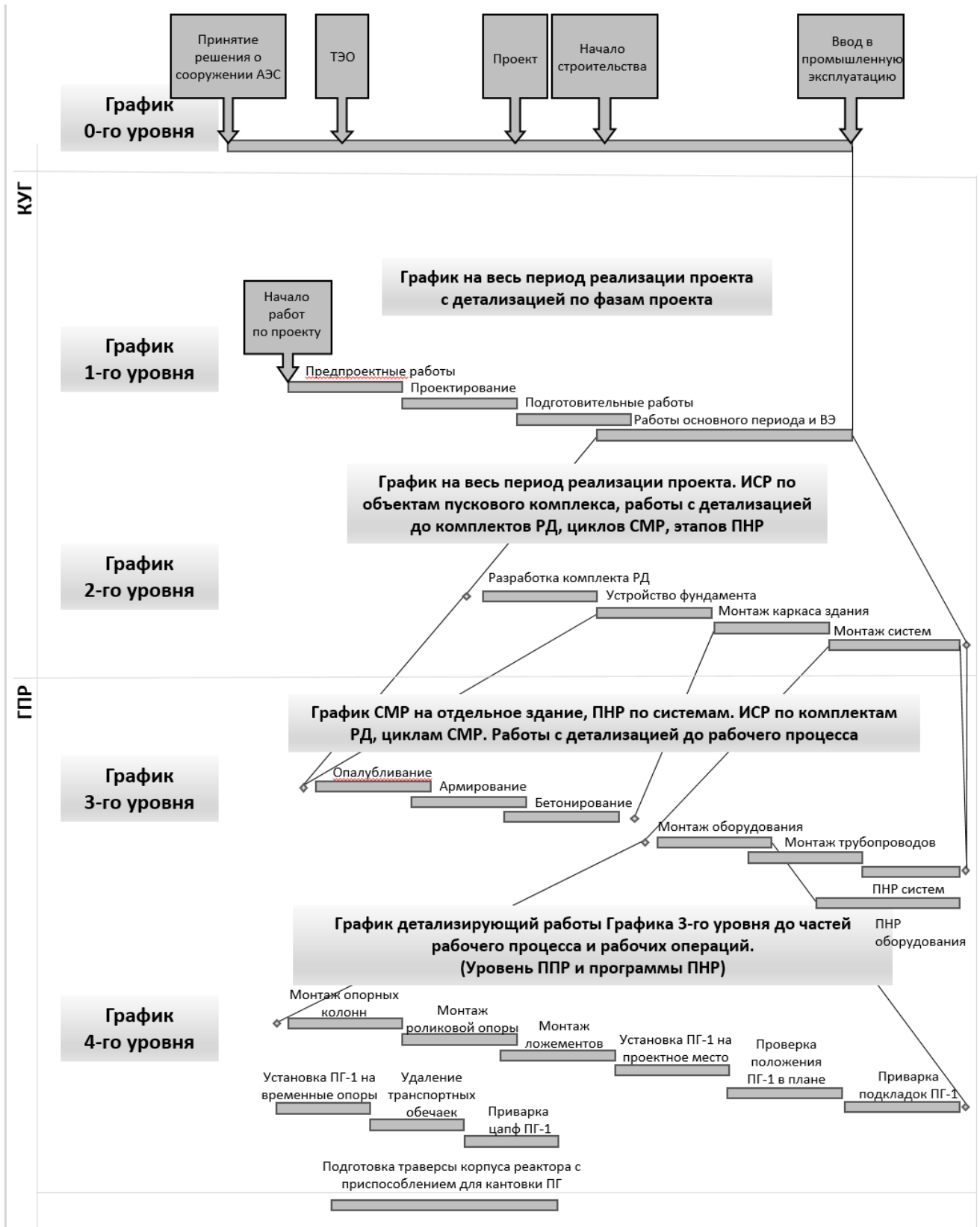
В научных трудах Морозенко А.А. [113] отмечается, что базовым и наиболее эффективным инструментом для составления календарно-сетевых моделей в области атомной энергетики на данный момент является программный комплекс Oracle Primavera. Однако в ходе реализации последних проектов было выявлено, что действующие методы управления сроками и стоимостью проекта, базирующиеся на достижении ключевых событий, не могут быть признаны эффективными и требуют совершенствования разработанных систем планирования, дополнения их ресурсными моделями, учитывающими

вероятности наступления рискованных ситуаций, а также формирования единой базы данных о стоимости, физических объемах проектов и реализованных рисках.

Одним из решений данной задачи является разработка и внедрение в опытную эксплуатацию информационной системы TCM NC. TCM NC предназначена для осуществления контроля бюджета проектов и нацелена на автоматизацию управления стоимостью и сроками проектов.

Усиление конкуренции на мировом рынке строительства АЭС, расширение портфеля заказов Госкорпорации «Росатом», увеличение количества одновременно возводимых энергоблоков АЭС являются объективным обоснованием необходимости совершенствования процессов управления стоимостью и сроками реализации проектов и внедрения современных информационных систем, способных обеспечить выполнение обязательства перед инвесторами в полном объеме, в срок и с максимальной эффективностью.

Важным элементом системы управления проектом является календарно-сетевой график. Для крупных проектов должна использоваться система взаимосвязанных между собой календарно-сетевых графиков разного уровня детализации, обеспечивающая взаимосвязь долгосрочных планов с краткосрочными. Многоуровневая система графиков для реализации крупных инвестиционно-строительных проектов приведена на рисунке 20.



КУГ — комплексный укрупненный график; ГПР — график производства работ; ТЭО — технико-экономическое обоснование; ВЭ — ввод в эксплуатацию; РД — рабочая документация; м/к — металлические конструкции; ПГ — парогенератор

Рисунок 20. Многоуровневая система календарно-сетевых графиков

График нулевого уровня показывает целевой результат проекта, сроки начала и окончания на момент принятия решения, а также определяет директивные сроки основных ключевых событий проекта.

График первого уровня является календарно-сетевым графиком, определяющим сроки и последовательность выполнения фаз проекта, и является основой для формирования организационной структуры. Разрабатывается заказчиком в составе инвестиционного проекта на основе объектов-аналогов. Охватывает период времени от момента принятия решения о строительстве объекта до ввода объекта в промышленную эксплуатацию.

График второго уровня является календарно-сетевым графиком, разрабатывается в составе базового проекта и детализирует фазы проекта графика первого уровня. Разрабатывается генеральным подрядчиком на основе графика строительства первого уровня, объектов-аналогов, экспертных оценок, контрактов, проектной документации. Охватывает период времени от начала фазы проекта до ее завершения.

График третьего уровня является календарно-сетевым графиком, детализирующим работы графика второго уровня до рабочих процессов. Разрабатывается генеральным подрядчиком на основе графика строительства второго уровня, объектов-аналогов, экспертных оценок, в зависимости от фазы проекта: этапных программ выполнения работ, рабочей документации, ППР, проведенных процедур по выбору исполнителей СМР, ПНР и поставщиков материально-технических ресурсов, возможностей исполнителей.

Например, для фазы основного периода строительства графики СМР третьего уровня представляют собой календарно-сетевые графики по объектам пускового комплекса с детализацией до рабочего процесса (армирование, опалубливание, бетонирование, монтаж оборудования, трубопроводов, металлоконструкций технологических систем и т. д.).

График третьего уровня является для генерального подрядчика основным инструментом контроля выполнения работ субподрядчиками, на его основе формируются планы выполнения работ исполнителями. График третьего уровня

актуализируется генеральным подрядчиком на основании отчетов исполнителей о выполнении планов производства работ. Пересмотр графика третьего уровня осуществляется при изменении графика второго уровня, изменении содержания проекта, объемов финансирования, при переносе более чем на два месяца даты ключевого события графика второго уровня.

График четвертого уровня детализирует работы графика третьего уровня, находящиеся на критическом пути, до частей рабочего процесса и рабочих операций (установка щитов, кружал, закрепление опалубки), исполняется в календарно-сетевом формате и как правило используется для оптимизации критических работ.

В целях снижения рисков возникающих при строительстве АЭС используют иерархическую структуру работ — подход при управлении проектом, который должен быть описан в ПОС как система управления и реализован на дальнейших этапах инвестиционного цикла проекта. Иерархическая структура работ также может называться структурой декомпозиции работ или, в международной терминологии, Work Breakdown System.

По ходу построения WBS выполняется последовательная декомпозиция проекта на подпроекты, пакеты работ разного уровня, пакеты документов необходимой детализации. Иерархическая структура работ представляет собой перечень задач проекта. Информация может быть описана в текстовом или представлена графическом формате.

Рациональность такого разделения заключается в следующем:

- 1) задачу, полученную в результате дробления, легче оценить;
- 2) мелкие задачи легче распределять между исполнителями;
- 3) разделенные задачи легче контролировать;
- 4) по задачам нижнего уровня можно оценить время выполнения проекта и стоимость.

При построении WBS существуют два основных правила:

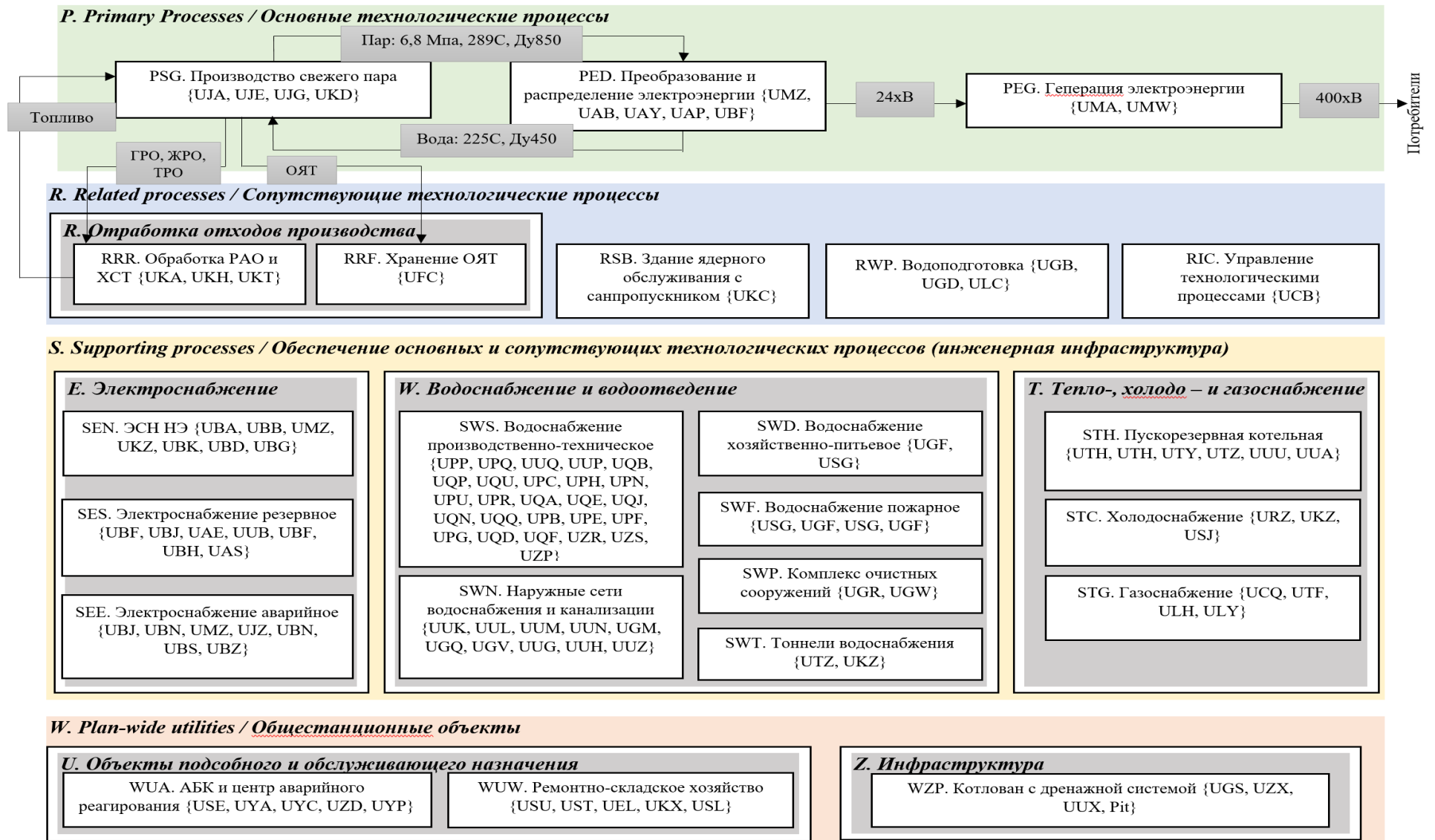
1. На основе полученной информации проводится декомпозиция работ проекта до уровня, когда можно идентифицировать все значимые части и составить по ним бюджет.

2. Каждому элементу на всех уровнях присваивается уникальный идентификатор. Идентификатор более низкого уровня может содержать идентификатор высокого уровня.

Применение такой системы требует перестройки структуры и внедрения новой документации в область управления проектом на различных этапах проекта, а также изменения системы выдачи документации на объект.

Аналогом WBS является узловой метод организации работ, который был описан в научных трудах Олейника П.П. и Ширшикова Б.Ф. Данный метод широко применялся на крупных строительных комплексах промышленных объектов в СССР.

В этом методе организации строительства и производства работ выполняется декомпозиция работ от общеплощадочных, строительных или технологических узлов до подузлов i -го уровня, что аналогично декомпозиции в WBS до пакетов работ. Составной частью схемы разбивки на узлы является перечень и состав узлов, содержащий информацию по объему работ и трудоемкости, пример указанной схемы приведен на рисунке 21.



ГРО – газообразные радиоактивные отходы; ЖРО – жидкие радиоактивные отходы; ТРО – твердые радиоактивные отходы; ОЯТ – отработавшее ядерное топливо; ЭСН НЭ – электроснабжение собственных нужд нормальной эксплуатации; АБК – административно-бытовой комплекс

Рисунок 21. Схема общеплощадочных узлов

Применение WBS и узлового метода организации строительства обеспечивает качественное планирование и координацию работ исполнителей в рамках конкретного узла или комплекса, что позволяет при необходимости перераспределять ресурсы и максимально совмещать работы на главных направлениях критического пути [113].

Выводы по второй главе

Анализ инжиниринговой схемы организации ПНР показал специфический характер данных работ. Прежде всего это большая доля интеллектуальных затрат, обусловленная наукоемким технологическим оборудованием, сложными инженерными сетями и системами.

В труде специалистов по наладке и испытаниям велико влияние вероятностного фактора, поскольку главным затратообразующим элементом в содержании их труда является поиск причин возникающих дефектов и несоответствий, а также анализ причин возникновения технических рисков.

Методы технического нормирования для определения затрат труда инженеров пусконаладчиков, основанные только на хронометраже и самофотографировании трудовых процессов сложно применимы, а по большей части ПНР такая возможность вообще отсутствует.

Проведенный анализ показал, что для определения трудоемкости пусконаладочных работ наиболее предпочтительным являются опытно-статистические и аналитические методы нормирования.

Предложена методика сбора и анализа информации для нормирования процессов и расчета норм времени, изучены и выбраны оптимальные методы статистической обработки результатов, оценки рисков, а также определена возможность их адаптации в рамках проводимых исследований и интеграции в методике планирования ПНР.

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПЛАНИРОВАНИЯ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

3.1. Определение трудоемкости пусконаладочных работ

Сводка затрат труда инженеров пусконаладчиков формируется в следующем порядке:

а) затраты труда инженеров пусконаладчиков определяются расчетно-аналитическим методом, на основании анализа исполнительной документации.

б) нормы затрат труда инженеров пусконаладчиков рассчитываются по формуле:

$$N_{зт} = T_{вр} \times (Z_{п1} \times K_{ту1} + \dots + Z_{пn} \times K_{туn}), \quad (19)$$

где $N_{зт}$ (чел.-ч/измеритель) – норма затрат труда пусконаладочного персонала на измеритель работы (элемента процесса). Измерителем могут выступать количество оборудования, систем, узлов и т.п.;

$T_{вр}$ (час/измеритель) – затраты времени на измеритель работы (элемента процесса), с учетом времени на производство подготовительно-заключительных работ, технологических перерывов и времени на отдых и личные надобности;

$Z_{п}$ (чел) – количество инженеров пусконаладчиков (одной квалификации);

$K_{ту}$ – коэффициент долевого участия инженеров пусконаладчиков (одной квалификации), в общих затратах времени на работу (элемент процесса). $K_{ту}$ должен учитывать параллельное выполнение работ по наладке отдельных систем (оборудования) с учетом сопоставления таблиц учета рабочего времени, программ ПНР и графиков ПНР 3-го уровня. При расчете $K_{ту}$ занятость одного работника не должна превышать 100% его суммарного рабочего (отработанного) времени, а суммарная занятость всего звена (бригады) пусконаладочного персонала не должна превышать затраты времени (общие сроки) выполнения всех параллельных процессов по наладке отдельных систем (оборудования).

$T_{вр}$ (час/измеритель) определяется по формуле:

$$T_{вр} = \frac{T}{V}, \quad (20)$$

где

T (час) – продолжительность работы (элемента процесса),

V – объем выполненных работ в натуральных (физических) единицах измерения. Измерителем могут выступать количество оборудования, систем, узлов и т.п.

Нормы затрат труда для каждой квалификации пусконаладочного персонала на измеритель работы (элемента процесса) определяются по формуле:

$$N_{зТ_n} = T_{вр} \times Z_{п_n} \times K_{ту_n}, \quad (21)$$

Для сбора информации о трудозатратах разработана форма протокола учета рабочего времени. Заполнение указанного протокола ведется по итогам анализа исполнительной документации (программы ПНР, таблицы учета рабочего времени, журналы учета выполненных работ, задания, отчеты и протоколы о выполнении ПНР и т.д.).

Определение трудоёмкости ПНР расчетно-аналитическим методом и численно квалификационного состава бригады инженеров наладчиков осуществляется согласно следующего алгоритма:

- формируется сводка затрат труда для калькуляции затрат строительных ресурсов, путем выборки норм затрат труда инженеров наладчиков, установленных по всем работам (элементам процесса);

- учитывая, что необходимость некоторых операций, занимающих как правило короткие промежутки времени возникает, в том числе при оптимальной организации труда, к итоговому показателю затрат труда, рассчитанному на основании результатов нормативных наблюдений, как правило применяется поправочный коэффициент 1,05. При этом в случае если затраты труда определены по итогам анализа исполнительной документации, учитывающей «грязное» время без выделения чистого оперативного указанный поправочный коэффициент, не применяется;

- квалификационная категория инженеров пусконаладчиков принимается на основании ЕКС.

3.2. Классификация и систематизация рисков

При планировании ПНР на АЭС требуется оценка влияния на фактическую

продолжительность предполагаемых технических рисков [129].

В значительной степени на ПНР большое влияние оказывают возникающие дефекты и выявленные в ходе наладки систем и оборудования несоответствия, в связи с этим полагается целесообразным в целях сбора статистики и дальнейшей обработки принять их основными статистическими показателями.

Для возможности проведения анализа в целях выработки мероприятий по управлению рисками необходимо формирование баз данных по рискам. База данных рисков при ПНР на ОИАЭ создается, в том числе в рамках проводимого исследования. Необходимо отметить, что для рисков в ПНР просто фиксация таких атрибутов как количество, место и время (дата выявления несоответствия и дата его устранения) будет не достаточным для качественной аналитики. Таким образом предлагается в структуре базы данных ввести такие атрибуты как:

1. причина дефекта или несоответствия;
2. влияние на ход ПНР (повлияло на приемку из монтажа в ПНР, ПНР были приостановлены на время устранения несоответствия, несоответствия устранялись при проведении ПНР);
3. мероприятия по устранению несоответствий и дефектов (разрешено производство монтажных работ, с отражением несоответствий в исполнительной документации, проведены работы по демонтажу, замене, повторному монтажу, контрольная проверка работоспособности и т.п.);
4. код (шифр) проекта (объекта);
5. код системы или оборудования согласно, принятой в системе классификации KKS, пример кодирования приведен на рисунке 22. KKS – это система, являющаяся международным стандартом, применяемым в проектировании объектов энергетики и предусматривает кодирование трех типов:
 - для кодирования на уровне помещения или этажа здания в составе объекта энергетики - код называемый конструкционным (конструктивным);
 - для кодирования инженерных систем или технологического оборудования, а также установок и приборов выделяемые по их назначению в отдельные узлы или системы - код называемый технологическим (инженерным);

– для детализации и фиксации (обозначения) места монтажа или сборки в отношении инженерных систем или оборудования - код называемый монтажным.

6. завод-производитель оборудования;
7. реквизиты документов, в которых зафиксированы несоответствия;
8. реквизиты документов об устранении дефектов и несоответствий.

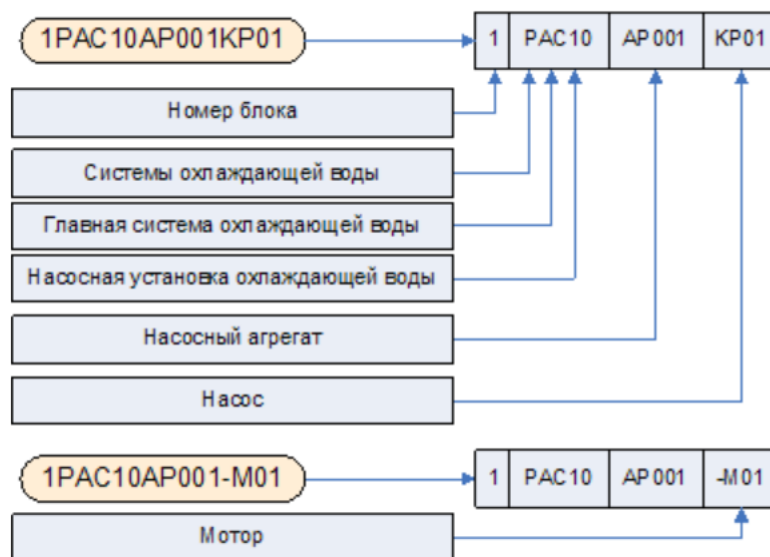


Рисунок 22. Примеры технологического кодирования

Информация о рисках должна отражать суть дефектов и несоответствий, и отражать характер отказов, позволяя в дальнейшем выявлять слабые места в системах и оборудовании. А также учитывать возможные ошибки на стадии проектирования, строительного-монтажных работ и ПНР. В описании мероприятий по устранению дефектов необходимо отражать суть и характер выполненных работ, не допуская применение общих фраз типа «дефект устранен», «исправлено» и т.п.

База данных рисков, созданная для инжиниринга в рамках строительства конкретного объекта может являться элементом контролинга и основной для принятия управленческих решений. При этом создание единой отраслевой базы данных рисков включающей информацию о ранее построенных объектах позволит вывести систему управления строительством ОИАЭ на этапе ввода в эксплуатацию на качественно иной уровень.

Необходимо иметь ввиду, что важным будет организовать единую систему

ведения баз данных для всех подразделений и организаций, участвующих в проектировании, инжиниринге и строительстве АЭС. Первым этапом к созданию такой системы может стать разработка стандарта организации, в последующем утверждённого и введенного ГК «Росатом» для обязательного исполнения всеми дочерними компаниями и структурными подразделениями.

Для возможности систематизации работы по сбору информации о возникающих рисках при ПНР (дефекты, отказы, несоответствия), был разработан классификатор рисков, приведенный в таблице 6. Ниже на рисунке 23 приведен пример кодирования риска.

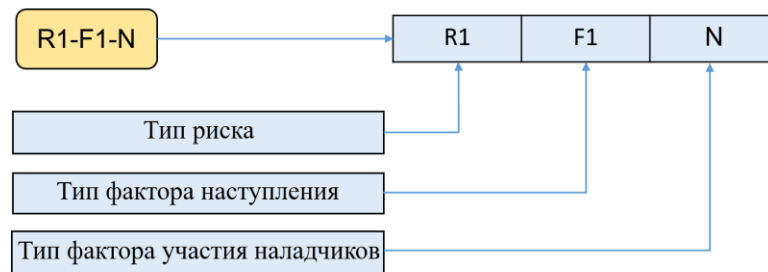


Рисунок 23. Пример кодирования риска

Таблица 6. Классификатор основных рисков, оказываемых влияние на продолжительность ПНР

№ п/п	Тип риска	Предполагаемый риск	Тип фактора	Фактор наступления	Тип фактора участия наладчиков	Фактор привлечения инженеров наладчиков	Код риска
1	R1	Необходимость корректировки утвержденных Программ ПНР	F1	Неполная готовность смежных систем или испытываемого оборудования	N	Имеется	R1-F1-N
			F2	Изменения алгоритмов работы оборудования, введение новых	N	Имеется	R1-F2-N
2	R2	Несоответствия (ошибки) при монтаже оборудования	F3	Несоответствия (ошибки) при монтаже оборудования (не соблюдение требований документации)	O	Отсутствует	R2-F3-O
					N	Имеется	R2-F3-N
			F4	Отсутствие детального контроля при монтаже в силу не опытности и отсутствии достаточной квалификации персонала, выполняющего монтажные работы	O	Отсутствует	R2-F4-O
					N	Имеется	R2-F4-N
3	R3	Простои по причинам выявленных в процессе ПНР заводских дефектов	F5	Отсутствие Представителя завода-изготовителя на площадке АЭС	O	Отсутствует	R3-F5-O
			F6	Дополнительное время на устранение дефектов	O	Отсутствует	R3-F6-O
4	R4	Простои по причинам выявленных в процессе ПНР проектных несоответствий	F7	Затяжной процесс внесения изменений в проектную документацию	O	Отсутствует	R4-F7-O
			F8	Отсутствие необходимых материалов/приборов для реализации новых проектных решений (длительный новый процесс закупки требуемых материалов/приборов)	O	Отсутствует	R4-F8-O
5	R5	Не достижение критериев испытаний во время производства ПНР	F9	Скрытый дефект оборудования, проекта (не соответствие оборудование заявленным характеристикам, неработоспособность оборудования в условиях проекта)	O	Отсутствует	R5-F9-O
					N	Имеется	R5-F9-N
			F10	Качество разрабатываемой ПНД (без учета требований со стороны заводской и проектной документации)	O	Отсутствует	R5-F10-O
					N	Имеется	R5-F10-N
6	R6	Повторное выполнение ранее выполненных ПНР после устранения замечаний.	F11	Повторение ПНР после установки штатного оборудования (взамен временного)	N	Имеется	R6-F11-N
			F12	Повторение ПНР после изменений установок защит и блокировок работы ТО	N	Имеется	R6-F12-N
			F13	Повторение ПНР после устранения заводских дефектов	N	Имеется	R6-F13-N

3.3. Определение продолжительности ПНР с учетом степени воздействия рисков

Для возможности планирования ПНР необходимо иметь информацию о времени проведения ПНР и трудоемкости, а также время, требуемое для устранения возникающих дефектов и отказов.

Норма затрат труда пусконаладочного персонала на устранение дефектов (отказов) связанных с рисками рассчитывается по формуле:

$$N_{уд} = N_{зт} \times M, \quad (22)$$

где $N_{уд}$ (чел.-ч/измеритель) – норма затрат труда пусконаладочного персонала по устранению дефектов на измеритель работы (элемента процесса).

В рамках проводимых исследований с привлечением пяти экспертов методами Дельфи и структурированного интервью была проведена экспертная оценка возникающих рисков при ПНР по вероятности их наступления и влиянию на продолжительность ПНР. Результаты оценки приведены на рисунках 24 и 25.

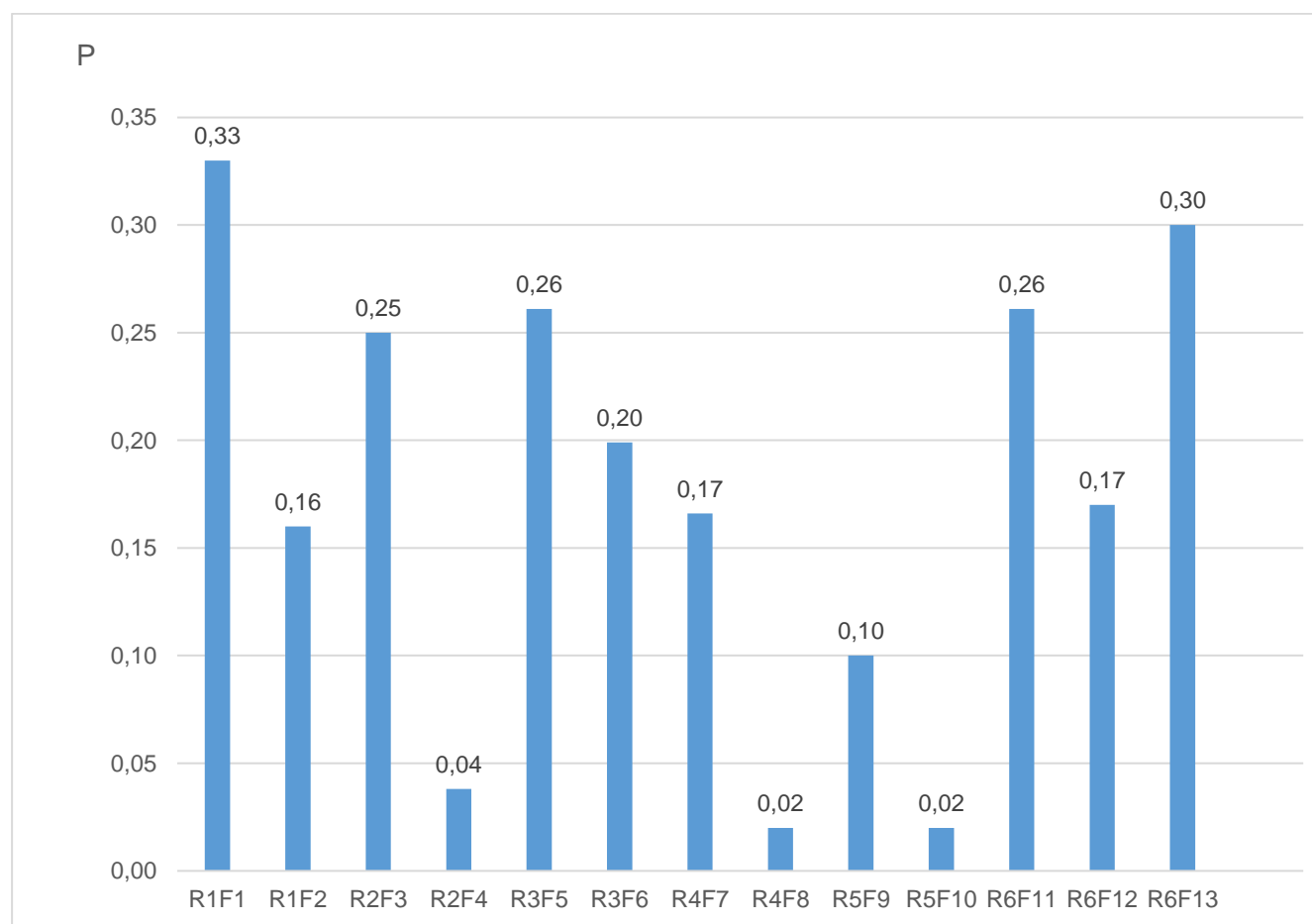


Рисунок 24. Вероятность возникновения рисков, P

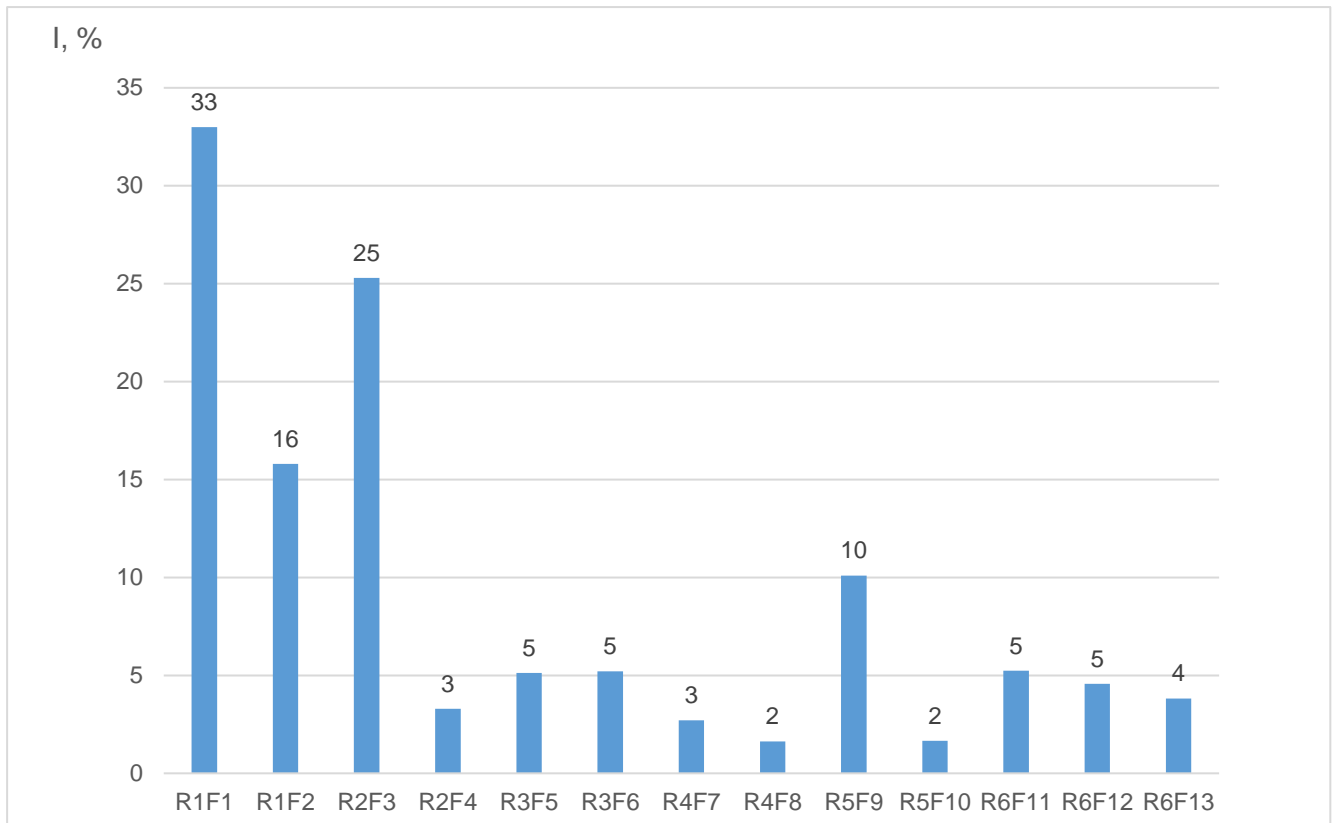


Рисунок 25. Влияние рисков на продолжительность ПНР, I

Проведенная оценка позволила определить с применением формулы 6 степень воздействия рисков на продолжительность проведения ПНР, выраженную в виде коэффициентов. Результаты рассчитанных коэффициентов приведены на рисунках 26 и 27.

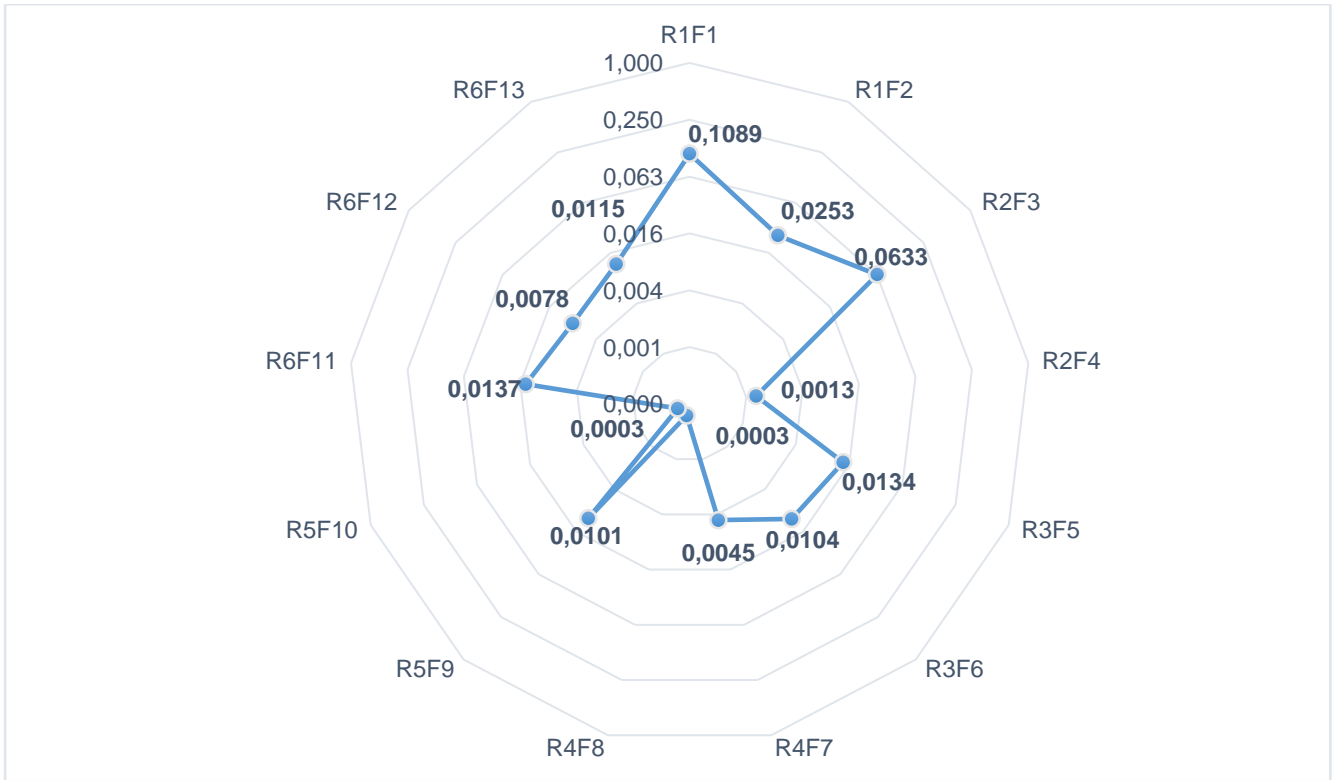


Рисунок 26. Степень воздействия рисков на ПНР, М

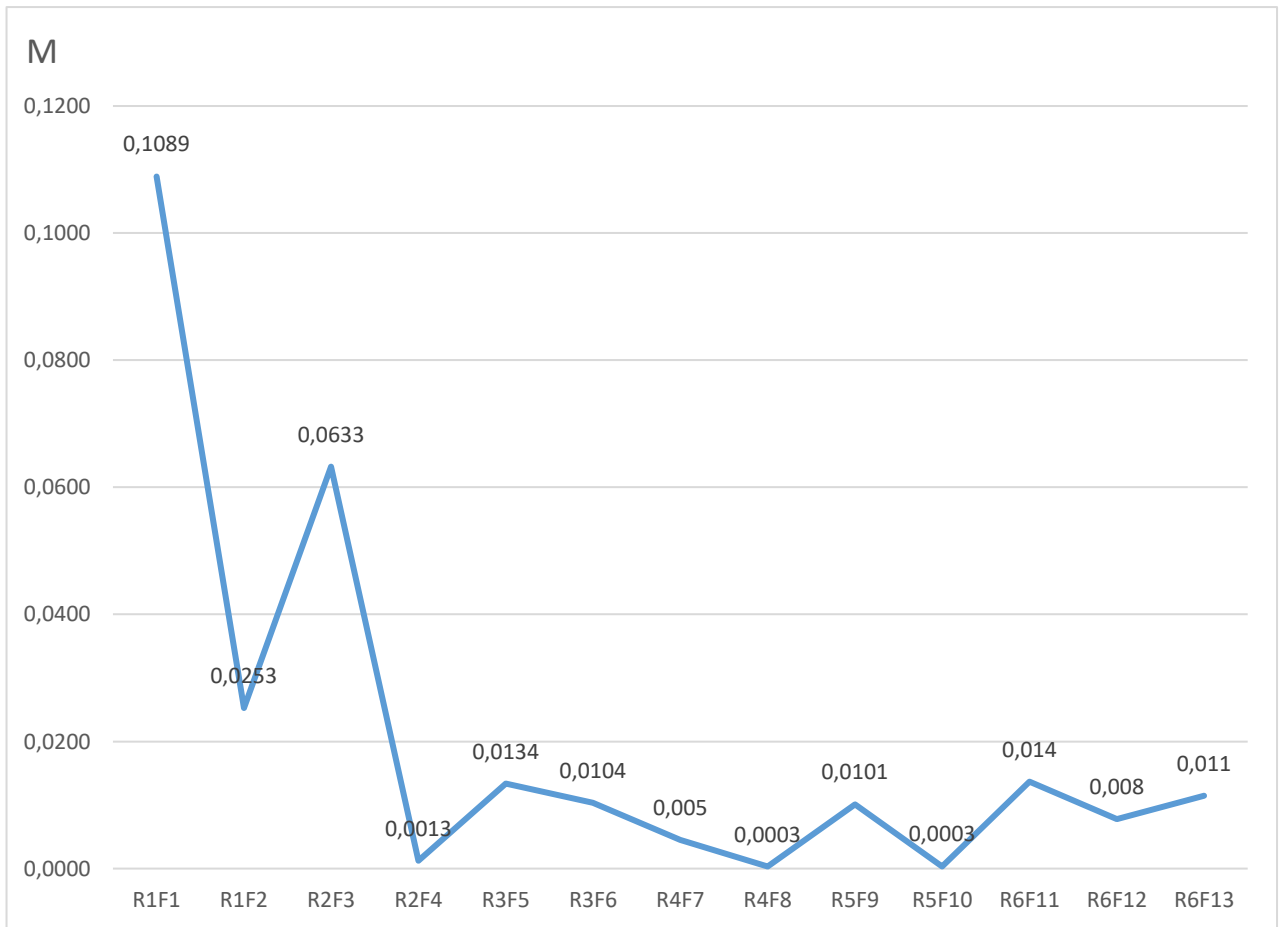


Рисунок 27. Степень воздействия рисков на ПНР, М

Ожидаемая продолжительность наладки системы $T_{\text{сис}}$, (дней) с учетом неопределенности (вероятности возникновения рисков) определяется по следующей формуле:

$$T_{\text{сис}} = \frac{H_{\text{зт}} + \sum_i^8 H_{\text{зт}} M_i}{\sum \text{Зп} T_{\text{см}}}, \quad (23)$$

где $T_{\text{см}}$ (час) - продолжительность рабочей смены.

Для рисков, у которых степень влияния на продолжительность ПНР составила менее 1% (шумовое поле), что сопоставимо с продолжительностью устранения дефекта менее одного календарного дня, итоговые показатели при формировании формулы не учитывались.

В рамках проводимых исследований для вышеуказанных рисков, которые были определены, классифицированы и оценены в части значительного влияния на продолжительность, формула ожидаемой продолжительности, с учетом рассчитанных коэффициентов выглядит следующим образом:

$$T_{\text{сис}} = \frac{H_{\text{зт}} + 0,11H_{\text{зт}} + 0,03H_{\text{зт}} + 0,0633H_{\text{зт}} + 0,0134H_{\text{зт}} + 0,0104H_{\text{зт}} + 0,01H_{\text{зт}} + 0,014H_{\text{зт}} + 0,011H_{\text{зт}}}{\sum \text{Зп} \times T_{\text{см}}} \quad (24)$$

Общая ожидаемая продолжительность ПНР (этапа ПНР) определяется по формуле:

$$T_{\text{общ}} = \sum_i^n T_{\text{сис}_i} K_{\text{сов}} K_{\text{см}}, \quad (25)$$

$K_{\text{сов}}$ – коэффициент совмещения при параллельном выполнении работ,

$K_{\text{см}}$ - коэффициент сменности.

При этом при организации работ в две смены коэффициент сменности принимается $K=0,9$ при двухсменном режиме, а при работе в три смены - $0,8$ (*п. 19 СНиП 1.04.03-85**).

3.4. Комплекс мер по снижению рисков

В целях сокращения продолжительности проведения ПНР на АЭС путем минимизации возникающих технических рисков предлагается проведение следующих организационно-технических мероприятий:

1. Участие застройщика в проработке проектной документации АЭС на предмет выявления проектных решений, которые не соответствуют требованиям норм и правил по безопасности в атомной энергетике, и которые могут привести к неработоспособности инженерных систем и оборудования.

2. Привлечение к участию инженеров пусконаладчиков в заводских сдаточных испытаниях на заводах-изготовителях оборудования.

3. Спроектировать и изготовить специальные стенды в передвижном и стационарном исполнении для диагностики и настройки арматуры, клапанов предохранительных и т. д.

4. Перед передачей в монтаж провести на специальном стенде тестирование и настройку оборудования и систем (измерительных каналов, устройств предохранительных и т. д.).

5. Проведение испытаний и проверки программных и технических средств автоматики в условиях полигона, с участием в них инженеров пусконаладчиков.

6. Провести по возможности оптимизацию объемов динамических, физических и теплогидравлических испытаний для сокращения объема однотипных испытаний, которые могут выполняться в разных состояниях РУ и энергоблока, на разных этапах освоения мощности энергоблока.

7. Оптимизировать объем ПНР, которые выполняются системой пусконаладочных измерений (СПНИ), в целях максимального использования штатных систем диагностики для проводимых измерений.

8. Взяв за основу существующее современное программное обеспечение рассмотреть возможность его доработки и развития, путем интеграции существующих информационных систем у генподрядчика по строительству (АО «Атомстройэкспорт») и у генподрядчика по ПНР (АО «Атомтехэнерго») для осуществления инжиниринга и организации управления проектом.

Необходимо также учитывать, что инжиниринговая деятельность позволяет накапливать фактическую информацию в части возникающих рисков (проектные несоответствия, дефекты и срыв поставок оборудования, некачественное

выполнение строительно-монтажных работ и т.п.) и данная информация должна быть структурирована, а также иметь общепринятые и общепромышленные атрибуты в целях формирования и ведения на следующем этапе соответствующих баз данных и накопления статистики.

Инжиниринговая деятельность в части ПНР должна планироваться на основании уточняемых графиков (1-го, 2-го и 3-го уровней), при этом для увязки и оптимизации процессов необходимо формировать общий для всех участников строительства АЭС план мероприятий («дорожная карта»).

Оптимизация продолжительности ПНР и повышение производительности труда инженеров пусконаладчиков в значительной степени зависят от выработки оптимальных организационно-технологических схем производства ПНР и для решения этих задач необходимо внедрять практику по разработке типовых программ ПНР и типовых технологических карт ПНР. Утверждение и установление единых требований в отношении указанных документов станет фундаментом для дальнейшего развития компетенций [133].

В настоящее время единого центра компетенций в отрасли по данному направлению нет, и его создание как обособленного подразделения в структуре инжинирингового дивизиона, который занимался бы широким спектром задач по научной организации труда, техническому и сметному нормированию позволит решать основные задачи в части управления проектами.

Для задачи по определению норм продолжительности, а в развитие данного вопроса обеспечение повышения производительности труда инженеров пусконаладчиков может видится несколько вариантов решения.

Одним из вариантов может быть, создание отдельного структурного подразделения непосредственно в корпорации, с функционалом комплексного инжиниринга и отдельных полномочий в структуре инжинирингового дивизиона, с основной задачей – проведение изучения технологических процессов, выработка оптимальных организационных схем производства работ, нормирование процессов и определение объективных норм труда и расчет норм продолжительности, в том числе ПНР.

Альтернативным решением может послужить создание обособленного предприятия, по аналогии нормировочной исследовательской станции, которые существовали в советский период нашего государства.

Сложившаяся практика показывает, что степень детализации проектных решений на стадии «Проектная документация», не позволяет определять виды и объемы ПНР и разрабатывать на данной стадии программы и методики для ПНР. И как следствие определение сметной стоимости ПНР проектно-сметным методом на основании сметных норм является затруднительным [133].

Решение указанной проблем может стать разработка и утверждение типовых программ и методик, а также разработка типовых графиков ПНР третьего уровня или типовых графиков перечней работ. В основу типовых документов может лечь доработанная исполнительная документация по построенным объектам-аналогам.

В последствии перечень и объемы ПНР можно будет определять на основании типовой программы ПНР, а стоимость на основании действующих сборников сметных норм [133].

Разработанный в рамках проведенных исследований комплекс мер по минимизации или исключению возможных рисков и факторов их наступления при ПНР в рамках инжиниринга приведен в таблице 7 [133].

Таблица 7. Комплекс мер по снижению рисков при ПНР

№ п/п	Предполагаемый риск	Фактор наступления	Мероприятия по снижению рисков	Ожидаемый результат
1	Необходимость корректировки утвержденных программ ПНР	Неполная готовность смежных систем или испытываемого оборудования Изменения алгоритмов работы оборудования, введение новых	Передача проектной и рабочей документации инжиниринговым и пусконаладочным организациям для анализа и подготовки предложений, до проведения монтажа и ПНР	Снижение количества проектных несоответствий, изменений в проектной документации вносимых на этапе ПНР
2	Несоответствия (ошибки) при монтаже оборудования	Несоответствия (ошибки) при монтаже оборудования (не соблюдение требований документации) Отсутствие детального контроля при монтаже в силу не опытности и отсутствия достаточной квалификации персонала, выполняющего монтажные работы	Разработка и внедрение программ обучения работников и повышения квалификации персонала выполняющего монтажные работы. Внедрение системы аттестации и переквалификации персонала Разработка инструкции по осуществлению детального контроля при осуществлении монтажных работ	Повышение уровня компетенции специалистов монтажных организаций Повышение качества производственного контроля при выполнении монтажных работ
3	Простои по причинам выявленных в процессе заводских дефектов	Отсутствие детального контроля при монтаже в силу не опытности и отсутствия достаточной квалификации персонала, выполняющего монтажные работы Дополнительное время на устранение дефектов	Включение в договоры на изготовление и поставку оборудования условий по которым обеспечивается присутствие представителя завода изготовителя в период монтажа и ПНР Разработка типовых регламентов по устарению дефектов на основании накопленного опыта	Сокращение простоев связанных с заводскими дефектами
4	Простои по причинам выявленных в процессе проектных несоответствий	Отсутствие Представителя завода-изготовителя на площадке АЭС	Внесение изменений в проектную документацию согласно части 15.2 статьи 48 и в соответствии с частью 3.8 статьи 49 Градостроительного Кодекса Российской Федерации (далее – ГрК РФ) с привлечением специалиста по организации архитектурно-строительного проектирования в должности главного инженера проекта (ГИП). В случае внесения изменений не предусмотренных частью 3.8 статьи 49 ГрК РФ осуществлять их в форме экспертного сопровождения организацией проводившей экспертизу проектной документации	Сокращение сроков внесения изменений в проектную и рабочую документацию

Продолжение таблицы 7.

№ п/п	Предполагаемый риск	Фактор наступления	Мероприятия по снижению рисков	Ожидаемый результат
		Дополнительное время на устранение дефектов	<p>Оптимизация регламентных документов по согласованию закупок.</p> <p>Объединение плана-графика с планом закупок.</p> <p>Внедрить в систему закупок механизм альтернативного урегулирования споров под названием «медиация».</p> <p>Внедрение автоматизированных систем управления строительством, поставками и вводом в эксплуатацию на базе современного программного обеспечения</p>	Сокращение сроков закупочных процедур и как следствие сроков поставки необходимого нового оборудования
5	Не достижение критериев испытаний во время производства ПНР	Затяжной процесс внесения изменений в проектную документацию	<p>Привлечение пусконаладочного персонала к заводским сдаточным испытаниям на заводах-изготовителях оборудования</p> <p>Тестирование и настройка ситем и оборудования на стендах до передачи в монтаж</p> <p>Разработка и изготовление специальных стендов (стационарных и передвижных) для диагностирования оборудования</p>	Уменьшение вероятности поставки оборудования со скрытыми дефектами
6	Повторное выполнение ранее выполненных ПНР после устранения замечаний.	<p>Отсутствие необходимых материалов/приборов для реализации новых проектных решений (длительный новый процесс закупки требуемых материалов/приборов)</p> <p>Скрытый дефект оборудования, проекта (не соответствие оборудование заявленным характеристикам, неработоспособность оборудования в условиях проекта)</p> <p>Повторение ПНР после изменений установок защит и блокировок работы технологического оборудования, уточненных в процессе ПНР</p> <p>Качество разрабатываемой ПНД (без учета требований со стороны заводской и проектной документации)</p>	<p>Внедрение системы типизации пусконаладочной докумнтации, с учетом изучения требований заводской и проектной документации по аналогичным объектам.</p> <p>Оптимизировать объем испытаний (динамических и теплогидравлических), сокращая однотипные испытания проводимые на различных уровнях мощности</p> <p>Обоснованное сокращение объемов физических экспериментов и измерений, выполняемых на серийных блоках АЭС</p>	<p>Повышение качества разрабатываемой ПНД</p> <p>Оптимизация параметров технологических процессов и систем организации пусконаладки и ее производственной базы.</p> <p>Сокращение сроков проведения работ и обеспечение экономической эффективности</p>

3.5. Планирование ПНР с учетом рисков и комплекс мер по их минимизации. Общие положения и этапы методики

В результате проводимых исследований разработана методика планирования ПНР, предполагающая пять основных этапов и два вспомогательных под-этапа и позволяющая в условиях отсутствия актуальных норм продолжительности на стадиях проектирования и строительства ОИАЭ определять объективные сроки, управлять рисками и формировать календарные графики работ и графики ПНР 3-го уровня (этапные графики). Укрупненная блок-схема методики планирования при инжиниринге ПНР представлена на рисунке 28.

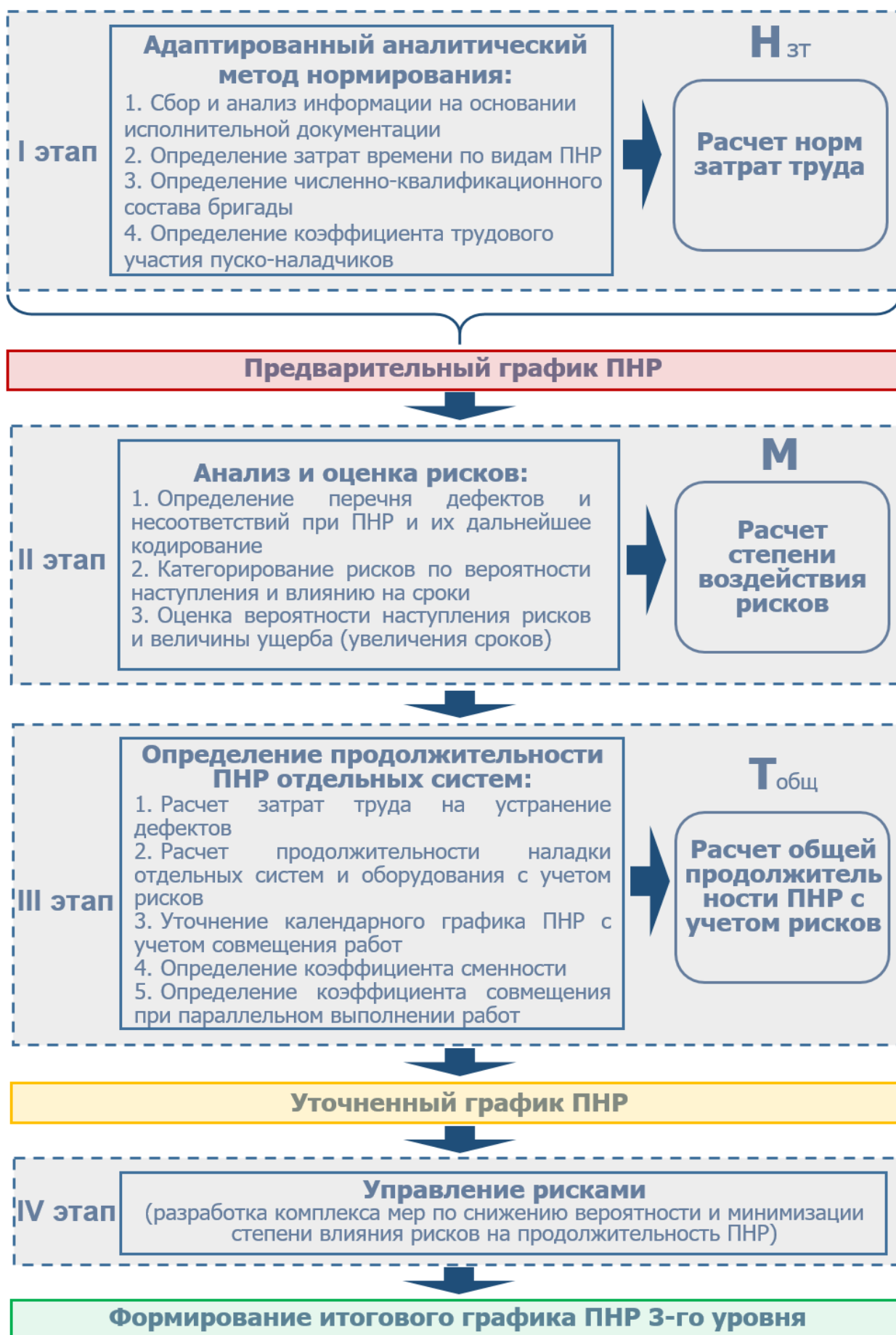


Рисунок 28. Блок-схема методики планирования ПНР

Предложенные в методике подходы позволяют определять сроки ПНР как для систем и оборудования, так и для отдельных этапов и как следствие итоговую продолжительность ввода объектов в эксплуатацию.

Разработка итоговой модели может осуществляться в сетевой и линейной форме, как показало взаимодействие с представителями атомной отрасли в процессе апробации, предпочтение при планировании в настоящее время отдается линейной форме.

На первом этапе определяется трудоемкость ПНР для отдельного оборудования (систем) или этапа.

Указанный этап предполагает два основных шага:

1. сбор и анализ информации для нормирования. Подробная методология сбора исходных данных приведена в разделе 2.2 второй главы;
2. расчет норм затрат труда инженеров пусконаладчиков и формирование сводки затрат труда, для определения трудоёмкости ПНР и численно квалификационного состава бригады наладчиков.

По итогам первого этапа могут быть при необходимости сформированы предварительные календарные графики (первый вспомогательный под-этап).

На втором этапе проводится оценка влияния рисков, возникающих при ПНР, в том числе на сроки.

Данный этап предполагает 4 шага:

1. Определение исчерпывающего перечня простых рисков для системы (оборудования), их классификацию и кодирование. В рамках проводимых исследований разработан классификатор рисков и система их кодирования. Также предложены методологические подходы по систематизации информации о рисках, и рекомендации по структуре баз данных и необходимым атрибутам.
2. Проведение оценки рисков в отношении вероятности наступления событий.
3. Проведение оценки ущерба от риска, путем «взвешивания» по величине удлинения относительно сроков проведения ПНР.

4. Расчет степени воздействия каждого риска с учетом вероятности наступления и величины ущерба.

Подробный алгоритм указанного этапа представлен в разделе 2.4 диссертации.

Третий этап методики предполагает определение ожидаемой продолжительности наладки системы с учетом неопределенности (вероятности возникновения рисков) и подробно представлен в разделе 3.3 диссертации.

По итогам указанного этапа формируется уточненный календарный график (второй вспомогательный этап).

На данном этапе по сути определяется некий лимит в продолжительности выполнения ПНР для отдельных систем, оборудования или узлов, предполагая, что на следующем этапе необходимо будет провести оптимизацию путем сокращения сроков в направлении снижения влияния рисков.

Таким образом, на четвертом этапе проводится анализ рисков и разрабатывается комплекс мер по их снижению. В рамках проводимых исследований предложен комплекс мероприятий и процедур с оценкой ожидаемого результата, а также подготовлен перечень основных задач в рамках инжиниринга, предложения по развитию инжиниринговой деятельности и повышению производительности труда.

Пятый завершающий этап методики с учетом комплекса мер по минимизации рисков предполагает определение объективных сроков проведения работ и формирование графиков ПНР третьего уровня и этапных графиков ПНР, а также графики производства работ в части ПНР.

Построение узловым методом линейного графика ПНР 3-го уровня в программе Primavera на примере типового графика, представленного в томе 9 Организация и производство пусконаладочных работ Организационно-технологических правил строительства атомных электростанций с реакторами ВВЭР 1200 [115] представлено на рисунке 29 и 30.



Рисунок 29. Пример (выписка) типового графика ПНР 3-го уровня для систем и оборудования здания 10UJA.

ID	Название работы	Длит.	Начало	Окончание	2003		2004		2005		2006		2007		2008	
					K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3
1086	ПНР на УСБТ	550	03.09.04*	07.03.06												
1089	ПНР на СРВПЭ	340	01.04.05*	07.03.06												
1090	ПНР на СУЗ	325	16.04.05*	07.03.06												
1080	ПНР машины перегрузочной (механическая часть)	245	22.07.05*	24.03.06												
1099	ПНР на технологических систем (1ФАК, 1ФВА, 1КТС, 1КТА, 1КТФ) здания 10UJA	354	12.06.05*	01.06.06												
1110	ПНР на системах вентиляции (1KLA, 1KLC, 1SAS) здания 10UJA	355	22.06.05*	12.06.06												
1098	ПНР на системах (1КАА, 1КАВ) здания 10UJA	647	06.07.05*	14.04.07												
1102	ПНР системы аварийного и планового расхолаживания 1к (1JNA)	643	10.07.05*	14.04.07												
1108	ПНР на технологических системах и оборудования (1JEF, 1JEA, 1JEC, 1JAA) здания 10UJA	505	25.11.05*	14.04.07												
1106	ПНР на системе подпитки 1-го контура (1КБА) здания 10UJA	611	11.08.05*	14.04.07												
Здание вспомогательного корпуса 10УКА					947	10.09.04	15.04.07									
Монтажные работы					400	10.09.04	15.10.05									
Электромонтажные работы					0	10.09.04	10.09.04									
1117	Передача в ПНР ЭО здания вспомогательного корпуса 10УКА	0	10.09.04*													
Монтажные работы на АСУ ТП					0	14.01.05	14.01.05									
1119	Передача в ПНР АСУ ТП здания вспомогательного корпуса 10УКА	0	14.01.05*													
Тепломонтажные работы					135	02.06.05	15.10.05									
1121	Передача в ПНР системы подачи обессоленной воды 1КВС-2	0	02.06.05*													
1122	Передача в ПНР системы подачи чистого конденсата 1КВС-1	0	02.06.05*													
1124	Передача в ПНР систем дренажей и спецанализации в здании 10УКА (1КТС, 1КТН)	0	12.06.05*													
1134	Передача в ПНР систем вентиляции (1KLD, 1KLE) здания 10УКА	0	22.06.05*													
1125	Передача в ПНР систем азота низкого давления (1КРК)	0	11.08.05*													
1126	Передача в ПНР на системы хранения и обработки теплоносителя I контура (1КВВ, 1КВФ)	0	02.09.05*													
1130	Передача в ПНР систем проботборов (1КУА, 1КУВ)	0	02.09.05*													
1128	Передача в ПНР системы дожигания водорода (1КПЛ1)	0	13.09.05*													
1123	Передача в ПНР системы очистки воды ТБ и баков хранения борированной воды (1FAL)	0	30.09.05*													
1129	Передача в ПНР систем очистки радиоактивного газа и сдувок из баков (1КПЛ2, 1КПЛ3)	0	08.10.05*													
1131	Передача в ПНР системы подпитки и борного регулирования (1КБА) здания 10УКА	0	08.10.05*													
1133	Передача в ПНР систем подачи пара СН на 10УКА и возврата конденсата пара СН (1ЛВГ30, 1ЛСН30)	0	08.10.05*													
1132	Передача в ПНР систем продувки ПГ и очистки продувочной воды ПГ (1ЛСЦ1, 1ЛСЦ2А)	0	13.10.05*													
1127	Передача в ПНР систем переработки трапных вод и хранения жидких отходов (1КПФ, 1КПК)	0	15.10.05*													
Пусконаладочные работы					947	10.09.04	15.04.07									
ПНР на системах и оборудовании здания 10УКА					947	10.09.04	15.04.07									
1138	Подача напряжения на ЭО зданиявспомогательного корпуса 10УКА	0	25.12.04*													
1137	ПНР на ЭО здания 10УКА	452	10.09.04*	06.12.05												
1144	ПНР на системах дренажей и спецанализации в здании 10УКА (1КТС, 1КТН)	170	12.07.05*	29.12.05												
1140	ПНР на системе подачи обессоленной воды 1КВС-2	241	02.07.05*	28.02.06												
1141	ПНР на системе подачи чистого конденсата 1КВС-1	241	02.07.05*	28.02.06												
1145	ПНР на системах хранения борированной воды и аварийного использования воды из ВКУ (1JNK, 1JNB30)	121	30.10.05*	28.02.06												
1147	ПНР на системах хранения и обработки теплоносителя I контура (1КВВ, 1КВФ)	149	02.10.05*	28.02.06												
1149	ПНР системы дожигания водорода (1КПЛ1) здания 10УКА	138	13.10.05*	28.02.06												
1151	ПНР систем проботборов (1КУА, 1КУВ) здания 10УКА	211	02.10.05*	01.05.06												
1143	ПНР на системе очистки воды ТБ и баков хранения борированной воды (1FAL)	184	30.10.05*	02.05.06												
1139	ПНР АСУ ТП здания вспомогательного корпуса 10УКА	465	20.02.05*	31.05.06												
1146	ПНР на системах азота низкого давления (1КРК) здания 10УКА	262	11.09.05*	31.05.06												
1148	ПНР систем переработки трапных вод и хранения жидких отходов (1КПФ, 1КПК)	197	15.11.05*	31.05.06												

Рисунок 30. Продолжение примера (выписка) типового графика ПНР 3-го уровня для систем и оборудования здания 10UJA

Необходимо отметить, что согласно вышеуказанных Правил [113] после окончания индивидуальных испытаний электрооборудования или электротехнического устройства производятся индивидуальные испытания технологического оборудования.

При этом целью проведения поузловых испытаний является подготовка технологических узлов или функционально технологической зоны (участка сети) к комплексным испытаниям электроустановки в виде пробных пусков электроустановки в целом. В основу функциональных испытаний электрооборудования должен быть положен принцип комплексного обеспечения готовности технологического узла (участка технологической схемы) в полном объеме в соответствии с требованиями проектной, рабочей и заводской документации.

Функциональным испытаниям технологического узла должны подвергаться все электрооборудование и технологические (алгоритмические) функции РЗА и автоматизированных систем, испытываемого участка технологической схемы после проведения индивидуальных испытаний, подтвержденных протоколами. Для испытаний технологического узла должны быть выполнены следующие обязательные условия:

1. завершены строительные и монтажные работы в зоне проведения испытаний;
2. успешно завершены индивидуальные испытания оборудования и технических средств РЗА и систем автоматизации;
3. согласованы и выставлены все установки релейных защит, блокировок, АВР и сигнализации;
4. решены все вопросы по организационному, техническому, материальному и метрологическому обеспечению производства ПНР и проведению испытаний оборудования технологического участка схемы;
5. эксплуатационный персонал подготовлен к работам по программе производства ПНР;

б. созданы все необходимые условия по охране труда и технике безопасности (ОТ и ТБ) при производстве электромонтажных и наладочных работ.

При это вышеприведенные графики показывают, что ПНР по отдельным системам и оборудованию могут выполняться как последовательно, так и параллельно и это необходимо учитывать при планировании путем применения коэффициента совмещения, в том числе на основании построения графической модели.

Выводы по третьей главе

В результате исследований предложен алгоритм сбора и анализа информации для нормирования процессов, а также расчета норм времен и определения трудоемкости ПНР.

Сформирована модель расчета продолжительности ПНР учитывающая предложенный алгоритм проведения экспертного опроса, оценки и расчета степени влияния рисков при ПНР.

Разработан классификатор рисков, позволяющий систематизировать необходимую информацию о рисках, их кодировку. Определены основные атрибуты рисков, позволяющие создавать и осуществлять ведение баз данных, сбор статистики в целях дальнейшего анализа и выработки мероприятий по минимизации рисков. Таким образом формируется инструмент по управлению рисками при инжиниринге ПНР.

Предложен комплекс мер для управления рисками, обозначены основные задачи инжиниринговой деятельности, варианты их решения и предложены направления дальнейшего развития.

Обозначен принципиально новый подход к определению продолжительности при инжиниринге ПНР на ОИАЭ и разработана методика планирования, основанная на нормировании и оценке возникающих рисков при ПНР.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ И ВНЕДРЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ИНЖИНИРИНГЕ ПНР

4.1. Практическая реализация методологических подходов сбора данных для расчета норм времени

Для апробации положений методики выбраны пусконаладочные работы технологической части машины перегрузочной МПС-В-1200 (10FCA10AE001) в здании реактора 10UJA энергоблока №1 Белорусской АЭС.

Машина перегрузочная входит в состав реакторной установки В-491 энергоблока № 1 БелАЭС и предназначена для перегрузки тепловыделяющих сборок, и других перегружаемых изделий.

Зона обслуживания машины перегрузочной приведена на схеме на рисунке 31 и включает:

- а) реактор;
- б) бассейн выдержки, включая:
 - стеллажи для ТВС;
 - пеналы герметичные;
 - пеналы СОД С;
 - гнезда хранения пробок;
 - колодец перегрузки (для установки чехла транспортного, чехла для пеналов герметичных и контейнеров для отработавшего топлива, контейнера для инструмента);
 - СИР.

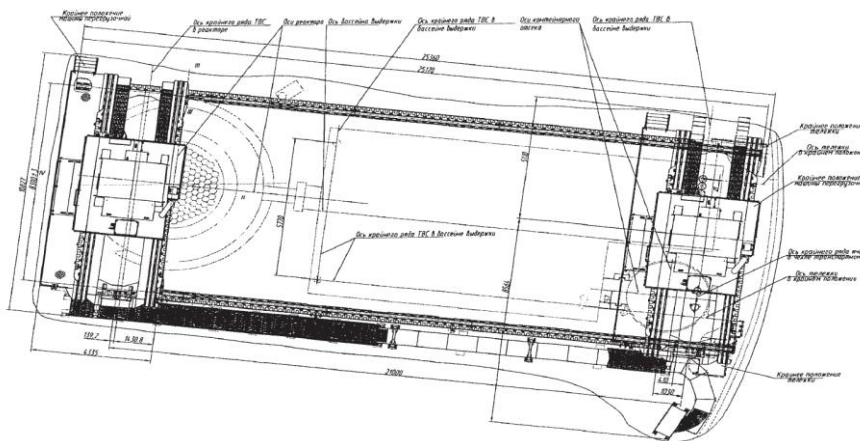


Рисунок 31. Схема зоны обслуживания

Машина перегрузочная устанавливается под герметичной оболочкой реакторного здания и предназначена для выполнения следующих транспортно-технологических операций:

1) С ядерным топливом включая извлечение, транспортирование и установка тепловыделяющей сборки (далее по тексту - ТВС) внутри реактора, внутри бассейна выдержки (далее по тексту - БВ), извлечение из реактора, транспортирование и установка ТВС в БВ, извлечение из БВ, транспортирование и установка ТВС в реактор, извлечение из чехла транспортного в колодце перегрузки, транспортирование и установка ТВС в реактор или в БВ, извлечение отработавшей ТВС из БВ, транспортирование и установка в чехол транспортного контейнера (далее по тексту - ТК), установленный в колодце перегрузки, извлечение ТВС из реактора, транспортирование и установка в пенал системы обнаружения дефектныхборок (далее - СОДС), извлечение проверенной ТВС из пенала СОДС, транспортирование и установка в реактор, БВ или пенал герметичный (далее по тексту - ГП) в зависимости от результатов проверки, транспортирование и установка/извлечение ТВС в стенд инспекции и ремонта ТВС (далее по тексту — СИР).

2) С поглощающими стержнями системы управления и защиты (далее по тексту - ПС СУЗ): перестановка ПС СУЗ в реакторе и БВ, извлечение ПС СУЗ из ТВС в реакторе, транспортирование и установка его в ТВС в БВ, извлечение ПС СУЗ из ТВС в БВ, транспортирование и установка в ТВС в реакторе, извлечение ПС СУЗ из ТВС в чехле транспортном в колодце перегрузки, транспортирование и установка его в ТВС в реакторе или в БВ, извлечение отработавшего ПС СУЗ из ТВС в реакторе или БВ, транспортирование и установка его в ТВС в ТК.

3) С ГП: извлечение порожнего ГП из чехла в колодце перегрузки, транспортирование и установка его в БВ, перестановка ГП с ТВС из одной секции стеллажа БВ в другую, транспортирование и установка/извлечение ГП в СИР.

4) С пробкой ГП: разгерметизация ГП и извлечение из него пробки, ее транспортирование установка и закрытие на гнезде хранения (или на другом ГП), открытие и извлечение пробки ГП из гнезда хранения (или из другого ГП), ее

транспортирование, установка и закрытие на ГП, содержащем дефектную ТВС, разгерметизация/герметизация и извлечение/установка пробок ГП установленного на СИР.

5) С пробкой пенала СОДС: разгерметизация пеналов СОДС и извлечение из них пробок, ее транспортирование, установка и закрытие на гнезде хранения (или на другом пенале СОДС), открытие и извлечение пробки пенала СОДС из гнезда хранения (или из другого пенала СОДС), ее транспортирование, установка и закрытие на пенале СОДС.

б) С инструментом: установка чехла ПС СУЗ в рабочую штангу (РШ), вертикальные перемещения чехла ПС СУЗ в РШ, установка чехла ПС СУЗ на ТВС, снятие чехла ПС СУЗ с РШ.

– Вспомогательные: осмотр маркировки ТВС и осмотр маркировки ПС СУЗ с помощью системы телевизионной специальной (СТС), посадочных мест под установку ТВС в реакторе с помощью устройства для осмотра гнезд, с использованием СТС, граней ТВС с помощью СТС, за рабочей зоной МП с помощью СТС, контроль уровня установки ТВС в реакторе с помощью устройства для контроля уровня установки ТВС, герметичности оболочек тепловыделяющих элементов ТВС в рабочей штанге с помощью системы контроля герметичности оболочек (СКГО), подъем ТВС, упавших в реакторе или в бассейне выдержки, и установка их в свободные ячейки в реакторе или в бассейне выдержки, подъем ГП, упавших в бассейне выдержки, и установка их в ячейку гермопеналов, извлечение/установка и транспортировка штанг траверсы для стеллажей БВ из чехла транспортного в колодце перегрузки в БВ и обратно с помощью рабочей штанги, сцепление/расцепление штанг траверсы для стеллажей БВ с секцией стеллажей БВ с помощью поворота РШ на 45 градусов.[149]

Были изучены фактические графики выполнения работ подэтапов в соответствии с которыми выполнялись работы по ПНР, программа проведения ПНР, протоколы проведения ПНР, акты рабочей подкомиссии о приемке, отчеты о выполнении ПНР, табели учета рабочего времени ПНР.

Работы выполнялись в следующий период времени с 10.03.2017 г. по 19.04.2021 г.

Состав и количество элементов оборудования машины перегрузочной МПС-В-1200 (10FCA10AE001) приведен в таблице 8.

Таблица 8. Состав оборудования машины перегрузочной

№ п/п	Наименование	Обозначение	Количество, шт.
1	Мост	ОБМ1-01.00.000 (ДАШР.484122.003) 10FCA20AE001	1
2	Тележка	ОБМ1-02.00.000 (ДАШР.484122.004) 10FCA30AE001	1
3	Штанга рабочая	ОБМ1-03.00.000 (ДАШР.484124.005) 10FCA40AE001	1
4	Путь рельсовый	ОБМ1-04.00.000 (ДАШР.304137.001) 10FCA50AE001	1
5	Штанга телевизионная	РНАТ.484139.011 (ОБМ1-05.00.000) 10FCA60AE001	1
6	Токоподвод моста	РНАТ.687222.004 (ОБМ1-14.00.000) 10FCA70AE001	1
7	Комплект инструмента и принадлежностей, в составе:		
7.1	Чехол ПС СУЗ	РНАТ.481579.017 (ОБМ1-08.00.000) 10FCA84BV001	1
7.2	Устройство для контроля уровня установки ТВС	РНАТ.481579.016 (ОБМ1-17.00.000) 10FCA82AX001	1
7.3	Устройство для осмотра гнезд ТВС	РНАТ.305142.048 (ОБМ1-19.00.000) 10FCA83AX001	1
7.4	Устройство для подъема упавшей ТВС и пеналя герметичного	РНАТ.484169.005 (ОБМ1-20.00.000) 10FCA85AE001	1
8	Контейнер для инструмента	РНАТ.301215.015 (ОБМ1-18.00.000) 10FCA81BV001	1
9	Система управления машины перегрузочной СУМП для реакторов ВВЭР-1200	10FCA90GH001	1
10	Система контроля герметичности оболочек СКГО-МП-1000-БЛ	ИТЦЯ.421457.071-02 10FCA11GH003	1
11	Телевизионные системы, в составе:		
12	Система телевизионная специальная СТС-МПС-100-1	ИТЦЯ.463432.138-01 10FCA10GH001	1

4.2. Расчет норм времени ПНР технологической части машины перегрузочной в здании реактора

На основании информации собранной с применением разработанной формы протокола учета рабочего времени были определены сроки проведения отдельных видов работ и стадий выполнения ПНР (приведены в столбцах 5 и 9 таблицы 10) и составлена сводка затрат труда, представленная в таблице 9.

Для каждого вида работ определена численность задействованных наладчиков с учетом квалификационного состава (приведена в столбце 7 таблицы 10).

С применением формулы (19) определены трудозатраты по отдельным видам работ и этапам ПНР, а также итоговая норма затрат труда пусконаладочного персонала на проведение ПНР на машине перегрузочной 10FCA в здании реактора 10UJA (механическая часть) результаты приведены в таблице 9.

Таблица 9. Сводка затрат труда на ПНР

№	Наименование этапов ПНР	$N_{\text{зт}}$, чел.-ч.	$\Sigma Z_{\text{п}}$, чел.	%
1	Подготовительные работы	4102	12	47
1.1	Организационная и инженерная подготовка работы (разработка программы ПНР)	2560		29
1.2	Работы на завершающей стадии монтажа	1542		18
2	Функциональные испытания	2458		28
3	Комплексное опробование	1258		14
4	Разработка отчетной документации	864		10
	Всего:	8681		100

В связи с тем, что трудоемкость работ определена аналитическим методом, без проведения нормативных наблюдений, то для условий планирования не выделяются мелкие операции, трудно поддающихся учету, возникновение которых неизбежно в том числе при оптимальной организации труда. Учитывая изложенное к итоговым показателям затрат труда инженеров пусконаладчиков коэффициент 1,05 не применялся.

Таблица 10. Протокол учета рабочего времени ПНР на машине перегрузочной

№ п/п	Стадии выполнения ПНР (Виды работ)	Начало дд.мм.гггг	Конец дд.мм.гггг	T _{вр} час	Должность (квалификация)	Z _п чел.	N _{эт} чел.-час	T _{вр.доп} час	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Работы подготовительного характера								
1.1.	Организационно-инженерная подготовка			1280			2560		
1.1.1	Изучение задания, нормативно-технической, проектно-конструкторской и эксплуатационной документации, документации заводо-изготовителей, технологическими режимами работы оборудования, системой управления оборудования.	10.03.2017	17.03.2017	48	Ведущий инженер	1	48		
					Инженер 1 кат.	1	48		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
1.1.2	Проверка соответствия основных характеристик монтируемого оборудования техническим условиям заводо-изготовителей, правилам и нормам технической безопасности, охраны труда. Определение объема пусконаладочных работ, разбивка пусконаладочных работ на этапы, определение исходного, промежуточного и конечного состояний, готовности смежных систем и оборудования, обеспечивающих проведение пусконаладочных работ, методов выполнения пусконаладочных работ на оборудовании.	20.03.2017	24.03.2017	40	Ведущий инженер	1	40		
					Инженер 1 кат.	1	40		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		

Продолжение таблицы 10.

№ п/п	Стадии выполнения ПНР (Виды работ)	Начало дд.мм.гггг	Конец дд.мм.гггг	T _{вр} час	Должность (квалификация)	Z _п чел	N _{зт} чел.-час	T _{вр.доп} час	Примечание
1.1.3	Разработка программы проведения пусконаладочных работ.	27.03.2017	16.06.2017	448	Ведущий инженер	1	448		
					Инженер 1 кат.	1	448		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
1.1.4	Согласование программы со смежными организациями и Заказчиком. Утверждение программы.	17.06.2017	24.01.2019	744	Ведущий инженер	1	744		
					Инженер 1 кат.	1	744		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
1.2.	Работы на завершающей стадии монтажа			771			1542		
1.2.1.	Внешний осмотр систем и оборудования с целью контроля за ходом выполнения СМР, составление «хвостовых» ведомостей», сбор информации и контроль устранения несоответствий/дефектов/мероприятий и т.п. для определения готовности систем и оборудования для приемки РПК.	25.09.2018	29.12.2018	445	Ведущий инженер	0	0		
					Инженер 1 кат.	2	890		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
1.2.2	Определение последовательности индивидуальных испытаний в соответствии с требованиями проектной, конструкторской и заводской документации. Проверка готовности оборудования и трубопроводов системы к выполнению индивидуальных испытаний, выдача замечаний и перечней несоответствий, контроль за их устранением.	09.01.2019	21.02.2019	206	Ведущий инженер	0	0		
					Инженер 1 кат.	2	413		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		

Продолжение таблицы 10.

№ п/п	Стадии выполнения ПНР (Виды работ)	Начало дд.мм.гггг	Конец дд.мм.гггг	T _{вр} час	Должность (квалификация)	Z _п чел.	N _{зт} чел.-час	T _{вр.доп} час	Примечание
1.2.3	Проверка готовности смежных систем и оборудования, обеспечивающих проведение индивидуальных испытаний. Выдача монтажным организациям рекомендаций по выполнению монтажными организациями индивидуальных испытаний, контроль за их выполнением и за соблюдением способов и последовательности ведения работ.	22.02.2019	22.02.2019	6	Ведущий инженер	0	0		
					Инженер 1 кат.	2	13		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
1.2.4	Оказание помощи монтажной организации в оформлении отчетной и приемо-сдаточной документации в части проведения индивидуальных испытаний трубопроводов и оборудования.	22.02.2019	22.02.2019	6	Ведущий инженер	1	6		
					Инженер 1 кат.	1	6		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		

Продолжение таблицы 10.

№ п/п	Стадии выполнения ПНР (Виды работ)	Начало дд.мм.гггг	Конец дд.мм.гггг	T _{вр} час	Должность (квалификация)	Z _п чел.	N _{зт} чел.-час	T _{вр.доп} час	Примечание
1.2.5	Проверка комплектности эксплуатационной и исполнительной монтажной документации на оборудование (систему). Проверка соответствия технического состояния оборудования (системы) требованиям проектно-конструкторской документации после завершения монтажных работ по исполнительной монтажной документации и на месте установки. Составление ведомости дефектов. Разработка рекомендаций по устранению обнаруженных дефектов. Передача рекомендаций заказчику для согласования их с Главным конструктором оборудования, заводом-изготовителем, проектной организацией. Контроль устранения дефектов оборудования (системы).	23.02.2019	15.03.2019	90	Ведущий инженер	1	90		
					Инженер 1 кат.	1	90		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
1.2.6	Участие в оформлении акта о приемке ПНР для системы (оборудования)	15.03.2019	18.03.2019	16	Ведущий инженер	1	16		
					Инженер 1 кат.	1	16		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
2.	Функциональные испытания			916			2458		

Продолжение таблицы 10.

№ п/п	Стадии выполнения ПНР (Виды работ)	Начало дд.мм.гггг	Конец дд.мм.гггг	T _{вр} час	Должность (квалификация)	Z _п чел.	N _{зт} чел.-час	T _{вр.доп} час	Примечание
2.1	Подготовка рабочего места. Инструктаж персонала по порядку проведения испытаний оборудования и отдельных узлов системы с учётом специфических условий и конкретного состояния оборудования системы. Проверка состояния и готовности смежных систем и оборудования к проведению ПНР на оборудовании (системе). Участие в разработке сменных заданий на проведение функциональных испытаний с учетом конкретного состояния монтажа и готовности смежных систем.	09.04.2019	11.04.2019	19	Ведущий инженер	1	19		
					Инженер 1 кат.	1	19		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
2.2	Функциональные испытания отдельных узлов машины перегрузочной для подготовки оборудования к загрузке имитационной зоны	12.04.2019	18.04.2019	32	Ведущий инженер	2	65	35	Дополнительная работа в выходные дни
					Инженер 1 кат.	2	65	6	Дополнительная работа в выходные дни
					Инженер 2 кат.	2	65	19	Дополнительная работа в выходные дни

Продолжение таблицы 10.

№ п/п	Стадии выполнения ПНР (Виды работ)	Начало дд.мм.гггг	Конец дд.мм.гггг	T _{вр} час	Должность (квалификация)	З _п чел.	N _{зт} чел.-час	T _{вр.доп} час	Примечание
2.3	Функциональные испытания машины перегрузочной в объеме обеспечения готовности ее к выгрузке имитационной зоны из реактора	21.04.2020	25.04.2020	26	Ведущий инженер	1	26	11	Дополнительная работа в выходные дни
				26	Инженер 1 кат.	4	103	22	Дополнительная работа в выходные дни
				26	Инженер 2 кат.	2	52	38	Дополнительная работа в выходные дни
2.4	Функциональные испытания машины перегрузочной	28.04.2020	27.06.2020	252	Ведущий инженер	2	503	177	Дополнительная работа в выходные дни
					Инженер 1 кат.	4	1006	356	Дополнительная работа в выходные дни
					Инженер 2 кат.	2	503	128	Дополнительная работа в выходные дни
2.5	Оформление протокола о выполнении ПНР оборудования (системы) на стадии функциональных испытаний	18.04.2019	18.04.2019	8	Ведущий инженер	1	8		
		25.04.2020	25.04.2020	8	Инженер 1 кат.	1	8		
		28.06.2020	22.07.2020	16	Инженер 2 кат.	1	16		
				0	Инженер.	0	0		
3.	Комплексное опробование			366			1258		

Продолжение таблицы 10.

№ п/п	Стадии выполнения ПНР (Виды работ)	Начало дд.мм.гггг	Конец дд.мм.гггг	T _{вр} час	Должность (квалификация)	Z _п чел.	N _{зт} чел.-час	T _{вр,доп} час	Примечание
3.1	Подготовка рабочего места. Инструктаж персонала по порядку проведения испытаний оборудования и отдельных узлов системы с учётом специфических условий и конкретного состояния оборудования системы. Проверка состояния и готовности смежных систем и оборудования к проведению ПНР на оборудовании (системе).	20.04.2020	20.04.2020	6	Ведущий инженер	1	6		
					Инженер 1 кат.	1	6		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
3.2	Участие в разработке сменных заданий на проведение комплексного опробования оборудования с учетом результатов функциональных испытаний и реальной готовности оборудования (системы).	20.04.2020	20.04.2020	6	Ведущий инженер	2	13		
					Инженер 1 кат.	0	0		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
					Инженер.				
3.3	Комплексное опробование МП по "суху"	21.04.2020	25.04.2020	26	Ведущий инженер				Учтено при проведении функциональных испытаний по п. 2.3, 2.4 протокола
		04.06.2020	27.06.2020	103	Инженер 1 кат.				
					Инженер 2 кат.				
					Инженер.				
3.4	Комплексное опробование МП под водой: Комплексное опробование СКГО МП под водой. Составление отчетов о несоответствии, выявленных в процессе комплексного опробования. Разработка мероприятий в целях устранения несоответствий. Составление документации о устранении несоответствий. Участие в работе комиссии по выявленным несоответствиям. Оценка необходимости и объема повторных испытаний. Контроль устранения дефектов оборудования системы.	27.06.2020	21.07.2020	136	Ведущий инженер	2	272	100	Дополнительная работа в выходные дни
					Инженер 1 кат.	3	408	130	Дополнительная работа в выходные дни
					Инженер 2 кат.	3	408	72	Дополнительная работа в выходные дни
					Инженер.	0	0		

Продолжение таблицы 10.

№ п/п	Стадии выполнения ПНР (Виды работ)	Начало дд.мм.гггг	Конец дд.мм.гггг	T _{вр} час	Должность (квалификация)	З _п чел.	Н _{эт} чел.-час	T _{вр.доп} час	Примечание
3.5	Оформление протокола о выполнении ПНР оборудования (системы) на стадии комплексного опробования	22.07.2020	27.07.2020	32	Ведущий инженер	0	0		
					Инженер 1 кат.	1	32		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
3.6	Оформление и подписание акта о приемке оборудования после комплексного опробования.	22.07.2020	30.07.2020	56	Ведущий инженер	2	112		
					Инженер 1 кат.	0	0		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
4.	Разработка отчетной документации			672			864		
4.1	Сбор данных по проведенным пусконаладочным работам, предусмотренным программой, а также дополнительных испытаний, необходимость которых возникла в ходе пусконаладочных работ.	31.07.2020	07.08.2020	40	Ведущий инженер	1	40		
					Инженер 1 кат.	1	40		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
4.2	Анализ и обобщение всех полученных промежуточных и окончательных результатов пусконаладочных работ.	10.08.2020	14.08.2020	40	Ведущий инженер	1	40		
					Инженер 1 кат.	1	40		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
4.3	Разработка отчета о проведении пусконаладочных работ и согласование с заказчиком	17.08.2020	03.09.2020	112	Ведущий инженер	1	112		
					Инженер 1 кат.	1	112		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
4.4	Согласование отчета и сдача отчета заказчику	04.09.2020	19.04.2021	480	Ведущий инженер	1	480		
					Инженер 1 кат.		0		
					Инженер 2 кат.	0	0		
					Инженер.	0	0		
Итого:							8681		

4.3. Классификация и оценка рисков возникающих при проведении ПНР технологической части машины перегрузочной в здании реактора

В рамках проводимой апробации проведен экспертный опрос по дефектам и несоответствиям при ПНР технологической части машины перегрузочной 10FCA, которые были классифицированы, закодированы и сформирован итоговый перечень рисков. В дальнейшем проведена обработка результатов опроса.

Для оценки рисков при ПНР перегрузочной машины осуществлён подбор экспертов, подготовлен и проведен экспертный опрос путем анкетирования по следующему алгоритму. Респонденты с учетом опыта строительства предыдущих энергоблоков АЭС:

а) на первом этапе выбрали несколько рисков способных повлиять на увеличение срока ПНР системы из рекомендованного классификатора с указанием его типа (R);

б) далее для каждого риска:

– установили фактор его наступления (F);
– определили необходимость привлечения инженеров наладчиков для устранения каждого дефекта (N/O);

в) на втором этапе:

– оценили вероятность наступления (I-V категории) с указанием значения в рекомендованном диапазоне;

– оценили влияние указанных рисков на увеличение срок ПНР системы (категории А-Е);

– определили на какую долю (в %) увеличится общий срок проведения ПНР данной системы в случае его возникновения.

По итогам анкетирования сформирован итоговый перечень рисков, проведена его кодификация согласно предложенного классификатора и обработаны результаты опроса.

Группой из пяти экспертов проведена оценка вероятности наступления каждого риска. Результаты приведены в таблице 11.

Таблица 11. Оценка вероятности наступления рисков

Вероятность наступления риска в долях единицы $0,0 < P \leq 1,0$				
Риск \ Эксперт (j)	R1-F1-N	R1-F2-N	R2-F3-N	R5-F9-N
	x1j	x2j	x3j	x4j
1	0,35	0,15	0,27	0,1
2	0,33	0,16	0,23	0,12
3	0,32	0,18	0,24	0,08
4	0,33	0,13	0,25	0,09
5	0,3	0,16	0,26	0,11
$\sum_{j=1}^5 \sum x_{ij}$	1,63	0,78	1,25	0,5

Далее проведено выявление аномальных оценок:

1. рассчитаны средние оценки: $x_1=0,326$; $x_2=0,156$; $x_3=0,25$; ; $x_4=0,10$.

Таблица 12. Среднеквадратичные отклонения

№ (i)	1		2		3		4	
Риски	R2-F1-N		R1-F2-N		R2-F3-N		R5-F9-N	
Эксперт (j)	(x_{1j})	$(x_{1j} - \bar{x}_1)$	(x_{2j})	$(x_{2j} - \bar{x}_2)$	(x_{3j})	$(x_{3j} - \bar{x}_3)$	(x_{4j})	$(x_{4j} - \bar{x}_4)$
1	0,024	0,000576	-0,006	0,00004	0,02	0,0004	0,000	0,0000
2	0,004	0,0000	0,004	0,0000	-0,02	0,0004	0,020	0,0004
3	-0,006	0,00004	0,024	0,0006	-0,01	0,0001	-0,020	0,00040
4	0,004	0,00002	-0,026	0,001	0,000	0,0000	-0,010	0,00010
5	-0,026	0,000676	0,004	0,0000	0,01	0,0001	0,01	0,0001
$\sum_{j=1}^5 (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	0,0003		0,0003		0,0002		0,0002	
δ_i	$\delta_1 = \sqrt{\frac{1}{4} * 0,0003}$ $\approx 0,009$		$\delta_2 = \sqrt{\frac{1}{4} * 0,0003}$ $\approx 0,009$		$\delta_3 = \sqrt{\frac{1}{4} * 0,0002}$ $\approx 0,007$		$\delta_4 = \sqrt{\frac{1}{4} * 0,0002}$ $\approx 0,007$	

2. определены среднеквадратичные отклонения по каждому риску

Выявляем аномальные оценки, путем расчета средних оценок по формуле (7) и определения среднеквадратичного отклонения по формуле (8) по каждому

рisku.

Аномальным считаются такие значения оценок, для которых выполняется следующее неравенство: $|x_{ij} - \bar{x}_i| \geq \alpha * \delta_i$, где: $2,5 \leq \alpha \leq 3$.

В соответствии с неравенством к аномальным могут быть отнесены оценки тех экспертов, для которых абсолютная величина отношений превышает для риска:

$$R1-F1-N: 2,5 * \delta_1 = 2,5 * 0,009 = 0,023$$

$$R1-F2-N: 2,5 * \delta_2 = 2,5 * 0,009 = 0,023$$

$$R2-F3-N: 2,5 * \delta_3 = 2,5 * 0,007 = 0,018$$

$$R5-F9-N: 2,5 * \delta_3 = 2,5 * 0,007 = 0,018$$

Как видно из расчётной таблицы, ни для одного из экспертов - это условие не выполняется. Следовательно, для определения групповой оценки по каждому этапу будут использованы оценки всех экспертов. Если бы была выявлена аномальная оценка, то мнение эксперта по соответствующему этапу в дальнейших расчётах не участвует.

В последующем проводится расчёт коэффициентов компетентности экспертов.

При этом начальные значения коэффициентов компетентности равняются:

$$k_j^0 = \frac{1}{m} = 0,2$$

А по формуле $x_i^1 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij}$, ($i=1, 2, \dots, m$) рассчитываются групповые оценки затрат труда в первом приближении по каждому риску:

$$R1 - F1 - N = 0,2 * \sum_{j=1}^5 x_j = 0,2 * 1,63 = 0,326$$

$$R1 - F2 - N = 0,2 * \sum_{j=1}^5 x_{2j} = 0,2 * 0,78 = 0,156$$

$$R2 - F3 - N = 0,2 * \sum_{j=1}^5 x_{3j} = 0,2 * 1,25 = 0,25$$

$$R5 - F9 - N = 0,2 * \sum_{j=1}^5 x_{4j} = 0,2 * 0,5 = 0,1$$

Затем по формуле $\lambda^t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} * x_i^1$ находится значение параметра λ^1 :

$$\lambda^1 = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 x_{ij} x_i^1 = 1,63 * 0,326 + 0,78 * 0,156 + 0,125 * 0,1 + 0,5 * 0,1 = 1,02$$

$$k_1^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^3 x_{i1} x_i^1 = \frac{1}{1,02} (0,35 * 0,326 + 0,15 * 0,156 + 0,27 * 0,25 + 0,1 * 0,1) = 0,2108$$

$$k_2^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^3 x_{i2} x_i^1 = \frac{1}{1,02} (0,33 * 0,326 + 0,16 * 0,156 + 0,23 * 0,25 + 0,12 * 0,1) = 0,198$$

$$k_3^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^3 x_{i3} x_i^1 = \frac{1}{1,02} (0,32 * 0,326 + 0,18 * 0,156 + 0,24 * 0,25 + 0,08 * 0,1) = 0,196$$

$$k_4^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^3 x_{i4} x_i^1 = \frac{1}{1,02} (0,33 * 0,326 + 0,13 * 0,156 + 0,25 * 0,25 + 0,09 * 0,1) = 0,195$$

$$k_5^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^3 x_{i5} x_i^1 = \frac{1}{1,02} (0,3 * 0,326 + 0,16 * 0,156 + 0,26 * 0,25 + 0,11 * 0,1) = 0,195$$

Для получения значений коэффициента компетентности проверяется выполнение условия: $\sum_{j=1}^5 k_j^1 = 1$.

Рассчитанные коэффициенты компетентности позволяют определить уточнённые групповые оценки, т.е. оценки второго приближения по формуле:

$$x_1^2 = \sum_{j=1}^5 x_{1j} * k_j^1 = 0,35 * 0,2108 + 0,33 * 0,198 + 0,32 * 0,196 + 0,33 * 0,195 + 0,3 * 0,195 = 0,32$$

$$x_2^2 = \sum_{j=1}^5 x_{2j} * k_j^1 = 0,15 * 0,2108 + 0,16 * 0,198 + 0,18 * 0,196 + 0,13 * 0,195 + 0,16 * 0,195 = 0,16$$

$$x_3^2 = \sum_{j=1}^5 x_{3j} * k_j^1 = 0,27 * 0,2108 + 0,23 * 0,198 + 0,24 * 0,196 + 0,25 * 0,195 + 0,26 * 0,195 = 0,25$$

$$x_4^2 = \sum_{j=1}^5 x_{4j} * k_j^1 = 0,1 * 0,2108 + 0,12 * 0,198 + 0,08 * 0,196 + 0,09 * 0,195 + 0,11 * 0,195 = 0,1$$

Затем повторяются расчёты по формулам, по которым рассчитываются коэффициенты компетентности второго приближения:

$$\lambda^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 x_{ij} * x_i^2 = 1,63 * 0,32 + 0,78 * 0,16 + 1,25 * 0,25 + 0,5 * 0,1 = 1,01$$

$$k_1^2 = \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^3 x_{i1} x_i^2 = \frac{1}{1,01} (0,35 * 0,32 + 0,15 * 0,16 + 0,27 * 0,25 + 0,1 * 0,1) = 0,211$$

$$k_2^2 = \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^3 x_{i2} x_i^2 = \frac{1}{1,01} (0,33 * 0,32 + 0,16 * 0,16 + 0,23 * 0,25 + 0,12 * 0,1) = 0,199$$

$$k_3^2 = \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^3 x_{i3} x_i^2 = \frac{1}{1,01} (0,32 * 0,32 + 0,18 * 0,16 + 0,24 * 0,25 + 0,08 * 0,1) = 0,197$$

$$k_4^2 = \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^3 x_{i4} x_i^2 = \frac{1}{1,01} (0,33 * 0,32 + 0,13 * 0,16 + 0,25 * 0,25 + 0,09 * 0,1) = 0,196$$

$$k_5^2 = \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^3 x_{i5} x_i^2 = \frac{1}{1,01} (0,3 * 0,32 + 0,16 * 0,16 + 0,26 * 0,25 + 0,11 * 0,1) = 0,196$$

Как видно из полученных значений k_j^2 они отличаются от k_j^1 лишь в третьем знаке, что можно считать достаточным приближением. С учётом округления принимаются следующие значения коэффициента компетентности экспертов:

$$\begin{array}{lll} k_1^1 = 0,211 & k_1^2 = 0,211 & k_1 = 0,21 \\ k_2^1 = 0,198 & k_2^2 = 0,199 & k_2 = 0,20 \\ k_3^1 = 0,196 & k_3^2 = 0,197 & k_3 = 0,20 \\ k_4^1 = 0,195 & k_4^2 = 0,196 & k_4 = 0,20 \\ k_5^1 = 0,195 & k_5^2 = 0,196 & k_5 = 0,20 \end{array}$$

Групповые оценки вычисляются по формуле:

$$\begin{aligned} x_1 &= \sum_{j=1}^5 x_{1j} k_j = 0,35 * 0,21 + 0,33 * 0,20 + 0,32 * 0,20 + 0,33 * 0,20 + 0,3 * 0,20 \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= \sum_{j=1}^5 x_{2j} k_j = 0,15 * 0,21 + 0,16 * 0,20 + 0,18 * 0,20 + 0,13 * 0,20 + 0,16 * 0,20 \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_3 &= \sum_{j=1}^5 x_{3j} k_j = 0,27 * 0,21 + 0,23 * 0,20 + 0,24 * 0,20 + 0,25 * 0,20 + 0,26 * 0,20 \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_4 &= \sum_{j=1}^5 x_{4j} k_j = 0,1 * 0,21 + 0,12 * 0,20 + 0,08 * 0,20 + 0,09 * 0,20 + 0,11 * 0,20 \\ &= 0,10 \end{aligned}$$

Итоговые результаты групповых оценок вероятности наступления рисков приведены в таблице 13.

Таблица 13. Групповые оценки вероятности наступления рисков

Код риска	Эксперт (j)	x_{ij}	\bar{x}_i	δ_i	x_i^1	x_i^2	k_j	x_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9
R1-F1-N	1	0,35	0,326	0,009	0,326	0,32	0,21	0,33

Продолжение таблицы 13.

	2	0,33					0,20	
	3	0,32					0,20	
	4	0,33					0,20	
	5	0,3					0,20	
R1-F2-N	1	0,15	0,16	0,009	0,156	0,16	0,21	0,16
	2	0,16					0,20	
	3	0,18					0,20	
	4	0,13					0,20	
	5	0,16					0,20	
R2-F3-N	1	0,27	0,25	0,007	0,25	0,25	0,21	0,25
	2	0,23					0,20	
	3	0,24					0,20	
	4	0,25					0,20	
	5	0,26					0,20	
R5-F9-N	1	0,1	0,10	0,007	0,10	0,10	0,21	0,10
	2	0,12					0,20	
	3	0,08					0,20	
	4	0,09					0,20	
	5	0,11					0,20	

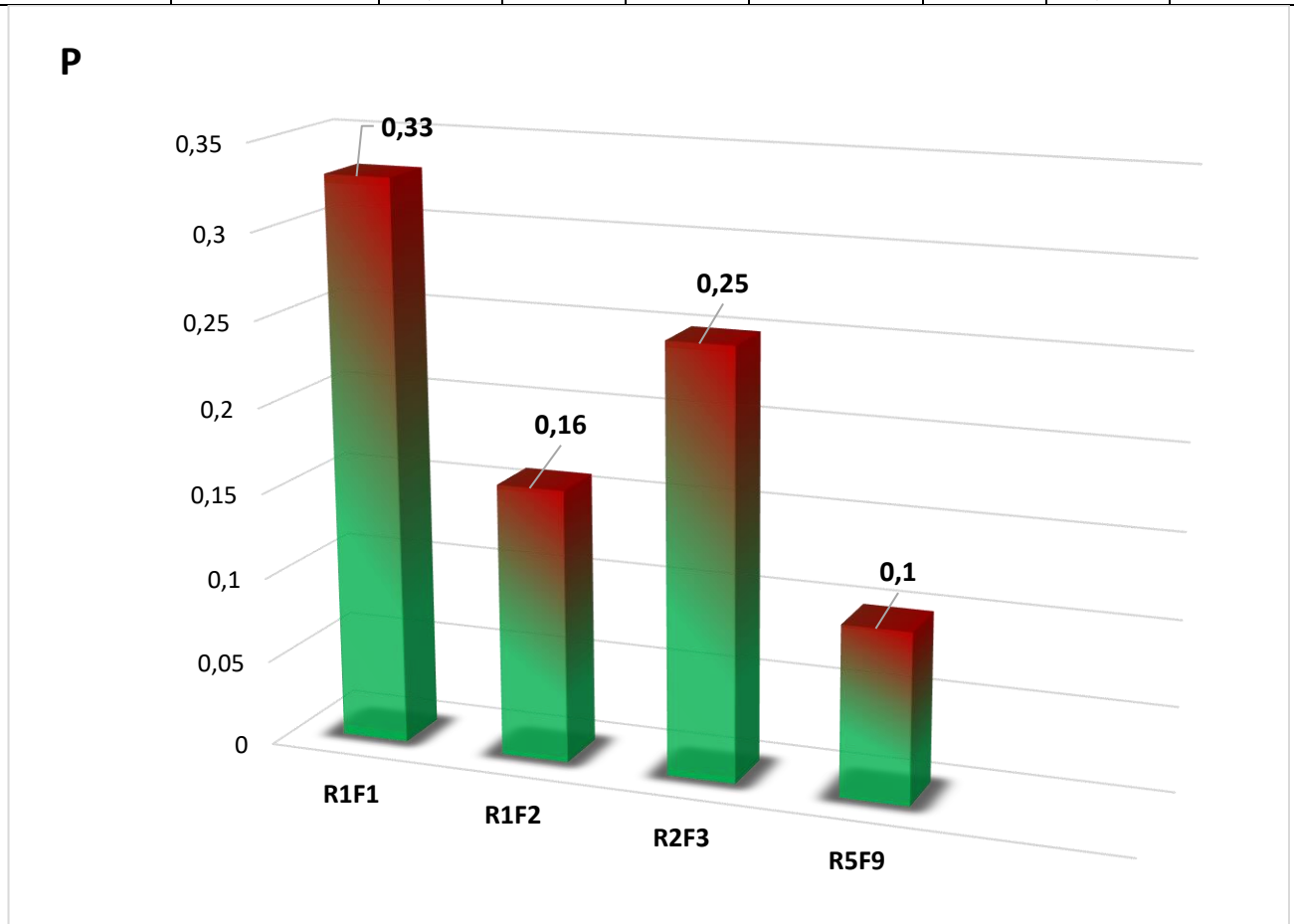


Рисунок 32. Результаты групповых оценок вероятности наступления рисков

Далее проведена оценка влияния указанных рисков на увеличение срока ПНР системы.

Группой из пяти экспертов проведена оценка влияния указанных рисков на увеличение срока ПНР системы и результаты обработки экспертного опроса указаны в таблице 14.

Таблица 14. Результаты оценки влияния рисков на продолжительность ПНР

Экспертами определена доля ($0\% < I \leq 100\%$) на которую увеличится общий срок проведения ПНР системы (10FCA)				
Риск	R1-F1-N	R1-F2-N	R2-F3-N	R5-F9-N
Эксперт (j)	x_{1j}	x_{2j}	x_{3j}	x_{4j}
1	35	15	27	10
2	33	16	23	12
3	32	18	24	8
4	33	13	25	9
5	30	16	26	11
$\sum_{j=1}^5 \sum x_{ij}$	163	78	125	50

Далее проведено выявление аномальных оценок:

1. рассчитаны средние оценки: $x_1=33$; $x_2=15,6$; $x_3=25$; ; $x_4=10$.
2. определены среднеквадратические отклонения по каждому риску и приведены в таблице 15.

Таблица 15. Среднеквадратичные отклонения рисков

№ (i)	1		2		3		4	
Риски	R1-F1-N		R1-F2-N		R2-F3-N		R5-F9-N	
Эксперт (j)	(x_{1j})	$(x_{1j} - \bar{x}_1)$	(x_{2j})	$(x_{2j} - \bar{x}_2)$	(x_{3j})	$(x_{3j} - \bar{x}_3)$	(x_{4j})	$(x_{4j} - \bar{x}_4)^2$
1	2,00	4,00	-0,60	0,36	2,0	4	0,0	0,00
2	0,00	0,00	0,40	0,16	-2,0	4	2,0	4,00
3	-1,00	1,00	2,40	5,76	-1,0	1	-2,0	4,00
4	0,00	0,00	-2,60	6,76	0,0	0	-1,0	1,00
5	-3,00	9,00	0,40	0,16	1,0	1	1,0	1,00
$\sum_{j=1}^5 (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	1,2		1,3		1,0		1,0	
δ_i	$\delta_1 = \sqrt{\frac{1}{4} * 1,2}$ $\approx 0,548$		$\delta_2 = \sqrt{\frac{1}{4} * 1,3}$ $\approx 0,570$		$\delta_3 = \sqrt{\frac{1}{4} * 1,0}$ $\approx 0,5$		$\delta_4 = \sqrt{\frac{1}{4} * 1,0} \approx 0,5$	

Далее проведено выявление аномальных оценок, Аномальным считаются такие значения оценок, для которых выполняется следующее неравенство: $|x_{ij} - \bar{x}_i| \geq \alpha * \delta_i$, где: $2,5 \leq \alpha \leq 3$.

В соответствии с неравенством к аномальным могут быть отнесены оценки тех экспертов, для которых абсолютная величина отношений превышает для риска:

$$R2-F1-N: 2,5 * \delta_1 = 2,5 * 0,548 = 1,37$$

$$R1-F2-N: 2,5 * \delta_2 = 2,5 * 1,570 = 1,43$$

$$R2-F3-N: 2,5 * \delta_3 = 2,5 * 0,5 = 1,25$$

$$R5-F9-N: 2,5 * \delta_3 = 2,5 * 0,5 = 1,25$$

Как видно из расчётной таблицы, ни для одного из экспертов — это условие

$$|x_{ij} - \bar{x}_i| \geq \alpha * \delta_i$$

не выполняется. Следовательно, для определения групповой оценки по каждому этапу будут использованы оценки всех экспертов. Если бы была выявлена аномальная оценка, то мнение эксперта по соответствующему этапу в дальнейших расчётах не учитывалось.

В последующем проводится расчёт коэффициентов компетентности экспертов.

При этом начальные значения коэффициентов компетентности равняются:

$$k_j^0 = \frac{1}{m} = 0,2$$

И аналогично предыдущему этапу по формуле $x_i^1 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij}$, ($i=1, 2, \dots, m$) рассчитываются групповые оценки затрат труда π в первом приближении по каждому риску:

$$R1 - F1 - N = 0,2 * \sum_{j=1}^5 x_j = 0,2 * 163 = 32,6$$

$$R1 - F2 - N = 0,2 * \sum_{j=1}^5 x_{2j} = 0,2 * 78 = 15,6$$

$$R2 - F3 - N = 0,2 * \sum_{j=1}^5 x_{3j} = 0,2 * 125 = 25$$

$$R5 - F9 - N = 0,2 * \sum_{j=1}^5 x_{4j} = 0,2 * 50 = 10$$

Затем по формуле $\lambda^t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} * x_i^1$ находим значение параметра λ^1 :

$$\lambda^1 = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 x_{ij} x_i^1 = 163 * 32,6 + 78 * 15,6 + 125 * 25 + 50 * 10 = 10156$$

$$k_1^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^3 x_{i1} x_i^1 = \frac{1}{10156} (35 * 32,6 + 15 * 15,6 + 27 * 25 + 50 * 10) = 0,21$$

$$k_2^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^3 x_{i2} x_i^1 = \frac{1}{10156} (33 * 32,6 + 16 * 15,6 + 23 * 25 + 12 * 10) = 0,2$$

$$k_3^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^3 x_{i3} x_i^1 = \frac{1}{10156} (32 * 32,6 + 18 * 15,6 + 24 * 25 + 8 * 10) = 0,2$$

$$k_4^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^3 x_{i4} x_i^1 = \frac{1}{10156} (33 * 32,6 + 13 * 15,6 + 25 * 25 + 9 * 10) = 0,2$$

$$k_5^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^3 x_{i5} x_i^1 = \frac{1}{10156} (30 * 32,6 + 16 * 15,6 + 26 * 25 + 11 * 10) = 0,2$$

Для получения значений коэффициента компетентности проверяем выполнение условия: $\sum_{j=1}^5 k_j^1 = 1$.

Рассчитанные коэффициенты компетентности позволяют определить уточнённые групповые оценки, т.е. оценки второго приближения по формуле:

$$x_1^2 = \sum_{j=1}^5 x_{1j} * k_j^1 = 35 * 0,21 + 33 * 0,2 + 32 * 0,2 + 33 * 0,2 + 30 * 0,2 = 32,95$$

$$x_2^2 = \sum_{j=1}^5 x_{2j} * k_j^1 = 15 * 0,21 + 16 * 0,2 + 18 * 0,2 + 13 * 0,2 + 16 * 0,2 = 15,75$$

$$x_3^2 = \sum_{j=1}^5 x_{3j} * k_j^1 = 27 * 0,21 + 23 * 0,2 + 24 * 0,2 + 25 * 0,2 + 26 * 0,2 = 25,27$$

$$x_4^2 = \sum_{j=1}^5 x_{3j} * k_j^1 = 10 * 0,21 + 12 * 0,2 + 8 * 0,2 + 9 * 0,2 + 11 * 0,2 = 10,1$$

Затем повторяются расчёты по формулам, по которым рассчитываются коэффициенты компетентности второго приближения:

$$\begin{aligned} \lambda^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 x_{ij} * x_i^2 = 163 * 32,95 + 78 * 15,75 + 125 * 25,27 + 50 * 10,1 \\ &= 10263 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_1^2 &= \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^3 x_{i1} x_i^2 = \frac{1}{10263} (35 * 32,95 + 15 * 15,75 + 27 * 25,27 + 10 * 10,1) \\ &= 0,212 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_2^2 &= \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^3 x_{i2} x_i^2 = \frac{1}{10263} (33 * 32,95 + 16 * 15,75 + 23 * 25,27 + 12 * 10,1) \\ &= 0,199 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_3^2 &= \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^3 x_{i3} x_i^2 = \frac{1}{10263} (32 * 32,95 + 18 * 15,75 + 24 * 25,27 + 8 * 10,1) \\ &= 0,199 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_4^2 &= \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^3 x_{i4} x_i^2 = \frac{1}{10263} (33 * 32,95 + 13 * 15,75 + 25 * 25,27 + 9 * 10,1) \\ &= 0,197 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_5^2 &= \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^3 x_{i5} x_i^2 = \frac{1}{10263} (30 * 32,95 + 16 * 15,75 + 26 * 25,27 + 11 * 10,1) \\ &= 0,196 \end{aligned}$$

Как видно из полученных значений k_j^2 они не отличаются от k_j^1 , что можно считать достаточным приближением.

С учётом округления принимаются следующие значения коэффициента компетентности экспертов:

$$\begin{array}{lll} k_1^1 = 0,210 & k_1^2 = 0,212 & k_1 = 0,21 \\ k_2^1 = 0,200 & k_2^2 = 0,199 & k_2 = 0,20 \\ k_3^1 = 0,200 & k_3^2 = 0,197 & k_3 = 0,20 \\ k_4^1 = 0,200 & k_4^2 = 0,196 & k_4 = 0,20 \\ k_5^1 = 0,200 & k_5^2 = 0,196 & k_5 = 0,20 \end{array}$$

Групповые оценки вычисляем по формуле:

$$x_1 = \sum_{j=1}^5 x_{1j} k_j = 35 * 0,21 + 33 * 0,20 + 32 * 0,2 + 33 * 0,2 + 30 * 0,2 = 32,95$$

$$x_2 = \sum_{j=1}^5 x_{2j} k_j = 15 * 0,21 + 16 * 0,20 + 18 * 0,2 + 13 * 0,2 + 16 * 0,2 = 15,75$$

$$x_3 = \sum_{j=1}^5 x_{3j} k_j = 27 * 0,21 + 23 * 0,20 + 24 * 0,2 + 25 * 0,2 + 26 * 0,2 = 25,27$$

$$x_4 = \sum_{j=1}^5 x_{4j} k_j = 10 * 0,21 + 12 * 0,20 + 8 * 0,2 + 9 * 0,2 + 11 * 0,2 = 10,1$$

Итоговые результаты групповых оценок доли, на которую увеличится общий срок проведения ПНР системы приведены в таблице 16.

Таблица 16. Результаты групповых оценок влияния рисков на продолжительность ПНР

Код риска	Эксперт (j)	x_{ij}	\bar{x}_i	δ_i	x_i^1	x_i^2	k_j	x_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9
R1-F1-N	1	35	33	0,548	32,6	32,95	0,21	33
	2	33					0,20	
	3	32					0,20	
	4	33					0,20	
	5	30					0,20	
R1-F2-N	1	15	15,60	0,57	15,6	15,75	0,21	16
	2	16					0,20	
	3	18					0,20	

Продолжение таблицы 16.

Код риска	Эксперт (j)	x_{ij}	\bar{x}_i	δ_i	x_i^1	x_i^2	k_j	x_i
	4	13					0,20	
	5	16					0,20	
R2-F3-N	1	27	25	0,5	25	25,27	0,21	25
	2	23					0,20	
	3	24					0,20	
	4	25					0,20	
	5	26					0,20	
R5-F9-N	1	10	10,00	0,5	10,00	10,10	0,21	10
	2	12					0,20	
	3	8					0,20	
	4	9					0,20	
	5	11					0,20	

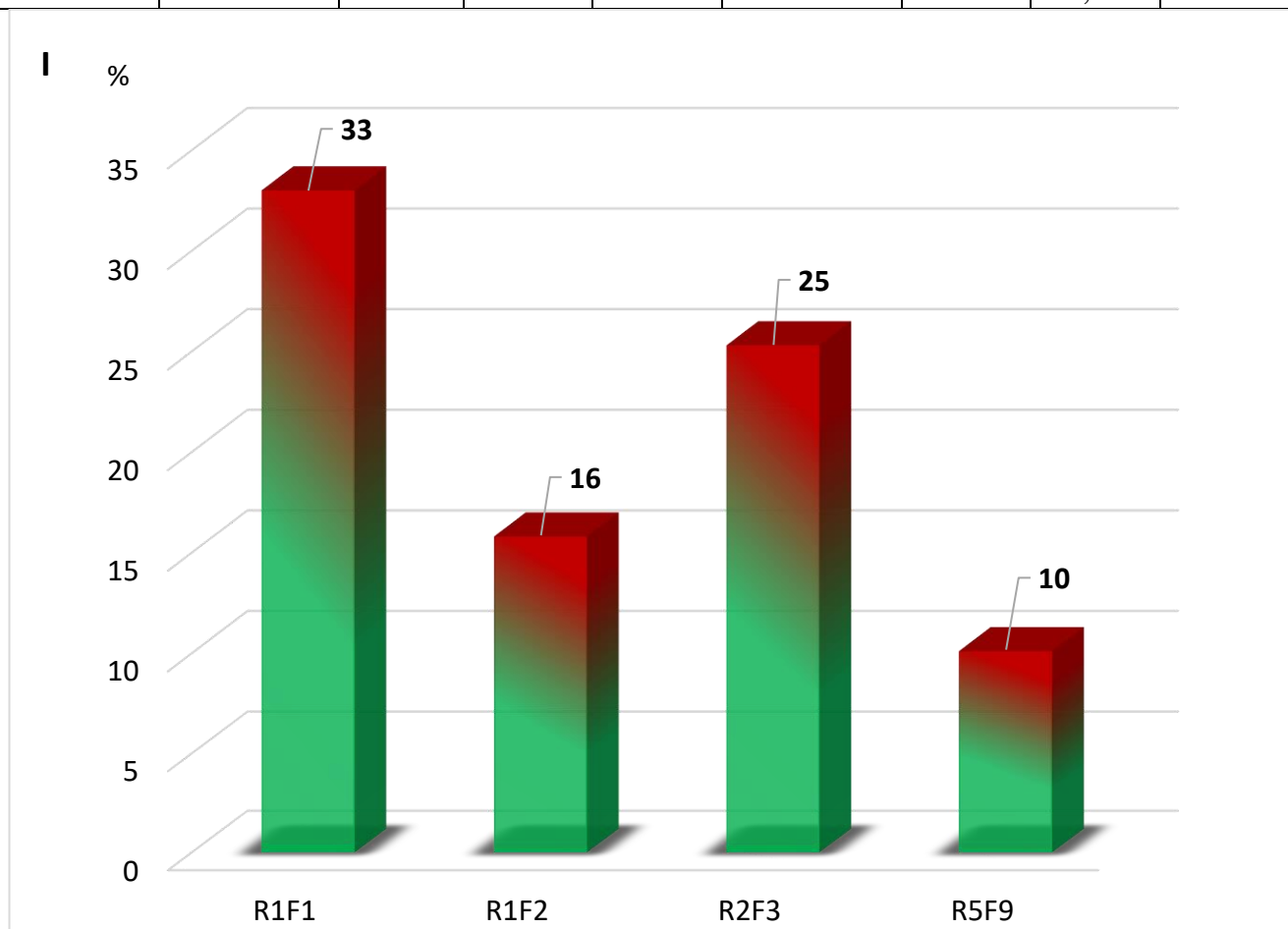


Рисунок 33. Результаты групповых оценок доли, на которую увеличится общий срок проведения ПНР системы

Степень воздействия рисков рассчитана по формуле (6) и результаты оценки по каждому риску представлены в сводной таблице 17.

Таблица 17. Сводные результаты оценки степени влияния рисков

Риски	R1-F1-N	R1-F2-N	R2-F3-N	R5-F9-N
P	0,33	0,16	0,25	0,10
I,%	33	16	25	10
M	0,11	0,03	0,06	0,01

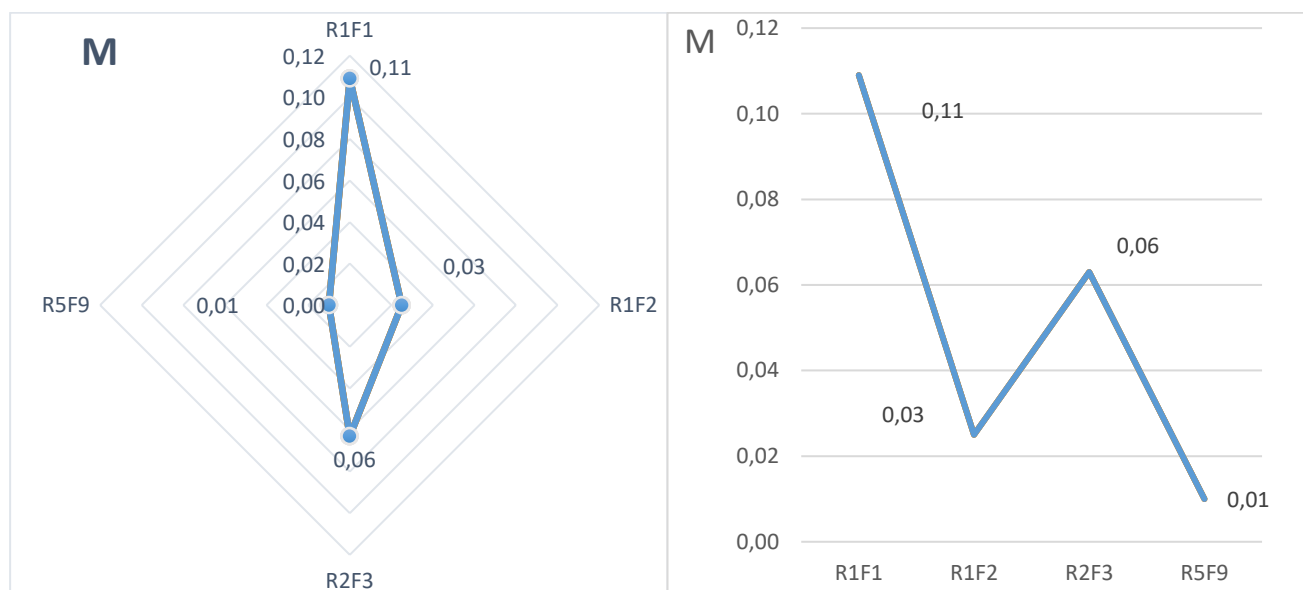


Рисунок 34. Результаты оценки по каждому риску для машины перегрузочной

Нормы затрат труда пусконаладочного персонала на устранение дефектов (отказов) связанных с рисками рассчитаны по формуле 22 и приведены в таблице 18.

Таблица 18. Затраты труда на устранение несоответствий при ПНР

Риски	R1-F1-N	R1-F2-N	R2-F3-N	R5-F9-N
Н _{уд} , чел.-ч	946	217	547	87

4.4. Определение продолжительности ПНР

Продолжительность ПНР на машине перегрузочной 10FCA в здании реактора 10UJA (механическая часть), которая определяется на основании рассчитанной в разделе 4.2 и приведенной в таблице 9 трудоемкости, без учета рисков составляет:

$$T_{\text{сис}}^{\text{пр}} = \frac{8681}{12 \times 8} = 90 \text{ дней.}$$

Расчетная продолжительность ПНР с учетом степени влияния рисков возникающих при проведении работ на машине перегрузочной 10FCA в здании реактора 10UJA (механическая часть) рассчитана по формуле (23) с учетом данных рассчитанных и приведенных в таблице 18 и составила:

$$T_{\text{сис}} = \frac{N_{\text{эт}} + \sum_{i=1}^n N_{\text{уд}i}}{\sum Z_{\text{п}} \times T_{\text{см}}} = \frac{8681 + (946 + 217 + 547 + 87)}{12 \times 8} = 109 \text{ дней.}$$

Результаты проводимых исследований показали, что возникающие риски при проведении ПНР могут привести для отдельных систем и оборудования к двукратному увеличению продолжительности выполнения работ и необходим комплекс мер по их снижению.

Для оценки объективности разработанной методики планирования был проведен анализ фактических трудозатрат на проведение ПНР и согласно отчету о выполнении ПНР на машине перегрузочной 10FCA в здании реактора 10UJA №BLR1.T.534.1.0UJA&&.FCA&&.HA.0001 фактические трудозатраты составили 10 768 чел.-ч. Таким образом погрешность при планировании и определении сроков проведения ПНР с учетом оценки влияния рисков составила ~ 2%.

4.5. Минимизация рисков и расчет экономического эффекта

В рамках внедрения (акт внедрения приведен в Приложении А) результатов проводимых исследований при планировании и выполнении ПНР на машине перегрузочной 20 FCA здании реактора 20 UJA на энергоблоке №2 Белорусской АЭС совместно с АО «Атомтехэнерго» были проведены следующие мероприятия в части оценки рисков с учетом разработанных предложений по их минимизации.

На первом этапе проведен анализ результатов групповых оценок вероятности приведенных в таблице 13 диссертации, а также оценки влияния указанных рисков на увеличение сроков ПНР машины перегрузочной приведенной в таблице 14 диссертации. А также результатов оценки по каждому риску представленных в сводной таблице 17.

На следующем этапе на основании разработанного классификатора основных рисков, оказываемых влияние на продолжительность ПНР, была

составлена классификация несоответствий, оказавших наибольшее влияние на ПНР и приведена в таблице 19.

Таблица 19. Классификация несоответствий (дефектов)

Риски	Величина М	Влияние на ход ПНР
R1-F1-N	0,11	Высокое
R1-F2-N	0,03	Низкое
R2-F3-N	0,06	Среднее
R5-F9-N	0,01	Низкое

В дальнейшем был проведен анализ информации о несоответствиях возникших при проведении ПНР и мероприятий по их устранению, а также в отношении каждого несоответствия были присвоены коды согласно предложенной в рамках исследования кодификации, которые указаны в таблице 20.

Таблица 20. Кодификация несоответствий

№ п/п	Несоответствие	Мероприятия по устранению проводимые в ходе ПНР	Код риска
1	№ 2402 от 30.05.2019 При заходе направляющих внутренней секции в нижние пары роликов рабочей штанги происходит затирание, что приводит к превышению усилий затирания более 735 (± 75) Н(кгс) на высоте перехода.	1. Проведена доработка (на основании п. 17 ТТ РНАТ.503251.010 СБ направляющих (верхнюю часть) поз.7 и (нижнюю часть) поз. 8, входящих в состав сборочной единицы ОБМ1-03.01.330 СБ – Секция. 2. Произведена контрольная проверка работоспособности РШ, при различных скоростных режимах перемещения внутренней секции РШ с ИТВС и без ИТВС АУН №02402AD.02402.060/136	R5-F9-N
2	№ 2576 от 20.06.2019 При наезде тележки машины перегрузочной на упор (ось) происходит упирание рабочей штанги в облицовку бассейна выдержки.	1. Изготовлена пластина размером 80×30мм. Толщина 14 мм. Материал: Сталь марки 20. В пластине выполнены два отверстия под винт М8×45 DIN 965 с потайной головкой; 2. Выполнена покраска пластины. Эмаль ЭП-773 кремовая ГОСТ 23143-83; 3. Выполнена установка упора ОБМ1-01.01.103 в сборе с пластиной на балку главную (ОБМ1-01.01.100) моста машины перегрузочной; 4. Произведена установка болтов 4 шт. моментом затяжки 495±5 Нм. с последующей контровкой шайб в соответствии с п.10 технических требований черт. ОБМ-10.10.120СБ (ДАШР.484122.003СБ) АУН №2576AD.2576.061.00/00 от 07.07.20	R5-F9-N

Продолжение таблицы 20.

№ п/п	Несоответствие	Мероприятия по устранению проводимые в ходе ПНР	Код риска
3	<p>№ 5203 от 27.06.2020</p> <p>При выполнении шага 13 п. 9.9 таблицы 3.10 ДАШР. 421417.003 Д30 на захвате ПССУЗ возрастает нагрузка, что не позволяет завершить операцию по подрыву ИТВС в реакторе в соответствии с приведенным в документе алгоритмом.</p>	<p>Внесены изменения в РКД (ДАШР. 421417.003 Д30): таблица 3.10/п.9.9 представлен в новой редакции</p> <p>АУН №05203AD05203.061/906 от 14.07.2020</p>	R5-F9-N
4	<p>№ 5068 от 22.06.2020</p> <p>Во время операции по открытию пеналов СОДС (10FBA10,20BB001) с помощью машины перегрузочной (МП) обнаружено, что штанга МП при воздействии на пробки не обеспечивает их должное поджатие, в следствии чего происходит затирание шпонок пробки по верхнему краю байонетного захвата пенала и срабатывание блокировки муфты штанги МП по крутящему моменту (более 1 кН·м)</p>	<p>Несоответствие устранено. Произведена ревизия и настройка пробок пеналов СОДС 10FBA10,20BB001 с помощью машины перегрузочной 10FCA10AE001. По результатам выполненных работ подтверждено нормальное закрытие пеналов. Пальцы пробок перемещаются по байонетным пазам пеналов СОДС с незначительным затиранием.</p> <p>АУН №5068AD.5068.070/110 от 22.07.2020</p>	R5-F9-N

№ п/п	Несоответствие	Мероприятия по устранению проводимые в ходе ПНР	Код риска
5	<p>№ 5146 от 25.06.2020 BLR1-NVATE-FCA-3237-17/06/2020</p> <p>Невозможно изменить угол наклона захвата устройства для подъема упавшей ТВС и пенала герметичного при наведении на профиль для установки угла наклона, установленного в контейнере для инструмента из состава МП.</p>	<p>1. Выполнены работы в соответствии с ТР №579-20 от 08.07.2020.</p> <p>2. Внесены изменения в РКД (РНАТ.301215.015СБ) в части расположения для ориентации контейнера в УГ, применения приспособления РНАТ.303634.008СБ, приспособления для фиксации РНАТ.303634.018СБ, скобы РНАТ.303621.001СБ (из состава комплекта сменных частей);</p> <p>3. Внесены изменения в РКД на РНАТ.484169.005СБ – УПУ ТВС и ГП, в части применения деталей РНАТ.743665.011 – Лапа из состава комплекта и принадлежностей РНАТ.304265.011;</p> <p>4. Внесены изменения в руководство по эксплуатации РНАТ.503251.010РЭ в части последовательности выполнения операций с УКУ и УПУ;</p> <p>5. Внесены изменения в документы ДАШР.421217.003Д30 – Технологические алгоритмы ДАШР.421217.003Д21 – Схема зон обслуживания;</p> <p>6. Внесены соответствующие изменения в эксплуатационную и пусконаладочную документацию: - Инструкция по эксплуатации. Машина перегрузочная BLR1.E.534.1.0UJA&&.FCA10.061. EA.0001 - Программа проведения пусконаладочных работ на машине перегрузочной 10FCA в здании реактора 10UJA. Часть 2, BLR1.T.534.1.0UJA&&.FCA&&.060 PG.0001/2 - Программа проведения пусконаладочных работ на машине перегрузочной 10FCA в здании реактора 10UJA. Часть 3, BLR1.T.534.1.0UJA&&.FCA&&.060. PG.0001/3 - Программа проведения пусконаладочных работ на машине перегрузочной 10FCA в здании реактора 10UJA. Часть 4, BLR1.T.534.1.0UJA&&.FCA&&.060. PG.0001/4</p> <p>7. Выполнены монтажно-сборочные работы по п.1,2</p> <p>АУН №05146AD05146.00/136 от 21.07.2020</p>	R5-F9-N

Продолжение таблицы 20.

№ п/п	Несоответствие	Мероприятия по устранению проводимые в ходе ПНР	Код риска
6	<p>№5042 от 09.06.2020 При проведении проверки механической установки тензодатчика контролирующего суммарное усилие на канатах захвата ТВС выявлено отклонение угла установки планки от горизонтали на 2,4°, проектное значение 0°±0,5</p>	<p>Откорректирована Инструкция по наладке тензометрического оборудования машины перегрузочной для энергоблока №1 и №2 ДАШР.480169.002 ИС АУН №05042AD.5042.061/906 от 14.07.2020</p>	R5-F9-N
7	<p>№2403 от 30.05.2019 №BLR1-NVATE-FCA-1399-20.05.2019 При установке контейнера для инструмента РНАТ.301215.015СБ в гнездо универсальное с помощью КМЭКД г/п 360(250)/32+10 т, длина строп РНАТ.303634.008СБ не предоставляет возможности поднятия контейнера с пола отм. +26,30 м пом. 10UJA26R120. Диаметр петли стропа РНАТ.303634.008СБ меньше максимального диаметра крюка подвески 32т КМЭКД г/п 360(250)/32+10 т</p>	<p>1. Внесены изменения в КД (РНАТ.303634.018, РНАТ.303634.008). 2. Выполнены доработки в соответствии с КД п.1, ТР №579 от 08.07.2020 АУН №02403AD.02403.060/136 от 21.07.2020</p>	R5-F9-N
8	<p>№2566 от 20.06.2019 Площадка обслуживания (АМЕ1364.02.00.000) Стенда инспекции и ремонта не позволяет выполнять обслуживание ряда ячеек одиннадцатого стеллажа бассейна выдержки машиной перегрузочной.</p>	<p>1. Внесены изменения в ПО СУМП МП МПС--1200 в части блокировок и защит при обслуживании ряда ячеек 11 стеллажа бассейна выдержки; 2. Проверка срабатывания блокировки проведена с положительным результатом. АУН №02566AD.02566.00/00 от 21.07.2020 г.</p>	R4-F8-N

№ п/п	Несоответствие	Мероприятия по устранению проводимые в ходе ПНР	Код риска
9	<p>№ 4463 от 27.03.2020</p> <p>Выполнение технологических операций с каркасом ПС СУЗ, макетом ТВС и пеналом для негерметичных твэлов в режимах с блокировками невозможно, в связи с отсутствием вышеперечисленных изделий в техническом задании и исходных данных на разработку и создание МП, а как следствие, в базе данных СУМП.</p>	<p>1. Внесены изменения в ДАР.421417.003 Д30.</p> <p>2. Внесены изменения в ООБ BLR1.P.110.1.090102.0101&.061.HD. 0001</p> <p>3. Внесенные изменения реализованы, ПНР выполнены.</p> <p>АУН №04463AD04463.061/110 от 21.07.2020</p>	R4-F8-N
10	<p>№ 5040 от 09.06.2020</p> <p>№BLR1-NVATE-FCA-3161-27.05.2020</p> <p>После установки устройства телевизионного передающего УПТ-70С-М (УТП) в устройство для осмотра гнезд ТВС (УОГ) невозможно установить на штатное место кожух УОГ (поз. 4 Сборочного чертежа) из-за несоответствия внутреннего диаметра кожуха габаритам УТП.</p>	<p>Несоответствие устранено после выполнения следующих работ:</p> <p>1. На устройстве осмотра гнезд ТВС (УОГ) демонтирован кожух РНАТ.605142.019 Ø200мм, установлен новый кожух ДАШР.305142.006 Ø220мм в соответствии с Тех. решением №607-20 от 16.07.2020.</p> <p>2. Проведено опробование УОГ. Замечаний нет.</p> <p>АУН №5040AD.5040.000/906 от 18.07.2020</p>	R4-F7-N
11	<p>№ 1829 от 18.02.2019</p> <p>При проведении контрольных замеров прямолинейности поверхности Т1 рельсового пути машины перегрузочной было выявлено несоответствие по превышению до 0.3мм при допустимом не более 0.1мм на 1000мм.</p>	<p>Выполнен анализ данного несоответствия. Разрешено производство монтажных работ, с отражением несоответствий в исполнительной документации без корректировки РД. Принято решение принять отклонение в соответствии с ИС-596 от 15.11.2018г.</p> <p>АУН №197 от 15.11.2018г.</p>	R2-F3-N

№ п/п	Несоответствие	Мероприятия по устранению проводимые в ходе ПНР	Код риска
12	<p>№ 1596 (159) от 17.11.2018</p> <p>При проведении контрольных замеров монтажа машины перегрузочной МПС-В-1200 было выявлено отклонение диагоналей моста машины перегрузочной (Д1 и Д2 измеренных по осям подтележечных рельсов) от проектного положения до 6 мм (после сборки). Согласно ОС ППР: разность диагоналей Д1 и Д2 измеренных по осям подтележечных рельсов не более 5мм</p>	<p>Выполнен анализ данного несоответствия. Разрешить производство монтажных работ, с отражением несоответствий в исполнительной документации без корректировки РД. Принято решение принять отклонение в соответствии с ИС-597 от 17.11.2018</p> <p>АУН №159 от 17.11.2018</p>	R2-F3-N
13	<p>№ 2189 от 11.04.2019</p> <p>Отклонение вала энкодера от оси вращения.</p>	<p>Несоответствие устранено в соответствии с требованиями черт. ДАШР.484126.019 СБ, ОБМ1-05.02.000 СБ в результате следующих работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - произведен демонтаж и внешний осмотр вала энкодера с привода ТВШ. Визуально, установлено, что верхняя посадочная поверхность вала имеет отклонение от оси его симметрии (деформацию). - произвели замену деформированного вала на вал, соответствующий требованиям КД. <p>АУН №2189AD.2189.00/17 от 05.06.19</p>	R2-F3-N
14	<p>№ 2382 от 22.05.2019</p> <p>При выполнении работ с устройством для контроля уровня был поврежден защитный металлорукав питания домкрата МП при повороте РШ, завешенной на упоре.</p>	<p>1. Разработаны изменения в РКД ДАШР.484126.015 СБ;</p> <p>2. Выполнен монтаж металлорукава взамен поврежденного в соответствии с измененной РКД по п.1;</p> <p>3. Выполнен монтаж кольца ДАШР.711442 в соответствии с РКД по п.1</p> <p>4. Выполнен монтаж трубы ДАШР.747152.001 в соответствии с РКД по п.1;</p> <p>5. Опробована в работе достаточность выполненных изменений</p> <p>АУН №2382AD.2382.00/136 от 14.07.2020</p>	R2-F3-N

Продолжение таблицы 20.

№ п/п	Несоответствие	Мероприятия по устранению проводимые в ходе ПНР	Код риска
15	№5289 от 13.07.2020 При выполнении ПНР на машине перегрузочной было выявлено повреждение оборудования из состава комплекта и принадлежностей РНАТ.305654.029: 1. Контейнер для инструмента РНАТ.301215.015СБ 2. Устройство для контроля уровня установки ТВС РНАТ.481579.016СБ 3. Устройство для подъема упавших ТВС и ГП РНАТ.484169.005СБ	1. Выполнены работы в соответствии с ТР №690-20 от 27.07.2020. 2. Проведены повторные испытания поврежденного оборудования. Замечаний нет. АУН №5289AD.5289.075/110 от 31.07.2020	R2-F3-N
16	№1451 от 03.12.2019 Нарушена герметичность и механическая целостность разъема углового патрубка системы телевизионной специальной СТС-МПС-100-1	Выполнены работы по замене розетки (разъем). Поставлена розетка – ЗАО «Диаконт» АУН №1451AD.1451.061/31 от 29.08.2019г.	R2-F3-N

В связи с тем, что машина перегрузочная на первом и втором энергоблоке имеют идентичные риски, то для их минимизации при ПНР, проводимых на энергоблоке №2 Белорусской АЭС на основании предложенного в рамках исследований комплекса мер были выполнены организационно-технические мероприятия, приведенные в таблице 21.

Таблица 21. Мероприятия по минимизации рисков

Риски	Мероприятия
R2-F3-N	Данные риски относятся к несоответствиям (ошибкам) при монтаже оборудования. Мероприятия по устранению данных рисков сводились к устранению выявленных несоответствий и внесению изменения в конструкторскую документацию сразу на машину перегрузочную первого и второго блоков Белорусской АЭС

Риски	Мероприятия
R5-F9-N	Данные риски относятся к несоответствиям, связанным с не достижением критериев испытаний во время производства ПНР из-за скрытых дефектов оборудования, проекта (не соответствие оборудование заявленным характеристикам, неработоспособность оборудования в условиях проекта). Мероприятия по устранению данных рисков сводились к устранению выявленных несоответствий заводом-изготовителем на машине перегрузочной второго блока до начала ПНР.

По результатам ПНР машины перегрузочной на энергоблоке №2 Белорусской АЭС проведен анализ фактических трудозатрат, представленный в таблице 22.

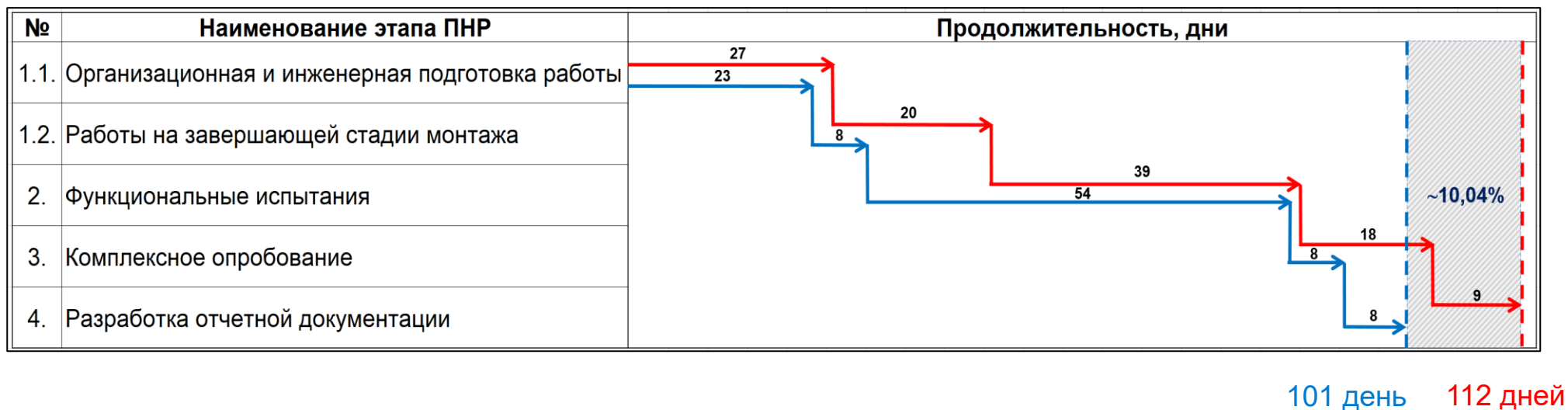
Таблица 22. Затраты труда на ПНР по 1 и 2 энергоблокам Белорусской АЭС

№	Этапы выполнения ПНР	Место проведения ПНР	БелАЭС №1, чел.-ч	БелАЭС №2, чел.-ч	Отклонение, %
1.	Подготовительные работы, в том числе:		4 464	2 982	33,2
1.1.	Организационная и инженерная подготовка работы	камеральные	2 560	2 176	15,0
1.2.	Работы на завершающей стадии монтажа	на площадке	1 904	806	57,7
2.	Функциональные испытания	на площадке	3 755	5 152	-37,2
3.	Комплексное опробование	на площадке	1 685	781	53,6
4.	Разработка отчетной документации	камеральные	864	772	10,6
Итого камеральные:			3 424	2 948	13,9
Итого на площадке:			7 344	6 739	8,2
Всего :			10 768	9 687	10,04

Анализ показывает, что снижение трудозатрат по п. 1.2 «Работы на завершающей стадии монтажа» в связи с выполнением мероприятий по рискам R2-F3-N, R8-F9-N, составило 57,7%, в связи с чем общие трудозатраты на подготовительные работы снизились на 33%. При этом трудозатраты на

комплексное опробование значительно сократились, так как часть испытаний были перенесены на этап функциональных испытаний, что также привело к сокращению общей продолжительности ПНР на машине перегрузочной.

Графики ПНР для машин перегрузочных 10FCA (20 FCA) в здании реактора первого (10UJA) и второго (20UJA) энергоблоков БАЭС приведены на рисунке 35.



- - энергоблок №1 Белорусской АЭС
- - энергоблок №2 Белорусской АЭС

Рисунок 35. График ПНР машины перегрузочной

Кроме того, необходимо отметить значительное снижение по камеральным работам (14%). Данный факт свидетельствует о том, что при последовательном строительстве двух и более энергоблоков по одному проекту в рамках одной АЭС, в рамках камеральных работ (разработка методик и программ ПНР и т.п.) могут быть использованы наработанные материалы по первому энергоблоку.

Таким образом формула 23 ($T_{\text{сис}}$) по определению продолжительности ПНР может быть доработана для ее использования при планировании ПНР нескольких энергоблоков по одному проекту в рамках одной АЭС. Учитывая, что камеральные работы в общих трудозатратах составляют 40-45%, а снижение их трудоемкости на последующих блоках может составлять ориентировочно ~ 15-20%, то корректирующий коэффициент для отдельных систем может составлять $K_{\text{кор}}=0,94 \div 0,95$.

При этом видится актуальным дальнейшее исследование данного вопроса путем сбора статистики и определения на ее основании указанных коэффициентов для отдельных систем, в дальнейшем это позволит корректно планировать сроки проведения ПНР отдельных систем в рамках строительства нескольких энергоблоков на одной АЭС и разработать поправочный коэффициент для планирования общих сроков ПНР.

В целях расчета экономического эффекта, на основании определенных трудозатрат, ресурсным методом определена предполагаемая ориентировочная стоимость ПНР технологической части перегрузочной машины.

Предлагается стоимость ПНР для удобства расчетов в связи с отсутствием необходимых исходных данных определять без учета материальных ресурсов (в том числе энергетических), которые используются ПНР. При этом данное обстоятельство в значительной степени не влияет на расчет эффективности, так как данные затраты в структуре затрат ПНР незначительны. Таким образом стоимость ПНР может быть определена по следующей формуле:

$$C_{\text{ПНР}} = OT + НР + СП, \quad (26)$$

где:

$C_{\text{ПНР}}$ – стоимость пусконаладочных работ, руб.;

ОТ - оплата труда инженеров пусконаладчиков, руб.;

НР – показатель накладных расходов, руб.;

СП – показатель сметной прибыли, руб.

Накладные расходы в расчете приняты в размере 83% от фонда оплаты труда инженеров пусконаладчиков в соответствии с п. 84 Приложения Методики № 812/пр [84] (ПНР технологического оборудования АЭС).

Сметная прибыль в расчете принята в размере 40% от фонда оплаты труда инженеров пусконаладчиков на основании п. 84 Приложения к Методике 774/пр [85] (ПНР технологического оборудования АЭС).

Согласно Методике № 534/пр [83] размер средств на оплату труда при определении сметной стоимости ресурсным методом определяется суммированием средств на оплату n-ой категории пусконаладочного персонала:

$$ОТ = \sum_{i=1}^n СЦ_{теки}^{ЗТ} \times T_i, \quad (27)$$

где:

ОТ - оплата труда инженеров пусконаладчиков, руб.;

$СЦ_{теки}^{ЗТ}$ - сметные цены, руб./чел.-ч;

T - показатели затрат труда инженеров пусконаладчиков для n-го разряда, чел-ч.

Сметные цены на затраты труда инженеров пусконаладчиков определяются по формуле:

$$СЦ_{тек}^{ЗТ} = K_{Тn} \times \frac{C_{1cp}}{t_{cp}} \times K_{инф}, \quad (28)$$

где:

$СЦ_{тек}^{ЗТ}$ - сметные цены на затраты пусконаладочного персонала, руб./чел.-ч;

$K_{Тn}$ - тарифный коэффициент пусконаладочного персонала n-го разряда, определяемый в соответствии с приложением № 1 Методики № 534/пр ;

C_{1cp} - среднемесячный размер оплаты труда рабочего первого разряда, занятого строительной в отрасли, за предшествующий календарный год, устанавливаемый на основании пункта 22(1) Правил мониторинга № 1452 [118], руб. Средний среднемесячный размер заработной платы рабочего первого

разряда, для объектов использования атомной энергии за 2021 год согласно приказа ГК «Росатом» от 04.04.2022 № 1/407-П составляет 57 958 руб.

Для определения сметных цен на затраты труда инженеров пусконаладчиков в текущем уровне цен были использованы на основании пункта 22(1) Правил мониторинга [118] коэффициенты инфляции на основании прогноза социально-экономического развития Российской Федерации.

$t_{\text{ср}}$ - среднегодовое число часов работы одного работника, занятого в строительной отрасли, в месяц, определяемое как сумма его рабочего времени за предшествующий календарный год (в часах за год), деленная на 12 месяцев, ч.;

В расчетах приняты следующие коэффициенты инфляции ($K_{\text{инф}} = 1,139$ за 2022 год и $K_{\text{инф}} = 1,03$ на II квартал 2023 года).

Среднегодовое число часов работы при 40-часовой неделе, за 2021 год составляет – 164,33 ч.

На основании представленных данных определяем сметные цены на затраты труда пусконаладочного персонала ($\text{СЦ}_{\text{тек}}^{\text{ЗТ}}$, руб./чел.-ч):

для ведущего инженера:

$$\text{СЦ}_{\text{тек}}^{\text{ЗТ}} = 2,35 \times \frac{57\,958,00}{164,33} \times 1,139 \times 1,03 = 972,36 \text{ руб./чел.-ч.};$$

для инженера 1 категории:

$$\text{СЦ}_{\text{тек}}^{\text{ЗТ}} = 2,15 \times \frac{57\,958,00}{164,33} \times 1,139 \times 1,03 = 889,6 \text{ руб./чел.-ч.};$$

для инженера 2 категории:

$$\text{СЦ}_{\text{тек}}^{\text{ЗТ}} = 1,96 \times \frac{57\,958,00}{164,33} \times 1,139 \times 1,03 = 819,26 \text{ руб./чел.-ч.}$$

В связи с отсутствием информации о фактических трудозатратах на энергоблоках Белорусской АЭС в разрезе разрядов (профессиональной категории) персонала для упрощения расчетов определяем среднюю сметную цену на затраты труда пусконаладочного персонала:

$$\text{СЦ}_{\text{тек}}^{\text{ЗТ ср}} = \frac{972,36 + 889,6 + 819,26}{3} = 893,74 \text{ руб./чел.-ч.}$$

Тогда размер средств на оплату труда пусконаладочного персонала (ОТ, руб.) для составляет:

$$OT = 10768 \times 893,74 = 9\,623\,793 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (НР, руб.):

$$НР = 9\,623\,793 \times 83\% = 7\,987\,748 \text{ руб.};$$

Сметная прибыль (СП, руб.):

$$СП = 9\,623\,793 \times 40\% = 3\,849\,517 \text{ руб.};$$

Предполагаемая стоимость пусконаладочных работ ($C_{\text{ПНР}}$, руб.) на машине перегрузочной 10FCA в здании реактора 10UJA (механическая часть) составит:

$$C_{\text{ПНР}}^{\text{БАЭС}1} = 9\,623\,793 + 7\,987\,748 + 3\,849\,517 = 21\,461\,059 \text{ руб. без НДС.}$$

Стоимость пусконаладочных работ ($C_{\text{ПНР}}^{\text{БАЭС}2}$, руб.) с учетом предложенного комплекса мер по минимизации рисков составит:

$$OT = 9687 \times 893,74 = 8\,657\,660 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (НР, руб.):

$$НР = 8\,657\,660 \times 83\% = 7\,185\,858 \text{ руб.};$$

Сметная прибыль (СП, руб.):

$$СП = 8\,657\,660 \times 40\% = 3\,463\,064 \text{ руб.};$$

Предполагаемая стоимость пусконаладочных работ ($C_{\text{ПНР}}$, руб.) на машине перегрузочной 20FCA в здании реактора 20UJA (механическая часть) составит:

$$C_{\text{ПНР}}^{\text{БАЭС}2} = 8\,657\,660 + 7\,185\,858 + 3\,463\,064 = 19\,306\,582 \text{ руб. без НДС.}$$

Таким образом предполагаемый экономический эффект составит $\sim 2\,154\,477$ руб. без НДС. или $\sim 10\%$.

Выводы по четвертой главе

Апробация и внедрение показали, что разработанная методика позволяет определить сроки проведения работ в условиях неопределенности, выявить риски и учесть комплекс мер по их минимизации в целях обеспечения эффективности использования ресурсов и сокращения сроков строительства и ввода объекта в эксплуатацию.

Предложенный и апробированный принципиально новый подход предполагающий определение сроков (норм) продолжительности состоящих из

норм времени основного процесса и норм времени на устранение дефектов и несоответствий, с учетом вероятности их возникновения, позволит в дальнейшем формировать базы данных и управлять рисками, создавать корпоративные (отраслевые) стандарты и нормативы (продолжительности). Со временем, расширяя базу данных рисков и набирая статистику по вновь построенным объектам, проводить периодическую актуализацию нормативов., используя в том числе предложенные в рамках диссертации алгоритмы и методические подходы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ существующих подходов по планированию и специфики технического нормирования при инжиниринге ПНР на АЭС показал, что определение продолжительности ПНР для указанных объектов, с учетом возникающих рисков является очень актуальной проблемой. Решение этой проблемы возможно путем выявления организационно-технологических особенностей ПНР на АЭС, анализа и оценки возникающих рисков.

Результаты выполненного научного поиска позволяют представить выводы и предложения, применение которых на отраслевом уровне может увеличить результативность функционирования системы управления инвестиционно-строительной деятельности.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие **выводы**:

1. Анализ организационно-технологических особенностей ПНР на АЭС показал, что на работу инженеров пусконаладчиков в значительной степени влияет вероятность возникновения технических рисков.

2. Выявлено, что при планировании ПНР на АЭС как правило используются директивные сроки, устанавливаемые графиком строительства АЭС первого уровня и не учитываются возможные риски при формировании календарных графиков ПНР третьего уровня и этапных графиков ПНР. При этом использование в полной мере при проектировании и планировании строительства и ПНР норм, приведенных в СНиП 1.04.03-85* также не представляется возможным.

3. Разработана модель для определения продолжительности ПНР для отдельных систем (оборудования) или этапов, на основании адаптированной технологии нормирования и рассчитанных коэффициентов влияния наиболее значимых рисков.

4. Разработана форма сбора информации для нормирования, расчета норм времени ПНР и расчета степени воздействия рисков с учетом вероятности возникновения и влияния на продолжительность ПНР.

5. Разработан кодификатор рисков, возникающих при ПНР, учитывающий

факторы наступления, вид ущерба и условия возникновения рисков. Данный кодификатор позволяет кодировать и систематизировать риски, а также создает возможность ведения баз данных, сбора статистики в целях дальнейшего анализа и выработки мероприятий по минимизации влияния рисков. Таким образом формируется инструмент по управлению рисками при инжиниринге ПНР.

6. Предложен комплекс мер по совершенствованию планирования при инжиниринге ПНР на АЭС и управлению рисками.

7. Предложенная методика планирования ПНР является инструментом для принятия эффективных решений и оптимизации сроков строительства АЭС, при строительном инжиниринге и управлении рисками, а проведенная апробация и внедрение показали ее эффективность.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы лежат в области качественного планирования сроков, позволяющего осуществлять ввод объекта в эксплуатацию обеспечивая эффективность капитальных вложений и снижение затрат.

Предложенные решения позволят сформировать корпоративную нормативную базу по труду, которая станет основной для разработки необходимых атомной отрасли нормативов. А также изучать организационно-технологические схемы выполнения работ в целях подготовки предложений по их оптимизации и разработки типовых корпоративных документов и стандартов.

В качестве рекомендаций по управлению рисками предлагается формирование баз данных по рискам (далее - БДР). БДР, созданная для инжиниринга в рамках строительства конкретного объекта может являться элементом контролинга и основной для принятия управленческих решений, а создание единой отраслевой БДР включающей информацию о ранее построенных объектах позволит вывести систему управления строительством АЭС на этапе ввода в эксплуатацию на качественно иной уровень. При этом необходимо организовать единую систему ведения БДР для всех подразделений и организаций, участвующих в проектировании, инжиниринге и строительстве АЭС, разработав стандарт организации.

Перспективы исследования лежат в плоскости сбора статистики о рисках и расчете коэффициентов для отдельных систем, что позволит корректно планировать продолжительность ПНР.

Дальнейшее исследование позволит формировать инструмент поддержки принятия эффективных решений и оптимизации строительства АЭС, а также обеспечит внедрение инновационных методов управления рисками при инжиниринге ПНР, рациональное использование ограниченных ресурсов при ПНР на АЭС.

Список сокращений и условных обозначений

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом

АЭС – атомная электростанция

БВ - бассейн выдержки

Блок АС – блок атомной станции

ВВЭР-1000 – водо-водяной энергетический реактор, ядерный реактор серии реакторов ВВЭР с номинальной электрической мощностью 1000 МВт

ВВЭР-1200 - водо-водяной энергетический реактор, ядерный реактор серии реакторов ВВЭР с номинальной электрической мощностью 1200 МВт

ВВЭР-ТОИ – типовой оптимизированный и информатизированный проект двухблочной АЭС с реактором ВВЭР-1300 (водо-водяной энергетический реактор)

ГП - пенал герметичный

ЕКС - единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих

ЕТКС - единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих

МАГАТЭ - международное агентство по атомной энергии

МП - машина перегрузочная

ОИАЭ – объекты использования атомной энергии

ПНР – пусконаладочные работы

ПОР – проект организации ремонта

ПОС- проект организации строительства

ПС СУЗ - поглощающие стержни системы управления и защиты

РК – рабочая комиссия

РПК – рабочая подкомиссия

РУ - реакторная установка

РШ - рабочая штанга

СИР - стенд инспекции и ремонта

СКГО - система контроля герметичности оболочек

СМК - система менеджмента качества

СОДС - системы обнаружения дефектных сборок

СПНИ - система пусконаладочных измерений

СТС - системы телевизионной специальной

СУМП - система управления машины перегрузочной

ТВС - тепловыделяющая сборка

ТИМ – технологии информационного моделирования

ТК - транспортный контейнер

УОН - укрупненные отраслевые нормы

Список терминов

Пусконаладочные работы (ПНР): работы, включающие проверку, настройку и испытания оборудования, систем, элементов и/или частей систем, обеспечивающие достижение проектных параметров и режимов, ввод в эксплуатацию (временную эксплуатацию) систем, оборудования и объектов пускового комплекса и проведение комплексного опробования блока АС;

Технологический процесс: комплекс организационно и технологически связанных рабочих операций с целью получения законченной продукции, характеризующийся постоянным составом входящих в него рабочих операций, выполняемых в определенной последовательности;

Рабочая операция: часть (элемент) технологического процесса, состоящая из нескольких рабочих приемов, выполняемых постоянным составом рабочих на постоянном рабочем месте, с использованием постоянных орудий труда и предметов труда, машин и механизмов, где результатом является первичная продукция;

Нормаль технологического процесса: описательная характеристика нормируемого технологического процесса и условий выполнения работ, устанавливаемая при техническом нормировании, которая отражается в технологической карте на технологический процесс и представляет собой совокупность характеристик организационных, технических, технологических, санитарно-гигиенических, физиологических и социальных факторов, условий труда, сформированную с учетом современного уровня строительных машин и механизмов и технологии, научной организации труда, соблюдения правил охраны труда, эффективного использования строительной техники и квалификации рабочих;

Норма времени: количество текущего времени, установленное на выполнение единицы продукции рабочими соответствующей профессии и квалификации, работающими при правильной организации труда и производства, измеряемое в часах на измеритель продукции (ч/ед. изм.);

Норма затрат труда: количество затрат труда, установленное на выполнение единицы продукции рабочими соответствующей профессии и квалификации, работающими при правильной организации труда и производства, измеряемое в человеко-часах на измеритель продукции (чел.-ч/ед. изм.);

Техническое нормирование: разработка технически обоснованных норм затрат труда рабочих, времени работы машин и расхода материалов на единицу строительной продукции методами нормативных наблюдений (хронометраж, фотоучет) и расчетно-аналитическими методами;

Нормативные наблюдения: выборочное исследование технологического процесса, состоящее в учете затрат труда рабочих, времени использования машин, расхода материальных ресурсов и описании условий, характеризующих технологию и организацию исследуемого процесса;

PERT: Project Evaluation and Review Technique - метод оценки и анализа проектов, который используется в управлении проектами;

KKS: система классификации кодирования для электростанций обладает большими возможностями и учитывает особенности свободно-программируемых микропроцессорных технических средств;

Контроллинг: комплексная система поддержки управления организацией, направленная на координацию взаимодействия систем менеджмента и контроля их эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов, О. В. Повышение эффективности метода статистического моделирования / О. В. Абрамов // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2007. – Т. 1. – С. 3-4. – EDN NDURBZ.
2. Аветисян, Р. Т. Виртуальная и дополненная реальность в строительстве / Р. Т. Аветисян, Е. Билонда Трегубова // Дни студенческой науки: Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ, Москва, 02–05 марта 2020 года. – Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. – С. 1301-1303. – EDN DINRPC.
3. Алабин, А. В. Проблемы применения информационного моделирования при проектировании объектов энергетики / А. В. Алабин // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 7. – С. 7-11. – EDN ZBKEVN.
4. Альсудейман, М. И. Модели послевоенного восстановления городов: исторический опыт и уроки / М. И. Альсудейман, С. И. Яковлева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География, Геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 40–45.
5. Альшрайдех, М. Вопросы управления жизненным циклом АЭС / М. Альшрайдех, И. Енговатов, А. Морозенко // Энергетическая политика. – 2023. – № 1(179). – С. 56-71. – DOI 10.46920/2409-5516.2023_1179.56. – EDN QQCRPB.
6. Аманов, Р. Р. Особенности государственного заказа в строительстве / Р. Р. Аманов, М. А. Фахратов, А. В. Липенина, Г. Г. Хубулов // Системные технологии. – 2021. – № 4(41). – С. 24-27. – DOI 10.55287/22275398_2021_4_24. – EDN LFPKFQ.
7. Балова, Е. Ф. Нормирование труда рабочих в строительстве / Е. Ф. Балова // М.: Стройиздат, 1985. - 440 с.
8. Баркалов, С. А. Системный анализ и принятие решений / С. А. Баркалов, П. Н. Курочка, И. С. Суровцев // Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2010. 652 с.
9. Бенц, Д. С. Тенденции развития жилищного строительства в России / Д. С. Бенц, Л. М. Хидиятулина // Вестник ЧелГУ. 2019. №3 (425). С. 67-77.

10. Бесчастнов, Д. В. узловой и комплектно-блочный методы организации строительства завода резинотехнических изделий / Д. В. Бесчастнов, Р. Р. Казарян // Строительное производство. – 2019. – № 3. – С. 22-25. – DOI 10.54950/26585340_2019_3_22. – EDN TJUYQS.

11. Бовтеев, С. В. Развитие методов планирования и контроля рисков в строительстве / С. В. Бовтеев, Д. А. Животягин // Организация строительного производства: Материалы II Всероссийской научной конференции, Санкт-Петербург, 04–05 февраля 2020 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 128-136. – EDN AQTUPC.

12. Бовтеев, С. В. Календарно-сетевое планирование строительства на основе 4D-моделей / С. В. Бовтеев, С. В. Колесников, П. А. Шерстобитова // Управление проектами и программами. – 2020. – № 4. – С. 276-284. – EDN НРКХVB.

13. Бовтеев, С. В. Возможности применения метода оценки и анализа программ для контроля сроков строительного проекта / С. В. Бовтеев, А. В. Мишакова // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 4(81). – С. 115-121. – DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-4-115-121. – EDN WWHOIP.

14. Бовтеев, С. В. Расчёт потоков с непрерывным использованием ресурсов методом критического пути / С. В. Бовтеев // Петербургская школа поточной организации строительства: I Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 95-летию со дня рождения профессора Виктора Алексеевича Афанасьева, Санкт-Петербург, 19–20 февраля 2018 года / Под общ. ред. Е.Б. Смирнова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 7-11. – EDN UWYTVZ.

15. Бовтеев, С. В. Расчет параметров поточной организации работ методом критического пути / С. В. Бовтеев // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 3(68). – С. 90-97. – DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-3-90-97. – EDN VJRRAA.

16. Бовтеев, С. В. Управление инвестиционными строительными проектами на основе Primavera: учебное пособие для студентов высших учебных

заведений, обучающихся по специальности 080502 "Экономика и управление на предприятии строительства" / С. В. Бовтеев и др.; под ред. С. В. Бовтеева и А. В. Цветкова; Санкт-Петербургский гос. архитектурно-строит. ун-т, РМ, гр. компаний ПМСОФТ. – Москва: [б. и.], 2008. – ISBN 978-5-9227-0100-6. – EDN QT DAMJ.

17. Бовтеев, С. В. Развитие теории и практики формирования и оптимизации параллельно-поточной организации работ: специальность 05.23.08 "Технология и организация строительства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бовтеев Сергей Владимирович. – Санкт-Петербург, 2000. – 259 с. – EDN QDJHSB.

18. Васина, О. В. Нормирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ / О. В. Васина, В. А. Третьякова // Управление научно-техническими проектами: матер. Третьей Междунар. науч.-техн. конф. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. С. 54–61.

19. Власова, Г. А. Современные проблемы системы ценообразования при формировании сметной стоимости на территории Российской Федерации / Г. А. Власова, Н. В. Князева, Т. А. Шиндина // Сибирский журнал науки и технологий. 2018. №1. С. 162-172.

20. Габелашвили, М. З. Нормирование труда на предприятии: состояние и пути улучшения / М. З. Габелашвили, В. А. Щеколдин // Проблемы совершенствования организации производства и управления промышленными предприятиями межвуз. сб. науч. тр. Самара: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2012. Вып. 2. С. 28-33.

21. Галямова, А. В. Анализ процедур получения разрешения на строительство / А. В. Галямова, Т. К. Кузьмира // Технология и организация строительного производства. – 2018. – № 2. – С. 6–9.

22. Голубцова, В. В. Анализ состояния основных средств российских предприятий / В. В. Голубцова // Молодой ученый. 2020. № 27 (317). С. 169-172. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/317/72234/> (дата обращения: 22.06.2021).

23. Горшков, А. А. Повышение эффективности организации труда на основе рационального движения персонала при сооружении сложных инженерных объектов / А. А. Горшков, А. А. Морозенко // – 2021. – № 10(124). – С. 12-17. – EDN TPYNUM.

24. ГОСТ 16504-81. Межгосударственный стандарт. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

25. ГОСТ Р 53246-2008. Системы кабельные структурированные. Проектирование основных узлов системы. Общие требования. - М.: Стандартиформ, 2009.

26. ГОСТ Р 57306-2016. Инжиниринг. Терминология и основные понятия в области инжиниринга. - М.: Стандартиформ, 2016.

27. ГОСТ Р 58179-2018. Национальный стандарт Российской Федерации. Инжиниринг в строительстве. Термины и определения. - М.: Стандартиформ, 2018.

28. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. - М.: Стандартиформ, 2020.

29. ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство. – М.: Стандартиформ, 2020.

30. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 29.12.2022).

31. Грабовый, П. Г. Моделирование риска "цены случая" в инвестиционной деятельности строительной компании / П. Г. Грабовый, А. В. Капусткина // Недвижимость: экономика, управление. – 2015. – № 3. – С. 17-22. – EDN VCHFLT.

32. Грабовый, П. Г. Управление организационно-технологическими (операционными) рисками российских подрядчиков при сооружении АЭС за рубежом / П. Г. Грабовый, В. В. Березка // Недвижимость: экономика, управление. – 2019. – № 3. – С. 6-16. – EDN YSYKFS.

33. Данелян, Т. Я. Формальные методы экспертных оценок / Т. Я. Данелян // Экономика, статистика и информатика. – 2015. – № 1. – С. 183-187.
34. Дегтярева, Н. Е. Анализ выборочных данных статистическими методами / Н. Е. Дегтярева // Вологдинские чтения. – 2009. – № 72. – С. 77. – EDN MNKFNL
35. Дьякова, О. В. Принципы и подходы управления стоимостью объекта строительства в рамках развития сметного нормирования и рыночных методов ценообразования / О. В. Дьякова, А. В. Александрия // Электронный научный журнал «Век качества». 2019. №4. С. 118-132. Режим доступа: <http://www.agequal.ru/pdf/2019/419008.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
36. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы (ЕНиР) (утверждены постановлением Госстроя СССР, Госкомтруда СССР и Секретариата ВЦСПС от 5 декабря 1986 г. № 43/512/29-50).
37. Ермишина, А. В. Оценка финансовой устойчивости региональных программ капитального ремонта многоквартирных домов в России / А. В. Ермишина, М.А. Мозгунова // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2020. №4. С. 83-90.
38. Жуланов, Е. Е. Совершенствование механизма нормирования численности персонала нефтеперерабатывающего предприятия на основе методов регрессионного анализа / Е. Е. Жуланов, В. П. Постников, К. А. Шишкина // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. - 2020. -№ 3. -С. 169-181. -Яз. рус., англ.
39. Журавлев, П. А. К вопросу использования ресурсно-технологического моделирования при формировании инвестиционных программ / П. А. Журавлев, С. Б. Сборщиков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 7. – С. 198-201. – DOI 10.12737/article_5940f01b5778c2.44174358. – EDN ZDDACB.

40. Журавлев, П. А. Номенклатура требуемых объектов капитального строительства для ресурсно-технологического моделирования / П. А. Журавлев // Промышленное и гражданское строительство. 2020 № 7. С. 52-57.

41. Журавлев, П. А. Организационные особенности формирования технических решений инженерной защиты территории на этапах жизненного цикла и их реинжиниринг (часть 1) / П. А. Журавлев, С. Б. Сборщиков // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2020. №4. С.63-72. DOI: 10.21869/2311-1518-2020-32-4-63-72.

42. Журавлев, П. А. Ресурсно-технологическое моделирование разработки укрупненных нормативов, учитывающее реинжиниринг объекта капитального строительства / П. А. Журавлев // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. - 2020. - №3. - С. 94-110. - DOI: 10.21869/2311-1518-2020-31-3-94-110.

43. Журавлев, П. А. Ресурсообеспечение инвестиционно-строительной деятельности как основа обоснования инвестиционных программ / П. А. Журавлев, А. М. Марукян // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 1. С. 59-66. DOI: 10.33622/0869-7019.2021.01.59-66.

44. Журавлев, П. А. Стадийность ресурсно-технологического моделирования по объектам капитального строительства при формировании инвестиционных программ / П. А. Журавлев, Е. М. Кочевникова // Промышленное и гражданское строительство. - 2019. - №6. - С. 76-80. - DOI: 10.33622/0869-7019.2019.06.76-80.

45. Загорская, А. В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов / А. В. Загорская, А. А. Лapidус // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 21-34. – DOI 10.54950/26585340_2020_3_21. – EDN TKKKCO.

46. Зеленцов, Л. Б. Прогнозирование временных и стоимостных параметров при управлении инвестиционно-строительными проектами / Л. Б. Зеленцов, М. С. Шогенов, Д. В. Пирко // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 41–45. – DOI 10.54950/26585340_2020_3_41.

47. Зеленцов, Л. Б. Создание адаптивной модели управления строительным проектированием / Л. Б. Зеленцов, Д. В. Пирко, И. Г. Трипута [и др.]// Строительное производство. - 2020. - № 1. - С. 100-103. – DOI 10.54950/26585340_2020_1_100.

48. Золотова, Л. В. Статистическое исследование трудовых ресурсов России на основе многомерных статистических методов / Л. В. Золотова, Е. В. Лаптева, Л. В. Портнова // Аллея науки. – 2017. – Т. 4, № -9. – С. 225-235. – EDN YYZAGF.

49. Ибрагимов, Р. И. Мероприятия по обеспечению безопасной работы грузоподъемных механизмов в строительстве / Р. И. Ибрагимов, М. А. Фахратов // Перспективы науки. – 2019. – № 5(116). – С. 78-81. – EDN VYAEAT.

50. Ильина, М. В. Особенности разработки сметных нормативов на капитальный ремонт отраслевого оборудования / М. В. Ильина, А. Н. Савенков // 78-я Всероссийская научно-техническая конференция «Традиции и инновации в строительстве и архитектуре». - 22.04.2021, - г. Самара, - АСА СамГТУ. – с. 1067-1077.

51. Ильина, М. В. Формирование методического обеспечения разработки сметных нормативов в системе строительного ценообразования / М. В. Ильина, О. А. Мамаева, А. Ю. Бочаров, Е. А. Башкирова // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2019. – № 2. – С. 37-47. – EDN XMWUO.

52. Интегрированная система менеджмента в АО «Атомэнергопроект» [Электронный ресурс] // URL: <https://ase-ec.ru/sustainability/integrated-management-system/ao-atomenergoproekt/>

53. Казарян, Р. Р. Средства повышения эффективности стратегического управления потенциалом человеческих ресурсов в антропотехническом менеджменте / Р. Р. Казарян, Д. Р. Казарян // Интернет-журнал Науковедение. – 2017. – Т. 9, № 3. – С. 33. – EDN ZEIRRD.

54. Карякина, И. Е. Анализ современного состояния строительной отрасли РФ, проблемы и перспективы ее развития / И. Е. Карякина, Е. К. Потапкина // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. №5-2. С. 57-67.

55. Киевский, Л. В. Инвестиционная политика заказчика-застройщика на этапе организационной подготовки сосредоточенного строительства / Л. В. Киевский, С. Н. Шульженко, А. А. Волков // вестник МГСУ. 2016. № 3. С. 111—121.

56. Киевский, Л. В. Комплексность и поток (организация застройки микрорайона) / Л. В. Киевский // Москва: Стройиздат, 1987. – 136 с. – (Курсом ускорения научно-технического прогресса). – EDN VQPZHP.

57. Киевский, Л. В. Планирование и организация строительства инженерных коммуникаций / Л. В. Киевский // М.: СВР-АРГУС, 2008. 464 с.

58. Ключев, В. Д. Методологические основы формирования нормативной базы определения стоимости капитального ремонта / В. Д. Ключев, Б. Г. Саватюгин, П. А. Журавлев // Нормирование и оплата труда в строительстве. 2019. № 2. С. 4-12.

59. Ключев, В. Д. Планирование капитального ремонта. Проблемы и пути их решения / В. Д. Ключев, П. А. Журавлев // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. 2011. №2. Т.2. С. 278-282.

60. Ключев, В. Д. Проблемы нормативного обеспечения процесса планирования капитального ремонта / В. Д. Ключев, П. А. Журавлев // Техническое нормирование. 2011. № 5 (6). С. 50-52.

61. Ключев, В. Д. Прогнозная оценка износа основных фондов. / В. Д. Ключев, П. А. Журавлев // Сборник трудов Международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании». МГСУ. 2011.

62. Ключев, В. Д., Саватюгин Б. Г. Капитальный ремонт. Состояние нормативной базы и ее развитие / В. Д. Ключев, Б. Г. Саватюгин // Вестник ценообразования и сметного нормирования. 2010. Вып. 6. С. 32-39.

63. Кобушко, В.В. Узловой и комплектно-блочный методы организации строительства / В. В. Кобушко, М. А. Фахратов // Science prospects. - Civil engineering and architecture. – Technology and organization of construction. – 2019. - № 10(121).

64. Кузнецов, Б. О. Комплексный инжиниринг в строительстве России как объект нормативного регулирования. / Б. О. Кузнецов // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. - 2020. - № 1. - С. 53–61. - DOI: 10.34130/2070-4992-2020-1-53-61.

65. Курочка, П. Н. Задачи ресурсного планирования в строительном проекте / П. Н. Курочка, Н. Д. Чередниченко // XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014, Москва, 16–19 июля 2014 года / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 4745-4753. – EDN PGBHEJ.

66. Лapidус, А. А. Анализ действующих нормативных документов, в части научно-технического сопровождения проектирования зданий и сооружений, имеющих повышенный уровень ответственности / А. А. Лapidус, А. В. Шистерова // Системные технологии. – 2019. – № 1(30). – С. 5-9. – EDN WPLEKL.

67. Лapidус, А. А. Анализ организационно-технологических решений производственно-логистических процессов / А.А. Лapidус, Г.Б. Сафарян // Строительное производство. 2019. №2. С. 5-8.

68. Лapidус, А. А. Влияние современных технологических и организационных мероприятий на достижение планируемых результатов строительных проектов / А. А. Лapidус // [Технология и организация строительного производства](#). - 2013. - № 2 (3). - С. 1. EDN: [RDIYCF](#)

69. Лapidус, А. А. Декомпозиция производственно-логистических процессов в строительстве / А.А. Лapidус, Г.Б. Сафарян // Наука и бизнес: пути развития. 2019. №1. С. 53-56.

70. Лapidус, А. А. Инструмент оперативного управления производством — интегральный потенциал эффективности организационно-технологических и управленческих решений строительного объекта / А. А. Лapidус // Вестник МГСУ. 2015. № 1. С. 97—102.

71. Лapidус, А. А. Исследование факторов, влияющих на показатель потенциала строительной площадки / А. А. Лapidус, Л.П. Демидов // Вестник МГСУ. 2014. № 4. С. 160—166.

72. Лapidус, А. А. Научно-техническое сопровождение изысканий, проектирования и строительства как обязательный элемент достижения требуемых показателей проекта / А. А. Лapidус // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 11(134). – С. 1428-1437. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.11.1428-1437. – EDN EGHVEN.

73. Лapidус, А. А. Организационно-технологическая надежность производственно-логистических процессов в строительстве / А.А. Лapidус, Г.Б. Сафарян // Наука и бизнес: пути развития. 2019. №4. С. 49-52.

74. Лapidус, А. А. Потенциал производственно-логистических процессов в строительстве / А.А. Лapidус, Г.Б. Сафарян // Наука и бизнес: пути развития. 2019. №4. С. 49-52.

75. Лapidус, А. А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений при строительстве крупных промышленных комплексов / А. А. Лapidус, А. Ю. Мищенко // Перспективы науки. 2018. №12. С. 10-14.

76. Лapidус, А. А. Стратегическое и тактическое управление технической оснащённостью строительства / А. А. Лapidус, З. Р. Тускаева // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 3-9. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_3. – EDN FVSZED.

77. Лapidус, А. А. Учёт необходимости выполнения научно-технического сопровождения проектирования при планировании и реализации проектно-изыскательских работ по объектам повышенного уровня ответственности / А. А.

Лapidус, А. В. Шистерова // Системные технологии. – 2019. – № 1(30). – С. 10-17. – EDN UPLSMB.

78. Лapidус, А. А. Формирование организационно-технологических платформ в строительстве / А. А. Лapidус // Строительное производство. – 2022. – № 1. – С. 2-6. – DOI 10.54950/26585340_2022_1_2. – EDN PYQGHU.

79. Логвинова, А. Н. Применение аналитически-расчетного метода нормирования труда персонала в энергосистемах предприятий горной промышленности / А. Н. Логвинова // Энергосбережение и водоподготовка. – 2006. – № 4(42). – С. 75. – EDN JVCTGH.

80. Мамаева, О. А. Проблемные вопросы технического нормирования при разработке новых сметных норм / О. А. Мамаева, А. Н. Савенков // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии: Сборник статей 79-ой всероссийской научно-технической конференции, Самара, 18–22 апреля 2022 года / Под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2022. – С. 988-998. – EDN CYWMRH.

81. Матвеев, М. Ю. Зарубежный опыт совершенствования системы нормирования труда в строительстве / М. Ю. Матвеев, М. Н. Сборщикова, С. Б. Сборщиков // Техническое регулирование. Строительство, проектирование и изыскания. 2011. № 3. С. 47-50.

82. Методика определения норм затрат труда на пусконаладочные работы на основе метода экспертных оценок, ВНИИПИ труда в строительстве Госстроя СССР, Москва, 1989 г.

83. Методика определения сметных цен, на затраты труда работников в строительстве, утвержденная приказом Минстроя России от 01.07.2022 № 534/пр.

84. Методика по разработке и применению нормативов накладных расходов при определении сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, утвержденной приказом Минстроя России от 21.12.2020 № 812/пр.

85. Методика по разработке и применению нормативов сметной прибыли при определении сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, утвержденная приказом Минстроя России от 11.12.2020 № 774/пр.

86. Методика разработки сметных норм, утвержденная приказом Минстроя России от 18 июля 2022 г. № 577/пр.

87. Методические вопросы разработки технологических карт в строительстве для модульного дома на основе хронометражных наблюдений / Л. В. Киевский, С. А. Тихомиров, Э. И. Кулешова, В. А. Щеглов // Промышленное и гражданское строительство Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. М.; Стройиздат;. 2016. - № 11. - С. 41-49.

88. Методические рекомендации по проектированию и проверке технически обоснованных норм времени расчетно-исследовательским методом в дорожном хозяйстве (утверждены распоряжением Минтранса России от 14.04.2003 г. № ОС-338-р).

89. Методические рекомендации по разработке государственных элементных сметных норм на строительные, специальные строительные и ремонтно-строительные работы (утверждены приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 04.09.2019 № 509/пр).

90. Методические рекомендации по разработке сметных норм на монтаж оборудования и пусконаладочные работы (утверждены приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 04.09.2019 № 511/пр) // <https://minstroyrf.gov.ru/docs/13588/>. - с. 91

91. Методические рекомендации по разработке сметных норм на монтаж оборудования и пусконаладочные работы (утверждены приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 04.09.2019 № 511/пр).

92. Морозенко, А.А. Рефлексно-адаптивная организационная структура инвестиционно-строительных проектов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.22 / Морозенко Андрей Александрович. - М., 2013. - 303 с.

93. Морозенко, А. А. Аналитический расчет надежности участников инвестиционно-строительных проектов как элементов организационной структуры / А. А. Морозенко, И. Е. Воронков // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 8. – С. 27-29. – EDN GWCONW.

94. Морозенко, А. А. Методика определения трудозатрат возведения АЭС в зависимости от степени укрупнения армоблока / А. А. Морозенко, А. А. Шашков // Строительное производство. – 2022. – № 3. – С. 47-53. – DOI 10.54950/26585340_2022_3_47. – EDN YJCRLA.

95. Морозенко, А. А. Управление инвестиционно-строительными проектами на основе матрицы ключевых событий / А. А. Морозенко, Д. В. Красовский // Вестник МГСУ. – 2016. – № 11. – С. 105-113. – DOI 10.22227/1997-0935.2016.11.105-113. – EDN UTKZOR.

96. Морозенко, А. А. Управление рисками в процессе поставки технологического оборудования при возведении объектов энергетики / А. А. Морозенко, Р. В. Якимчук // Вестник МГСУ. – 2015. – № 6. – С. 124-130. – EDN TUCWYX.

97. Морозенко, А. А. Устранение недостатков календарно-сетевого планирования путем применения матрицы ключевых событий проекта / А. А. Морозенко, Д. В. Красовский // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 6(105). – С. 674-679. – DOI 10.22227/1997-0935.2017.6.674-679. – EDN ZASZID.

98. Морозенко, А. А. Формирование организационной структуры строительной фазы крупноблочного возведения АЭС / А. А. Морозенко, А. А. Шашков // Строительное производство. – 2022. – № 3. – С. 76-82. – DOI 10.54950/26585340_2022_3_76. – EDN KEVJXL.

99. Мухаметзянов, З. Р. Разработка методики определения показателя совмещения строительных процессов с использованием минимального

технологического объема / З. Р. Мухаметзянов // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 1. – С. 58-62. – EDN TGOSED.

100. Мухаметзянов, З. Р. Разработка методики построения адаптивной структуры управления строительным предприятием: специальность 05.23.08 "Технология и организация строительства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мухаметзянов Зинур Ришатович. – Уфа, 2004. – 123 с. – EDN NMRGBP.

101. Мухаметзянов З. Р. Развитие методологии и теории разработки организационно-технологических решений по строительству отраслевых комплексов // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, 2020.

102. Мухаметзянов, З. Р. Формирование теоретических и методологических основ повышения эффективности организационных решений для целей календарного планирования / З. Р. Мухаметзянов, Е. В. Гусев, Р. В. Разяпов // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 12. – С. 68-72. – EDN VBDZGN.

103. Некрестьянов, В. Н. Анализ проблемы разрушения объектов строительства / В. Н. Некрестьянов // Естественные и технические науки. – 2014. – № 4(72). – С. 161-164.

104. НП-001-15 «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций».

105. НП-090-11 «Требования к программам обеспечения качества для объектов использования атомной энергии».

106. Олейник, П. П. Мероприятия программы постконфликтного восстановления городов / П. П. Олейник, А. Мааруф // Строительное производство. – 2022. – № 1. – С. 54-58. – DOI 10.54950/26585340_2022_1_54. – EDN UHXLHE.

107. Олейник, П. П. Методика нормирования показателей выполнения подготовительных работ / П. П. Олейник, В. И. Бродский // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 1 (2). – С. 27-31.

108. Олейник, П. П. Оптимизация планов работ производственной программы строительной организации / П. П. Олейник, А. Ю. Юргайтис, М. Н. Данилочкин, А. Т. Гребенников // Строительное производство. – 2020. – № 1. – С. 33-37. – DOI 10.54950/26585340_2020_1_33. – EDN UUCNSL.

109. Олейник, П. П. Организация планирования строительного производства / П. П. Олейник, В. И. Бродский // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 2 (3). – С. 40-43.

110. Олейник, П. П. Совершенствование контроля качества строительства на основе многофакторного анализа исполнительной технической документации / П. П. Олейник, О. Г. Куренков // Строительное производство. – 2019. – № 4. – С. 27-30. – DOI 10.54950/26585340_2019_4_27. – EDN FQMOFM.

111. Олейник, П. П. Узловой метод организации строительства и реконструкции промышленных предприятий / П. П. Олейник, Б. Ф. Ширшиков // М.: МГСУ, 2009.

112. Олейник, П. П. Управление обращением с отходами строительства и сноса / П. П. Олейник, В. О. Чулков // Отходы и ресурсы. – 2016. – Т. 3, № 1. – С. 5. – DOI 10.15862/03RRO116. – EDN XBGYPZ.

113. Организационно-управленческая деятельность в строительстве АЭС: [учебное пособие для обучающихся по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений (по специализации «Строительство сооружений тепловой и атомной энергетики) и по направлению подготовки 08.04.01 Строительство] / А.А. Морозенко, И.Е. Воронков, Н.Ю. Кузьмин; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Москва: Издательство МИСИ — МГСУ, 2019.- 116 с. ISBN 978-5-7264-1967-1.

114. Организация и технология строительства атомных станций: Учебник / Ю.Н. Доможилов, Э.Л. Кокосадзе, О.В. Колтун [и др.]; под ред. В.И. Теличенко;

М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». М.: Изд-во МИСИ- МГСУ, 2012.

115. Организационно-технологические правила строительства атомных электростанций с реакторами ВВЭР 1200. Том 9 Организация и производство пусконаладочных работ, 2023, - 375 с.

116. Перечень поручений Президента России от 17.07.2019. № Пр-1381ГС по итогам заседания Государственного совета.

117. Постановление Правительства РФ от 11.11.2002 № 804 «О Правилах разработки и утверждения типовых норм труда».

118. Правила мониторинга цен строительных ресурсов, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2016 г. № 1452 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2017 3№ 1, ст. 184; 2019, № 21, ст. 2566).

119. Приказ Госкорпорации «Росатом» от 26.02.2018 № 1/204-П «Об утверждении Концепции отраслевой системы комплексного управления стоимостью и сроками сооружения объектов использования атомной энергии (Total Cost Management Nuclear Construction)».

120. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 13.01.2020 № 2/пр «Об утверждении Порядка утверждения сметных нормативов и о признании утратившим силу приказа Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 13 апреля 2017 г. № 710/пр "Об утверждении Порядка утверждения сметных нормативов"» (Зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 18.02.2020 № 57527).

121. Рясный, С. И. Ввод блока АЭС в эксплуатацию: оптимизация продолжительности и затрат / С. И. Рясный, Э. С. Сааков, М. Н. Фомин // Электрические станции. – 2008. – № 7. – С. 4-9. – EDN JWLNSB.

122. Рясный С.И. Влияние процесса ввода в эксплуатацию на последующую промышленную эксплуатацию атомных электростанций // Вестник МЭИ. 2019. № 5. С. 24—31. DOI: 10.24160/1993-6982-2019-5-24-31.

123. Рясный, С. И. Задачи оптимизации при испытаниях оборудования и сооружений реакторных установок АЭС в период ввода в эксплуатацию. Атомные электрические станции. 20 лет после аварии на Чернобыльской АЭС / С.И. Рясный, Э.С. Сааков, В.П. Дерий // Сборник статей под общей редакцией Обозова С.А., Москва, - 2006, - с. 57-67.

124. Рясный, С. И. Управление ресурсом оборудования при инженерной поддержке эксплуатации АЭС / С. И. Рясный // Теплоэнергетика. – 2015. – № 5. – С. 39. – DOI 10.1134/S0040363615050100. – EDN TPWNOL.

125. Сааков, Э. С. Ввод в эксплуатацию энергоблоков АЭС / Э. С. Сааков, С. И. Рясный; Э. С. Сааков, С. И. Рясный // Москва: Энергоатомиздат, 2007. – 495 с. – ISBN 978-5-283-03268-9. – EDN QMJWNN.

126. Сааков, Э. С. Методика прогнозирования продолжительности сооружения и ввода в эксплуатацию энергоблоков АЭС с учётом рисков / Э. С. Сааков, В. М. Цыбенко, С. И. Рясный // Электрические станции. – 2008. – № 2. – С. 4-8. – EDN JWLOTT.

127. Сааков, Э. С. Оптимизация продолжительности и затрат на ввод блока АЭС в эксплуатацию / Э. С. Сааков, С. И. Рясный, М. Н. Фомин // Материалы 6-й международной научно-технической конференции «Безопасность, экономика и эффективность атомной энергетики». - Москва. Концерн «Росэнергоатом». - 2008.

128. Сааков, Э. С. Опыт организации, управления, координации и планирования пусконаладочных работ на всех этапах ввода в эксплуатацию блока №3 Калининской АЭС / Э. С. Сааков, В. П. Дерий, Н. Б. Шестаков [и др.] // 5-я международная научно-техническая конференция «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР». Сборник трудов. - Подольск. ФГУП ОКБ «Гидропресс», - 2007.

129. Сааков, Э. С. Регулирование и оптимизация ввода в эксплуатацию энергоблоков АЭС: специальность 05.14.03 "Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Э. С. Сааков // – Мытищи, 2008.

130. Сааков, Э. С. Регулирование процесса ввода в эксплуатацию энергоблоков АЭС / Э. С. Сааков // Электрические станции. – 2007. – № 10. – С. 2-6. – EDN JWTBGR.

131. Савенков, А. Н. Методические подходы к развитию технического нормирования в строительстве / А. Н. Савенков // Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – № 7. – С. 51-57. – DOI 10.33622/0869-7019.2021.07.51-57. – EDN FTEEXA.

132. Савенков, А. Н. Организационно-технологические особенности пусконаладочных работ на объектах атомной энергетики / А. Н. Савенков, С. Б. Сборщиков // Промышленное и гражданское строительство. – 2022. – № 1. – С. 56-64. – DOI 10.33622/0869-7019.2022.01.56-64. – EDN AGPPBV.

133. Савенков, А. Н. Инжиниринг пусконаладочных работ при строительстве объектов использования атомной энергии / А. Н. Савенков, А. Н. Макаров // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 4. – С. 63-70. – DOI 10.33622/0869-7019.2023.04.63-70. – EDN MZRRPM.

134. Сборщиков, С. Б. Интенсификация строительства объектов атомной энергетики. организационно-технологические решения / С. Б. Сборщиков // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 6. С. 321-323.

135. Сборщиков, С. Б. Кластеры, технологические платформы, еврокоды. перспективы их использования в строительстве / С. Б. Сборщиков, А. С. Субботин // Техническое регулирование. Строительство, проектирование и изыскания. 2011. № 5. С. 24-26.

136. Сборщиков, С. Б. Механизм государственного регулирования и стимулирования инвестиционно-строительной деятельности /монография/ С. Б. Сборщиков // АСВ. – Москва. - 2004.

137. Сборщиков, С. Б. Новые подходы к нормированию труда в строительстве / С. Б. Сборщиков // Нормирование и оплата труда в строительстве. 2017. № 7. С. 11-20.

138. Сборщиков, С. Б. О ресурсообеспечении управления качеством строительной продукции / С. Б. Сборщиков, Н. В. Лазарева // Нормирование и оплата труда в строительстве. 2017. № 12. С. 58-60.

139. Сборщиков, С. Б. Особенности организации и технологии пусконаладочных работ на объектах атомной энергетики / С. Б. Сборщиков, А. Н. Савенков // Новые технологии в строительстве. 2023. Том: 9. № 2 (44). С. 24-33. DOI: 10.24412/2409-4358-2023-2-88-97.

140. Сборщиков, С. Б. Параметрическая модель функционирования системы стратегического контроллинга строительства уникальных и технически сложных объектов / С. Б. Сборщиков, Д. М. Лейбман // Проблемы социально-экономического развития Сибири. – 2017. – № 4(30). – С. 72-77. – EDN YLWXUN.

141. Сборщиков, С. Б. Параметры реинжиниринга технологических процессов / С. Б. Сборщиков, Н. В. Лазарева, Л. А. Маслова // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 4. – С. 28-33. – DOI 10.33622/0869-7019.2020.04.28-33. – EDN GIKDHL.

142. Сборщиков, С. Б. Ресурсообеспечение реинжиниринга объектов капитального строительства / С. Б. Сборщиков, Н. В. Лазарева, Л. А. Маслова // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 12. – С. 66-71. – DOI 10.33622/0869-7019.2019.12.66-71. – EDN RTEIMG.

143. Сборщиков, С. Б. Стоимостной инжиниринг в строительстве / С. Б. Сборщиков, А. А. Бобин // Научное обозрение. 2015. № 13. С. 208-211.

144. Сборщиков, С. Б. Стоимостной инжиниринг как основа интеграции процессов планирования, финансирования и ценообразования в инвестиционно-строительной деятельности / С. Б. Сборщиков, Н. В. Лазарева // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 178-185.

145. Синенко, С. А. Внедрение методики оценки поставщиков как один из способов сокращения сроков строительства / С. А. Синенко, И. М. Мирошникова // Системные технологии. – 2018. – № 2(27). – С. 14-19. – EDN XTFJZB.

146. Синенко, С. А. Системотехника проектирования организации строительного производства: специальность 05.13.12 "Системы автоматизации

проектирования (по отраслям)": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук /С. А. Синенко // – Москва. - 1992. – 24 с. – EDN ZLMDGH.

147. СП 48.13330.2019. Свод правил. Организация строительства. СНиП 12-01-2004.

148. СП 75.13330.2011 Строительные нормы и правила. Технологическое оборудование и технологические трубопроводы.

149. СП 76.13330.2016. Свод правил. Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85

150. СП 77.13330.2016 Системы автоматизации. Актуализированная редакция СНиП 3.05.07-85.

151. СТО 1.1.1.03.003.0879-2012 «Ввод в эксплуатацию блоков атомных станций с водо-водяными энергетическими реакторами. Порядок выполнения и приемки пусконаладочных работ на технологических системах и оборудовании».

152. СТО 1.1.1.03.003.0879-2018 «Ввод в эксплуатацию блоков атомных станций с водо-водяными энергетическими реакторами. Порядок выполнения и приемки пусконаладочных работ на технологических системах и оборудовании».

153. СТО 1.1.1.03.003.0880-2017 «Ввод в эксплуатацию блоков атомных станций с водо-водяными энергетическими реакторами. Объем и последовательность пусконаладочных работ».

154. СТО 1.1.1.03.003.0881-2017 «Ввод в эксплуатацию блоков атомных станций. Термины и определения».

155. СТО 1.1.1.03.003.0906-2013 «Ввод в эксплуатацию блоков атомных станций с водо-водяными энергетическими реакторами. Порядок выполнения и приемки пусконаладочных работ на электрооборудовании».

156. СТО 1.1.1.03.003.0907-2018 «Ввод в эксплуатацию блоков атомных станций. Отчетная документация».

157. СТО 1.1.1.03.003.0914-2013 «Ввод в эксплуатацию блоков атомных станций с водо-водяными энергетическими реакторами. Порядок выполнения и приемки пусконаладочных работ на АСУ ТП».

158. СТО 1.1.1.03.003.0916-2018 «Правила ввода блоков атомных станций в эксплуатацию».

159. СТО НОСТРОЙ 2.24.91-2013 «Пусконаладочные работы на системах и оборудовании при сооружении и вводе в эксплуатацию объектов использования атомной энергии. Основные требования и система контроля качества», Москва, 2015 г.

160. СТО НОСТРОЙ 2.24.91-2013 «Пусконаладочные работы на системах и оборудовании при сооружении и вводе в эксплуатацию объектов использования атомной энергии. Основные требования и система контроля качества», Москва, 2015 г.

161. Султанова, И. П. Анализ методов планирования, управления и разработки организационно-технологических решений в проектах капитального строительства / И. П. Султанова // Вестник МГСУ. – 2015. – № 7. – С. 127-136. – EDN UAPRZR.

162. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (с изменениями на 30 апреля 2021 года).

163. Фатуллаев, Р. С. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_86. – EDN XWISIS.

164. Фахратов, М. А. Повышение эффективности организации строительного производства / М. А. Фахратов, М. Ф. Кужин // Системные технологии. – 2023. – № 2(47). – С. 108-112. – DOI 10.55287/22275398_2023_2_108. – EDN ABYVPW.

165. Фахратов, М.А. Основные участники создания объекта капитального строительства и подготовки строительного производства / М. А. Фахратов, Р. Р. Аманов, В. М. Фахратов, В. В. Ефимов // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 2. – EDN APPEDU.

166. Федеральный закон от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации».

167. Федеральный закон от 01 декабря 2007 г. № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом».

168. Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2014, № 26, ст. 3378).

169. Феоктистова, О. А. Нормирование научно-исследовательского труда: методологические подходы / О. А. Феоктистова // – 2014. – № 5(24). – С. 138. – EDN TKENCV.

170. Широкова, А. Н. Актуальные проблемы, решаемые средствами гигиеники в организации строительного производства / А. Н. Широкова, С. А. Синенко // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 3(87). – С. 38-45. – EDN QMSBYH.

171. Шмойлова, Р. А. Теория статистики: учебник / Р. А. Шмойлова, В. Г. Минашкин, Н. А. Садовникова, Е. Б. Шувалова; под ред. Р. А. Шмойловой. - 5-е изд. - Москва : Финансы и статистика, 2014. - 656 с. - ISBN 978-5-279-03295-2.

172. Шрейбер, А.К. Организация и планирование строительного производства / А.К. Шрейбер, Л.И. Абрамов, А.А. Гусаков [и др.]; под ред. А. К. Шрейбера // – М.: Высш. шк., 1987. – 368 с.

173. Шрейбер, А.К. Организация и планирование строительства / А.К. Шрейбер, Л.И. Абрамов, А.Е. Лейбман.// М.: Стройиздат, 1981. – 268 с.

174. Штехин, С. Е. Разработка алгоритма распознавания движений человека методами компьютерного зрения в задаче нормирования рабочего времени / С. Е. Штехин, Д. К. Карачев, Ю. К. Иванова // Труды Института системного программирования РАН. – 2020. – Т. 32, № 1. – С. 121-136. – DOI 10.15514/ISPRAS-2020-32(1)-7. – EDN WZIKL.

175. Щеколдин, В. А. Совершенствование нормирования труда в условиях реформирования промышленных предприятий / В. А. Щеколдин // – 1999. – № 1. – С. 70-79. – EDN VRVDRF.

176. Юрлов, Ф. Ф. Формулирование и анализ подходов к оценке эффективности промышленных объектов атомной отрасли / Ф. Ф. Юрлов, М. И.

Ершова // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 10(113). – С. 108-118. – DOI 10.24411/2227-9407-2020-10099. – EDN NLOJOR.

177. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) Sixth Edition. – USA: Project Management Institute, 2014.

178. Bhardwaj, S.R. Minimum requirements and section detailing provisions for steel-plate composite (SC) walls in safety-related nuclear facilities / S.R. Bhardwaj, A.H. Varma, S.R. Malushte // Engineering Journal - American Institute of Steel Construction. 2017. Vol. 54. No. 2. Pp. 89-107.

179. Burgan B.A. Composite steel-concrete modular construction for newgeneration nuclear power plants / B.A. Burgan // Innovation & Research Focus. May 2013. Issue 93.

180. Byrne J. ACR-1000 (R) constructability and modularization / J. Byrne, M. Elgohary, B. Canas, D. Shemavonian, R. Ricciuti, L. Hiebert // ICONE 16: Proceeding of the 16th International Conference on Nuclear Engineering. 2008.

181. Edwards H. Manufacturing power stations / H. Edwards, A. Locke, A. Jackson // Ingenia. December 2016. Issue 69.

182. Jung D.Y. Advanced construction methods for new nuclear power plants /D.Y. Jung, Y.K. Kang, C.H. You // Proceedings of the Asme Pressure Vessels and Piping Conference. 2010. Vol 9. Pp. 55-59.

183. Mamaeva, O.A. «Establishing relevant regulatory framework for construction cost calculation in BIM-systems»/«Формирование актуальной нормативной основы определения стоимости строительства в BIM-системах»/ O.A. Mamaeva, S.M. Burakov, A.N. Savenkov //CAEST 2019 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 775 (2020) 012043 doi:10.1088/1757 899X/775/1/012043.

184. Kajiyama N. Hitachi's involvement in nuclear power plant construction in Japan / N. Kajiyama, K. Hamamura, K. Murayama // Hitachi Review. 2009. Vol. 58. No. 2.

185. Kupitz J. Trends in nuclear-power reactor design and technology / J. Kupitz, A. Goodjohn // Energy. 1991. Vol. 16. No. 1-2.

186. Lapp C. W. Modular design and construction techniques for nuclear power plants / C.W. Lapp, M.W. Golay // Nuclear Engineering and Design. 1997.
187. Maraveas C. Mechanical properties of high and very high steel at elevated temperatures and after cooling down / C. Maraveas, Z.C. Fasoulakis, K.D. Tsavdaridis // Fire Science Reviews. 2017. No. 6:3.
188. Maronati G. EVAL: A methodological approach to identify NPP total capital investment cost drivers and sensitivities / G. Maronati, B. Petrovic, J.J. Van Wyk, M.H. Kelley, C.C. White // Progress in Nuclear Energy. 2018.
189. Muravyova, E. An index approach to calculating forecasted technosphere risks / E. Muravyova, N. Maslennikova, E. Krasnova // AIP Conf. Proc. 2910, 020003. October 13. 2023. <https://doi.org/10.1063/5.0175253>
190. Muhamad Zaihafiz Bin Zainal Abidin, Evolution of project management body of knowledge for Malaysian construction industry: A historical mapping / Muhamad Zaihafiz Bin Zainal Abidin, Fadzil Hassan // AIP Conf. Proc. 2881, 020010. October 05. 2023. <https://doi.org/10.1063/5.0167668>
191. Reno Alamsyah, Decommissioning insight in NPP design: A case study of Indonesia / Reno Alamsyah // AIP Conf. Proc. 2525, 090001. November 14. 2022. <https://doi.org/10.1063/5.0127475>
192. Savenkov, A. N. Markova Features of the development of estimate standards for the capital repairs of industrial equipment / A.N. Savenkov, I. Ilina // AIP Conference Proceedings 2612, - 040021 (2023), - <https://doi.org/10.1063/5.0116952>
193. Shash A.A.H. A probabilistic model for U.S. nuclear power construction times: dis. ... Ph.D. / Shashsh Ali Ali H.; The university of Texas at Austin – Austin, 1988.
194. Shashkov, A. A. Reengineering of organizational structures during large-block construction / A. A. Shashkov; A. A. Morozenko // AIP Conf. Proc. 2999, 020056. July 06. 2023. <https://doi.org/10.1063/5.0158467>
195. Shashkov, A. A. Comparison of labor costs for various methods of NPP construction / A. A. Shashkov, A. A. Morozenko // AIP Conf. Proc. 2791, 050033. August 02. 2023. <https://doi.org/10.1063/5.0156797>

196. Shishkin V. A. Development of a management decision-making model under conditions of plant power control / V. A. Shishkin; M. V. Alenichev; A. D. Danilov; K. Y. Gusev; S. N. Mamedov // *AIP Conf. Proc.* 2647, 070019. November 01. 2022. <https://doi.org/10.1063/5.0104415>

197. Talabi S.M. Improving cost and schedule performance on large energy infrastructure deployment projects: establishment of best practices for risk management and organizational learning based on nuclear power generation project assessments: dis. ... Ph.D. / Talabi Sola M.; Carnegie Mellon University – Pittsburgh, 2013.

198. Valentin V. Impact assessment of inter-organizational dynamics on the performance metrics of capital-intensive projects: dis. ... Ph.D. / Valentin Vanessa; Purdue University – West Lafayette, Indiana, 2011.

199. Varma A.H. Modularity & using steel-plate composite (SC) walls for nuclear and commercial construction / A.H. Varma, S.R. Malushte, Z. Lai // 11th International Conference on Advances in Steel and Concrete Composite Structures. Tsinghua University. Beijing. China. December 2015.

Приложение А. Акт о внедрения результатов



АТОМТЕХЭНЕРГО
РОСАТОМ

ОРГАНИЗАЦИЯ АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ»

**Акционерное общество
по наладке, совершенствованию
эксплуатации и организации управления
атомных станций «Атомтехэнерго»
(АО «Атомтехэнерго»)**

3-й Монетчиковский пер., д. 11, стр. 1,
вн. тер. г. м. о. Замоскворечье, Москва, 115054
Телефон (495) 287-97-00, факс (495) 287-88-19
E-mail: MGP@atech.ru
ОКПО 13181859, ОГРН 1075029010187
ИНН 5029106714, КПП 770501001



УТВЕРЖДАЮ
советник генерального директора
АО «Атомтехэнерго», к.т.н

В.П. Дерий

«04» сентября 2023 г.

АКТ

о внедрении результатов

кандидатской диссертационной работы
Савенкова Андрея Николаевича на тему:

«Методика планирования при инжиниринге пусконаладочных работ на атомных
электростанциях»

Комиссия в составе:

председатель - советник генерального директора АО «Атомтехэнерго»,
к.т.н. Дерий В.П.,

члены комиссии:

Заместитель генерального директора-директор
«Нововоронежатомтехэнерго» Константинов С.С.,

Начальник участка реактора, ГПМ и ТТО ЦТСО
«Нововоронежатомтехэнерго» Гуньков В.Л.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы
Савенкова Андрея Николаевича на тему: «Методика планирования при
инжиниринге пусконаладочных работ на атомных электростанциях»
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук,

использованы в рамках инжиниринговой деятельности АО «Атомтехэнерго» и направлены на совершенствование системы организации производства в условиях возникающих рисков при проведении пусконаладочных работ на АЭС» (далее – диссертация).

Исследования легли в основу методики учета рисков при планировании и выполнении пусконаладочных работ на втором энергоблоке Белорусской АЭС (машина перегрузочная в здании реактора).

Проведена апробация разработанной методики на примере технологической части машины перегрузочной 10FCA в здании реактора 10UJA энергоблока №1 Белорусской АЭС, в рамках которой установлена продолжительность ПНР, проведена оценка рисков, а также выработан комплекс мер по их минимизации и снижению степени их влияния на сроки проведения работ в целях обеспечения эффективности.

Апробация и внедрение показали, что разработанная методика позволяет определить сроки проведения работ в условиях неопределенности, выявить риски и учесть комплекс мер по их минимизации в целях обеспечения эффективности использования ресурсов и сокращения сроков строительства и ввода объекта в эксплуатацию.

Предложенный и апробированный принципиально новый подход предполагающий определение сроков (норм) продолжительности состоящих из норм времени основного процесса и норм времени на устранение дефектов и несоответствий, с учетом вероятности их возникновения, позволит в дальнейшем формировать базы данных и управлять рисками, создавать корпоративные (отраслевые) стандарты и нормативы (продолжительности). Со временем, расширяя базу данных рисков и набирая статистику по вновь построенным объектам, проводить периодическую актуализацию нормативов., используя в том числе предложенные в рамках диссертации алгоритмы и методические подходы.

В рамках внедрения результатов проводимых исследований при планировании и выполнении ПНР на машине перегрузочной 20 FCA здании реактора 20 UJA на энергоблоке №2 Белорусской АЭС совместно с АО «Атомтехэнерго» были проведены мероприятия в части оценки рисков с учетом разработанных предложений по их минимизации.

По результатам ПНР машины перегрузочной на энергоблоке №2 Белорусской АЭС приведены фактические трудозатраты и сравнение с трудозатратами на ПНР машины перегрузочной на энергоблоке №1, а также приведены данные по трудозатратам рассчитанным по формуле (19) диссертации и представлены в таблице 1.

Таблица 1.

№	Этапы выполнения ПНР	Место проведения ПНР	Расчетные без учета рисков, чел.-ч	БелАЭС блок №1, чел.-ч	БелАЭС блок №2, чел.-ч
1.	Подготовительные работы, в том числе:		4102	4 464	2 982
1.1.	Организационная и инженерная подготовка работы	Камеральные	2560	2 560	2 176

№	Этапы выполнения ПНР	Место проведения ПНР	Расчетные без учета рисков, чел.-ч	БелАЭС блок №1, чел.-ч	БелАЭС блок №2, чел.-ч
1.2.	Работы на завершающей стадии монтажа	На площадке	1542	1 904	806
2.	Функциональные испытания	На площадке	2458	3 755	5 152
3.	Комплексное опробование	На площадке	1258	1 685	781
4.	Разработка отчетной документации	Камеральные	864	864	772
		Камеральные	3423	3 424	2 948
		На площадке	5258	7 344	6 739
		Итого:	8681	10 768	9 687

Заключение: Использование указанных результатов позволяет: повысить качество календарного планирования пусконаладочных работ; кодировать и систематизировать риски согласно предложенного классификатора рисков, учитывающего факторы наступления, вид ущерба и условия возникновения.

Разработанный в рамках исследований комплекс мер по минимизации рисков позволил провести организационно-технические мероприятия, сократить трудозатраты при проведении пусконаладочных работ и повысить производительность труда инженеров наладчиков.

Председатель комиссии:

Советник
генерального директора
АО «Атомтехэнерго», к.т.н.
Дерий В.П.



Члены комиссии:

Заместитель генерального директора–
директор Нововоронежского филиала
АТЭ «Нововоронежатомтехэнерго»
Константинов С.С.



Начальник участка реактора,
ГПМ и ТТО ЦТСО «Нововоронежатомтехэнерго»
Гуныков В.Л.



Приложение Б. Диплом лауреата Всероссийского инженерного конкурса



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДИПЛОМ ЛАУРЕАТА

подтверждает, что

**Савенков
Андрей Николаевич**

прошел(ла) отбор и стал(а) лауреатом
Всероссийского инженерного конкурса 22/23

Заместитель председателя
организационного комитета
ВИК

В.И. Шевченко

