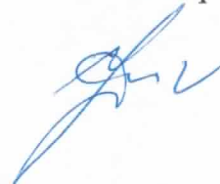


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

На правах рукописи



**Самарин Илья Вадимович**

**МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ  
АВТОМАТИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ  
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Специальности:

- 2.3.4. Управление в организационных системах  
(технические науки)
- 2. 3.3. Автоматизация и управление технологическими  
процессами и производствами  
(технические науки)

Диссертация  
на соискание ученой степени  
доктора технических наук

**Научные консультанты:**

заслуженный деятель науки РФ,  
доктор технических наук, профессор  
**Топольский Николай Григорьевич**

доктор технических наук, старший научный  
сотрудник, декан факультета комплексной  
безопасности ТЭК ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа  
(НИУ) имени И.М. Губкина»  
**Гриняев Сергей Николаевич**

Москва – 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ НА ОБЪЕКТАХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	29
1.1 Особенности управления противопожарными мероприятиями на объектах топливно-энергетического комплекса в обычных и особых условиях. Необходимость научного обоснования качества планирования противопожарных мероприятий.....	37
1.2 Процесс принятия решений лицом, принимающим решения, по безопасности на объекте топливно-энергетического комплекса .....	47
1.3 Сущность проблемы и ее формулировка. Задачи исследования .....	55
1.4 Обоснование применения новых методов интеллектуализации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях.....	67
1.5 Оценка влияния особых условий на рабочие циклы управления подсистем автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности.....	82
1.6 Выводы по главе 1.....	94
<b>ГЛАВА 2 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ</b> .....	97
2.1 Варианты количественного расчета показателя эффективности автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса для обычных и особых условий .....	97
2.1.1 Модель оценки обеспечения комплексной безопасности в автоматизированной системе пожаровзрывобезопасности для объекта топливно-энергетического комплекса в обычных условиях.....	99
2.1.2 Модель оценки обеспечения комплексной безопасности объекта топливно-энергетического комплекса с учетом диагностики извещателей в особых условиях .....	137
2.2 Использование стратегического планирования в качестве научно обоснованного варианта решения проблемы повышения эффективности управления пожаровзрывобезопасностью в особых условиях .....	145
2.3. Решение задач динамического стратегического планирования для повышения эффективности работы подсистем автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности в особых условиях с использованием математического программирования.....	165

2.4	Получение агрегатного показателя качества эффективности работы автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности в особых условиях. Обобщенная математическая постановка задачи .....	188
2.5	Выводы по главе 2.....	209
<b>ГЛАВА 3 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ СИСТЕМ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ.....</b>		<b>211</b>
3.1	Определение значимостей основных типов долгосрочных задач условно-расчетного предприятия топливно-энергетического комплекса .....	211
3.2	Определение значимостей среднесрочных задач условно-расчетного предприятия топливно-энергетического комплекса .....	214
3.3	Определение значимостей основных направлений деятельности объекта топливно-энергетического комплекса по пожаровзрывобезопасности .....	223
3.4	Определение значимостей кластеров (блоков) мероприятий .....	240
3.5	Определение значимостей мероприятий (работ).....	256
3.6	Выводы по главе 3.....	276
<b>ГЛАВА 4 ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ СИСТЕМ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ .....</b>		<b>278</b>
4.1	Мониторинг лицом, принимающим решения, деятельности объекта топливно-энергетического комплекса с помощью предложенных методов ..	278
4.1.1	Использование обратного метода решающих матриц для теоретического обоснования мониторинга лицом, принимающим решения, в автоматизированной системе управления технологическими процессами .....	280
4.1.2	Применение метода прогнозирования результатов комплекса мероприятий для оценки состояния лицом, принимающим решения, различных направлений деятельности .....	287
4.2	Параметрический анализ среднесрочных бюджетных планов работы объекта топливно-энергетического комплекса по пожаровзрывобезопасности .....	299
4.3	Оценка качества отраслевого планирования с помощью предложенных методов .....	309
4.4	Рекомендации по применению предложенных методов для обеспечения пожаровзрывобезопасности .....	318
4.5	Выводы по главе 4.....	321

<b>ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗУЕМОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬЮ .....</b>	<b>324</b>
5.1 Рекомендации по применению разработанной технологии в отдельных подсистемах автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетических комплексов и анализ предложений по развитию средств поддержки управления.....	326
5.1.1 Рекомендации по применению методов технологии в системах пожаротушения в качестве инструмента моделирования для принятия решений лицом, принимающим решения .....	327
5.1.2 Рекомендации по применению методов технологии в автоматизированной системе предотвращения пожаров и взрывов в качестве инструмента моделирования для принятия решений лицом, принимающим решения .....	333
5.2 Модели и алгоритмы подсистемы математического обеспечения автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности для оценки и прогнозирования готовности пожарных сил и средств объектов топливно-энергетических комплексов в особых условиях на основе методов стратегического планирования .....	341
5.2.1 Определение готовности к использованию оборудования автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности первого уровня условно-расчетных объектов топливно-энергетических комплексов в особых условиях.....	341
5.2.2 Модель оценки эффективности по приведению в готовность оборудования автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетических комплексов в особых условиях .....	348
5.2.3 Прогнозирование готовности пожарных сил и средств автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетических комплексов в особых условиях.....	360
5.3 Выводы по главе 5.....	370
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>373</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....</b>	<b>377</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>379</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ .....</b>	<b>412</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Акты внедрения результатов диссертационной работы.....</b>	<b>427</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Объекты топливно-энергетического комплекса (ТЭК) являются важной составляющей критической инфраструктуры страны. В силу сочетания особенностей технологических процессов, характеристик сырья и готовой продукции объекты ТЭК относятся к категории пожаровзрывоопасных. Особенности техпроцессов в ТЭК обуславливают необходимость постоянного поддержания заданных режимов работы с учетом требований пожарной безопасности (ПБ) — отклонение от требуемых режимов влечет за собой тяжелые последствия. По данным Ростехнадзора совокупный ущерб, нанесенный объектам ТЭК, исчисляется млрд рублей (в 2016 — свыше 15 млрд руб., в 2017 — 2 млрд руб., в 2018 — 4,25 млрд руб., в 2019 — 1,94 млрд руб., в 2020 — 6,1 млрд руб.) [1–5]. В целях предупреждения аварийных ситуаций и соблюдения требований пожаровзрывобезопасности (ПВБ) на объектах ТЭК организуются системы пожаровзрывобезопасности (СПВБ). Для согласованного проведения мероприятий на объектах ТЭК разрабатываются и реализуются различные планы, контроль выполнения которых осуществляется лицом, принимающим решение (ЛПР).

В последние годы в отношении ряда отраслей и отдельных предприятий Российской Федерации были введены экономические и политические санкции, которые ограничили доступ к передовым технологиям, снизили доступность инвестиционных ресурсов для опережающего развития научных направлений, связанных с совершенствованием работы СПВБ, и сформировали для объектов ТЭК особые условия работы. Их особенностью стали усиливающиеся негативные факторы, снижающие эффективность как существующих СПВБ (в силу затруднения доступа к импортным запасным частям), так и проектируемых (в силу решения задач по импортозамещению), что в целом привело к возникновению дополнительных, динамически изменяющихся ограничений.

Актуальность диссертационного исследования состоит в новом подходе к планированию противопожарных мероприятий на объектах ТЭК и оценке эффективности организационного планирования в особых условиях.

Налицо противоречие: затраты на обеспечение пожаровзрывобезопасности на объектах ТЭК увеличиваются, однако ущерб от пожаров не снижается (что было бы закономерно), а продолжает расти. Ситуация осложняется наличием и динамикой особых условий.

Выявленное противоречие определяет прикладную проблему, связанную с необходимостью повышения эффективности системы пожаровзрывобезопасности в особых условиях.

С учетом специфики указанной проблемы найти ее решение не представляется возможным без разработки новых подходов к организационному управлению пожаровзрывобезопасностью в возникших особых условиях, что определяет состав научно-технической проблемы, решаемой в диссертационной работе.

Решение поставленной в работе проблемы базируется на гипотезе о том, что требуемый уровень защищенности объекта ТЭК в особых условиях может быть обеспечен за счет совершенствования автоматизации и интеллектуализации организационного управления пожаровзрывобезопасностью. Для достижения указанной цели была предложена и реализована программа исследований, представленная на рисунке В1.

Объектом исследования являются системы пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса.

Предметом исследования является реализуемая в особых условиях автоматизация организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса.

Целью исследования является разработка моделей, методов и алгоритмов автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса.

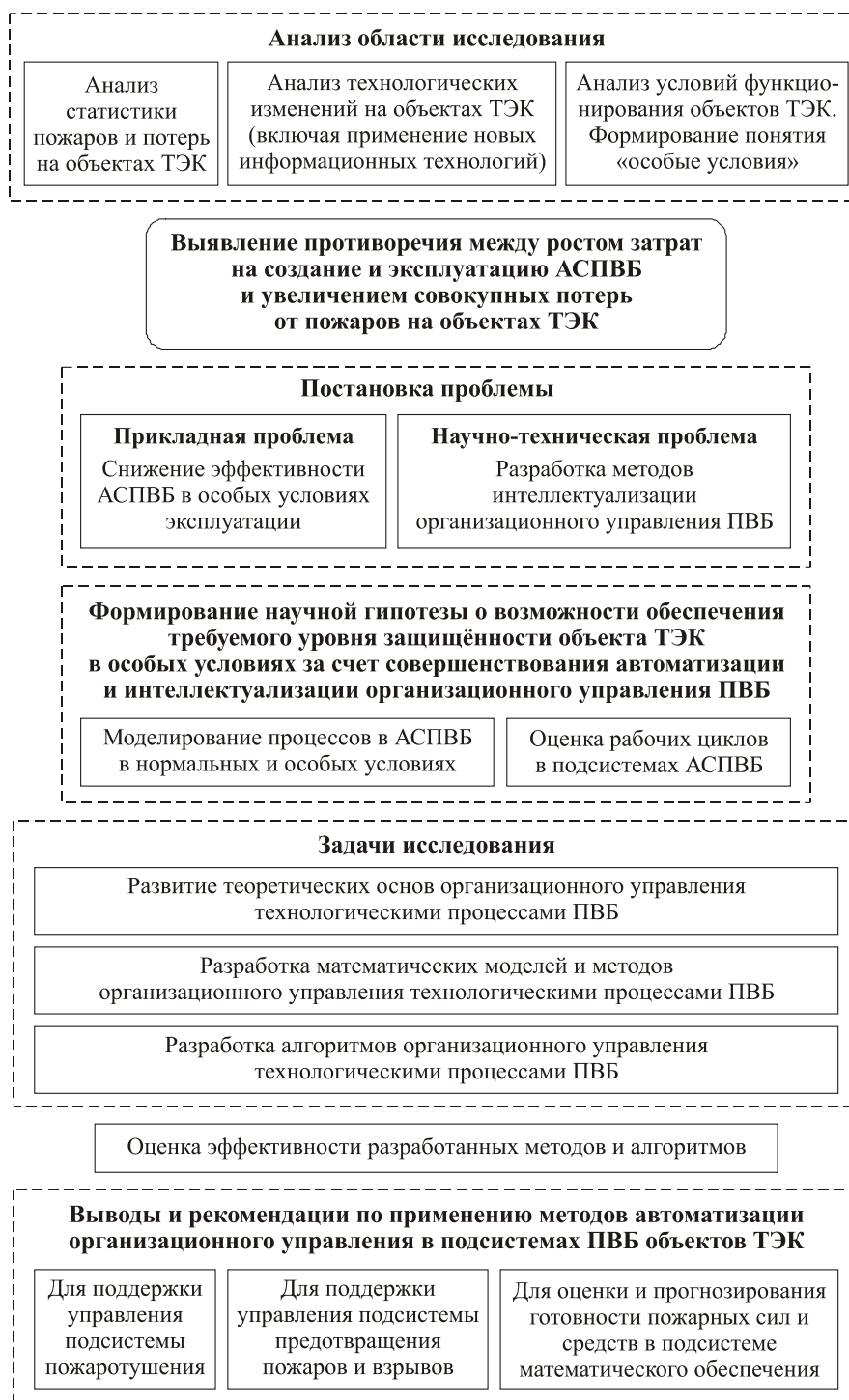


Рисунок В1 — Программа исследования

Поставленная в работе цель достигается путем решения следующих задач:

1. Анализ потерь на объектах топливно-энергетического комплекса в результате пожаров и взрывов; анализ изменений, связанных с применением новых технологий.
2. Анализ функционирования объектов ТЭК в нормальных и особых условиях.
3. Выявление и оценка рабочих циклов в подсистемах автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности.

4. Модифицировать методы организационного управления технологическими процессами пожаровзрывобезопасности в целях учета особых условий, а именно: ввести понятие особых условий, отражающее неритмичность реализации противопожарных мероприятий; оценить и систематизировать рабочие циклы подсистем автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности и связанную с этим проблему повышения их эффективности.

5. Разработка математических моделей и методов организационного управления технологическими процессами пожаровзрывобезопасности.

6. Разработка алгоритмов организационного управления процессами пожаровзрывобезопасности.

7. Оценка эффективности разработанных методов и алгоритмов.

8. Подготовка выводов и рекомендаций по повышению эффективности автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях.

**Степень разработанности темы исследования.** Состав, структура и механизм применения автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности были глубоко проработаны в предыдущие годы. Большой вклад в развитие теоретической базы создания таких систем внесли Н.Г. Топольский, А.В. Федоров, С.Ю. Бутузов, В.А. Минаев, Ю.В. Прус, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, А.А. Таранцев, Е.А. Мешалкин, С.А. Качанов, А.Н. Членов, А.В. Матюшин и др.

Существенный вклад в формирование методологии планирования внесли работы Н.Н. Моисеева, С.А. Саркисяна, Г.П. Спехова, Е.А. Берзина, В.А. Рябошапко, А.Н. Фомина, В.С. Катькало, Р.А. Фатхутдинова, Ф.Б. Ларрена, Э. Мулена, Р.Л. Рини, Х. Райфа, Т. Саати и других видных отечественных и зарубежных ученых.

**Научная новизна** исследования состоит в том, что:

1) впервые в отечественной науке определено понятие «особые условия» функционирования автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса. Для них разработаны специальные модели оценки эффективности мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности, отличающиеся от известных применением нового подхода на основе агрегатного показателя эффективности автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности для разных уровней информирования лица, принимающего решения, на объектах ТЭК;



2) предложены методы решения задач динамического планирования работы подсистем автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объекта ТЭК, а также методы параметрического анализа среднесрочных бюджетных планов в особых условиях, отличающиеся от существующих тем, что они основаны на учете важности отдельных мероприятий и особых условий функционирования;

3) на основе авторских моделей и методов впервые разработаны алгоритмы оценки работы управляющей и мониторинговой подсистем автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности; алгоритмы повышения эффективности работы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности при различном характере финансирования планируемых мероприятий; алгоритмы интеллектуализации организационного управления на основе обратного метода решающих матриц, а также алгоритм определения снижения интегрального риска реализации совокупности мероприятий;

4) разработаны модели и алгоритмы для автоматизированных систем общего назначения автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности по оценке и прогнозированию их готовности на объектах ТЭК, отличающиеся от существующих учетом особых условий;

5) создана технология повышения эффективности работы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объекта топливно-энергетического комплекса в особых условиях как взаимосвязанная совокупность разработанных моделей, методов и алгоритмов;

6) на основе созданной технологии разработано не имеющее мировых аналогов программное средство информационно-аналитической подсистемы планирования противопожарной деятельности объекта топливно-энергетического комплекса, позволяющее динамически оценивать эффективность планирования мероприятий.

**Теоретическая и практическая значимость** работы основана на развитии научных представлений и обосновании инженерных и программно-математических подходов к интеллектуализации организационного управления технологическими процессами в автоматизированных системах пожаровзрывобезопасности в особых условиях. Прикладные результаты, полученные автором в диссертационном исследовании, использованы в практической работе. Их внедрение подтверждено актами внедрения, актами ввода в эксплуатацию и свидетельствами Роспатента о государственной регистрации программ для ЭВМ. Разработаны рекомендации и проекты нормативных актов по развитию и

совершенствованию нормативно-правовой базы в области государственного стратегического планирования и безопасности объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях.

**Методы исследования.** Проведившиеся в работе исследования базируются на методах теории вероятности, теории графов, математической статистики, математического программирования, численных методах, методах анализа иерархий.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается корректностью постановки задач, строгостью математического аппарата, ясностью выявляемых физических, технологических и социальных эффектов, основанных также на многолетней официальной статистике потерь от пожаров.

**На защиту выносятся следующие положения.**

1. Новые принципы автоматизированного организационного управления технологическими процессами пожаровзрывобезопасности путем введения понятия «особые условия», задания динамического характера их изменений и решения задачи планирования мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности с учетом наличия особых условий и различий рабочих циклов подсистем автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности.

2. Технология повышения эффективности систем пожаровзрывобезопасности в особых условиях как взаимоувязанная совокупность разработанных моделей, методов и алгоритмов, позволяющих обеспечить заданный уровень пожарной безопасности.

3. Новое программно-аналитическое средство, основанное на применении созданной технологии планирования противопожарных мероприятий.

4. Предложения и рекомендации по развитию средств поддержки организационного управления в подсистемах автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности:

- пожаротушения;
- предотвращения пожаров и взрывов;
- математического обеспечения.

**Апробация результатов работы.** Результаты диссертации были доложены и обсуждались на: юбилейной X Всероссийской конференции молодых ученых, специалистов и студентов «Новые технологии в газовой промышленности» (газ, нефть, энергетика), 8–11 октября 2013 г., Москва; XXVI Международной заочной

научно-практической конференции «Научная дискуссия: инновации в современном мире», Москва, 2014 г.; Международной научно-практической конференции «Технические науки: теория, методология и практика», Москва, 2014 г.; XV Международной научно-практической конференции «Современное состояние естественных и технических наук», Москва, 2014 г.; XXIV Международной заочной научно-практической конференции «Научная дискуссия: вопросы технических наук», Москва, 2014 г.; XXXIII Международной заочной научно-практической конференции «Научная дискуссия: вопросы технических наук», Москва, 2015 г.; III Международной научной конференции «Технические науки в России и за рубежом», Москва, 2014 г.; XXI Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России», 8–10 февраля 2016 г., Москва; IX Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности–2020», Москва, 2020 г.

**Практическая реализация результатов исследования.** Результаты, представленные в диссертационной работе автора, использованы и внедрены:

– при подготовке и проведении совместных антитеррористических учений «Иссык-Куль – Антитеррор – 2018» в части, касающейся организации тактики использования сил МЧС при ликвидации последствий террористических актов; базовые положения исследования внедрены в разработанную АТЦ СНГ совместно с Институтом национальной безопасности Республики Беларусь (ИНБ РБ) дополнительную программу повышения квалификации руководящего состава антитеррористических подразделений компетентных органов государств – участников СНГ и включены в учебно-тематический план (УТП), одобренный на заседании специальной кафедры «Защита конституционного строя и борьба с терроризмом» ИНБ РБ. УТП рекомендован Научно-методическим советом ГУО «Институт национальной безопасности Республики Беларусь» и по согласованию с руководителем АТЦ СНГ утвержден Председателем КГБ Республики Беларусь (акт о внедрении от 12 октября 2018 г. утвержден Председателем Научно-консультативного совета при АТЦ СНГ, доктором юридических наук М.А. Кочубеем);

– при производстве строительно-монтажных работ по возведению технологического комплекса автотранспортного предприятия по перевозке газового конденсата КС «Портовая» «Северный поток-1» в части, касающейся вопросов обеспечения пожаровзрывобезопасности объектов ТЭК (акт о внедрении от 12 ноября 2018 г. утвержден руководителем объекта строительства В.Л. Мареевым);

– при модернизации центра обработки данных программно-аппаратного комплекса «Поисковая система «СЕУС», предназначенного для поиска, мониторинга и анализа информации, размещенной в открытом пространстве социальных сетей, в части, касающейся выявления угроз пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса. Поисковая система в настоящее время используется сотрудниками территориальных управлений МВД более чем в 20 субъектах России (акт о внедрении от 10 декабря 2018 г. утвержден генеральным директором ООО «СЕУСЛАБ» Е.А. Рабчевским);

– при подготовке изменений в Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации», а также в Федеральный закон от 21 июля 2019 г. № 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» (отзыв от 11 июля 2019 г. № ЛПП-4/234 подписан заместителем председателя Комитета Государственной Думы по делам национальностей Г.П. Ледковым);

– при практическом применении разработанного программного обеспечения на предприятиях, осуществляющих деятельность по обеспечению пожарной безопасности (акт о внедрении от 25 июля 2019 г. утвержден генеральным директором ООО «Центр пожарной безопасности» К. В. Гришиным; акт о внедрении от 30 июля 2019 г. утвержден генеральным директором ООО «Альянс «Стройбезопасность» Д.В. Трушкиным);

– при совершенствовании законодательства и других распорядительных актов в области стратегического планирования и обеспечения должной эффективности защиты, в том числе противопожарной, объектов критической инфраструктуры Российской Федерации (акт о внедрении от 30 сентября 2019 г.

утвержден Председателем Комитета Совета Федерации по обороне и безопасности В. Н. Бондаревым).

– в качестве основы для расчетов конкретных показателей готовности оборудования предупреждения пожаров на опасных объектах, которые следует использовать в приложениях к техническим регламентам в соответствии с Приказом МЧС России от 09.02.2016 № 50 «Об организации стратегического планирования, а также мониторинга и контроля реализации документов стратегического планирования в системе МЧС России» (акт о внедрении от 23 июня 2021 г. утвержден генеральным директором АО «Оренбургнефть» Д.Л. Худяковым; акт о внедрении от 29 июня 2021 г. утвержден генеральным директором ПАО «Саратовский НПЗ» В.А. Захаровым; акт о внедрении от 25 августа 2021 г. утвержден начальником мобилизационного отдела ПАО «Фортум» А.Б. Прокашевым; акт о внедрении от 6 сентября 2021 г. утвержден заместителем генерального директора по безопасности АО «БЭСК» — управляющей организации ООО «Башкирэнерго» В.Н. Михайловым»);

– при изучении дисциплин «Информационные технологии управления в РСЧС» и «Информатика в техносферной безопасности», а также при разработке учебно-методических комплексов ряда других учебных дисциплин, преподаваемых на кафедре информационных технологий УНК АСИТ Академии ГПС МЧС России (акт о внедрении от 11 февраля 2022 г. утвержден заместителем начальника Академии ГПС МЧС России по учебной работе В.С. Шныпко);

– в научных работах учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий (акт о внедрении от 28 марта 2022 г. утвержден заместителем начальника Академии ГПС МЧС России по научной работе М.В. Алешковым);

– при разработке рабочих программ дисциплин «Технические средства автоматизации и управления», «Автоматизация управления нефтегазовыми технологическими процессами и производствами» в виде описания возможного использования интеллектуальной технологии организационного управления эффективностью автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности, а также

в виде методических указаний к нескольким лабораторно-практическим работам (акт о внедрении от 27 апреля 2022 г. утвержден ректором РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина В.Г. Мартыновым).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 81 научная работа, в том числе 63 в изданиях, рекомендованных ВАК (включая индексируемые в международных базах данных), 3 монографии. Получено 14 свидетельств Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из 5 глав, введения, заключения, списка литературы из 301 наименования и приложений на 35 листах. В основную часть включено 411 страниц текста, 78 таблиц и 115 рисунков.

**Личный вклад автора.** Выносимые на защиту положения разработаны лично автором. Во всех публикациях (в том числе подготовленных совместно с другими авторами), где отражены основные результаты диссертации, автору принадлежат разработанные математические модели, алгоритмы и методы автоматизированного управления планированием технологических процессов в автоматизированных системах пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях.

**Первая глава** «Анализ проблемы повышения эффективности работы автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности в особых условиях на объектах топливно-энергетического комплекса. Постановка проблемы. Задачи исследования» содержит анализ текущих условий применения и вербальную и формализованную постановку проблемы снижения эффективности АСПВБ на объектах ТЭК.

В главе приводятся сведения о существующих подходах к планированию противопожарных мероприятий на объектах ТЭК с учетом отечественного и зарубежного опыта. Данные официальной статистики показывают, что в последние годы при тенденции к снижению общий ущерб от пожаров нестабильно рос, превысив в итоге 18 млрд руб. [6].

В последнее время с учетом развития проектов по производству сжиженного природного газа (СПГ) возросла зависимость отечественной промышленности от зарубежных технологий контроля пожарной безопасности. Автоматизированные

системы управления технологическими процессами (АСУТП) в проектах по получению СПГ во всех реализуемых проектах сегодня основаны на импортных комплектующих.

Несмотря на то что по состоянию на апрель 2019 г. в создание отечественных аналогов зарубежной продукции инвестировано порядка 637,5 млрд руб., доля средств, связанных с пожарной тематикой, слишком мала. В области пожарной безопасности многие составные части технологического оборудования на предприятиях по переработке сжиженного природного газа (ППСПГ) по-прежнему импортные, поскольку они интегрированы в общую технологическую производственную схему.

Введение международных санкций в отношении ряда отраслей российской экономики остро поставило вопрос о необходимости импортозамещения на объектах ТЭК, поиска новых источников финансирования и доступа к передовым технологиям. В новых условиях стало сложно находить новые эффективные способы обеспечения безопасности объектов, балансируя между импортными и отечественными компонентами при планировании мероприятий. Такие условия в работе названы «особыми». Важно, что особые условия не являются постоянными во времени: как и сами санкции, они меняются динамически, охватывая новые отрасли и новые предприятия. Однозначно сказать, какими они будут в среднесрочной и долгосрочной перспективе, невозможно. Это вносит серьезную неопределенность в планирование противопожарных мероприятий на объектах ТЭК. Особые условия вызвали потребность в пересмотре всех планов развития объектов ТЭК.

Для предотвращения опасных ситуаций и поддержания действенного контроля противопожарной обстановки на объектах ТЭК создаются и используются автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности. Они являются как информационной основой СПВБ объектов ТЭК, так и составной частью АСУТП. Применяемые в них модели, методы и алгоритмы планирования касаются управления различными аспектами деятельности предприятий ТЭК и основаны на действующих нормативных документах. В частности, алгоритмы

планирования противопожарных мероприятий и их контроля, используемые в АСПВБ [7–14], разрабатывались на основании действующих правил пожарной безопасности [15].

Анализ основных особенностей управления противопожарными мероприятиями на объектах ТЭК в обычных и особых условиях показал, что в основе планирования противопожарных мероприятий в СПВБ на предприятиях ТЭК всегда лежал личностный фактор. Оценка качества данных мероприятий и их групп, сконцентрированных в планах, была всегда достаточно субъективной, хотя во многих случаях и хорошо проработанной. Качество подобных планов всегда зависело от опыта и квалификации руководителя соответствующей службы (ЛПР в дежурной смене или начальника специального подразделения объекта ТЭК), а оценка их качества всегда выполнялась индивидуально, зачастую в «ручном» режиме.

Проведенный в главе анализ процесса принятия решений ЛПР по безопасности на объекте ТЭК показал необходимость применения подхода, связанного с динамическим изменением состава мероприятий, в опасных ситуациях или ситуациях, которые могут стать опасными. Особые условия накладывают на действия ЛПР в ходе данного процесса еще более жесткие ограничения. Вместе с тем проектные организации по-прежнему рекомендуют в качестве основы технологических процессов на объектах ТЭК импортные технологии, а также детали и сборочные единицы для их реализации.

Рассмотренные особенности управления противопожарными мероприятиями на объектах ТЭК в настоящее время в обычных и особых условиях указывают на необходимость научного обоснования качества их планирования путем разработки соответствующего методологического аппарата. С этой целью необходимо разработать новую интеллектуальную технологию организационного управления, которая бы обеспечила решение задач в рамках поставленной проблемы.

Как правило, в состав АСПВБ входят четыре подсистемы первого уровня и 18 подсистем — второго (рисунок В2) [16].



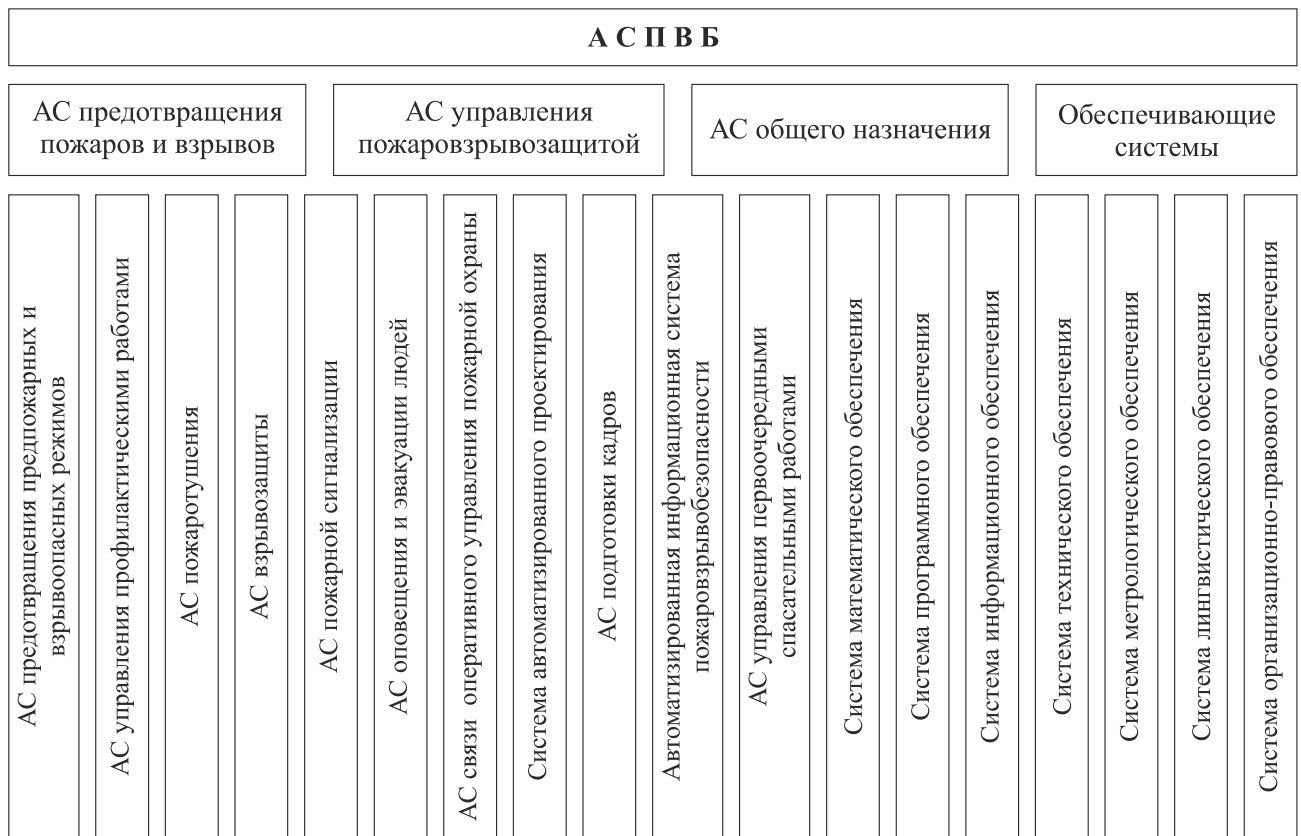


Рисунок В2 – Структура АСПВБ

Известно, что АСПВБ объектов ТЭК присущи следующие особенности:

- нормативными документами задан требуемый и минимально допустимый уровень обеспечения пожарной безопасности, который является основой оценки эффективности работы АСПВБ;
- обеспечение требуемого уровня пожаровзрывобезопасности достигается согласованной работой всех подсистем; нарушение согласования ведет к разрушению единого цикла управления АСПВБ и, как следствие, к снижению эффективности ее работы;
- основа реагирования на чрезвычайные происшествия сосредоточена в подсистемах: предотвращения пожаро- и взрывоопасных режимов, управления профилактическими работами, пожаротушения. Именно эти подсистемы в большей степени насыщены импортными комплектующими; именно они запускают большинство планов по реагированию на чрезвычайные происшествия, оперативность выполнения которых в наибольшей степени влияет на общую эффективность АСПВБ;

- как и для любой сложной технической системы, для АСПВБ характерно возникновение неисправностей и отказов на уровне различных подсистем в процессе функционирования, что ведет к рассогласованию циклов управления и снижению эффективности АСПВБ в целом.

Необходимость научного обоснования качества планирования противопожарных мероприятий обусловлена увеличением интенсивности проводимых на объектах ТЭК технологических процессов, что приводит к увеличению нагрузки на персонал управления, а также сокращением объема ресурсов, которые он в состоянии привлечь для обеспечения ПБ в особых условиях.

С учетом вышеизложенного поставленная в диссертационной работе проблема может быть формализована через два подпроцесса: 1) процесс фиксации предпосылок опасных ситуаций, связанный с выходом из строя и возникновением ошибок в подсистемах АСПВБ, который будем называть **«разрушительным подпроцессом»**; 2) подпроцесс восстановления и ремонта, который будем называть **«созидательным подпроцессом»**. Для данных подпроцессов, направленных в противоположные стороны по отношению к эффективности АСПВБ, необходимо найти приемлемый уровень планирования и выполнения мероприятий по обеспечению ПБ, который бы позволил объекту ТЭК функционировать с ограничениями в работе (когда уровень эффективности АСПВБ менее требуемого, но выше критического) или без ограничений (когда уровень эффективности АСПВБ равен или выше требуемого).

Применение в современных условиях цифровых двойников в качестве интеллектуальных систем поддержки управления необходимо и оправданно, поскольку объем входящей информации от них может в разы или на порядки превышать объем информации, получаемой от физически установленного противопожарного оборудования. Применение новых информационных технологий (ИТ) на объектах ТЭК совместно с существующими подсистемами АСПВБ второго уровня требует разработки для поддержки управления новой интеллектуально-аналитической системы, так как импортные и отечественные программные комплексы несовместимы по ряду параметров. Ее основным

назначением будет выполнение оценки вариантов применения и выдача рекомендаций ЛПР по основным вопросам обеспечения ПБ на объекте ТЭК.

Для этих целей в главе сформулирован новый подход к оценке ресурсов, необходимых для непосредственной реализации мероприятий на объекте ТЭК. На примере движения ресурсов при выполнении мероприятий раскрыта суть проблемы повышения эффективности АСПВБ в особых условиях. Наиболее простым примером для иллюстрации этого является движение материальных ресурсов в ходе восстановительного подпроцесса. Их наличие на складе делает мероприятия по восстановлению наиболее быстрореализуемыми, а при их отсутствии необходимы процедуры закупки. В случае их отсутствия в магазинах (на рынке оборудования ПБ), а именно такая ситуация складывается в результате особых условий, необходимо проведение соответствующих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

В результате цикл управления отдельных подсистем АСПВБ второго уровня в особых условиях увеличивается на несколько порядков по сравнению с обычными условиями. Поэтому возникает необходимость в разработке новых моделей, методов и алгоритмов организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов ТЭК.

**Вторая глава** «Совершенствование теоретических основ организационного управления технологическими процессами пожаровзрывобезопасности» содержит описание существующих подходов к планированию мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности.

Разработанные ранее методы и модели, представляющие собой теоретические основы создания АСПВБ, не решают задач динамического планирования в особых условиях и при изменении вызванных ими ограничений. Требуется развитие существующей теоретической базы за счет разработки новых моделей и методов, учитывающих необходимость их динамической адаптации к особым условиям.

Для этого в главе выполнены построения моделей, содержащих различные варианты представления интегральных показателей эффективности работы

АСПВБ. Модели строятся отдельно для обычных и особых условий. В целях повышения эффективности работы подсистем АСПВБ в особых условиях отдельное внимание уделено необходимости динамического изменения планов в зависимости от изменения внешних по отношению к объектам ТЭК и АСПВБ условий.

Основное содержание главы составляют варианты выявления агрегатных показателей эффективности АСПВБ. Сначала это сделано на нескольких частных примерах, а затем выполнено обобщение, которое содержит описание подходов к стратегическому планированию мероприятий по обеспечению ПБ на объектах ТЭК. Установлено, что главными задачами указанных подходов является определение степени влияния отдельных мероприятий на заданную стратегическую цель, устанавливающую основной приоритет деятельности объекта ТЭК. В рассматриваемой постановке это прежде всего относится к эффективности работы АСПВБ и его оборудования. Решение данных задач выполнено с помощью моделирования планирования ремонта данного оборудования, его модернизации, технического обслуживания и замены с учетом регламентных сроков его службы в особых условиях.

Применительно к объектам ТЭК долгосрочная стратегическая цель сформулирована как получение заданного уровня эффективности работы АСПВБ в пределах устанавливаемого горизонта планирования. В связи с проведением подобных работ, их планированием и реализацией на объектах ТЭК в особых условиях необходимо применять новые модели оценки заданного уровня эффективности работы АСУТП и повышения отдачи от имеющихся ресурсов. В связи с этим применение методов стратегического планирования к вопросам обеспечения заданного уровня эффективности работы АСПВБ при резком возрастании объемов производственных мощностей и обрабатываемой информации, а также ограничений на применяемое оборудование на пожароопасных объектах в особых условиях позволяет обеспечить решение поставленной в исследовании проблемы.

В качестве примера, выявляющего составные части рассогласования при оценке качества информации отдельных составляющих АСПВБ по уровням и возможной потери обратной связи ключевым звеном АСПВБ, в главе рассмотрены модели оценки качества информации первого уровня АСУТП (учет возможности некачественной передачи информации звена первого уровня информирования ЛПР в АСУТП). Целью построения указанных моделей явилась потребность установить возможный вид интегрального показателя качества для комплекса заданных мероприятий. Такими показателями могут быть: оценки влияния действий персонала по регламентным работам на противопожарном оборудовании; качество информации, передаваемой с первого уровня информирования на второй; совокупная погрешность работы заданного класса оборудования и т.п.

Разработанные в данной главе модели составляют основную часть предложенной в исследовании интеллектуальной технологии организационного управления для повышения эффективности работы действующих АСПВБ объектов ТЭК в особых условиях.

Одной из предложенных в главе моделей является модель оценки обеспечения комплексной безопасности в АСУТП с  $N$  булевыми извещателями на сосредоточенном объекте защиты (ОЗ). Под сосредоточенным ОЗ в модели понимается объект, для которого неважна топология расположения датчиков. Для нее был введен интегральный показатель качества, который характеризует общую эффективность покрытия «слепых зон» датчиков на сосредоточенном ОЗ [17]. Другой моделью, учитывающей особенности мероприятий на объекте ТЭК, является модель оценки системы оповещения (пожарной или комплексной защиты) на распределенном ОЗ без учета координат. Оценка в указанной модели проведена путем минимизации интегрального показателя качества, учитывающего разницу между пороговыми значениями в среде и для срабатывания датчика. Интегральный показатель качества в созданной модели характеризует общую эффективность покрытия «слепых зон» датчиков на рассредоточенном ОЗ [18].

В развитие данного подхода разработана модель оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном ОЗ в обычных условиях при

помощи булевых извещателей в АСУТП с учетом координат [19, 20], которая может информировать ЛПР о состоянии датчиков посредством цветовых эффектов. В дальнейшем на основании рассмотрения данного комплекса моделей были предложены алгоритмы оценки работы управляющей системы кластера системы безопасности ОЗ с учетом координат, оценки работы управляющей системы безопасности ОЗ с учетом координат, работы мониторинговой подсистемы АСУТП с учетом стабилизирующих процедур [20].

Особенности работы объектов ТЭК, а также динамика изменения особых условий диктуют необходимость планирования мероприятий по обеспечению ПБ в динамическом режиме. Для этого в главе предложены модели математической реализации достижения организационно-технической системой (АСПВБ) долгосрочных целей обеспечения безопасности на объекте ТЭК, которые могут определяться при решении в различных постановках задач динамического стратегического планирования для повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях с использованием математического программирования.

В главе рассмотрены различные постановки задач динамического планирования, которые потребовали разработки отдельных математических моделей. В связи с этим глава содержит предложения и обоснование решения в рамках интеллектуальной технологии организационного управления задач повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях с одним ограничением (полноценным и произвольным финансированием), задач повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях с несколькими ограничениями и общего случая решения оптимизационной задачи для повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях. Для каждой из задач предложен интегральный показатель, регистрирующий достижение АСПВБ требуемого уровня эффективности работы. Для каждого из вариантов решения указанных задач в требуемой постановке предложены алгоритмы, реализованные в виде программ для ЭВМ.

Решаемые в данной главе задачи в указанных постановках носят общетеоретический характер и могут служить математической основой для

обоснования других направлений исследований как в области ПБ, так и в иных отраслях.

В главе сформулирована обобщенная математическая постановка задачи исследования, которая имеет вид формулы для расчета агрегатного показателя качества эффективности работы АСПВБ на объекте ТЭК с учетом особых условий. Формальное решение задач достижения заданного уровня эффективности АСПВБ в обобщенной постановке может применяться для решения сходных по форме проблем в других прикладных областях.

**Третья глава** «Интеллектуальная технология организационного управления эффективностью систем пожаровзрывобезопасности» содержит технологию решения типовой оптимизационной задачи в общей постановке для условно-расчетного предприятия ТЭК. Задача решалась для цели «обеспечение на НПП пожаровзрывобезопасности». Для решения задачи в данной постановке была предложена шестиуровневая иерархическая схема (граф стратегического планирования), содержащая постепенную детализацию целей и задач, стоящих перед ЛПР при достижении выбранной стратегической цели.

Суть метода разбиения планов заключается в том, что выбранная стратегическая цель представляет собой вершину графа стратегического планирования, а мероприятия в плане являются листьями шестого уровня данного графа, в котором благодаря промежуточным уровням задача оценки достижения стратегической цели за счет полного или частичного проведения отдельных мероприятий постепенно уточняется.

Предложенные при решении типовой задачи стратегического планирования в данной постановке действия выполнены в соответствии с решением задачи исследования в обобщенной постановке и позволяют определить значимости:

- среднесрочных задач при реализации стратегической цели условно-расчетного объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности;
- основных направлений деятельности объекта ТЭК при реализации стратегической цели условно-расчетного предприятия ТЭК по пожаровзрывобезопасности;

- блоков (кластеров) мероприятий при реализации стратегической цели условно-расчетного предприятия ТЭК по пожаровзрывобезопасности;
- мероприятий по реализации стратегической цели условно-расчетного предприятия ТЭК по пожаровзрывобезопасности.

Рассчитанные значения значимостей мероприятий сведены в таблицы и могут использоваться в качестве основы для анализа ЛПР состояния дел на объекте ТЭК по пожаровзрывобезопасности.

Разработанная в данной главе технология является практическим воплощением теоретических обобщений, предложенных в главе 2. Проведенные в данной главе расчеты значимостей различных уровней задач и мероприятий для условно-расчетного предприятия ТЭК могут применяться как в отраслевом масштабе, так и для достижения иных долгосрочных целей объекта ТЭК.

**Четвертая глава** «Прикладные аспекты применения интеллектуальной технологии организационного управления эффективностью систем пожаровзрывобезопасности в особых условиях» содержит ряд научно обоснованных прикладных методов, использующих предложенные в исследовании математические построения. Так, в частности, в данной главе была впервые математически обоснована возможность использования обратного метода решающих матриц для проведения стратегического мониторинга на объектах ТЭК по различным направлениям его деятельности.

Наиболее значимым направлением деятельности ЛПР с точки зрения обеспечения пожаровзрывобезопасности на объекте ТЭК является регламентная проверка персоналом надежности оборудования, а также оценка ЛПР качества действий персонала при проведении данных работ. Эта цель достигается применением моделей, методов и алгоритмов, предложенных в предыдущих двух главах. Для реализации таких задач был предложен алгоритм мониторинга в интересах ЛПР по различным направлениям в АСУТП по обратному методу решающих матриц.

В данной главе приводится также решение задачи определения интегрального стратегического риска реализации совокупности мероприятий.



В целях прогнозирования результатов комплекса мероприятий для оценки ЛПР состояния различных направлений деятельности используются вероятности отдельных мероприятий, получаемые статистическим путем.

Рассмотрение задачи стратегического планирования в предложенной постановке помогает ЛПР квалифицированно и научно обоснованно оценивать готовность АСПВБ к решению задач пожаровзрывобезопасности на объекте ТЭК. Особенную актуальность ее решение приобретает в условиях применения «Индустрии 4.0» и при наложении ограничений на финансирование и поставки продукции электронного машиностроения из-за рубежа. Например, неисправные, ограниченно годные к использованию или отсутствующие в принципе для поставки детали и сборочные единицы оборудования иностранного производства, имеющие свой ресурс эксплуатации, могут быть либо исключены из использования в результате проведения оценки, либо использоваться в других режимах. Конкретные условия задаются персоналом, проводящим профилактические работы или иные стабилизирующие мероприятия.

В данной главе предложен также параметрический анализ среднесрочных бюджетных планов работы объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности. В рассматриваемой постановке данная задача решена впервые. Ее применение в отдельных составных частях АСПВБ позволяет ЛПР лучше представлять себе состояние всех обслуживающих технологический процесс систем. Получаемая таким образом с помощью разработанного программного обеспечения информация дает возможность более эффективно управлять пожаровзрывобезопасностью объекта ТЭК. Это достигается за счет того, что решения ЛПР более обоснованы и направлены на перераспределение подчиненных ему ресурсов в зависимости от выявленных недостатков в общей системе функционирования АСПВБ.

В главе также рассмотрена задача оценки значимости отдельных мероприятий для достижения поставленной цели по пожаровзрывобезопасности в отраслевом масштабе. Задача решена на частном примере с использованием программы по внедрению применения газового огнетушащего состава (ГОС) «Инерген», содержащей дорожную карту данного процесса.

Предложенные в исследовании методы стратегического планирования как для объекта ТЭК, так и для отрасли в целом позволяют ответственным за выполнение задачи ЛПР контролировать ход выполнения целевого решения. При этом возможна увязка мероприятий отраслевого уровня с мероприятиями уровня объекта ТЭК. Такая увязка в рамках АСУТП позволяет ЛПР не только более четко понимать состояние оборудования и дел по проведению персоналом необходимых работ, но и исключить возможные конфликты организационного плана, возникающие при реализации таких мероприятий.

**Пятая глава** «Оценка практической реализуемости интеллектуальной технологии организационного управления пожаровзрывобезопасностью» описывает, каким образом разработанные в ходе исследования модели, методы и алгоритмы могут применяться в составных частях АСПВБ. Реальное применение полученных результатов позволяет существенно повысить эффективность их работы за счет проведения научно обоснованного и качественного планирования как мероприятий по обеспечению ПБ, так и мер, обеспечивающих их подготовку.

В ходе оценки применения методов предложенной интеллектуальной технологии организационного управления в АСПВБ объектов ТЭК установлено, что описанные инструменты моделирования особенно актуальны в особых условиях и при использовании современных достижений при управлении предприятием с помощью инструментов «Индустрии 4.0».

Применение методов стратегического планирования в ИАССП с учетом технологий BigData как средства поддержки управления ЛПР в АСПВБ объектов ТЭК существенно повышает эффективность управления в целях предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов на объектах ТЭК благодаря более обоснованному принятию управленческих решений. Статистическая обработка данных по инцидентам и планирование мероприятий по их снижению (независимо от того, были ли это ложные или реальные срабатывания) дают ЛПР инструмент мониторинга, позволяющий грамотно влиять на любую опасную ситуацию. Исходя из этого в первой части главы даны рекомендации по применению разработанных методов и алгоритмов в подсистемах АСПВБ — системах пожаротушения и

предотвращения пожаров и взрывов в качестве инструмента моделирования для принятия решений ЛПР.

Применение в подсистемах АСПВБ объектов ТЭК модели определения готовности к использованию оборудования АСПВБ первого уровня в особых условиях дает возможность ЛПР управлять его состоянием в реальной работе. Основная задача оценки — выявить элементы или классы потенциально неисправного оборудования, возможный отказ которых станет наиболее критичным для эффективности АСПВБ. Приводимые в данной части исследования преобразования могут быть легко использованы в случае разделения данного оборудования на классы и подклассы, а также при изменении характера или количества ограничений. Такое масштабирование позволило создать удобный алгоритм поддержки управления ЛПР в АСПВБ. Это, в свою очередь, даст возможность поддерживать эффективность АСПВБ объекта ТЭК на должном уровне [21].

В данной главе предложены также математическая модель и алгоритм поддержки управления по оценке эффективности мероприятий по приведению в готовность оборудования АСПВБ. Они позволяют обеспечить одну из важнейших задач ЛПР — надежную плановую работу по проведению ремонтными бригадами объектов ТЭК восстановительных мероприятий на указанном оборудовании АСПВБ в соответствии с графиком. Предложенные подходы основаны на применении методов интеллектуальной технологии для поддержки управления в реальном времени. Их целесообразно использовать в системе математического обеспечения АСПВБ объекта ТЭК. Набор интегральных показателей по типам ресурсов может быть использован ЛПР в деятельности по корректировке управления мероприятиями ПБ [22]. Указанные подходы практически реализованы в математическом и программном обеспечении АСПВБ (станция «Портовая», «Северный поток-1») при управлении производством строительно-монтажных работ. Благодаря им удалось точнее определять необходимые для проведения мероприятия по обеспечению ПБ.

Рассмотренная в данной части модель прогнозирования готовности пожарных сил и средств АСПВБ объектов ТЭК в особых условиях дает возможность использовать ее не только на любом из ОЗ объекта ТЭК, но и на более крупных объектах. Ее применение целесообразно в иерархических системах поддержки управления и принятия решений, декомпозируемых с помощью графов стратегического планирования [23]. Автоматизированное применение таких расчетов в АСПВБ существенно улучшает качество оценки мероприятий по обеспечению ПБ и информирование ЛПР о реальном состоянии готовности пожарных сил и средств объектов ТЭК в особых условиях. Следствием этого является рост эффективности АСПВБ. Это происходит благодаря возможности определения наиболее важных в текущий момент из всех возможных мероприятий.

## **ГЛАВА 1 Анализ проблемы повышения эффективности работы автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности в особых условиях на объектах топливно-энергетического комплекса. Постановка проблемы. Задачи исследования**

Добыча, транспортировка и переработка нефти и газа являются одними из важнейших секторов в экономике России. Нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая отрасли, будучи одними из наиболее значимых в экономике Российской Федерации (РФ), служат основой для формирования бюджета РФ на текущем этапе развития страны. Переработка нефти и газа осуществляется на предприятиях нефтяной и нефтехимической промышленности, которые будем называть условно-расчетными объектами ТЭК. К ним традиционно относят нефтеперерабатывающие предприятия (НПП), НПЗ и ППСНГ.

Развитие цифровой экономики привело к значительному сокращению затрат собственников объектов ТЭК на выпуск единицы продукции. Это стало возможно благодаря применению в работе собственников современных информационных технологий (ИТ). Основным производственным процессом объектов ТЭК всегда было удовлетворение потребностей потребителей продукции. Из числа вспомогательных процессов наиболее важными являлись процессы систем предотвращения пожаров и взрывов. Риски основного ущерба, наносимого объектам ТЭК, как правило, реализуются именно в плоскости возникновения этих чрезвычайных ситуаций. Пожары и взрывы, связанные с недостаточным контролем пожарной обстановки на объектах ТЭК, составляют суммарно до 75 % (из них пожары — 58,5 %, взрывы — 15,1 % [24, 25]) от общего числа аварийных ситуаций на их промышленной территории. Связано это не только с тем, что применяемые на объектах ТЭК системы контроля и системы обеспечения комплексной и пожарной безопасности недостаточно совершенны. Достоверно известно, что, например, на долю предприятий нефтеперерабатывающей промышленности приходится около 48 % выбросов пожаровзрывоопасных веществ в атмосферу [16], а площади, занимаемые ими, иногда настолько велики, что это затрудняет

комплексный контроль и производственных помещений, и воздушной среды как вокруг таких объектов, так и на прилегающих к ним территориях.

Рассмотрим некоторые данные, связанные со статистикой пожаров. Согласно данным МЧС [6, 26–32] общее количество пожаров на всей территории Российской Федерации в течение многих лет снижалось. Об этом свидетельствует статистика (рисунок 1.1). Резкие статистические скачки за 2019 и 2020 годы обусловлены обновленной методикой учета пожаров и их последствий, которая была введена в 2019 году Приказом МЧС России от 24.12.2018 № 625 «О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий». В связи с этим (а именно, в связи с отказом от термина «загорание») число учитываемых пожаров сильно возросло. Все загорания, даже самые незначительные, теперь считаются пожаром и учитываются документально. Это повлияло на характер восходящего тренда.

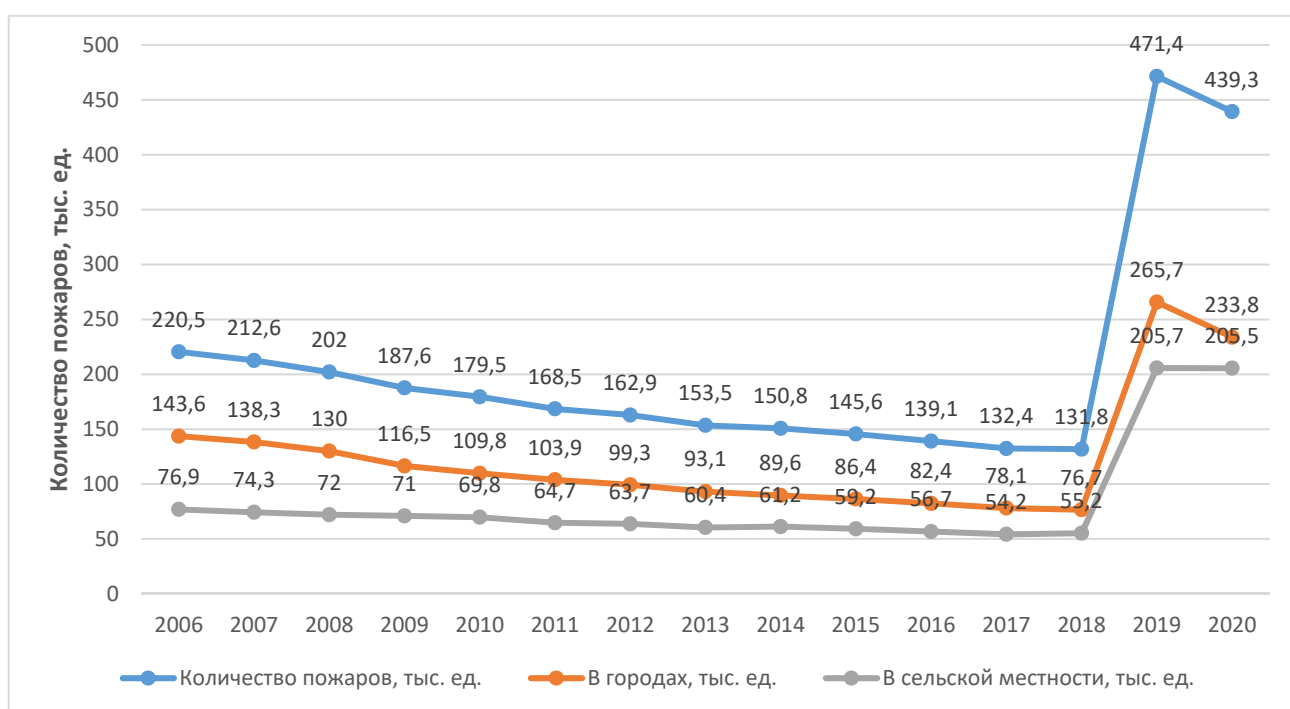


Рисунок 1.1 — Динамика снижения количества пожаров в РФ в 2006–2020 гг. [6, 26–32]

Общий ущерб от пожаров временами достигал очень больших размеров, превысив в 2015 г. 18 млрд руб. (рисунок 1.2) [6, 26–32]. Данные статистики [27–42] говорят о том, что при общей тенденции к снижению числа пожаров общий ущерб от пожаров все же нестабильно рос и в 2018 г. составил 15,9 млрд руб. [43].

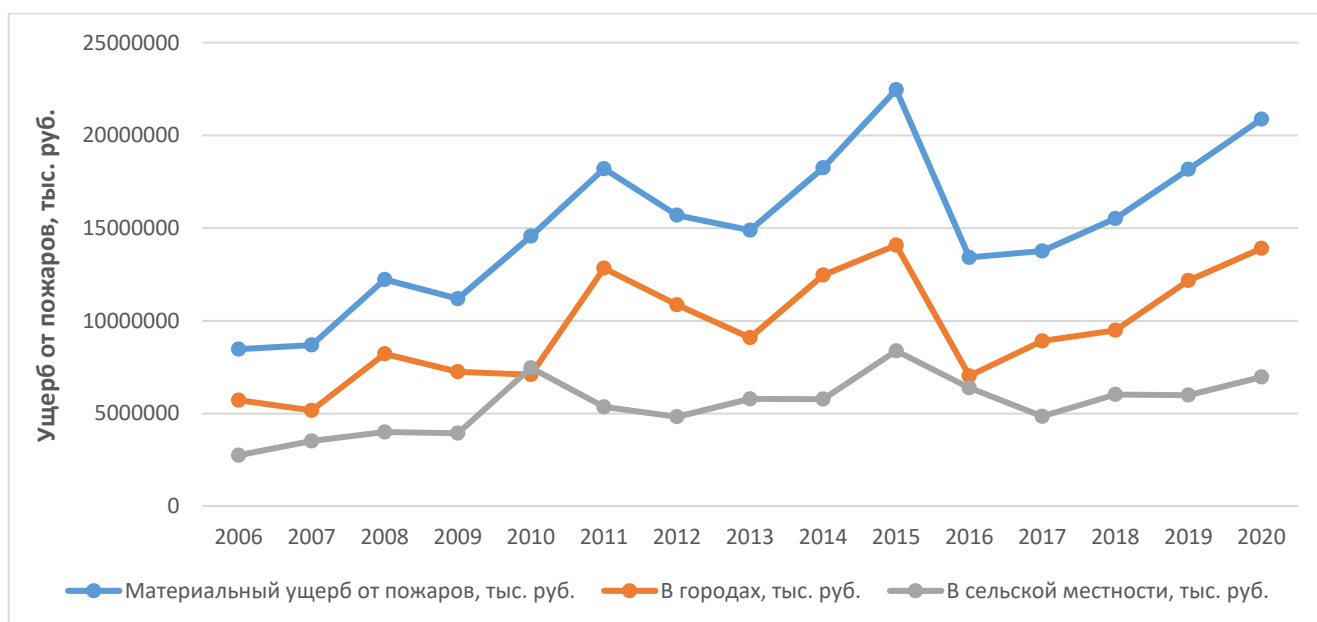


Рисунок 1.2 — Общий ущерб от пожаров в РФ в 2006–2020 гг. [6, 26–32]

Если рассматривать источники возгорания на объектах ТЭК, то по данным ПАО «Транснефть» основными причинами возникновения пожаров в системе предприятий компании были огневые и ремонтные работы (23,5 %), неосторожное обращение с огнем, поджоги (42,2 %) [44, 45]. Эти данные свидетельствуют о значительном влиянии человеческого фактора на возникновение возгораний. Подобные опасные ситуации можно преодолеть путем правильно организованного мониторинга и планирования профилактических противопожарных мероприятий, в которые должны быть включены мероприятия по работе с персоналом.

Использование последних достижений науки и техники вселяет осторожный оптимизм в отношении улучшения качества контроля противопожарной обстановки на объектах ТЭК. В частности, хорошо проработанная с научной точки зрения концепция применения на НПП автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности [16] позволяет использовать для мониторинга и предотвращения пожаров и взрывов на них различные методы, методики и методологии ИТ, вписывая их в составные части АСПВБ в качестве дополнительных модулей, улучшающих показатели эффективности АСПВБ в целом. При этом показатели эффективности методов, методик и методологий,

вновь применяемых для данной цели, являются параметрами модели применения АСПВБ на новом уровне ее описания [18].

Учитывая, что в настоящее время уже накоплен значительный опыт по проектированию, монтажу и эксплуатации автоматизированных систем управления противопожарной защитой различных объектов [7, 8], автоматизированных систем контроля загрязнения воздуха (АС КЗВ) [10–13] и других подобных систем [46–59], которые можно использовать при разработке общесистемных решений и при описании организационного, технического, информационного, математического и программного обеспечения АСПВБ, уместно предположить, что использование новых методов стратегического планирования должно быть мощным подспорьем в решении задач по предотвращению пожаров и взрывов.

При оценке эффективности работы АСПВБ на объектах ТЭК применение новых методов для улучшения показателя эффективности ее работы ставит задачу подбора необходимых значений параметров модели в новой постановке. В частности, новые методы уместно использовать при модернизации подсистемы оперативного прогнозирования пожароопасных ситуаций в наружных установках по переработке нефти и газа, входящей в подсистему математического обеспечения АСПВБ. В этом случае алгоритмическое и программное обеспечение (ПО) данной подсистемы АСПВБ могло бы включать в себя разработку математической модели динамики изменений пожароопасных параметров в целях определения рисков и возможностей возникновения аварийных ситуаций [60]. Программная модель такого модуля могла бы использоваться для определения и динамической оценки состояния систем объектов ТЭК, а изменение ее параметров — для отслеживания динамики процессов при изменении структуры связей элементов в потенциально опасных технических системах. Применение систем стратегического планирования (ССП) целесообразно для качественной поддержки управления действиями оперативных групп в опасных ситуациях на объектах ТЭК лицом, принимающим решения.

Как уже отмечалось выше, в последнее время с учетом развития проектов по производству сжиженного природного газа (СПГ) возросла зависимость



отечественной промышленности от зарубежных технологий контроля пожарной безопасности. АСУТП в проектах по получению СПГ во всех случаях основаны на иностранной элементной компонентной базе. Кроме того, «доля импортных технологий и оборудования остается очень высокой в наиболее высокотехнологичных сегментах нефтегазовой отрасли: в технологиях производства сжиженного газа, программных средств для геологоразведки, бурения, добычи и переработки... Основной пробел в цепочке создания технологий в России имеется на этапе опытно-промысловых испытаний» [61]. В условиях применения к отечественным компаниям санкций это может привести к негативным последствиям.

Изначально санкции против объектов ТЭК РФ были введены директивой № 4 Управления по контролю за иностранными активами США в сентябре 2014 г. В соответствии с ней «была инициирована вторая стадия санкций, которая уже распространялась не только на поставки оборудования, но и на предоставление услуг, обмен информацией с российскими партнерами, а также на участие западных компаний в наиболее технологичных нефтедобывающих проектах» с крупнейшими компаниями отрасли в России [62, с. 6]: «Роснефть», «Газпром», «Сургутнефтегаз», «Лукойл» и их дочерними структурами. Впоследствии сходные ограничения были введены Европейским союзом. При этом в список попали «ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром нефть» и ПАО «Транснефть» [62, с. 9]. В августе 2017 г. санкции США были расширены Актом «О противостоянии врагам Америки с помощью санкций», размытые формулировки которого создают «большую вариативность трактовок и применения в зависимости от обстоятельств и степени геополитической конфронтации» [62, с. 10].

Будем здесь и далее называть условия функционирования объектов ТЭК, при которых нет ограничений финансового и иного характера (в том числе на поставку и поверку оборудования АСУТП и иных ее компонентов), *обычными*, а те, для которых они существуют, — *особыми*. Фактически особые условия стали результатом появления санкций.

Естественным ответом на данный вызов является импортозамещение, важное направление деятельности государства, в котором объекты ТЭК выступают в

качестве потребителей продукции, оплачивая ее поставщикам. Преодоление особых условий работы объектов ТЭК диктует необходимость широко-масштабного импортозамещения. Тем не менее, несмотря на то что по состоянию на апрель 2019 г. в создание отечественных аналогов иностранной продукции «суммарно инвестировано... 637,5 млрд руб., из них государство инвестировало около 70 млрд руб.» [63], доля средств по созданию отечественных аналогов, связанных с пожарной тематикой, пока слишком мала. Это подтверждают отдельные источники [64, 65]. В области ПБ многие составные части технологического оборудования на ППСГ по-прежнему импортные, так как они интегрированы в общую технологическую производственную схему.

Цифры говорят о вынужденной сильной зависимости объектов ТЭК РФ от зарубежных технологий. В современных условиях «роль иностранных подрядчиков в обслуживании систем», эксплуатируемых на объектах ТЭК, «а также в оказании сервисных услуг, сопровождающих бурение, составляет порядка 50 % от общего объема работ» [62, с. 16]. В сланцевом секторе, составляющем сейчас примерно 10 % от всего объема добытых ресурсов в РФ и рассматриваемом в качестве приоритета по дальнейшему увеличению добычи, гидроразрывы пластов (ГРП) в 2013 г. на территории РФ проводились только в пяти из 9000 случаев на отечественном оборудовании [62, с. 21]. По состоянию на март 2018 г. (конец 2017 г.) вклад ГРП на новых месторождениях «достигает 80 %», в то же время «практически весь флот ГРП, действующий в России, имеет возраст более 10 лет, то есть его придется заменять в достаточно короткие сроки» [62, с. 28]. В секторе добычи на шельфе зависимость от иностранных компонентов оценивается в 60–80 %. Сроки выхода на технологическую независимость по плавучим буровым установкам намечены на 2027 год, а по судам обеспечения — на 2035 г. [62, с. 29]. В секторе нефтесервисных услуг по состоянию на 2015 г. «доля крупнейших западных сервисных компаний составляла 24 %», при этом «в сфере интенсификации добычи... около 90 %... На рынке геофизики, где под удар попадет программное обеспечение для интерпретации сейсмических данных..., около 50 %... Средний возраст 60 % бурового оборудования оценивается более чем

в 20 лет (при нормативном сроке службы в 25 лет). Основная доля буровых установок — импортные. Запчасти и техническое обслуживание также производятся западными компаниями» [62, с. 26]. При этом по ряду направлений в нефтегазовой отрасли по оценкам отечественных экспертов решение вопросов импортозамещения возможно в ближайшие 7–10 лет [62, с. 18]. Проблемы с инвестированием в импортозамещение для предприятий ТЭК также создают финансовые санкции. «Важно отметить, что все крупные месторождения и группы месторождений с запасами более чем в 200 млн т <...> попадают под финансовые санкции» [62, с. 33].

Следует также отметить, что все международные компании работают по общепринятым международным нормам ведения бизнеса. Основным условием страхования имущества для таких компаний является получение сертификатов в «компании по стандартизации Underwriters Laboratories (UL) или американских страховщиков из FM<sup>1</sup>, <...> европейском испытательном институте VdS» [66]. По таким правилам в РФ работают крупные частные нефтегазохимические компании, имеющие филиалы за рубежом. Основным условием получения и подтверждения такого сертификата является необходимость «каждый квартал подтверждать уровень заявленных характеристик и качества инспекторам». «Во многих странах существует однозначная зависимость стоимости страхования от качества систем пожаротушения, подтвержденного UL- и FM-сертификатами» [66]. Фактически это означает, что для нормальной работы объекта ТЭК необходимо раз в квартал приглашать иностранного (или имеющего международный сертификат отечественного) инспектора и специалистов в области соответствующей технологии производства для подтверждения возможности работы в принципе. В особых условиях это не только затруднительно, но и невозможно, поэтому необходимо искать приемлемые способы изменения данной ситуации. Одним из способов ее преодоления может быть планирование.

Уже отмечалось выше, что в настоящее время активно развивается так называемая «Индустрия 4.0» [67]. Данная область в ИТ поддерживает различные

---

<sup>1</sup> FM (Factory Mutual) — стандарт безопасности оборудования.

формы моделирования производственных процессов. Одним из самых перспективных направлений является создание цифровых двойников предприятий или их составных частей, называемых киберфизическими системами (англ. — digital twin). Это — «единая модель, достоверно описывающая все процессы и взаимосвязи как на отдельном объекте, так и в рамках целого производственного актива в виде виртуальных установок и имитационных моделей» [68]. Для этого создается математическая модель, используемая для анализа поведения конкретного моделируемого объекта, процесса или единицы оборудования. Для того чтобы созданная цифровая модель была актуальна, ее необходимо постоянно обновлять. Кроме того, ее нужно обновлять при моделировании текущего рабочего режима, в котором объект ТЭК должен функционировать.

Использование такой технологии в принципе дает большие преимущества и позволяет повысить эффективность эксплуатации условно-расчетных объектов ТЭК в целом. Однако в рамках данного исследования интересно рассмотреть моделирование систем планирования работ при обеспечении ПБ с помощью «Индустрии 4.0», используя максимально полные данные о характеристиках деталей и узлов, инженерных систем, средств автоматизации, сроках службы оборудования, периодах его обслуживания, планах модернизации и т. п.

Учитывая, что скорость протекания опасных процессов на ППСПГ, связанных с пожарами и взрывами, в несколько раз или на несколько порядков выше [69], чем на всех остальных объектах ТЭК, в ходе исследования следует ориентироваться на временные промежутки, установленные для данных объектов ТЭК. Рассмотрим подробнее особенности процессов планирования и управления мероприятиями по обеспечению ПБ в современных условиях на объектах ТЭК.

## **1.1 Особенности управления противопожарными мероприятиями на объектах топливно-энергетического комплекса в обычных и особых условиях. Необходимость научного обоснования качества планирования противопожарных мероприятий**

Согласно [70] на объекте ТЭК, разрешенном к эксплуатации в РФ, должны быть запланированы: меры по гражданской обороне, мероприятия по предупреждению ЧС, оценке воздействия на окружающую среду объектов ТЭК. Кроме того, из [70] следует необходимость соблюдения на объекте ТЭК норм предельно допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в окружающую среду и мер по размещению отходов. Ежедневный контроль соблюдения указанных мер ложится на дежурную смену в АСПВБ во главе с ЛПР. Процесс контроля в таком случае регулируется оперативными планами. Вместе с тем оперативные планы не должны противоречить или мешать достижению показателей, закладываемых в месячные, квартальные и годовые планы. Меры, предусмотренные в последних, должны гармонизировать с оперативными мерами.

Все запланированные на данном направлении мероприятия можно отнести к противопожарным, так как отходы производства и выбросы на объектах ТЭК являются горючими и взрывоопасными. Исходя из того, что направлений контроля много, для выполнения оперативных планов ЛПР должен иметь соответствующий инструмент поддержки управления. В классическом варианте таким инструментом является АСПВБ. На каждом из уровней выполнения оперативного плана при управлении противопожарными мероприятиями ЛПР должен быть уверен в качестве поступающей на его пульт информации.

От мест возможных опасных событий до ЛПР информация обычно проходит три уровня: нижний — датчики на местах; средний — обобщающий контроль на уровне цехов или отдельных объектов; верхний — уровень ЛПР и его команды. Путь прохождения информации в АСПВБ требует своей автоматизации на каждом из перечисленных уровней.

Комплексные автоматизация и механизация всех процессов на многих объектах ТЭК в нашей стране проводились по мере их строительства и

модернизации еще в прошлом столетии, поэтому в настоящее время многие из них требуют обновления. Оборудование на них постепенно вырабатывает свой ресурс, а предприятия, поставлявшие в прошлом запасные части для обеспечивающих систем, сейчас в основном не функционируют.

Так, например, электротехническое оборудование для условно-расчетных объектов ТЭК в РФ в настоящее время практически не производится, поэтому при создании проектов по модернизации объектов ТЭК на сайтах проектировщиков можно часто прочесть следующее: «Из-за большого срока эксплуатации некоторые узлы... установок устарели и физически и морально. По нашим расчетам на многих НПЗ износ изначально поставленного и незамененного технологического оборудования должен составлять не менее 80–100 %» [71].

В связи с этим проектный институт ООО «ПриволжскНИПИнефть», как и другие подобные организации, рекомендует использовать в случае коренной модернизации обеспечивающих нефтепереработку систем полную замену старого отечественного оборудования на новое, зарубежное. И в этом смысле применение на отечественных объектах ТЭК иностранных материалов, приборов и датчиков стало не просто трендом, а традицией.

Рекомендация установки датчиков загазованности Drager, быстродействующих отсечных клапанов Emerson с дополнительным контролем критических параметров процессов и работы оборудования, а также средств экологического контроля состава дымовых газов ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ), выбрасываемых в атмосферу после комплекса печей, таких как многокомпонентный анализатор Modcon, — лишь малая толика используемых в настоящее время на отечественных условно-расчетных объектах ТЭК средств первого уровня работы АСПВБ [71]. В то же время не следует забывать и о том, что их износ и перспективы замены в плановом порядке и необходимость раз в квартал приглашать страховщиков из FM в условиях применения к ряду обслуживающих компаний ограничений финансового характера ставят ЛПР в неприятное положение.

У каждого газового анализатора есть свой предельный срок эксплуатации. При непрерывной работе в течение определенного времени такое оборудование

должно пройти установленные процедуры по ремонту или замене. Кроме того, учитывая характер решаемых ЛПП задач в отношении предотвращения пожаров и взрывов, оборудование первого уровня информирования об опасных ситуациях необходимо постоянно проверять. В отдельных случаях проверки должны проходить еженедельно и выполняться только представителями зарубежных аккредитованных организаций, как и квартальные проверки специалистами-инспекторами, предусмотренные в соответствии с сертификатами эксплуатации зарубежного оборудования [66]. При наличии ограничений финансового характера такие проверки вряд ли будут выполняться. В связи с этим крайне актуальным становится вопрос о необходимости применения таких планов замены оборудования, которые помогут в будущем сохранить работоспособность конкретных систем обеспечения ПБ на объектах ТЭК.

Выполнение расчетов потребности в запасных частях, исходя из указанных выше планов, составляет важную часть обеспечения безопасной работы оборудования. При наличии систем поддержки принятия решений в АСПВБ такие расчеты проводятся с помощью специализированного ПО. «Следует отметить, что рынок программного обеспечения профильной деятельности нефтегазовых компаний достиг высокого уровня концентрации. Две трети мирового рынка специализированных отраслевых программ контролируют пять компаний — Shlumberger, Landmark, Aspen Technology, Honeywell, Invensys. Услугами специализированных компаний пользуются и энергетические гиганты. Так, Shell и Aramco активно привлекают к решению текущих и перспективных задач транснациональную компанию Computer Science Corporation» [72]. Из цитаты видно, что применяемое для этих целей ПО разрабатывается за пределами РФ. Следовательно, его наличие на условно-расчетных объектах ТЭК — это уже особые условия его эксплуатации. Для большинства таких систем планы по обеспечению ПБ на объектах ТЭК не предусмотрены и выполняются в качестве дополнительных приложений программистами конкретного объекта. Часто при смене версии ПО такие приложения просто перестают функционировать, и программисты объектов ТЭК вынуждены разрабатывать их заново.

В состав многих программно-аппаратных решений в АСУТП входит большой арсенал средств для систем поддержки принятия решений ЛПР. Тем не менее в большинстве случаев стандартные, предлагаемые производителем соответствующего ПО инструменты недостаточны для комплексного анализа ряда факторов опасностей на объектах ТЭК. В связи с этим в инструментальных пакетах, предлагаемых для разработки, в том числе цифровых двойников, применяются языковые средства, позволяющие реализовывать новые алгоритмы поддержки принятия решений ЛПР.

Именно поэтому все применяемое в настоящее время ПО АСУТП (и ПО АСПВБ как его составная часть) уникально и зависит от конкретных реализаций на конкретном предприятии. Вместе с тем применение средств поддержки принятия решений в АСУТП имеет ряд общих черт. Особенно рельефно это стало проявляться при использовании технологий «Индустрии 4.0». Программирование процессов на отдельных узлах и линиях их применения — яркая иллюстрация подобных решений. С помощью подобных программных решений целесообразно проводить анализ эффективности работы АСПВБ объектов ТЭК.

Широкое применение в реальной практике цифровых двойников позволило в последнее время говорить об условно-расчетном предприятии в нефтегазовой отрасли, как о некоторой новой единице измерения [68, 72–79]. Цифровизация всех процессов, узлов и агрегатов на объектах ТЭК с данными по срокам их эксплуатации, износу, годности к работе, качеству работы и т. п. стала насущной необходимостью для многих условно-расчетных объектов ТЭК на современном этапе. Она позволяет сделать новый шаг вперед во многих вопросах оптимизации деятельности предприятий. Она же становится составной частью новых АСУТП (с интегрированными в них АСПВБ) и других систем объектов ТЭК. Применение моделирования планирования противопожарных мероприятий на основе нового поколения АСУТП — насущная необходимость.

В [73] предлагается проект «цифровой нефтегазовой компании будущего» на базе интернета вещей. В концепцию абстрактного условно-расчетного



предприятия нефтегазовой отрасли согласно информации из данного источника входят следующие цифровые объекты:

- оптимизация системы управления производственными процессами;
- профилактическое техническое обслуживание и ремонт;
- бизнес-процессы вспомогательных подразделений;
- интегрированное планирование и реализация;
- транспорт, логистика, управление складами.

В работе [74] предлагается на базе «Индустрии 4.0» применение «больших данных и прогнозной аналитики» для достижения следующих целей:

- 1) создание оптимальных программ обслуживания по техническому состоянию для каждого класса оборудования;
- 2) снижение стоимости внеплановых ремонтов и вероятности их возникновения;
- 3) сокращение затрат на инспекцию и обслуживание (приоритет — оборудование с наибольшим риском отказа).

Как видно из вышесказанного, оба источника фокусируют внимание прежде всего на финансовых затратах перспективного владельца цифрового двойника. Указанные функции приводимых систем не содержат модулей оценки готовности противопожарного оборудования, планирования мероприятий по обеспечению ПБ и других, необходимых ЛПР направлений поддержки организационного управления. Интегрированное планирование и реализация относятся именно к финансовому участку его работы, в то время как для обеспечения ПБ на условно-расчетных объектах ТЭК особенно важными являются вопросы качества оценок технического состояния классов оборудования, выполняемых персоналом, эффективности проведения планового и внепланового видов ремонта, работы вспомогательных подразделений по обеспечению ПБ и т. п., чего нет сейчас в цифровых двойниках.

Наиболее важным из всех перечисленных направлений работ является качество оценки технического состояния классов оборудования на условно-расчетных объектах ТЭК, отвечающего за безопасность. Оценка его реального

состояния дает ЛПР исчерпывающую информацию для оперативного планирования мероприятий по обеспечению ПБ. От качества данной информации зависит и правильность решения, принимаемого в экстремальной ситуации. С другой стороны, для оценки качества проводимых направлений работ и перспектив их проведения необходима научно обоснованная методология. Данный аппарат в настоящее время разработан недостаточно полно. При этом точное знание ЛПР состояния используемого оборудования АСПВБ, а также планирование перспектив его модернизации и ремонта делает принятие решений более взвешенным и обоснованным.

Любое используемое на объектах ТЭК оборудование может быть подразделено с точки зрения его ремонта и технического обслуживания (ТО) на определенные классы. Так, например, на сегодняшний день все эксплуатируемое на условно-расчетных объектах ТЭК оборудование может классифицироваться с учетом трех основных стратегий управления проведением его ремонта и ТО [77]:

- ТО по событию или реактивное обслуживание;
- планово-предупредительный ремонт;
- обслуживание по фактическому состоянию.

ТО по событию предполагает замену вышедших из строя деталей только при их поломке. Это всегда увеличивает и стоимость ремонта, и время вынужденного простоя оборудования. Никаких плановых мероприятий, кроме запланированных денег на запасные части и ЗИП, при реализации такой стратегии не предусмотрено. Оценка информации от оборудования первого уровня в АСПВБ при этом носит во многом случайный характер и не позволяет гарантированно получать ЛПР с высокой вероятностью объективные данные о нефтегазоперерабатывающем оборудовании.

При проведении планово-предупредительного ремонта детали и датчики АСПВБ меняют через определенные промежутки времени, не оценивая ряд важных параметров, влияющих на информацию об опасном состоянии среды. Сами интервалы рассчитывают с помощью среднестатистического времени наработки на

отказ. При этом варианте ТО оборудование АСПВБ меняется планово, но сами планы разрабатывают без учета фактического состояния систем безопасности.

При проведении ТО по фактическому состоянию выполняется поиск и устранение отказов оборудования. Данные об оборудовании собираются с помощью тех же датчиков или в ходе суточных обходов дежурной сменой объекта ТЭК. При этой стратегии определяются оптимальные сроки проведения ремонтных работ с учетом информации, полученной от датчиков и из других источников. При таком варианте ТО составляются планы проведения регламентных работ.

Каждая из трех перечисленных стратегий проведения ТО и ремонта оборудования предназначена исключительно для оборудования объекта ТЭК в целом. Отдельные параметры противопожарных мероприятий и мероприятий по предупреждению пожаров в них не учтены. Все три вида данных работ требуют запланированного финансирования, расчета времени ремонтных бригад и вспомогательных обеспечивающих подразделений и иных предусмотренных ресурсов. Поэтому, несмотря на кажущуюся случайность проведения отдельных мероприятий в рамках их реализации, все эти меры должны быть запланированы.

Следует также отметить, что планы работ формируются в ручном режиме, в то время как реальность «Индустрии 4.0» заставляет делать это хотя бы в автоматизированном режиме. Кроме того, ни в одной из стратегий при разработке планов не предусматривается учет параметров оборудования АСПВБ, связанных с информацией для ЛПР объектов ТЭК. Научное обоснование качества планирования противопожарных мероприятий в принципе также не применяется.

Решение экологических проблем является одним из важнейших направлений планирования в целях обеспечения безопасности объектов ТЭК. Экологические проблемы объектов ТЭК косвенно влияют на их ПБ в связи с большим содержанием в побочных продуктах их производства пожароопасных компонентов. Следовательно, планирование мероприятий экологической направленности является также вкладом в эффективную работу АСПВБ и организационное управление. Экологическими направлениями деятельности следует считать [16, 80–82]:

- анализ экологической опасности и оценки риска для объектов ТЭК;
- разработку и внедрение систем мониторинга окружающей среды (отслеживание качества окружающей среды, выявление источников загрязнений от НПП, оперативное принятие мер по предотвращению возможных аварийных ситуаций [60]);
- разработку методов повышения безопасности на объекте ТЭК в ходе совершенствования технологических процессов и замены оборудования;
- совершенствование всех систем и управления в АСУТП (управление производством и технологическими процессами, управление качеством окружающей среды и управление СПВБ).

Любое управление в своей основе имеет проведение мероприятий по планированию. Однако при проведении планирования, в том числе указанных мероприятий, далеко не всегда правильным образом учитывается главная агрегатная цель. Планы по отдельным направлениям разрабатываются порой бессистемно, в отрыве одни от других. Планы по оценке экологической опасности и оценке риска для ОЗ объектов ТЭК часто вообще не связаны с планами проведения ТО и ремонта. Вместе с тем использование такого аппарата планирования, в котором будут учтены все аспекты деятельности объектов ТЭК и который опирается на правильный математический расчет, позволило бы существенно улучшить ситуацию с использованием ресурсов объекта ТЭК в СПВБ. А это, в свою очередь, могло бы способствовать спасению чьих-то жизней и предотвращению ущерба.

Необходимость научного обоснования качества планирования противопожарных мероприятий имеет и свой финансовый аспект. Нескоординированные или разработанные в различных подразделениях объекта ТЭК планы, связанные с их основной деятельностью, приводят к тому, что действия сотрудников либо дублируются, либо не дополняют друг друга. Результатом такой рассогласованности могут быть как финансовые потери за счет простоя или повторных избыточных операций, так и потери эффективности систем обеспечения безопасности. Последнее возможно в случае применения, например, нескольких

видов несогласованных контрольных мероприятий по линии электробезопасности (часть оборудования обесточивается для проведения регламентных работ и плановых оценок его состояния) и проверок работоспособности систем экологического мониторинга.

Внедрение цифровых двойников призвано отчасти решить данную задачу. Однако, в связи с тем что общий методологический аппарат планирования «высокого уровня» пока недостаточно проработан, следует отметить, что применение результатов, полученных в ходе таких исследований, позволит не только сберечь ресурсы для наиболее масштабных мероприятий, но и более качественно планировать эвакуацию людей при возникновении на объектах ТЭК опасных ситуаций. Подобные планы будут составляться в комплексе с другими группами мероприятий и увязываться по ресурсам и времени правильным с точки зрения ЛПР образом. Они должны быть увязаны с уже имеющимися проработками, например с прогнозированием рассеивания опасных веществ в воздухе. Для планирования мероприятий в этом направлении уместно использовать отечественные (Главная геофизическая обсерватория [83, 84], Центральная аэрологическая обсерватория РАН [85–87]) и иностранные модели (Международная группа по оценке риска CONCAWE). При этом в таких моделях следует учесть конкретные особенности:

- характер производства на конкретном объекте ТЭК;
- используемые в технологии вещества;
- рельеф местности, где расположен объект ТЭК;
- преобладающие в этой местности погодные условия.

Это позволит не только прогнозировать особенности возможных опасных ситуаций, но и правильно оценивать ресурсы для их предотвращения и ликвидации последствий. Проведение на основе таких моделей вычислительных экспериментов для прогнозирования и планирования позволит не только правильно оценивать риски для жилых районов и близлежащих территорий, но и правильно просчитывать необходимые противопожарные мероприятия.

Как отмечалось выше, в настоящее время в связи с устареванием материально-технической базы на объектах ТЭК (в первую очередь электрооборудования и датчиков) активным образом внедряется техника зарубежного производства. Однако реальное импортозамещение по данным направлениям может произойти только в том случае, если в РФ появится соответствующий научно-производственный потенциал. Это значит, что нужны научно-исследовательские работы и строительство полигонов для проверки и обкатки проектируемого оборудования, в котором части, относящиеся к обеспечению ПБ, будут интегрированы в общий технологический процесс. Для этих целей, учитывая потребности «Индустрии 4.0», потребуется разработка профильного ПО, интегрируемого с используемым в настоящее время на объектах ТЭК [72].

Это обстоятельство, помимо прочих, не позволяет в полной мере использовать достижения отечественной ИТ-отрасли, поэтому общим трендом в ТЭК стало применение иностранных систем комплексной безопасности в АСУТП. В связи с этим в особых условиях ЛПР не может гарантировать необходимый уровень безопасности на объекте ТЭК и не может правильно его оценить, чтобы предпринять меры по планированию необходимых для его повышения мероприятий.

Помимо этого, следует отметить, что проведение отраслевых мероприятий по контролю обеспечения ПБ также требует тщательного научно обоснованного планирования. В настоящее время оно осуществляется не только исходя из указаний и приказов по министерству топлива и энергетики, но и с использованием нормативной базы, разработанной МЧС. В связи с этим зачастую само планирование мероприятий по отрасли проходит бессистемно и несогласованно. На разных уровнях проводятся контрольные мероприятия по оценке предупреждения ЧС и оценке воздействия на окружающую среду. Это еще одно свидетельство отсутствия действенной обратной связи объектов ТЭК с окружающей нормативно-правовой средой. Следовательно, необходим такой методологический аппарат, который позволил бы в будущем обобщить результаты

планирования как на отраслевом уровне, так и на объектах ТЭК, а также использовать его в дальнейшем в нормативных документах.

И наконец, последнее (по порядку, но не по значению). Методологический аппарат стратегического планирования может применяться достаточно широко. Приложениями подобного аппарата могут быть как технические, так и гуманитарные науки, причем последние даже в большей степени. Например, процесс обучения студентов представляет собой в общем виде набор планов. Однако, как правило, общим местом являются учебный план на конкретный период и рабочие программы по учебным дисциплинам. Эти документы ориентированы в основном на семестр или несколько семестров. Вместе с тем применение методов стратегического планирования позволило бы ставить более масштабные задачи в обучении студентов и на ином качественном уровне контролировать сам процесс. При этом цели, задачи и мероприятия по их достижению и решению могли бы оцениваться на более длинном временном горизонте. Но это уже тема другого исследования.

Таким образом, рассмотренные особенности управления противопожарными мероприятиями на объектах ТЭК в настоящее время в обычных и особых условиях указывают на необходимость научного обоснования качества их планирования путем разработки соответствующего методологического аппарата. Его применение обеспечит более высокое качество информации для ЛПР в АСПВБ, а следовательно, и принимаемых им решений. Это будет способствовать повышению эффективности АСПВБ в целом в особых условиях.

## **1.2 Процесс принятия решений лицом, принимающим решения, по безопасности на объекте топливно-энергетического комплекса**

Автоматизация процесса управления силами и средствами на объектах ТЭК, оснащение всех уровней управления вычислительной техникой дают возможность снизить субъективный фактор в принятии решений о мерах комплексной безопасности на всех уровнях [88]. Составными элементами системы комплексной безопасности объектов ТЭК являются информационно-аналитические системы

на самом верхнем (третьем) уровне, системы оценки безопасности на среднем (втором) уровне и датчики состояния на низшем (первом) уровне. Информация каждого из уровней крайне важна для ЛПР для выработки правильного решения в экстремальной ситуации. Однако при планировании противопожарных мероприятий существенную роль играет оценка качества информации, так как оно влияет на эффективность АСПВБ.

Практическая значимость систем поддержки принятия решений зависит от точного применения положений действующей нормативной базы [89–110], эффективного взаимодействия всех уровней АСПВБ, а также от того, насколько быстро ЛПР принимает нужные решения. При высокой скорости течения процессов в опасных ситуациях в принятии решения ЛПР должна помогать информационно-аналитическая система (составная часть АСПВБ), вбирающая в себя алгоритмы математических моделей, прогнозирующих развитие ситуации.

И в этом смысле задачи АСПВБ ставит ЛПР. Роли специалиста по представлению данных и специалиста систематизации необходимых данных, обрабатываемых компьютером, выполняют его подчиненные или автоматика. Так как время развития опасных ситуаций на объектах ТЭК очень мало, то и планирование мероприятий для последующего принятия ЛПР управленческих решений, и выработку рекомендаций для него необходимо проводить всегда в автоматизированном или полуавтоматическом режиме. Для этого целесообразно разработать методы поддержки принятия решений ЛПР по планированию противопожарных мероприятий, реализуемых в виде алгоритмов управления в АСУТП (и в АСПВБ как ее подсистеме).

В экстремальной ситуации основными факторами, способствующими успешной работе ЛПР, являются [111]:

- профессиональная компетенция ЛПР;
- умение ЛПР (с помощью АСУТП или без нее) получать нужную информацию и делать на основании ее правильные выводы, особенно при ее недостатке или противоречивости;



- оперативность действий коллектива во главе с ЛПР и их способность к взаимодействию с обеспечивающими процесс подразделениями;
- быстрое принятие правильного решения на основе имеющихся данных.

При этом основной вклад в скорость принятия решения ЛПР вносит специализированное ПО, которое проводит не только сбор информации, но и ее всесторонний комплексный анализ и предлагает варианты решений, на основе которых ЛПР может принимать их более грамотно. Применение подобного ПО на современных объектах ТЭК актуально также в связи с тем, что:

- происходит постоянное усложнение объектов ТЭК и систем управления ими, а также используемого на них оборудования;
- растет число его элементов, состояний и режимов их работы, а также изменений в используемом оборудовании;
- в процессе ТО, при ремонте и замене оборудования увеличивается число плановых и внеплановых проверок, обусловленных усложнением режимов его эксплуатации; меняется состояние безопасности объекта после их проведения;
- в связи с ускорением научно-технического прогресса сокращается время жизни оборудования, что требует более частой его модернизации;
- растет динамика технологических процессов, что сокращает время на контроль и на адекватную реакцию ЛПР на опасную ситуацию;
- сокращается время между изменениями в среде и принятием решения, особенно на условно-расчетном предприятии ТЭК.

Перечисленные особенности применения специализированного ПО говорят также о том, что в рассматриваемых нами особых условиях динамика изменений среды, в которой функционирует АСПВБ, а также отсутствие должной обратной связи в ее подсистемах при таких изменениях снижают эффективность АСПВБ на объектах ТЭК. Вследствие этого для проведения компенсирующих мероприятий по повышению эффективности АСПВБ необходимо разработать комплекс новых методов, в том числе связанных с агрегированием целей планирования для отдельных подсистем АСПВБ.

Любая сложная или опасная ситуация на объекте ТЭК требует наблюдения, расчета, оценки, сравнения значений наиболее важных показателей с допустимыми значениями. Все перечисленное выполнимо как оператором, так и автоматикой АСУТП, поэтому контроль превышения допустимых значений, а также их отклонений от этих значений при росте интенсивности технологических процессов является одним из важнейших участков обеспечения управления противопожарным режимом объекта ТЭК. Скорость принятия решений при этом имеет определяющее значение, поэтому инструмент поддержки оператора или ЛПР в виде составной части ПО АСПВБ, обеспечивающей прогнозирование опасных ситуаций на основе аппарата стратегического планирования, — одно из наиболее актуальных направлений развития всего комплекса АСПВБ в целом. Однако проверка эффективности и ее оценка для действующей системы комплексной безопасности объекта ТЭК в АСПВБ представляются разработанными в настоящее время недостаточно полно.

Своевременность прогнозирования помогает заранее выявить возможный аварийный участок до появления критических значений параметров опасных ситуаций. Следовательно, у ЛПР появится возможность минимизировать количество вышедших из строя элементов системы до аварии и заранее обеспечить локализацию или ликвидацию пожаровзрывоопасной ситуации (будем называть перечисленные здесь ситуации сложными).

Как было показано выше, разработанный ранее и применяемый в настоящее время математический аппарат моделирования сложных ситуаций на объекте ТЭК [112–139] недостаточно полно отражает решение данных задач, поэтому в особых условиях эффективность АСПВБ снижается. Применяемые в нем уравнения учитывают не все элементы таких ситуаций, а также изменения процессов в них [13, 14, 140]. Следовательно, необходим новый математический аппарат для моделирования функционирования подсистем оперативного прогнозирования сложных ситуаций в АСПВБ на объектах ТЭК, реализованный в виде дополнительных вычислительных программ АСПВБ.

Основным преимуществом методов стратегического планирования является правильный выбор больших групп мероприятий, объединяемых единой общей целью [132, 133, 141–164]. В условиях применения данных методов в рамках предупреждения сложных ситуаций на объекте ТЭК и обеспечения нужного реагирования в них можно ожидать повышения эффективности действий ЛПР в АСПВБ.

В связи с тем что АСПВБ представляет собой сложную с точки зрения системного анализа систему, следует прояснить, где и в качестве чего предлагаемая для разработки составная часть АСПВБ может использовать математический аппарат стратегического планирования. Согласно [16, с. 130] АСПВБ «состоит из **функциональных** автоматизированных систем нижестоящего уровня, являющихся информационно-управляющими частями соответствующих функциональных систем СПВБ, и **обеспечивающих** систем, называемых также **видами обеспечения**.

**Функциональными** автоматизированными системами нижестоящего уровня АСПВБ являются:

- автоматизированная система (АС) предотвращения пожаров и взрывов (АСППВ);
- автоматизированная система пожаровзрывозащиты (АСПВЗ);
- автоматизированная система общего назначения (АСОН).

**АС предотвращения пожаров и взрывов** предназначена для автоматизированного управления профилактическими противопожарными работами, автоматизированного решения задач по предотвращению предпожарных и взрывоопасных режимов, включая автоматизированное управление экологическим мониторингом.

**АС пожаровзрывозащиты** предназначена для автоматизированного и автоматического выполнения функций по тушению пожаров, взрывозащите, дымоудалению, оповещению и эвакуации людей из горящих зданий.

**АС общего назначения** предназначена для автоматизированного решения задач в интересах всей системы пожаровзрывобезопасности НПЗ. АСОН состоит

из системы автоматизированного проектирования (САПР) СПВБ, автоматизированной системы подготовки кадров (АСПК) для пожарной охраны, автоматизированной информационной системы пожаровзрывобезопасности (АИСПВБ) и автоматизированной системы управления первоочередными аварийно-спасательными работами.

***Обеспечивающими системами*** АСПВБ (видами обеспечения) являются:

- система информационного обеспечения;
- система математического обеспечения;
- система программного обеспечения;
- система технического обеспечения;
- система лингвистического обеспечения;
- система организационно-правового обеспечения;
- система метрологического обеспечения».

Такая большая цитата необходима для прояснения того, каким образом необходимо выполнять планирование мероприятий противопожарной защиты и предупреждения пожаров. Она вполне уместна, так как иллюстрирует, для чего и в каких частях АСПВБ необходимо применение методов стратегического планирования. Такими составными частями являются АСППВ, АСПВЗ и АСОН. Кроме того, стратегическое планирование необходимо применять в системах информационного, математического, программного и, возможно, организационно-правового обеспечения.

Применение научно обоснованных методов планирования в АСППВ позволяет ЛПР лучше владеть ситуацией в области управления профилактическими противопожарными работами. К ним следует отнести прежде всего регламентные проверки и поверки датчиков АСУТП, дающих ему первичную информацию. Кроме того, с помощью автоматизированного моделирования в АСУТП предпожарных и взрывоопасных режимов ЛПР будет в состоянии быстрее принимать решения по предотвращению возможных пожаров. Автоматизированное управление экологическим мониторингом может также выполняться на основе проведения моделирования ситуаций с использованием

методов стратегического планирования. При этом ЛПР будет принимать более эффективные решения для предотвращения сложных ситуаций и минимизации их возможных последствий. Это возможно за счет выстраивания в графах иерархий более прогнозируемых и менее рискованных действий.

Применение научно обоснованных методов планирования в АСПВЗ позволяет повысить эффективность мер по автоматизированному и автоматическому выполнению функций по тушению пожаров за счет более предсказуемого выбора стратегий действий ЛПР в этом направлении. Помимо этого, выбор моделей оповещения и маршрутов эвакуации людей из горящих зданий в условиях случайного развития пожара, несмотря на наличие многочисленных проработок данного вопроса, представляет собой нетривиальную задачу.

В АСПК для пожарной охраны применение методов стратегического планирования позволяет, сосредоточившись на конечном высоком уровне знаний сотрудников, разработать систему тренажей для их постепенной подготовки, при этом на каждом из этапов возможен контроль знаний обучаемых, необходимый для оценки ЛПР уровня их подготовки. Излишне говорить, что выстроенная таким образом система подготовки и проверки знаний существенно улучшит качество работы дежурных смен объекта ТЭК.

Применение методов стратегического планирования в автоматизированной информационной системе пожаровзрывобезопасности даст ЛПР необходимый в самый экстремальный момент пакет рассчитанных параметров систем с учетом полноценной оценки достоверности информации, получаемой от датчиков АСУТП. Применение методов в автоматизированной системе управления первоочередными аварийно-спасательными работами позволит значительно сократить расход ресурсов и средств, применяемых для этого.

Система информационного обеспечения АСПВБ есть набор информационных массивов (фактически больших данных о состоянии ОЗ объектов ТЭК), а также «методов и средств сбора, хранения, поиска, выдачи и отображения информации, доступа к компьютерным информационным массивам» [16, с. 216]. На языке ИТ это базы данных (БД). Фактически использование предполагаемых

для разработки методов в системе информационного обеспечения АСПВБ должно сократить число вероятных запросов к БД в определенные моменты времени, ограничивая их поток только теми из них, которые будут определяться наиболее подходящими стратегиями и направлениями обработки больших данных. Эти направления и стратегии будут определяться в конкретные моменты времени в зависимости от целевых решений ЛПР. Применение ССП в качестве инструмента информационно-аналитической поддержки управления в указанной составной части АСПВБ позволит значительно сократить время подготовки проектов решений ЛПР и используемые для этого аппаратные ресурсы.

Система математического обеспечения АСПВБ — это совокупность математических методов, моделей и алгоритмов поддержки решения задач управления для ЛПР в АСПВБ [16, с. 220]. Методы ССП, применяемые в данной составной части АСПВБ, обеспечат решение новых задач поддержки управления, а также позволят создать ряд дополнительных направлений для информирования ЛПР об обстановке на объекте ТЭК. Основными направлениями применения предполагаемых для разработки методов должны стать: мониторинг окружающей среды, мониторинг состояния комплексной безопасности, модели оценки комплексной безопасности объекта ТЭК на первом уровне получения информации в АСУТП. Безусловно, для применения указанных методов в системе математического обеспечения АСПВБ найдутся и другие направления.

Под системой программного обеспечения в любой АСУТП подразумеваются комплексы прикладных программ, и АСПВБ в этом смысле — не исключение. Комплексы программ, реализующих методы ССП, позволят более оперативно решать вопросы получения ЛПР нужных данных и проведения их оценки. ПО АСПВБ представляет собой инструмент поддержки управления, и разработка для этого информационно-аналитической системы, базирующейся на методах ССП, будет важным вкладом в общую цель ее создания — повышение эффективности АСПВБ (в том числе работы ЛПР на объекте ТЭК). Кроме того, необходимо учитывать, что смена платформ в ИТ заставляет постоянно менять систему ПО в АСПВБ, в том числе обеспечивающую комплексную безопасность объекта ТЭК.

Для этого необходимо выделение ресурсов и, следовательно, планирование, увязанное по целям с общими целями условно-расчетного предприятия ТЭК.

Таким образом, разработка методов стратегического планирования позволит повысить эффективность применения всех подсистем АСПВБ объекта ТЭК в сложных ситуациях, существенно улучшить информирование ЛПР о состоянии систем в АСУТП и правильно выстроить последовательность его действий при возникновении, развитии и ликвидации последствий сложных ситуаций, связанных с пожарами и взрывами. Данную работу следует рассматривать как концептуальную и методологическую основу для обеспечения поддержки управления в составных частях АСПВБ объектов ТЭК, которые будут использовать прогностические элементы методов стратегического планирования.

### **1.3 Сущность проблемы и ее формулировка. Задачи исследования**

Прежде чем детально охарактеризовать сущность проблемы, обратимся к ряду определений, которые сделают ее более понятной. Среди всех важных аспектов управления следует особенно выделить цель и стратегию, потому что от них напрямую зависят действия ЛПР при принятии решений. Принимая решение, независимо от того, сколько времени у него есть на это, ЛПР должен всегда ясно видеть цель своих действий и руководствоваться стратегией для ее достижения. Исходя из определений в источниках, целью можно считать заранее задуманный результат сознательной деятельности [165, с. 598], желаемое состояние соответствующего объекта планирования в определенный момент будущего, а стратегия — это рациональный набор правил и приемов, которые позволяют реализовать миссию, достигнуть глобальных и локальных целей [166, с. 91]. Более прагматичный источник дает такие определения: цель — «результат, который должен быть достигнут» [167, п. 3.7.1], стратегия — «план достижения долгосрочной или общей цели» [167, п. 3.5.12]. Как видно из этих определений, цель — это некоторая задача на перспективу для того, кто что-то делает, а стратегия — это уже план ее решения. Именно так определяет ГОСТ [167].

При реализации стратегии ЛПР выбирает последовательность шагов по ее достижению, инструмент оценки своих действий на этом пути, а также показатели качества для этой оценки. Следует отметить, что все определения показывают характер применяемого субъектом управления объекта управления, что означает непосредственно создание дерева планов. Это следует из необходимости движения к цели в стратегии путем последовательности шагов, на каждом из которых может выбираться локальная цель данного шага, координируемая с главной целью стратегии посредством сравнения значения локального и интегрального показателей качества с допустимыми.

Согласно определению стратегии цели управления в ней бывают нескольких (как минимум двух) видов. Среди всех возможных при реализации стратегии ЛПР выбирает главную (глобальную) цель. Ее также называют основной, или агрегатной, так как она аккумулирует в себе все остальные стремления к ее достижению. Итак, основная (агрегатная) цель — это та цель, которая должна быть выполнена (в плановом периоде, если она привязана ко времени). Она является комплексной и включает в себя как внутренние, так и внешние ориентиры деятельности (в нашем случае ЛПР), выражая суть того будущего, которого необходимо добиться субъекту управления. Она является базисом и точкой опоры для всех плановых решений, для дальнейшего определения целей и задач. Агрегатная цель, как правило, связывается с определенным горизонтом планирования [168]. Сама по себе агрегатная цель во всех отношениях связана с планированием мероприятий по ее достижению.

Важно понимать, что главная цель в стратегии ЛПР может и не зависеть от времени. При этом общая цель действий (ЛПР и организации) будет величиной постоянной. В математическом смысле это может означать, что для оценки своих действий по достижению главной цели вне стратегий ЛПР использует единственную, не зависящую от времени целевую функцию. Целевая функция (или в некоторых случаях показатель качества) — это функция, как правило, нескольких независимых переменных, которая в условиях конкретной математической задачи должна быть минимизирована или максимизирована при использовании заданной совокупности дополнительных ограничений, налагаемых на используемые в ней



(независимые) переменные. Такая функция позволяет оценить степень приближения к выбранному уровню значений для достижения главной (основной, или агрегатной) цели управления ЛПР заданным процессом. При этом допустимое отклонение значений целевой функции от необходимого значения служит допуском, на основании которого ЛПР (или организация) определяет, достигнута цель управления или нет. Агрегатная цель, выраженная через агрегатный показатель качества, является высшим (и часто окончательным) уровнем оценки действий ЛПР. Совокупность его действий по достижению определенных ее значений, как правило, составляет стратегию.

При переходе от агрегатной цели к уровню стратегии ЛПР вынужден использовать уже другой, более сложный математический аппарат, в котором может быть несколько целевых функций, как зависящих, так и не зависящих друг от друга. Поэтому нельзя не видеть, что для реализации главной цели в стратегии управления ситуацией на объекте ТЭК ЛПР на уровне реализации стратегии необходимо гораздо больше допусков для оценки показателей качества, чем на уровне агрегатной цели. Исходя из этого ЛПР руководствуется теми их допустимыми значениями, которые позволяют ему держать ситуацию под контролем.

Учитывая вышеизложенное, можно дать определение стратегическому планированию. Итак, стратегическое планирование — это процедура выбора в условиях неопределенности решения о наборе действий (расходе ресурсов, обеспечения безопасности, проведения мероприятий по оценке), рационального с точки зрения максимального продвижения к стратегической цели. Такая цель может определяться как основной целью ЛПР (миссией предприятия, фирмы или организации), так и иными задачами (например, обеспечением качества противопожарных мероприятий). Стратегическое планирование может также представлять собой одну из функций управления, которая реализует процесс обоснования приоритетных целей и рациональных путей их достижения в условиях значительного объема неформализуемой информации и высоких неопределенностей внешней среды.

Неформализуемая информация, как и любая информация другого типа, для использования в формальных математических построениях должна быть определена. Для этого воспользуемся следующими определениями. Формальное описание — это описание в специфических терминах и символьных обозначениях той или иной теории [169]. Формализованное описание — содержательное описание с элементами формального описания [169]. Из приведенных определений следует, что неформализуемая информация — это информация, которая не описана при помощи формул, символов или содержательных элементов. При этом данная информация все же должна определенным образом отражаться в формальных математических построениях. Для этого можно использовать несколько методов.

Первый и наиболее очевидный из этих методов — это аппарат теории вероятности, использующий категорию случайных событий. При применении данного метода значения переменных, представляющих собой неформализуемую информацию, используемую в стратегическом планировании, будут заменены либо математическими аналогами (математическим ожиданием случайной величины, дисперсией, значением функции распределения вероятностей, умноженной на среднее за период значение, и т. п.), либо статистическими оценками.

Другим методом формирования значений неформализуемых величин является метод экспертных оценок. В связи с этим опять уместно вспомнить об определениях. Эксперт — это специалист в определенной области, способный на основе своих знаний и опыта дать пользователю квалифицированную консультацию (совет, подсказку), помочь принять правильное решение. В экспертных системах знания экспертов являются источником формирования баз знаний [170]. Пользователь в данном исследовании может рассматриваться как ЛПР.

Аналогичное определение связано с методами работы экспертов. Экспертные методы — методы системного анализа, в которых для выполнения тех или иных неформализуемых операций применяются знания, опыт, интуиция, изобретательность, интеллект экспертов, специалистов в нужной области [171]. Используя экспертные оценки, можно проводить необходимые расчеты на основании предположений о значениях неформализуемых переменных целевых функций.

Известно применение таких оценок в экспертных системах [131, 172–176], поэтому они будут в дальнейшем применяться вместо значений переменных или иных объектов, которые предстоит использовать в формальных описаниях процессов.

Заканчивая с определениями, вспомним, что все объекты ТЭК в силу усиления конкуренции испытывают давление следующих важных факторов:

- необходимости постоянного повышения производительности труда и интенсификации производства;
- необходимости внедрения большого числа новых контролирующих систем и новых компонентов производства, автоматизации управления ими с помощью иностранного ПО;
- усложнения технологии производственных процессов;
- усложнения систем управления обеспечивающими основные производственные процессы мероприятиями.

Перечисленные факторы означают, что при такой интенсификации увеличивается количество пожароопасных ОЗ, а значит, растет и опасность работы на всех участках объектов ТЭК. Это очевидно в связи с тем, что при увеличении числа объектов контроля дежурной сменой объекта ТЭК ее состав остается неизменным [177]. Списочный состав персонала обслуживания также увеличивается медленнее, чем растет производство. В связи с этим при переходе к «Индустрии 4.0» в разы повышается нагрузка на персонал и возрастает его ответственность при принятии решений в управлении как производственными, так и вспомогательными процессами.

Введенные санкции ограничили доступ к передовым технологиям, снизили доступность необходимых при их работе ресурсов и усилили негативные тенденции, снижающие эффективность существующих АСПВБ. Несмотря на огромные вложения («в 2018 году в промышленности в создание российских аналогов иностранной продукции суммарно инвестировано практически 637,5 млрд руб.» [63]), в программах по импортозамещению, принятых и рассматриваемых в соответствующих министерствах, многие элементы систем управления, которые были поставлены зарубежными производителями на объекты ТЭК вместе с новыми технологиями, не предусмотрены (производство «сжиженного газа, программных средств для... добычи и переработки» [61]).

Недостаток соответствующих элементов технологий будет до их воспроизведения в РФ покрываться более напряженным проведением организационно-профилактических мероприятий при оперативном управлении конкретными объектами. Это уже само по себе означает, что в условиях интенсификации производства и процессов обеспечения (в первую очередь ПБ) эффективность управления в АСПВБ будет снижаться, так как будет превышено допустимое время реакции на изменения среды. Количественно данную величину для отдельных подсистем АСПВБ можно оценить, сравнивая скорость реакции автоматики со скоростью реакции человека. Но это достаточно грубое, хотя и уместное сравнение [177].

Поскольку все перечисленные в [16] подсистемы АСПВБ имеют различные временные характеристики в цикле управления, при управлении внутри процесса обеспечения ПБ время реакции у ЛПР в каждой из них на сложные события будет различным (рисунок 1.3).

В связи с этим следует говорить о рассинхронизации отдельных подсистем АСПВБ, которая в особых условиях только усилилась. Это заставило пересмотреть все планы работ на объектах ТЭК, особенно планы по обеспечению ПБ. Различные планы в подсистемах АСПВБ и их составляющих для объектов ТЭК с привязкой к временным характеристикам циклов управления ими приведены в таблице 1.1.

Общий итог приводимых рассуждений показывает, что:

- все подсистемы АСПВБ и их составляющие имеют различные времена реакции на возмущения среды, но при этом сходные длительности циклов планирования, превышающие допустимые в сложных ситуациях;
- ввиду индивидуального подхода к составлению планов внутри каждой из подсистем синхронизация их циклов планирования и управления неочевидна;
- существующие нормативные документы не охватывают данную часть функционирования подсистем АСПВБ, что приводит к нарушению взаимодействия с внешними важными источниками информирования и, как следствие, к потере обратной связи между АСПВБ и окружающими организациями и экосистемой при планировании мероприятий по обеспечению ПБ.

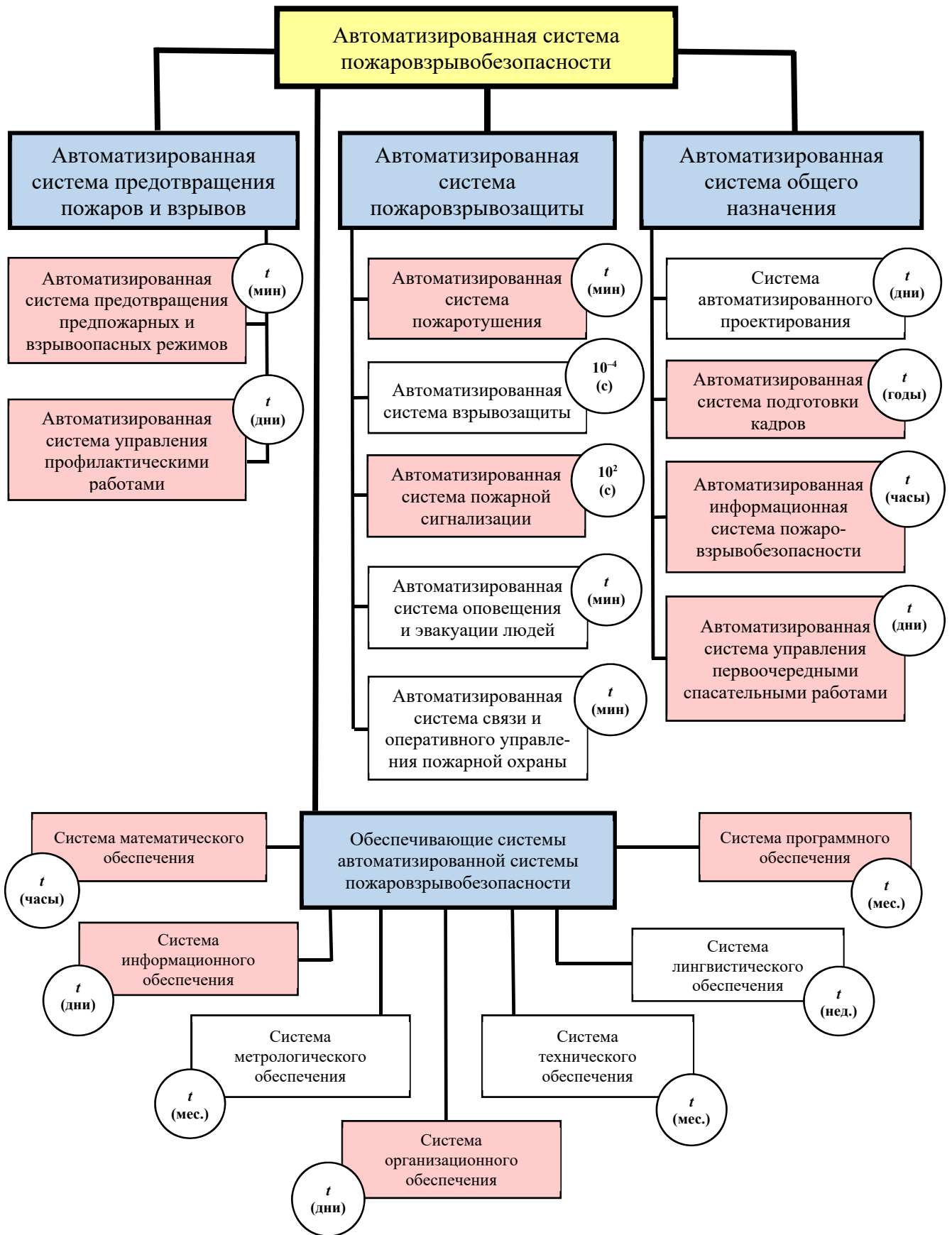


Рисунок 1.3 — Среднее время цикла управления для отдельных подсистем АСПВБ на возмущения окружающей среды

Таблица 1.1 — Планы оперативного управления в подсистемах АСПВБ

Номер подсистемы	Подсистема АСПВБ	Необходимое время реакции (цикла управления)	Формируемый план	Необходимость согласования с внешними органами
<b>1</b>	<b>Автоматизированная система предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов</b>			
1.1	Автоматизированная система предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов	Минуты	Мониторинга опасных ситуаций Финансирования	Нет
1.2	Автоматизированная система управления профилактическими работами	Дни, недели	Проведения профилактических работ Оценки качества мероприятий Финансирования профилактических работ	Да
<b>2</b>	<b>Автоматизированная система пожаровзрывозащиты</b>			
2.1	Автоматизированная система пожаротушения	Минуты	Оценки готовности оборудования Оценки стратегического риска сбоя оборудования Финансирования	Нет
2.2	Автоматизированная система взрывозащиты	Десятитысячные доли секунды	Оценки готовности оборудования Оценки стратегического риска сбоя оборудования Финансирования	Нет
2.3	Автоматизированная система пожарной сигнализации	Десятки секунд	Установки и мониторинга Оценки готовности Финансирования	Да
2.4	Автоматизированная система оповещения и эвакуации людей	Минуты	Установки и мониторинга Оценки готовности Финансирования	Да
2.5	Автоматизированная система связи и оперативного управления пожарной охраны		Установки и мониторинга Оценки готовности Финансирования	Да
<b>3</b>	<b>Автоматизированная система общего назначения</b>			
3.1	Система автоматизированного проектирования	Дни, недели, месяцы	Проектирование новых направлений развития Финансирования	Нет
3.2	Автоматизированная система подготовки кадров	Месяцы, годы	Подбора персонала Аттестации персонала Переподготовки персонала	Да
3.3	Автоматизированная информационная система пожаровзрывобезопасности	Часы, дни	Применения новых ИТ Оценки готовности Финансирования	Нет
3.4	Автоматизированная система управления первоочередными спасательными работами	Дни, недели, месяцы	Планирования аварийных разливов Проведения работ Оценки готовности оборудования и персонала к работам Финансирования	Нет
<b>4</b>	<b>Обеспечивающие системы автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности</b>			
4.1	Система математического обеспечения	Часы, дни	Планирования расчетов Проведения расчетов Оценки выполненных расчетов	Да
4.2	Система программного обеспечения	Дни, месяцы	Планирования изменений Разработки ТЗ Проведения работ Подбора персонала Финансирования	Да
4.3	Система информационного обеспечения	Часы, дни	Планирования изменений Проведения работ Оценки качества Финансирования	Да

Номер подсистемы	Подсистема АСПВБ	Необходимое время реакции (цикла управления)	Формируемый план	Необходимость согласования с внешними органами
4.4	Система технического обеспечения	Месяцы	Планирования изменений Разработки мер Закупки оборудования Проведения монтажных работ Оценки качества Переподготовки персонала Финансирования	Да
4.5	Система лингвистического обеспечения	Недели	Планирования изменений Согласования мер Проведения работ Финансирования	Да
4.6	Система метрологического обеспечения	Месяцы	Планирования изменений Согласования изменений Проведения работ Финансирования	Да
4.7	Система организационного обеспечения	Дни, недели, месяцы	Планирования организационных изменений Проведения организационных изменений Подбора персонала Финансирования	Нет

В связи с этим актуальной становится проблема рассогласования работы отдельных подсистем АСПВБ, ведущего к снижению эффективности их работы на объектах ТЭК в особых условиях. Наиболее очевидным способом преодоления такой ситуации может стать создание механизмов адаптации подсистем АСПВБ на объектах ТЭК к особым условиям, которые обеспечат заданный уровень их эффективности.

Данная проблема в прикладном аспекте трактуется как снижение эффективности систем пожаровзрывобезопасности объектов ТЭК в особых условиях, а научно-техническая проблема — как разработка новых методов интеллектуализации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов ТЭК в особых условиях.

Одним из направлений по их созданию может служить разработка методологического аппарата поддержки управления для предоставления ЛПР более качественных данных по стратегии принимаемых им решений, выраженной в многоуровневой последовательности решений и действий, динамически изменяемой для достижения нужного результата. Реализовать данный механизм можно

через внедрение в подсистемы АСПВБ совокупности моделей, методов и алгоритмов планирования мероприятий, основанных на стратегическом подходе.

Стратегический подход основан на представлении о том, что элементы системы безопасности объектов ТЭК для АСПВБ при решении задач в условиях экстремальных ситуаций являются листьями многоуровневого дерева. Доступные инструменты поддержки управления для достижения требуемого уровня эффективности работы АСПВБ в целом позволяют контролировать проведение мероприятий отдельных планов второго и третьего уровней без потери значения агрегатного показателя эффективности.

При решении данной проблемы необходимо учитывать ряд особенностей:

- длительности циклов управления каждой отдельно взятой подсистемой АСПВБ различны;
- синхронизация этих циклов управления неочевидна;
- отсутствие обратной связи между АСПВБ и окружающей экосистемой;
- отсутствие обратной связи между АСПВБ и системой пожаротушения в стране;
- рост числа элементов автоматизации производственных процессов на объектах ТЭК, появление промышленного «интернета вещей», взрывное увеличение числа контролируемых в реальном времени извещателей первого уровня информирования в АСУТП;
- взрывной рост интенсивности и опасности производственных процессов на объектах ТЭК (использование более мощных катализаторов, сопутствующих веществ повышенной опасности, рост физических параметров внутри производственного оборудования (давление, температура), новые технологии добычи и переработки нефти и газа и др.) в связи с тотальной автоматизацией;
- снижение роли и возможностей научно-технологических учреждений РФ в области разработки новых средств обеспечения пожаровзрывобезопасности для объектов ТЭК ввиду объективного отставания в области отечественной компонентной базы;



- ограничение возможностей работы указанных учреждений в связи с действием западных санкций;
- ограничение возможностей поставки необходимых запасных частей для энергетического, газоанализирующего и иного оборудования, применяемого на ППСПГ, для обеспечения комплексной безопасности в связи с действием западных санкций;
- недостаточное финансирование закупки существующих современных средств пожаровзрывобезопасности для объектов ТЭК в требуемом количестве, что влияет и на темпы разработки отечественной продукции в этой области;
- замедление процессов импортозамещения в производстве отечественных аналогов современных средств пожаровзрывобезопасности для объектов ТЭК;
- снижение государственного и отраслевого контроля за качеством средств пожаровзрывобезопасности и, как следствие, появление на рынке газоанализаторов контрафактной продукции;
- снижение общей «корпоративной культуры» в работе с пожароопасными объектами ТЭК.

Вопросы повышения эффективности подсистем АСПВБ в особых условиях при планировании противопожарных мероприятий требуют вдумчивого анализа с учетом перечисленных особенностей особых условий работы объектов ТЭК. Одним из решений указанной проблемы может служить анализ повышения качества комплексной защиты пожароопасных ОЗ объектов ТЭК за счет совершенствования процессов предупреждения отказов (несвоевременности срабатывания) на оборудовании АСУТП. Реализация ряда задач исследования позволяет говорить о том, что достижение поставленной цели возможно при совершенствовании планирования мероприятий при применении методов стратегического планирования.

Для проработки научных основ методологического аппарата стратегического планирования необходимо решить задачи, которые обеспечат совершенствование процесса поддержки управления составными частями АСПВБ объектов ТЭК в особых условиях [177]:

- предложить варианты количественного расчета показателя эффективности АСПВБ для обычных и особых условий, варианты моделирования показателей эффективности АСПВБ на основе анализа размещения аварийных датчиков контроля на объектах ТЭК;

- предложить различные варианты постановки задачи математического программирования в целях разработки для них планов противопожарных мероприятий в режиме динамического стратегического планирования;

- на их основе разработать алгоритмы расчета параметров моделей прогнозирования и предотвращения сложных ситуаций на объектах ТЭК с помощью предложенного математического аппарата;

- разработать алгоритмы применения и структуру программно-аппаратного комплекса информационно-аналитической системы стратегического планирования (ИАССП) противопожарных мероприятий;

- предложить модель мониторинга сложных ситуаций при регламентном режиме работы АСПВБ объектов ТЭК на основе методов стратегического планирования;

- разработать методы развития АСПВБ путем формирования планов, создаваемых информационно-аналитической системой стратегического планирования противопожарных мероприятий, в целях повышения их эффективности в особых условиях;

- дать предложения по системам информационного, математического и программного обеспечения АСПВБ объекта ТЭК, входящей в состав его интегрированной информационно-управляющей системы (ИИУС);

- предложить модели и алгоритмы подсистемы математического обеспечения АСПВБ для оценки и прогнозирования готовности пожарных сил и средств объектов ТЭК в особых условиях на основе методов стратегического планирования.

Таким образом, в данном подразделе была сформулирована научная проблема, которая заключается в преодолении снижения эффективности работы АСПВБ в особых условиях, и основные задачи по ее решению. Причиной снижения

ее эффективности является рассогласование работы ее отдельных подсистем, ведущее к снижению эффективности их работы в особых условиях. Разработка методологического аппарата поддержки управления для преодоления тенденции снижения эффективности работы АСПВБ в особых условиях должна быть направлена на получение агрегатного показателя качества в многоуровневой последовательности решений и действий, динамически изменяемой для достижения нужного результата [177]. Это позволит выполнить ряд обобщений общего характера для его применения в других областях науки и техники.

#### **1.4 Обоснование применения новых методов интеллектуализации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях**

При проведении исследований организации процессов планирования на объектах ТЭК установлено, что планирование мероприятий по обеспечению ПБ выполняется в рамках вспомогательного производственного процесса обеспечения ПБ. При этом само планирование осуществляется при проведении общих мероприятий по планированию выпуска производственной продукции и обеспечивающих данный процесс мероприятий. Выполнение запланированных таким образом мероприятий контролируется дежурной сменой в ходе оперативного управления объектом ТЭК. Она же осуществляет их мониторинг.

При этом следует отметить, что в ходе выполнения текущих мероприятий дежурной сменой выявляются некоторые несоответствия в работе запланированных и реально считываемых показателей контроля выполнения планов. Самым распространенным недостатком в данном случае является превышение запланированного времени исполнения по отдельным позициям, которое может происходить по разным причинам. Другое распространенное отступление от позиций планов состоит в появлении в ходе выполнения мероприятий новых обстоятельств, которые могут привести к запуску новых процессов (например, к закупке оборудования или поиску финансирования), не предусмотренных действующей на предприятии системой планов.

В последнем случае можно также говорить о возможной взаимной корректировке планов нескольких подсистем АСПВБ, которые будут запускать различные по времени циклы управления ими. В силу масштаба планирования и состава АСПВБ такие корректировки в планах работы ее отдельных подсистем не могут происходить изолированно от всей совокупности планов объекта ТЭК. Именно поэтому необходим научно обоснованный механизм подобных корректировок, позволяющий проводить планирование с учетом общей стратегической цели: для объекта ТЭК — производства необходимого количества продукции, для АСПВБ объекта ТЭК — обеспечения на нем требуемого уровня пожаровзрывобезопасности.

В связи с этим уместно заметить, что при проведении мероприятий мониторинга выполнения планов обеспечения ПБ и их контроля не только выявляются несоответствия, но и регистрируются предпосылки возникновения опасных ситуаций. Так, например, при проведении оценочных мероприятий, осуществляемых средствами поддержки управления в АСПВБ, при контроле тепловых замков спринклерных оросителей автоматической установки пожаротушения с помощью специализированных программ может выясниться, что есть необходимость в замене некоторых оросителей для устойчивой работы всей подсистемы пожаротушения при пожаре. А для этого понадобится выполнить определенные мероприятия по обеспечению ПБ, не включенные в общий план, сформированный заранее. Если заключен договор с организацией, осуществляющей сервисное обслуживание системы пожаротушения объекта ТЭК, то это может быть рутинная процедура. В противном случае необходима инициация процесса установки новых оросителей в нужных местах. В состав такого восстановительного процесса следует включить обеспечение материальной части (закупку или проверку наличия на складе), проведение установки и тестирования как самих замененных частей, так и системы в целом. При этом высока вероятность того, что данные мероприятия в случае уже сформированного и утвержденного руководством объекта ТЭК бюджета будут финансироваться из дополнительных источников, а для этого нужно будет предусмотреть дополнительное

планирование, мониторинг и контроль всех мероприятий в рамках общей цели — обеспечения нужного уровня эффективности системы пожаротушения объекта ТЭК как составной части АСПВБ.

Этот частный пример говорит о том, что на объекте ТЭК в ходе осуществления мероприятий по ПБ в технологическом процессе обеспечения ПБ существует как минимум два подпроцесса, направленных в противоположные с точки зрения эффективности АСПВБ стороны. Первый подпроцесс связан с появлением предпосылок к возникновению опасных ситуаций и их регистрацией дежурной сменой объекта в ходе оперативной деятельности на объекте ТЭК. Он вызывает снижение эффективности мероприятий по обеспечению ПБ в АСПВБ. Второй подпроцесс связан с проведением корректирующих действий, восстанавливающих эффективность составных частей АСПВБ на определенных направлениях. Этот подпроцесс имеет отношение к планированию и финансированию, а также связан с общим процессом планирования на производстве, который имеет отношение к стратегическому планированию на предприятии. Оба эти подпроцесса состоят из мероприятий, которые проводятся в единицу времени и имеют заданную эффективность по отношению к АСПВБ в целом.

Для оценки возможности построения общей модели оценки эффективности работы АСПВБ в обычных и особых условиях вспомним, что «эффективность — соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами» [167, п. 3.7.10]. Для ее оценки обычно используются показатели эффективности. Однако поскольку в АСПВБ достаточно много различных направлений деятельности, которые имеют неодинаковую размерность и физический смысл, но могут при этом моделироваться в части оценок одинаково, выберем условные безразмерные единицы и будем считать, что эффективность АСПВБ в целом определяется агрегатным показателем эффективности. Идеальным случаем для этого было бы нормирование измеряемой эффективности АСПВБ по отношению к некоторой ее максимально возможной величине.

Прежде чем переходить к математическому выражению эффективности как отдельных мероприятий по обеспечению ПБ, так и АСПВБ в целом, схематично представим развитие во времени двух описанных выше подпроцессов в обычных условиях (рисунок 1.4). Будем называть процесс регистрации предпосылок опасных ситуаций разрушительным подпроцессом, а подпроцесс, обратный ему, — созидательным. Будем также считать, что эффективность АСПВБ зависит от времени и обозначим ее через  $W$ , а ее снижение или восстановление в ходе указанных подпроцессов примем за  $\Delta W$ . В этом случае, приняв, что оба подпроцесса имеют линейный характер, получим примерно такую картину, какая представлена на рисунке 1.4. На рисунке показаны моменты времени, в которые происходят события разрушительного (красным цветом  $t_i$ ) и созидательного (голубым цветом  $t_i^B$ ) подпроцессов. Для простоты обозначений принято, что число событий в обоих подпроцессах в ситуации, зафиксированной на рисунке 1.4, одинаково и равно  $m$ .

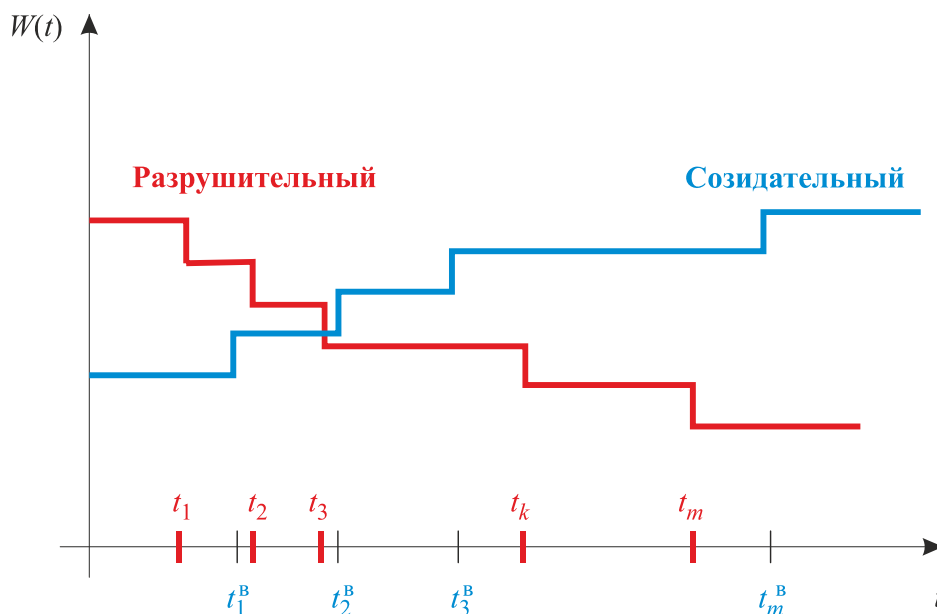


Рисунок 1.4 — Снижение эффективности АСПВБ при разрушительном подпроцессе и ее восстановление при выполнении созидательных мероприятий

Как видно из рисунка 1.4, в ходе выполнения мероприятий созидательного подпроцесса происходит восстановление эффективности работы АСПВБ по обеспечению ПБ. При этом восстановление требует времени, поэтому голубой график растянут по оси абсцисс относительно красного.

Два указанных подпроцесса имеют противоположные направления относительно эффективности АСПВБ. Первый из них создает потребность в мероприятиях, которые необходимо планировать, а второй состоит в выполнении мероприятий по обеспечению ПБ, компенсирующих разрушительное действие событий первого, в мониторинге и контроле их выполнения с нужной эффективностью. Сами по себе восстановительные мероприятия могут представлять собой объекты, которые состоят из множества процедур и требуют отдельного планирования по времени, финансированию и ресурсам.

Для формирования агрегатного показателя эффективности АСПВБ введем следующие обозначения. Максимальную эффективность, которую может иметь АСПВБ, обозначим через  $W_{\max}$ , эффективность АСПВБ, которая позволяет работать в ходе оперативного сопровождения объекта ТЭК по линии ПБ, как  $W_{\text{тр}}$ , а эффективность, которая не позволяет выполнять работы на объекте ТЭК, — как  $W_{\text{кр}}$ . Будем называть их далее соответственно максимальной, требуемой и критической эффективностью. При этом саму оценку эффективности будем проводить в рамках регистрируемых дежурной сменой объекта событий — разрушающих и созидательных (восстановительных).

Если обозначить через  $M$  число всех мероприятий созидательного подпроцесса, выполнение которых приведет к тому, что эффективность АСПВБ станет равной  $W_{\max}$ , то этот показатель логично представить в нормированном виде как

$$W_{\max} = \sum_{i=1}^M \alpha_i \beta_i = 1, \quad (1.1)$$

где  $\alpha_i$  — важность  $i$ -го мероприятия;

$\beta_i$  — доля эффективности  $i$ -го мероприятия в общей целевой эффективности восстановительного процесса (для него  $\Delta W$  условное).

Условие равенства  $W_{\max}$  единице введено по причине определения эффективности различных подсистем АСПВБ через нормированную безразмерную величину. Для ее формирования используются мероприятия из различных планов, каждое из которых вносит свой вклад в общую эффективность АСПВБ объекта

ТЭК. Важность каждого из мероприятий есть также величина нормированная. Ее могут определить эксперты по ПБ, сопоставив необходимые для дежурной смены или программ поддержки управления данные, которые затем будут сведены в таблицы для использования полученных оценок в подсистемах программного и математического обеспечения АСПВБ. Процедура получения этих оценок и метод их оценки будут приведены ниже (см. п. 2.3).

Для уверенности дежурной смены в успешности проводимых мероприятий созидательного процесса эффективность АСПВБ в целом должна находиться в диапазоне между  $W_{\max}$  и  $W_{\text{кр}}$ . Учитывая, что пожарное оборудование имеет свой ресурс эксплуатации и что не только сами события разрушительного подпроцесса, но и время эксплуатации пожарного оборудования между ними снижают его эффективность, можно считать разрушительный подпроцесс непрерывным во времени. Снижение эффективности АСПВБ, которое наблюдается между зарегистрированными предпосылками отрицательных событий, может моделироваться некоторой кривой, форму которой приводить не будем. Предположим, что в этом случае разрушительный подпроцесс для событий, показанных на рисунке 1.4, можно представить в виде графика, приведенного на рисунке 1.5. Время снижения эффективности до  $W_{\text{кр}}$  обозначим как  $t_{\text{кр}}$ .

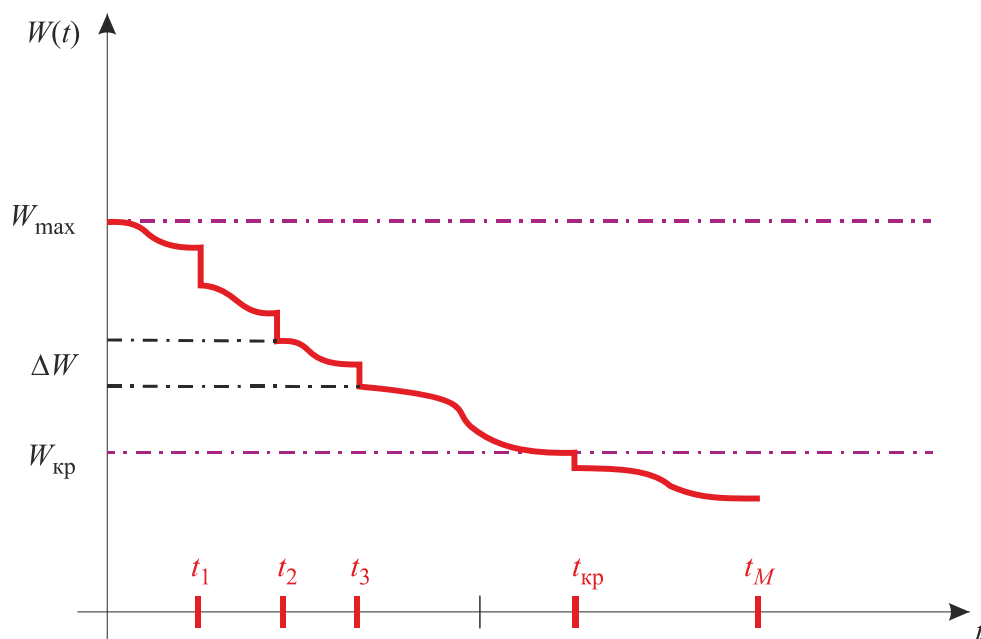


Рисунок 1.5 — Вариант снижения эффективности АСПВБ в ходе разрушительного подпроцесса



В момент регистрации потенциально опасного события (указанные моменты времени на рисунке 1.5) может произойти скачкообразное падение эффективности на величину  $\Delta W$  (в общем случае неодинаковую), которая фиксируется между двумя временными точками.

Моделирование восстановления эффективности АСПВБ и ее отдельных подсистем при проведении мероприятий созидательного процесса (включены в стратегические долгосрочные утвержденные планы работ обеспечивающих процессов объекта ТЭК, а также в краткосрочные оперативные планы) также не может изображаться линейной функцией. Скорее всего, данная зависимость будет скачкообразной, так как регистрация восстановления эффективности при выполнении конкретного мероприятия по данным документам будет фиксироваться в определенные моменты времени.

Однако, учитывая, что выполнение этих мероприятий происходит не моментально, а в течение определенного временного цикла управления и сами восстановительные мероприятия состоят из последовательности действий, повышающих эффективность АСПВБ, можно предположить, что для моделирования характера их воздействия следует использовать непрерывную кривую восстановления эффективности (рисунок 1.6). При этом запланированные в долгосрочных планах мероприятия могут быть аппроксимированы некоторой непрерывно возрастающей кривой восстановления эффективности АСПВБ, огибающей реальные моменты восстановления.

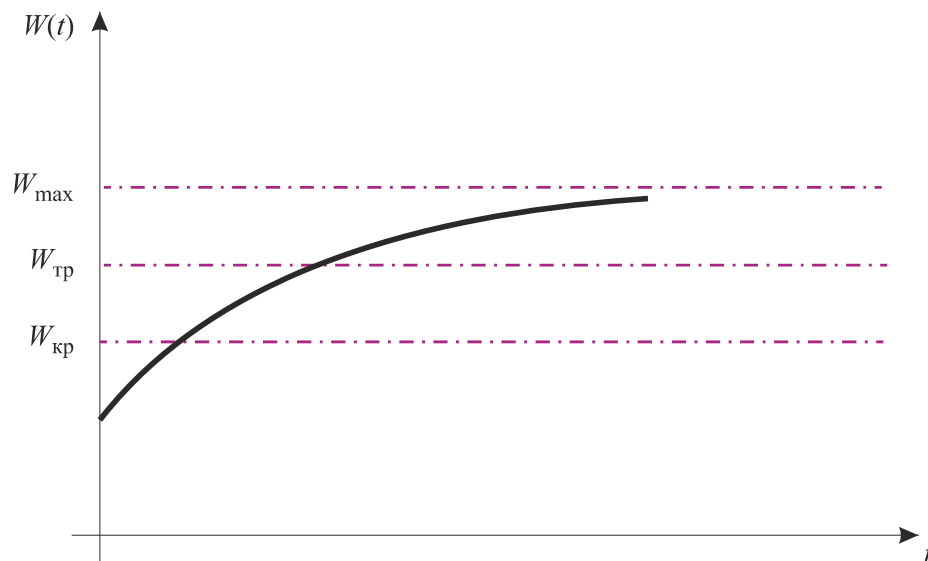


Рисунок 1.6 — Вариант огибающей восстановления эффективности АСПВБ в ходе созидательного подпроцесса

Одним из вариантов такой огибающей может быть функция  $W(t)$  (см. рисунок 1.6):

$$W(t) = W_{\max}(1 - e^{-t/\tau}), \quad (1.2)$$

где  $\tau$  — некоторая величина, зависящая от характера финансирования и/или интенсивности труда персонала.

Для разрушающего подпроцесса тоже можно принять в качестве варианта непрерывной составляющей снижения эффективности (рисунок 1.7) экспоненциальную функцию вида

$$W(t) = W_{\max} e^{-t/\lambda}, \quad (1.3)$$

где  $\lambda$  — некоторая величина, зависящая от характера износа пожарного оборудования.

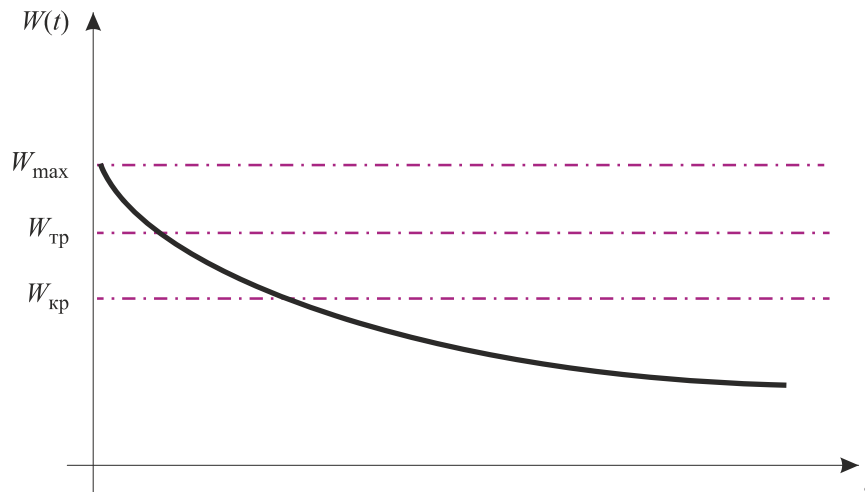


Рисунок 1.7 — Вариант снижения эффективности АСПВБ в ходе разрушительного подпроцесса

При этом целевым значением для агрегатного показателя эффективности АСПВБ при проведении плановых мероприятий созидательного подпроцесса будет такое значение функции  $W(t)$ , при котором

$$W(t) \geq W_{\text{тр}}. \quad (1.4)$$

Продолжение работы АСПВБ при значении агрегатного показателя эффективности на участке

$$W_{\text{тр}} \geq W(t) \geq W_{\text{кр}} \quad (1.5)$$

возможно, но при значительных ограничениях.

В состав АСПВБ входят 4 подсистемы первого уровня и 18 подсистем — второго. Для каждой из них существует своя структурная декомпозиция по

элементам и их задачам. В соответствии с ними разрабатываются планы проведения мероприятий как для АСПВБ в целом, так и для подсистем, а также для их составных частей. Согласно общей оценке количество планов в АСПВБ может находиться в диапазоне от нескольких десятков до 200.

Каждый из планов проведения восстановительных мероприятий в созидательном подпроцессе можно считать условной суммой (или вектором) составляющих его мероприятий. Если обозначить эффективность  $j$ -го плана через  $\beta^j$ , то для каждого из таких планов можно записать:

$$\beta^j = \{\beta_1^j, \beta_2^j, \dots, \beta_{M^j}^j\}, \quad (1.6)$$

где  $\beta_i^j$  — доля эффективности  $i$ -го мероприятия в целевой эффективности восстановительного процесса в  $j$ -м плане;

$M^j$  — число мероприятий в  $j$ -м плане.

Если считать, что мероприятия  $\beta_i^j$  в  $j$ -м плане проходят так, что конец мероприятия с номером  $i$  знаменует начало мероприятия с номером  $i+1$  с некоторой задержкой, то, считая характер огибающей кривой восстановления при проведении отдельных мероприятий сходным с (1.2), а для разрушающего подпроцесса — сходным с (1.3), график реального восстановления эффективности АСПВБ в ходе плановых мероприятий в обычных условиях можно представить в виде, показанном на рисунке 1.8.

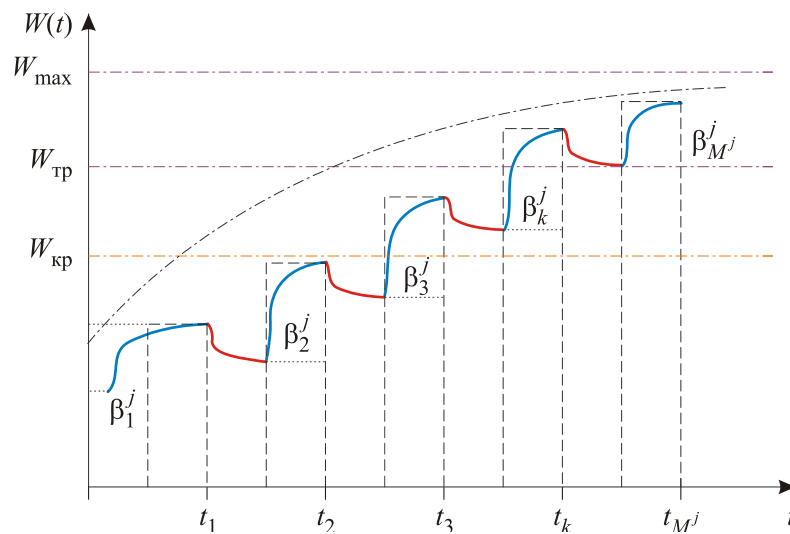


Рисунок 1.8 — График реального восстановления эффективности АСПВБ в ходе плановых мероприятий в обычных условиях для  $j$ -го плана (с принятыми допущениями о характере функций)

Объединяя планы  $\beta^j$  для всех подсистем АСПВБ второго уровня в единый свод планов объекта ТЭК по мероприятиям ПБ, получим матрицу  $B$  с числом строк, равным числу планов, и неодинаковым числом столбцов:

$$B = \begin{bmatrix} \beta^1_1, \beta^1_2 & \cdots & \beta^1_{M^1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta^N_1, \beta^N_2 & \cdots & \beta^N_{M^N} \end{bmatrix}, \quad (1.7)$$

где  $N$  — общее число планов в созидательном подпроцессе АСПВБ;

$M$  — вектор числа мероприятий в каждом из этих планов;

$$M = \{M^1, M^2, \dots, M^N\}. \quad (1.8)$$

Доли эффективности мероприятий по обеспечению ПБ  $\beta_i^j$  в своде планов объекта ТЭК зависят от времени и финансирования, так как они должны быть запланированы и проведены. Кроме того, мероприятиями в планах нужно управлять. Исходя из этого, можно определить функции долей эффективности как функцию со следующими группами параметров:

$$\beta_i^j = f(t^{ij}, \varphi_{ij}, U_{ij}), \quad (1.9)$$

где  $t^{ij}$  — время, необходимое для проведения  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана, по прошествии которого будет достигнута эффективность  $\beta_i^j$ ;

$\varphi_{ij}$  — финансирование, необходимое для проведения  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана, при полном выделении которого будет достигнута эффективность  $\beta_i^j$ ;

$U_{ij}$  — управление, необходимое для проведения  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана; может определяться как набор процедур по оценке качества выполняемого мероприятия, совершению предупреждающих, корректирующих или иных действий [167].

Все три группы параметров представляют собой сложные объекты, для представления которых, возможно, понадобится введение отдельных иерархий. В общем случае все три группы параметров взаимозависимы. Однако данный сложный вариант решения задачи управления в такой постановке рассматривать в работе не будем.

Если принять, что управление, время и финансирование независимы, что обосновано для ЛПР в дежурной смене объекта ТЭЖ, то можно определить разные значения функций  $\beta_i^j$ , зафиксировав две из трех групп параметров. В этом случае, когда финансирование достаточно для выполнения восстановительных мероприятий и является полным для  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана, а управление им обеспечивает его своевременное поступление, функции  $\beta_i^j$  можно определить так:

$$\beta_i^j(t, \varphi, U) = \begin{cases} 0, & t < t_{\text{тр}}^{ij}; \\ \beta_i^{j\text{запл}}, & t \geq t_{\text{тр}}^{ij}; \end{cases} \quad (1.10)$$

$$\varphi_{\text{тр}}^{ij}, U_{\text{тр}}^{ij} = \text{const},$$

где  $\beta_i^{j\text{запл}}$  — запланированная при выполнении доля эффективности  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана в общей эффективности созидательного процесса (максимальная для данного мероприятия);

$t_{\text{тр}}^{ij}$  — время, требуемое для безусловного выполнения  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана.

Если рассматривать случай, когда времени  $t_{\text{тр}}^{ij}$  для выполнения мероприятия достаточно и управление обеспечивает время его проведения в полном объеме, то при реализации  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана созидательного процесса в течение времени  $t_{\text{тр}}^{ij}$  при наличии разного финансирования данного мероприятия функции  $\beta_i^j$  следует определять как

$$\beta_i^j(t, \varphi, U) = \begin{cases} 0, & \varphi_{ij} < \varphi_{\text{выд}}^{ij}; \\ \frac{\varphi_{ij}}{\varphi_{\text{тр}}^{ij}} \beta_i^{j\text{запл}}, & \varphi_{\text{выд}}^{ij} < \varphi_{ij} < \varphi_{\text{тр}}^{ij}; \\ \beta_i^{j\text{запл}}, & \varphi_{ij} = \varphi_{\text{тр}}^{ij}; \end{cases} \quad (1.11)$$

$$t_{\text{тр}}^{ij}, U_{\text{тр}}^{ij} = \text{const},$$

где  $\varphi_{ij}$  — текущее финансирование  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана, выполненное за время выполнения мероприятия  $t_{\text{тр}}^{ij}$ ;

$\Phi_{\text{выд}}^{ij}$  — реально поступившее за время  $t_{\text{тр}}^{ij}$  финансирование  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана, обеспечивающее эффективность, меньшую  $\beta_i^{j\text{запл}}$ ;

$\Phi_{\text{тр}}^{ij}$  — требуемое (полное необходимое) для безусловного выполнения  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана финансирование.

При этом финансирование  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана может зависеть от времени или от иных параметров (например, управления). Наличие средней строки в (1.11) предполагает возможность частичного финансирования мероприятий, что является достаточно распространенной практикой.

Наконец, если зафиксировать время и финансирование, то зависимость функций  $\beta_i^j$  от управления можно представить в следующем виде:

$$\beta_i^j(t, \varphi, U) = \begin{cases} 0, & U_{\text{тек}}^{ij} < U_{\text{тр}}^{ij}; \\ \beta_i^{j\text{запл}}, & U_{\text{тек}}^{ij} \geq U_{\text{тр}}^{ij}; \end{cases} \quad (1.12)$$

$$t_{\text{тр}}^{ij}, \varphi_{\text{тр}}^{ij} = \text{const},$$

где  $U_{\text{тек}}^{ij}$  — величина, характеризующая такое управление  $i$ -м мероприятием  $j$ -го плана, при котором данное мероприятие будет выполняться в течение всего времени, требуемого для его безусловного выполнения, и при котором будет обеспечено полное, необходимое для безусловного выполнения финансирование;

$U_{\text{тр}}^{ij}$  — минимально необходимое для получения эффективности  $\beta_i^{j\text{запл}}$  управление  $i$ -м мероприятием  $j$ -го плана.

Одним из вариантов для определения величины  $U_{\text{тек}}^{ij}$  может быть подход, который позволяет рассмотреть управление  $U_{ij}$   $i$ -м мероприятием  $j$ -го плана в качестве двоичного вектора:

$$U_{ij} = \{U_{ij}^1, U_{ij}^2, \dots, U_{ij}^P\}, U_{ij}^m = \{0, 1\}, \quad (1.13)$$

где  $P$  — число управляющих действий для  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана.

В общем случае следовало бы учитывать важность каждого действия, но для простоты будем считать, что все процедуры в блоке действий  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана одинаково важны. Тогда

$$U_{\text{тек}}^{ij} = \sum_{m=1}^P U_{ij}^m. \quad (1.14)$$

Значение агрегатного показателя эффективности АСПВБ при проведении мероприятий созидательного процесса можно определить через сумму запланированных при выполнении долей эффективности мероприятий по всем планам в созидательном процессе в обычных условиях:

$$W(t, \varphi, U) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{M^j} \beta_i^j(t, \varphi, U) \quad (1.15)$$

для условий

$$\begin{cases} W(t, \varphi, U) \leq 1; \\ W(t, \varphi, U) \geq W_{\text{тр}}; \\ \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{M^j} \beta_i^{j\text{запл}} = 1; \\ U_{\text{тек}}^{ij} \geq U_{\text{тр}}^{ij}. \end{cases} \quad (1.16)$$

Влияние разрушительного процесса в обычных условиях можно определить через воздействия на элементы подсистем АСПВБ так:

$$\gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_L\}, \quad (1.17)$$

где  $\gamma_i$  —  $i$ -е воздействие на элемент подсистемы АСПВБ, которое приводит к потере общей эффективности в результате разрушительного процесса; переводит АСПВБ объекта ТЭК в новое состояние с меньшей на  $\gamma_i$  эффективностью;

$L$  — общее число негативных воздействий при разрушительном процессе.

При этом

$$\sum_{i=1}^L \gamma_i = 1. \quad (1.18)$$

Тогда при соблюдении условий (1.16) и (1.18) суммарное значение агрегатного показателя эффективности при воздействии двух подпроцессов в АСПВБ в обычных условиях при проведении мероприятий по обеспечению ПБ определится как

$$W(t, \varphi, U) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{M^j} \delta'_{ij} \beta_i^j(t, \varphi, U) - \sum_{k=1}^{L'} \gamma_k, \quad (1.19)$$

где  $L'$  — негативные воздействия, которые произошли к текущему моменту;  
 $\delta'_{ij} = \{0, 1\}$  — коэффициент, характеризующий выполнение мероприятия  
 (1 — выполнено, 0 — нет).

Для управления эффективностью АСПВБ на объекте ТЭК целесообразно использовать такую размерность для  $L'$ , которая будет сравнима с суммарным числом мероприятий по всем планам:

$$L' \approx \sum_{i=1}^N M^i. \quad (1.20)$$

Рассматривая влияние особых условий на показатель эффективности АСПВБ, можно сказать, что их результатом станет изменение  $t_{\text{тр}}^{ij}$ ,  $U_{\text{тр}}^{ij}$  и  $\Phi_{\text{тр}}^{ij}$ .

Время, требуемое для проведения  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана, может включать в себя как сроки закупки необходимых запчастей оборудования АСПВБ, так и проведение технического обслуживания элементов подсистем АСПВБ. При наличии ограничений, связанных с особыми условиями, требуемое импортное оборудование может быть не закуплено, не будет проведено и техническое обслуживание каких-то элементов. В этом случае  $\beta_i^{j\text{запл}}$  не будет получено даже при  $t \geq t_{\text{тр}}^{ij}$ . Это же можно сказать и об обновлении программного обеспечения. Особенно заметно такое влияние при применении инструментария «Индустрии 4.0», где для объектов ТЭК импортозамещение часто просто не предусматривается, так как необходимые системы обеспечения ПБ интегрированы в технологические цепочки производственных процессов и составляют единое целое с закупленными современными технологиями переработки.

Финансирование, требуемое для проведения  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана, при наличии импортных компонентов в составе подсистем АСПВБ не может в особых условиях обеспечить в полной мере достижение требуемой доли эффективности  $\beta_i^{j\text{запл}}$ . Оно либо недоступно, либо его использование не дает возможности из-за санкций закупать требуемые элементы, либо по той же причине невозможно обеспечить проведение на импортном оборудовании необходимого ТО его поставщиком.



Управление, требуемое для проведения  $i$ -го мероприятия  $j$ -го плана, в особых условиях также может обеспечивать лишь часть требуемых для проведения процедур (см. формулу (1.13)) из общего числа необходимых.

Результатом применения особых условий по сравнению с обычными является тот факт, что значения функций  $\beta_i^j$  в особых условиях во многих случаях равны 0 там, где в обычных условиях они давали  $\beta_i^{j\text{запл}}$ . Поэтому требуемое для достижения нужного уровня эффективности АСПВБ значение показателя эффективности в ходе проведения мероприятий созидательного процесса не достигается. Следовательно, для особых условий можно заключить, что

$$W_{\text{об}}(t, \varphi, U) > W_{\text{оч}}(t, \varphi, U), \quad (1.21)$$

где  $W_{\text{об}}(t, \varphi, U)$  — показатель эффективности АСПВБ при проведении комплекса мероприятий созидательного процесса в обычных условиях;

$W_{\text{оч}}(t, \varphi, U)$  — показатель эффективности АСПВБ при проведении комплекса мероприятий созидательного процесса в особых условиях.

Время проведения каждого из мероприятий в различных планах часто величина фиксированная, которая определена в нормативных документах управления. В большинстве случаев изменение финансирования мероприятий в различных планах в особых условиях также не может быть использовано для преодоления данной ситуации (см. формулу (1.21)). Следовательно, для ее преодоления наиболее естественным способом является разработка таких методов поддержки управления, которые бы компенсировали общее снижение эффективности АСПВБ при появлении особых условий по сравнению с обычными.

Таким образом, показано, что одним из методов повышения качества поддержки управления, обеспечивающим увеличение показателя эффективности АСПВБ объектов ТЭК в особых условиях, является набор методов стратегического планирования.

## 1.5 Оценка влияния особых условий на рабочие циклы управления подсистем автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности

В таблице 1.1 и на рисунке 1.3 были представлены длительности циклов управления отдельных составляющих подсистем АСПВБ (далее — подсистем АСПВБ второго уровня). Для каждой из них, как показано в п. 1.4, существуют созидательный и разрушительный подпроцессы в технологическом процессе управления пожаровзрывобезопасностью объекта ТЭК (вспомогательном производственном процессе).

Учитывая, что в современных условиях применение интеллектуальных систем поддержки управления выходит на новый уровень, можно говорить о том, что источником входящей информации для АСПВБ будет не только физически установленное оборудование, но и цифровые двойники (рисунок 1.9).

При этом объем входящей информации от цифровых двойников может в разы или на порядки превышать объем информации от физически установленного противопожарного оборудования. Все зависит от потребности ЛПР в вариантах его применения для подготовки ответных корректирующих действий.

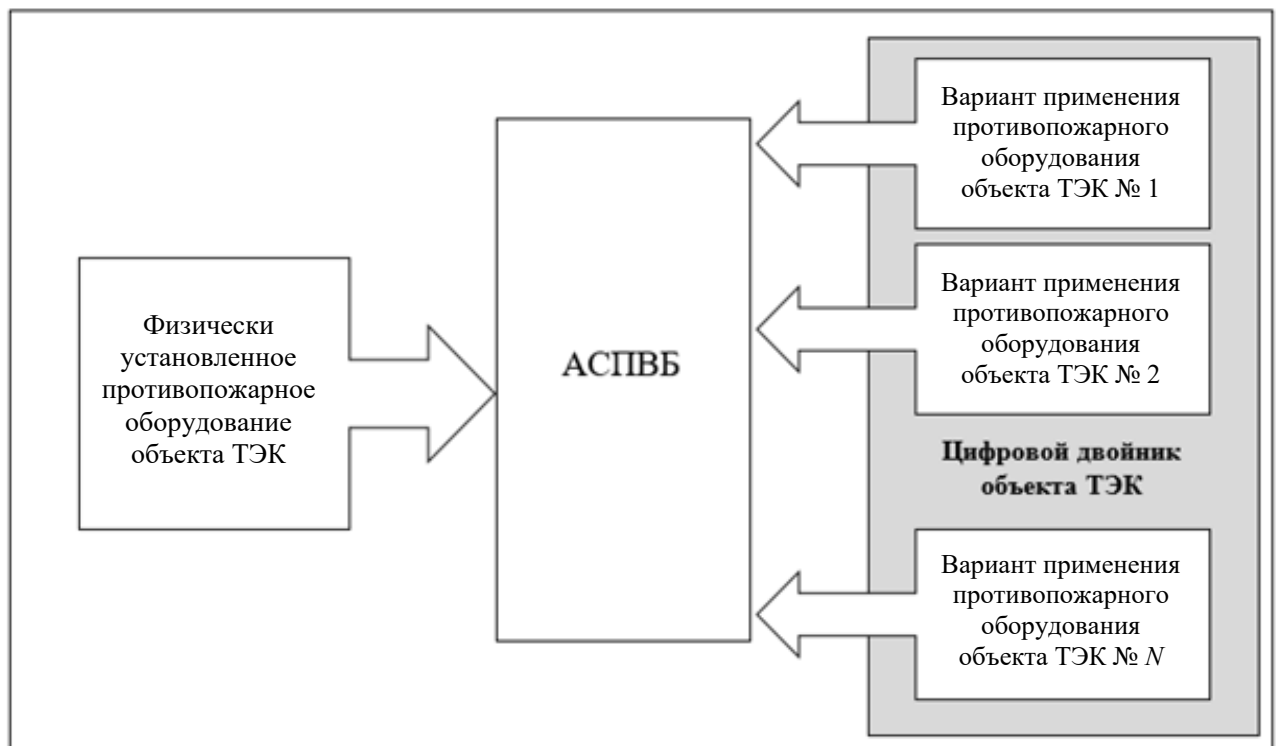


Рисунок 1.9 — Источники информации для АСПВБ в современных условиях

Такие условия применения новых систем совместно с АСПВБ налагают на ЛПР новые ограничения. Возникает необходимость оперативно оценить, какой из вариантов применения оборудования для заданных, объективно существующих на объекте ТЭК условий, во-первых, наиболее эффективен, а во-вторых, не требует затрат по времени больше, чем необходимо для восстановления требуемого уровня эффективности (см. рисунок 1.8).

Для грубой оценки первого обстоятельства можно руководствоваться формулами (1.15) и (1.16). Для учета второго следует более подробно рассмотреть характер корректирующих воздействий ЛПР на уровень эффективности АСПВБ (далее — корректирующие воздействия), выполняемых в рамках отдельных плановых и внеплановых мероприятий.

В любом случае применение новых ИТ на объектах ТЭК совместно с существующими подсистемами АСПВБ второго уровня требует разработки для поддержки управления новой интеллектуально-аналитической системы. Ее основным назначением будет оценка вариантов применения и выдача рекомендаций ЛПР по основным вопросам обеспечения ПБ на объекте ТЭК. При этом следует учитывать, что проведение ЛПР корректирующих воздействий в созидательном подпроцессе возможно только в промежутки времени, когда агрегатный показатель эффективности АСПВБ лежит в определенных пределах, указанных в (1.4). В этом смысле временной аспект применения таких мероприятий выходит на первый план.

Рассмотрим, как временной фактор может влиять на динамику планирования и проведения мероприятий по обеспечению ПБ на объекте ТЭК. Будем считать, что трудовой и финансовый ресурсы на объекте ТЭК достаточны и дополнительные мероприятия по их истребованию ЛПР не требуются. В этом случае наиболее динамичным во времени становится материальный ресурс.

Для обычных условий при выполнении мероприятий корректирующих воздействий в отдельных подсистемах АСПВБ второго уровня следует учитывать три основных состояния используемых в планировании материальных ресурсов (таблица 1.2): первое — ресурс доступен: он закуплен, находится на складе объекта

ТЭК и может быть в ходе мероприятий корректирующих воздействий применен по назначению; второе — ресурс отсутствует в нужной мере, и для его получения должны быть проведены мероприятия по его закупке и доставке на объект ТЭК; третье — закупаемый потребный ресурс отсутствует в продаже, и для его применения необходимо провести дополнительные мероприятия по организации разработки проектной и рабочей документации, а также по налаживанию производства.

Таблица 1.2 — Состояния материальных ресурсов объекта ТЭК

Состояние материальных ресурсов	Описание	Условия
1	Ресурс закуплен, находится на складе объекта ТЭК и может быть применен	Обычные
2	Ресурс отсутствует на складе объекта ТЭК (на складе есть только часть необходимого ресурса). Должны быть проведены мероприятия по закупке и доставке	
3	Ресурс отсутствует в продаже. До его фактической закупки и доставки должны быть проведены НИОКР или иные работы	Особые

Наиболее подходящим для динамичного проведения корректирующих воздействий в созидательном подпроцессе является первое состояние ресурсов. Для него важны следующие обстоятельства:

- номенклатура ресурсов, которые могут потребоваться для обеспечения требуемого уровня эффективности АСПВБ, включает в себя сотни и тысячи единиц;
- количество единиц каждого из наименований оборудования, а также их составных частей (в случае, если данный вид наименований имеют составной характер) колеблется от нескольких единиц до нескольких тысяч единиц;
- склад объекта ТЭК имеет ограниченные размеры.

В связи с этим в конкретной ситуации для конкретной подсистемы АСПВБ второго уровня в обычных условиях ЛПР будет иметь ограниченные по номенклатуре и количеству, но вполне достаточные для применения в данной ситуации единицы противопожарного оборудования. Если в обычных условиях

возникнет ситуация, когда все имеющееся на складе оборудование будет применено (использовано в созидательном подпроцессе), то для материальных ресурсов обеспечения ПБ возникнет состояние 2, при котором появится необходимость его закупки с помощью закупочных процедур.

Тогда

$$t_{\text{мер}} = t_{\text{проц}} + t_{\text{прим}}, \quad (1.22)$$

где  $t_{\text{мер}}$  — время планирования и проведения мероприятия в созидательном подпроцессе с учетом (1.19);

$t_{\text{проц}}$  — время выполнения предварительных закупочных процедур для обеспечения дальнейшего проведения мероприятия в созидательном подпроцессе;

$t_{\text{прим}}$  — время проведения мероприятия по применению закупленного оборудования в созидательном подпроцессе.

Для состояния материальных ресурсов 1

$$t_{\text{мер}} = t_{\text{прим}}. \quad (1.23)$$

В этом состоянии  $t_{\text{мер}}$  определяется исключительно применением людских ресурсов объекта ТЭК в ходе профилактических или иных плановых работ. Данная величина для отдельных видов номенклатуры ресурсов может быть принята как константа.

Для объектов ТЭК, отнесенных к критическим объектам инфраструктуры, а также для объектов компаний с государственным участием процедуры закупки оборудования определены в [178, 179], поэтому  $t_{\text{проц}}$  для них также может быть фиксированной величиной. Однако следует учитывать, что, как правило,

$$t_{\text{проц}} \gg t_{\text{прим}}. \quad (1.24)$$

В этом случае закупка существенно усложняет проведение созидательного подпроцесса.

Например, замена одного вышедшего из строя газоанализатора, имеющегося на складе, может быть выполнена на объекте ТЭК в течение 1 ч силами дежурной смены. Величина  $t_{\text{мер}}$  для одного объекта оборудования при состоянии материальных ресурсов 1 может считаться равной 1 ч при условии, что периметр

объекта (общая длина его контролируемой зоны) не превышает нескольких километров. В случае если объект ТЭК состоит из нескольких площадок или площадь его производственной территории достаточно велика, время  $t_{\text{мер}}$  может увеличиться. Скорее всего оно не превысит 5 ч. При более сложном варианте противопожарного оборудования величина  $t_{\text{мер}}$  вряд ли изменится для состояния 1.

При выходе из строя и обнаружении системой мониторинга и поддержки управления ЛПР объекта ТЭК сразу нескольких (и возможно различных) единиц противопожарного оборудования формула расчета времени  $t_{\text{мер}}^{(1)}$  будет представлять собой линейную зависимость:

$$t_{\text{мер}}^{(1)} = \sum_{i=1}^N t_{\text{прим}}^{i(1)}, \quad (1.25)$$

где  $t_{\text{мер}}^{(1)}$  — время восстановления уровня эффективности АСПВБ в созидательном подпроцессе при выполнении запланированного комплекса корректирующих действий при ресурсах в состоянии 1;

$t_{\text{прим}}^{i(1)}$  — время отработки  $i$ -го действия по замене (ремонту) одной единицы противопожарного оборудования при ресурсах в состоянии 1;

$N$  — число единиц противопожарного оборудования, подлежащего замене (ремонту).

Для сравнения различных значений времени мероприятий, проводимых в целях обеспечения ПБ объекта ТЭК, при наличии или отсутствии материального ресурса или при иных обстоятельствах введем параметр относительного времени, определяемого как

$$\tau_{\text{мер}}^{kj} = t_{\text{мер}}^k / t_{\text{мер}}^j, \quad (1.26)$$

где  $\tau_{\text{мер}}^{kj}$  — величина, характеризуемая отношением времени мероприятия в  $k$ -м состоянии к его времени в  $j$ -м состоянии (таблица 1.3).

Физический смысл величины  $\tau_{\text{мер}}^{kj}$  — количественная величина кратности времени проведения мероприятий по сравнению с наиболее приемлемым вариантом. Для состояния 2 его можно определить так:

$$\tau_{\text{мер}}^{(21)} = \frac{t_{\text{проц}} + t_{\text{прим}}}{t_{\text{прим}}}. \quad (1.27)$$

Если использовать (1.23), то можно записать:

$$t_{\text{мер}}^{(2)} = t_{\text{мер}}^{(1)} (1 + \tau_{\text{мер}}^{(21)}). \quad (1.28)$$

Если принять за основу величину  $t_{\text{мер}}^{(1)}$  для одной единицы противопожарного оборудования при состоянии материальных ресурсов 1 равной 1 ч, то нижняя граница величины  $\tau_{\text{мер}}^{(11)}$  в состоянии 1 для соблюдения требования (1.4) с учетом (1.25) может быть в районе 5 (см. пример выше).

Появление необходимости «докупить» недостающие части оборудования (переход материальных ресурсов объекта ТЭК в состояние 2 по предложенной классификации) приводит к увеличению времени  $t_{\text{мер}}^{(2)}$  как минимум на порядок, так как простая закупка в магазине (при условии, что данное наименование есть в наличии и находится в данной точке продажи) потребует одного-двух дней с учетом доставки на склад и оформления необходимых документов. В этом случае  $\tau_{\text{мер}}^{(21)}$  составит 49.

С учетом того что события разрушительного подпроцесса для АСПВБ происходят неожиданно, следует считать, что в ответ на их появление возникнут незапланированные мероприятия по закупке оборудования. Следовательно, при выполнении требований № 44-ФЗ и № 223-ФЗ<sup>2</sup> для объектов ТЭК, относимых к объектам критической инфраструктуры, а также ряда требований по их исполнению [180] необходимо как минимум за 2 недели до формирования плана-графика закупок внести в него изменения. Затем в течение еще 1,5 месяцев проводить подготовку и организацию торгов на зарегистрированной электронной площадке. После поступления товара на склад провести приемку экспертами объекта ТЭК и оплату. В общей сложности при благоприятном развитии событий

---

<sup>2</sup> Федеральный закон № 44-ФЗ от 5 апреля 2013 г. «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» (в ред. 31.12.2017); Федеральный закон от 18 июля 2011 г. № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (в ред. 31.12.2017).

данные мероприятия по закупке занимают один квартал (не менее 90 дней). Для этого случая минимально возможная оценка  $\tau_{\text{мер}}^{(21)}$  будет равна 2161.

При наступлении особых условий в (1.22) появится еще одно слагаемое:

$$t_{\text{мер}}^{(3)} = t_{\text{проц}} + t_{\text{прим}} + t_{\text{доп}}, \quad (1.29)$$

где  $t_{\text{мер}}^{(3)}$  — время планирования и проведения мероприятия в созидательном подпроцессе при условии, что материальные ресурсы находятся в состоянии 3;

$t_{\text{проц}}$  — время проведения предварительных закупочных процедур;

$t_{\text{прим}}$  — время проведения мероприятия;

$t_{\text{доп}}$  — дополнительное время, связанное с особыми условиями.

С учетом (1.28) получим:

$$t_{\text{мер}}^{(3)} = t_{\text{мер}}^{(1)} (1 + \tau_{\text{мер}}^{(21)}) + t_{\text{доп}}. \quad (1.30)$$

Раскроем подробнее это понятие. С учетом особенностей рассматриваемой проблемы, перечисленных в п. 1.3, величина  $t_{\text{мер}}^{(3)}$  наиболее значимым образом будет определяться временем планирования и проведения НИОКР по соответствующей тематике, а также временем появления соответствующего продукта на рынке с учетом его постановки в серийное производство. Если пренебречь другими аспектами особых условий (отсутствие доступа к финансированию, возможности вызвать специалистов для подтверждения сертификации и т. п.), то минимальное потребное время для цикла мероприятий, определяемое величиной  $t_{\text{доп}}$ , может занять несколько лет. Для количественного определения нижних границ  $\tau_{\text{мер}}^{(31)}$  будем считать его равным трем годам (хотя реальный срок может быть и больше). В этом случае нижняя граница для  $\tau_{\text{мер}}^{(31)}$  будет определена равной 26 281, если в результате проведенных НИОКР необходимая единица оборудования окажется на складе объекта ТЭК. В противном случае, если закупка прошла быстро,  $\tau_{\text{мер}}^{(31)}$  будет равно 26 329, а если мероприятия по закупкам не проходят в соответствии с требованиями № 44-ФЗ и № 223-ФЗ, то — 28 441. Обобщим полученные данные (таблица 1.3).



Таблица 1.3 — Время проведения мероприятий созидательного подпроцесса для разных состояний материальных ресурсов

Состояние материальных ресурсов	Условия	Краткое описание необходимых мероприятий	Время, ч
1	Обычные	Замена элемента оборудования	1
		Замена группы элементов оборудования	5
2	Обычные	Простая закупка, оплата, доставка на склад, замена элемента оборудования	$4,9 \cdot 10^1$
		Закупка в соответствии с требованиями 44-ФЗ и 223-ФЗ, оплата, доставка на склад, замена элемента оборудования	$2,16 \cdot 10^2$
3	Особые	Планирование и проведение НИОКР, простая закупка, оплата, доставка на склад, замена элемента оборудования	$2,63 \cdot 10^4$
		Планирование и проведение НИОКР, закупка в соответствии с требованиями 44-ФЗ и 223-ФЗ, оплата, доставка на склад, замена элемента оборудования	$2,64 \cdot 10^4$

Следует также отметить, что выбранная схема оценки направлена прежде всего на количественное определение параметров созидательного подпроцесса, связанных с одной не самой сложной единицей оборудования. Приобретенные до наступления особых условий технологии (особенно для ППСПГ) имеют гораздо более сложную структуру и состав, и их замещение потребует многократного увеличения числа проводимых НИОКР.

Как видно из таблицы 1.3, при наступлении особых условий по ряду элементов необходимого противопожарного оборудования, импортозамещение по которым не предусмотрено, время корректирующих воздействий в созидательном подпроцессе увеличивается на несколько порядков. Следовательно, выполнение ряда корректирующих воздействий для достижения АСПВБ требуемого уровня эффективности даже при правильном планировании может стать невозможным. Это связано с тем, что длительность интервала между двумя (или несколькими) предпосылками к опасным ситуациям, зарегистрированными в ходе разрушительного подпроцесса и снижающими эффективность АСПВБ, может быть существенно меньше времени  $t_{\text{мер}}^{(3)}$ .

Время наступления событий, приводящих к потере эффективности, априори неизвестно, поэтому в разрушительном подпроцессе все времена должны быть случайными. Однако, учитывая, что разрушительный подпроцесс был изначально определен как процесс регистрации предпосылок опасных ситуаций, можно считать, что это детерминированные величины. Их значение будет определяться временем запуска мониторинговой программы действий по выявлению и регистрации опасных ситуаций в оборудовании АСПВБ. Это может быть как автоматическая проверка оборудования (в случае применения цифровых двойников), так и осмотр и тестирование его ремонтной бригадой объекта ТЭК.

С учетом выдвинутого выше в примере предположения будем считать, что процесс выявления и регистрации предпосылок опасных ситуаций ремонтной бригадой проходит на конкретном объекте в течение 1 ч, а осмотры оборудования проходят ежедневно перед заступлением дежурной смены объекта. Это значит, что интервал событий регистрации снижения эффективности можно принять равным 24 ч. Применение автоматических средств «Индустрии 4.0» не влияет на периодичность мониторинга. Изменение цикла тестирования оборудования требует изменений в организационно-распорядительной документации. Поэтому примем, что независимо от характера используемых средств поддержки управления «стандартный» интервал между событиями в разрушительном подпроцессе равен 24 ч. Будем далее называть такой интервал в цикле управления суточным. Следовательно, изменения в планы и в планируемые мероприятия созидательного подпроцесса при отсутствии ЧС для большинства перечисленных в таблице 1.1 подсистем АСПВБ второго уровня будут вноситься каждые 24 ч в рамках суточного цикла управления объектом ТЭК.

Из таблицы 1.1 видно, что проведение корректирующих воздействий в созидательном подпроцессе в рамках суточного интервала цикла управления объектом ТЭК возможно только для тех подсистем АСПВБ второго уровня, для которых длительность циклов управления исчисляется в днях и неделях.

Для тех же подсистем, циклы управления которых имеют порядок нескольких минут (или менее), планирование и реализация мероприятий должны

проходить автоматически или в режиме автоматизации выдачи альтернатив на принятие решения. Использование в таких ситуациях имеющихся средств поддержки управления в подсистеме ПО АСПВБ не всегда гарантирует ЛПР повышение эффективности АСПВБ в течение нужного для реакции СПВБ времени. Автоматический мониторинг выявляет неготовое оборудование. Время работы его программных средств при этом сравнимо с циклами управления соответствующих подсистем АСПВБ (пожаротушения, взрывозащиты, пожарной сигнализации и т. п.). Однако физическая замена неготового оборудования по времени равна времени работы ремонтной бригады. Время, затрачиваемое на действия человека и принятие им решений по управлению отдельными составляющими АСПВБ, также не может быть сокращено, потому что зачастую это приводит к неверным решениям.

У ЛПР объекта ТЭК в обычных и особых условиях есть некоторый резерв времени, определяемый интенсивностью снижения эффективности АСПВБ в разрушительном подпроцессе до значения  $W_{кр}$ . Этот резерв времени целесообразно называть *резервом управления*. На рисунке 1.10 проиллюстрирована данная ситуация.

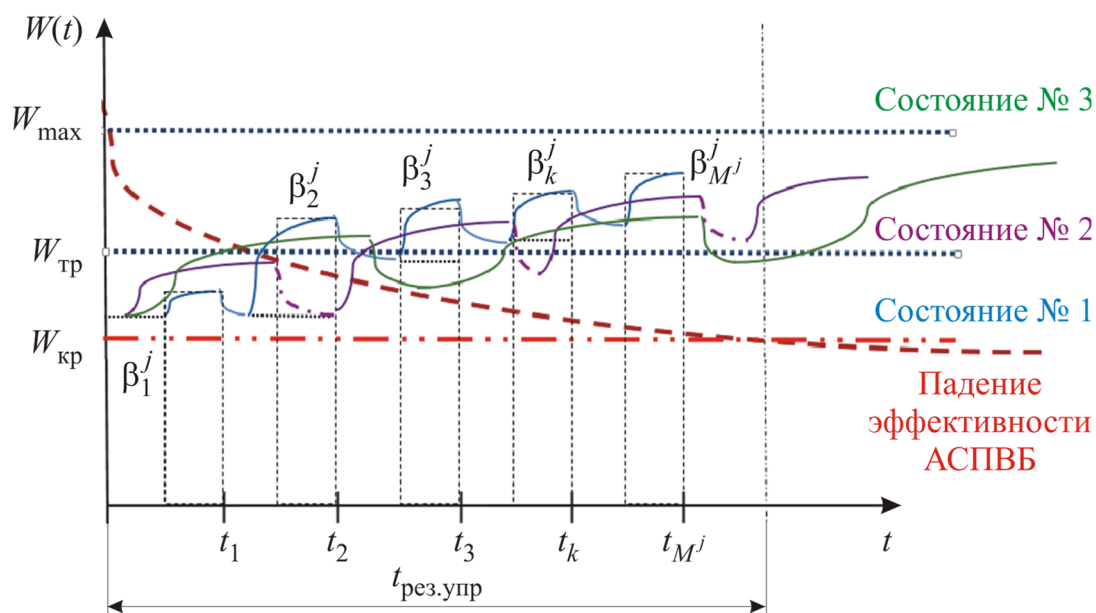


Рисунок 1.10 — Восстановление эффективности для различных состояний ресурсов с учетом резерва управления ЛПР

Применение ИАССП может существенно улучшить ситуацию с мониторингом сложных ситуаций на объекте ТЭК, обеспечив выявление направлений работы и планирование для заданного отрезка времени конкретных профилактических мероприятий, например, по линии оценки готовности противопожарного оборудования. Выдача альтернатив решений ЛПР по планированию мероприятий, обеспечивающих восстановление уровня эффективности АСПВБ выше  $W_{кр}$ , также является важным возможным достижением ИАССП.

При возникновении ЧС (или изменении порядка тестирования готовности противопожарного оборудования) изменения в планы созидательного процесса должны вноситься внеочередным порядком. При этом скорость развития опасной ситуации на объекте ТЭК будет определять, насколько быстро это должно происходить. На каждом из направлений обеспечения ПБ, которое поддерживает АСПВБ, планирование и проведение мероприятий по обеспечению ПБ следует проводить так, чтобы они были согласованы с циклами управления подсистем АСПВБ второго уровня. При этом физические возможности человека по оценке ситуации на основе данных мониторинга, планированию и выполнению этих мероприятий, а также конфигурацию и топологию объекта ТЭК, расположение его материальных складов и многие другие параметры изменить нельзя.

В связи с этим, для того чтобы у ЛПР появилась возможность более оперативно реагировать на снижение эффективности АСПВБ, следует определить категории возможных проблем в разрушительном подпроцессе и стратегии корректирующих воздействий (возможные классы опасности, см. п. 2.1.1.3). Для формирования последних следует осуществлять планирование и выполнение мероприятий исходя из агрегатного показателя эффективности АСПВБ (отдельной подсистемы АСПВБ).

Наличие ограничений по времени, связанных с моментами изменения уровня эффективности АСПВБ (см. рисунки 1.4 и 1.5) при наступлении ЧС, который должен быть выше  $W_{кр}$ , вынуждает ЛПР формировать дополнительные планы упреждающих корректирующих воздействий в автоматическом режиме. Для этого удобно иметь в составе подсистемы ПО АСПВБ готовое средство, позволяющее

их формировать. Использование подобного средства в системе поддержки управления для определения не только потребностей объекта ТЭК в противопожарном оборудовании, но и новых ограничений, связанных с процедурами его закупки или разработки, позволит ЛПР в течение времени  $t < t_{кр}$  запланировать и провести ряд мероприятий, обеспечивающих нужный уровень эффективности АСПВБ.

При этом следует использовать в его работе следующие варианты стратегий учета особых условий.

*Стратегия 1:*

– исходя из направления работ (классов опасностей) определяется состав мероприятий с различной эффективностью;

– для тех мероприятий, которые имеют высокую эффективность, но большое время реализации (см. таблицу 1.3, поз. 5 и 6), планируется ряд «заместительных» мероприятий с более низкой эффективностью и меньшим временем реализации, которые в совокупности покроют необходимую эффективность высокоэффективного мероприятия и будут проведены в течение времени  $t < t_{кр}$ .

*Стратегия 2:*

– интеллектуальная составляющая ИАССП проводит анализ моментов времени наступления «особых условий», исходя как из суточного цикла управления объектом ТЭК, так и из иных источников информации (в том числе цифровых двойников);

– для этого программное средство поддержки управления отслеживает ряд параметров, определяющих формальную модель «особых условий» (связь с торговыми сетями, интеллектуальный поиск и анализ составляющих оборудования, отслеживание финансовых ограничений и т. п.);

– выявленный факт выполнения одной или нескольких предпосылок приводит к тому, что ИАССП начинает перестройку планов обеспечения ПБ объекта ТЭК «из опасения наступления особых условий», о чем немедленно

сообщается ЛПР; в качестве одной из альтернатив при этом предлагается, например, планирование резкого увеличения запасов на складах сверх положенных нормативов или заблаговременный запуск процедур закупки оборудования;

– комбинация предпосылок к наступлению особых условий на основе интеллектуального анализа переводит ИАССП в новый режим работы «особых условий в полном формате», что заставляет данное средство поддержки управления формировать новые «чрезвычайные планы» (например, по экономии ресурсов на складах и т. п.) с целью обеспечить поддержание уровня эффективности АСПВБ ниже среднего ( $W_{тр}$ ), но выше критического ( $W_{кр}$ ).

Таким образом, установлено, что особые условия существенно увеличивают рабочие циклы управления подсистемами АСПВБ. Это приводит к тому, что корректирующие воздействия в созидательном подпроцессе обеспечения заданного уровня эффективности АСПВБ не могут быть выполнены в течение необходимого для его восстановления времени. Для преодоления данной ситуации следует использовать в АСПВБ интеллектуальную составляющую (ИАССП), способную предоставить ЛПР объекта ТЭК необходимое средство поддержки управления, работающее в соответствии со стратегиями учета особых условий. При этом планирование и выполнение мероприятий по обеспечению ПБ следует осуществлять исходя из количественно рассчитанных значений агрегатного показателя эффективности АСПВБ.

## 1.6 Выводы по главе 1

1. Установлено, что при общем снижении количества пожаров в РФ, в том числе на объектах ТЭК, ущерб от них растет. Применение «Индустрии 4.0» на новом этапе развития конкуренции в отрасли приводит к интенсификации труда персонала, что сказывается на качестве его работы, особенно в области контроля мероприятий по обеспечению ПБ и предупреждения сложных ситуаций на объектах ТЭК. Наибольшее число возгораний (свыше 50 %) происходит при явном или косвенном участии человека.

2. Потребности современной экономики требуют применения на объектах ТЭК в РФ более эффективных и высокопроизводительных технологий, подавляющее большинство которых было разработано за рубежом и импортировано иностранными компаниями при локализации производства. Программы импортозамещения РФ не предусматривают разработку ряда позиций, в том числе по импортному пожарному оборудованию, используемому внутри данных технологий и интегрированных в системы поддержки управления АСУТП. Кроме того, сертификация по международным требованиям ПБ обязывает организации, закупившие импортное оборудование, ежеквартально подтверждать готовность к работе данного оборудования путем его осмотра иностранными экспертами.

3. Применение санкций и ограничений по финансированию и поставкам технологий полного цикла, особенно по направлениям ПО поддержки управления в АСУТП и сжижения газа, привело к тому, что в соответствии с международными стандартами большинство мероприятий по сертификации объектов ТЭК РФ, вынужденно использующих иностранные технологии, в области ПБ в настоящее время не может выполняться. Это делает условия их эксплуатации *особыми*.

4. Рассмотренные особенности управления противопожарными мероприятиями на объектах ТЭК в настоящее время в обычных и особых условиях указывают на необходимость научного обоснования качества их планирования путем разработки соответствующего методологического аппарата.

5. Разработка методов стратегического планирования позволяет повысить эффективность применения всех подсистем АСПВБ объекта ТЭК в сложных ситуациях, существенно улучшить информирование ЛПР о состоянии систем в АСУТП и правильно выстроить последовательность его действий при возникновении, развитии и ликвидации последствий сложных ситуаций, связанных с пожарами и взрывами.

6. Несмотря на постоянное развитие систем и средств борьбы с пожарами, особые условия снижают эффективность совместной работы различных подсистем АСПВБ. Это происходит по причине рассогласования циклов управления ими в условиях повышения интенсивности производства, которое усиливается в особых

условиях. Помимо этого, на эффективность работы АСПВБ объектов ТЭК оказывает воздействие отсутствие действенного механизма обратной связи при развитии АСПВБ, выраженное в том, что среда меняется быстрее, чем составные части АСПВБ, реагирующие на ее возмущения.

7. В главе сформулирована актуальная научная проблема обеспечения должного уровня эффективности работы АСПВБ в особых условиях и основные задачи по ее решению. Снижение эффективности АСПВБ происходит из-за более заметного рассогласования работы отдельных подсистем АСПВБ в особых условиях по сравнению с обычными условиями, а также из-за несогласованного управления системой обратной связи при выполнении мероприятий по обеспечению ПБ в подсистемах АСПВБ и во внешних по отношению к объектам ТЭК субъектах управления в системе ПБ. Наиболее очевидным способом преодоления такой ситуации может стать создание механизмов адаптации подсистем АСПВБ на объектах ТЭК к особым условиям, которые обеспечат заданный уровень их эффективности.

8. Моделирование процессов (разрушительного и созидательного) при обеспечении ПБ в АСПВБ объектов ТЭК показало, что наиболее естественным способом преодоления рассогласования циклов управления подсистем АСПВБ и нарушения обратных связей при управлении мероприятиями по обеспечению ПБ является набор методов стратегического планирования.

9. Установлено, что особые условия существенно увеличивают по времени рабочие циклы управления подсистемами АСПВБ. Это приводит к тому, что корректирующие воздействия в созидательном подпроцессе обеспечения заданного уровня эффективности АСПВБ не могут быть выполнены в течение необходимого для его восстановления времени.

10. Разработка методологического аппарата поддержки управления для преодоления тенденции снижения эффективности работы АСПВБ в особых условиях должна быть направлена на получение агрегатного показателя качества в многоуровневой последовательности решений и действий, динамически изменяемой для достижения нужного результата.



## **ГЛАВА 2 Совершенствование теоретических основ организационного управления технологическими процессами пожаровзрывобезопасности**

### **2.1 Варианты количественного расчета показателя эффективности автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса для обычных и особых условий**

Одним из проявлений проблемы снижения эффективности работы подсистем АСПВБ объектов ТЭК в особых условиях является снижение качества проводимых для защиты пожароопасных объектов мероприятий. Такое проявление обусловлено недостаточно проработанными связями между внутренними и внешними по отношению к объектам ТЭК источниками их управления. Необходимость преодоления этой тенденции возможна за счет совершенствования процесса планирования противопожарных мероприятий как на самих объектах ТЭК, так и на внешних по отношению к ним объектах. При этом одна из таких особенностей связана с качеством информации, получаемой ЛПР от всех систем АСУТП и от составных частей АСПВБ. Другая наиболее очевидная особенность связана с качеством «контактов» при составлении планов между ЛПР и внешними обеспечивающими ПБ на объекте ТЭК организациями. Кроме того, важны особенности работы основного оборудования, применения новых IT-технологий, контроля окружающей среды на объектах ТЭК.

Рассмотрим для примера контроль окружающей среды. Как уже говорилось выше, применяемое на объектах ТЭК электрооборудование, созданное еще в СССР, во многом устарело и морально, и физически. При этом оборудование очистных сооружений объектов ТЭК и систем их оборотного водоснабжения при любых погодных условиях являлось и является источником загрязнения атмосферы углеводородами. Поэтому на каждом его элементе необходима не только установка соответствующих датчиков, но и контроль их пригодности к использованию. Как правило, к объектам такого мониторинга принято относить [16]:

- открытые песчаные ловушки;
- различные нефтяные пруды;

- биологические очистные сооружения;
- градирни и колодцы заводской канализации.

В таких сооружениях в атмосферу всегда испаряются углеводороды и другие горючие соединения, поэтому на пульт ЛПР необходимо выводить данные о состоянии не только перечисленных систем объекта ТЭК, но и окружающей их среды. Помимо этого, необходим контроль нарушений технологических режимов и эксплуатации оборудования, чтобы не допустить превышений концентраций горючих веществ в воздухе. Полученные таким образом данные целесообразно использовать совместно с уже существующими системами контроля атмосферы (например, [181]). В работах [60, 81] представлены примерные характеристики выбросов углеводородов с открытых поверхностей очистных сооружений для НПЗ (таблица 2.1).

Таблица 2.1 — Характеристики выбросов углеводородов с открытых поверхностей очистных сооружений [60, 81]

Источник выбросов	Средняя концентрация углеводородов в потоках воздуха, мг/м <sup>3</sup>	Валовое выделение углеводородов, г/ч
Песколовки	314	10600
Приемный колодец нефтеловушки	2204	6470
Нефтеловушки	582	50700
Приемный резервуар нефтеловушки	221	398
Пруды дополнительного отстоя	1800	135700
Кварцевые фильтры	990,5	28600

Цифры выбросов не очень понятны, но главное в том, что испарения и выбросы меняют ситуацию вокруг пожароопасных объектов в принципе. Данные таблицы 2.1 показывают, что испарения не только имеют место, но и ухудшают пожароопасную ситуацию на объектах ТЭК. А особые условия способствуют тому, что эти датчики-газоанализаторы будут иметь не самую высокую готовность к работе. Кроме того, они не всегда могут располагаться так, чтобы обеспечить эффективный контроль процесса испарения горючих веществ. Даже новые датчики концентрации горючих веществ фиксируют их превышение в среде не сразу, а после превышения концентраций в районе своей ответственности. Для регистрации и преодоления такой ситуации у ЛПР должно быть соответствующее ПО, но и оно

не всегда учитывает взаимное расположение ОЗ объектов ТЭК и источников пожароопасного загрязнения.

Дальнейшее рассмотрение ситуации показывает, что, кроме собственно контроля среды и оценки эффективности работы датчиков, в районах работы нефтеперерабатывающего оборудования могут иметь место факторы опасности, провоцирующие пожары. Это могут быть, например, механические соединения в районе мест подключения электрооборудования, приводящего в действие процессы на объектах переработки; нарушения изоляции в зоне электрических контактов; искры атмосферного электричества и иные факторы опасности. Этими факторами обусловлено более трети возгораний [45].

Для их учета ЛПР должен, по крайней мере, обладать нужной информацией, а для ее получения следует уточнять математические модели работы датчиков.

Рассмотрим варианты получения агрегатного показателя эффективности АСПВБ в обычных и особых условиях на моделях оценки диагностической информации, поступающей на пульт ЛПР от систем информирования в АСУТП первого уровня. С этой целью построим и разберем несколько моделей. При детальной проработке вопросов по мониторингу датчиков будем считать здесь и далее синонимами понятия «комплексная безопасность» и «защита».

### **2.1.1 Модель оценки обеспечения комплексной безопасности в автоматизированной системе пожаровзрывобезопасности для объекта топливно-энергетического комплекса в обычных условиях**

Уточним еще раз, что под обычными условиями будем понимать условия, при которых для организации и проведения необходимых мероприятий в области безопасности имеется все необходимое: запасные части, персонал, платформы реализации АСУТП, новые версии ПО и т. п. Исходя из поставленной задачи, сначала определим структуру условно-расчетного предприятия ТЭК. Учитывая, что структуры объектов ТЭК различны, для примера остановимся на структуре ППСПГ.

На рисунке 2.1 приведена в общем виде структурная схема одного из предприятий ППСПГ [182]. На ней представлены основные производственные

блоки, участвующие в переработке СПГ и его отгрузке потребителям. Однако для проводимого исследования существенными являются только те структурные элементы, которые участвуют в построении нужной математической модели (при этом сама модель будет составной).

Для простоты расчетов будем считать, что ППСПГ состоит из нескольких одинаковых (типовых) модулей, представляющих собой набор цехов по обеспечению основного процесса ППСПГ — сжижения газа и его последующей отгрузки потребителям.



Рисунок 2.1 — Схема завода по сжижению газа

Это предположение основано на том, что с точки зрения обеспечения пожарной и комплексной безопасности данных структурных подразделений ППСПГ они представляют собой абсолютно одинаковые ОЗ. В этом случае структуру типового модуля для условно-расчетного предприятия по производству СПГ можно принять примерно следующую (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 — Структура типового модуля для условно-расчетного предприятия ППСПГ

На рисунке 2.2 стрелками показано направление движения продукции ППСПГ при ее переработке. Как видно из структурной схемы, каждый из четырех условных модулей имеет свой уровень пожарной опасности, поэтому они должны быть защищены по-разному. Однако пока для упрощения выстраиваемой модели будем полагать, что в каждом из них используются одинаковые (типовые) средства пожарной сигнализации и оповещения людей об опасности.

Как правило, в СПВБ в настоящее время применяются не только извещатели, расположенные непосредственно на объектах контроля, но и управляющие элементы, используемые АСУТП, для анализа опасных процессов на объекте в автоматическом режиме и выдачи данных оператору АСПВБ или ЛПР. Исходя из этого следует рассматривать каждый их блоков ОЗ типового модуля в виде иерархической структуры (рисунок 2.3).

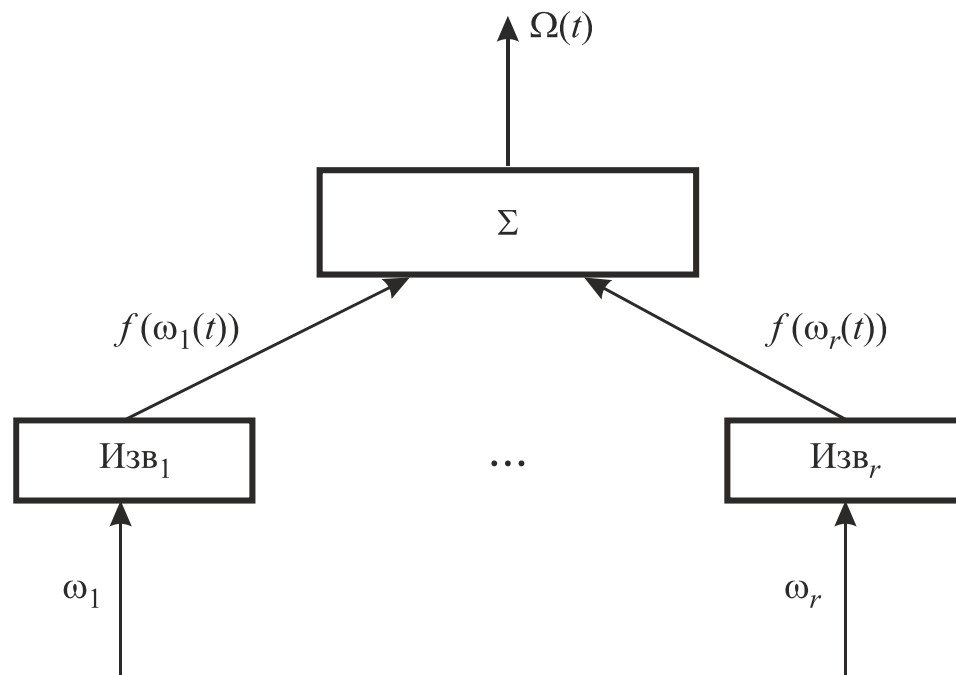


Рисунок 2.3 — Двухуровневая схема получения информации АСУТП от пожарных извещателей в типовом блоке производственного модуля ППСПГ [18]

На рисунке 2.3 приняты следующие обозначения:

$\Omega(t)$  — итоговое решение о состоянии ОЗ;

$\Sigma$  — обобщение сигналов на уровне автоматики (или ЛПР) о состоянии объекта;

$f(\omega_1(t)) - f(\omega_r(t))$  — результат работы извещателей (анализ среды в окрестности датчика и принятие решения об опасности на уровне извещателя);

ИЗВ<sub>1</sub>–ИЗВ<sub>*r*</sub> — набор пожарных извещателей на ОЗ или типовом блоке производственного модуля ППСПГ;

*r* — число извещателей на ОЗ;

$\omega_1 - \omega_r$  — сигналы от среды.

Под датчиками и извещателями здесь и далее будем понимать «устройства, позволяющие в автоматическом режиме регистрировать концентрации горючих газов и паров, составляющие определенный процент от нижнего концентрационного предела распространения пламени» [183, п. 3.2], включенные в состав АСПВБ. Будем считать, что агрегатный показатель для комплексной безопасности на объектах ТЭК есть функция состояния датчиков, которым нужна своевременная и постоянная диагностика, осуществляемая в соответствии с планами ремонта.

Подобные схемы принятия решений в отношении диагностики оборудования на производственных объектах достаточно широко распространены. Данная схема (см. рисунок 2.3) необходима как предварительное звено в последующих рассуждениях для рассмотрения модели обеспечения безопасности объекта ТЭК в обычных условиях.

Исходя из выдвинутых предположений, последовательно рассмотрим некоторые построения, которые помогут нам более детально определить зависимость агрегатного показателя эффективности АСПВБ для подсистемы информирования ЛПР первого уровня от различных параметров. Для этого, постепенно усложняя, проведем анализ ситуаций, опасных для объекта ТЭК в случае применения на нем действующих систем защиты. Под комплексной безопасностью в данном конкретном случае будем понимать комплекс мероприятий по предупреждению возникновения опасных ситуаций на ОЗ объекта и оповещению о них ЛПР (автоматики АСПВБ).

**2.1.1.1 Модель оценки обеспечения комплексной безопасности  
в автоматизированной системе управления технологическими процессами  
в обычных условиях с помощью булевых извещателей на сосредоточенном  
объекте защиты**

Прежде чем говорить о модели обеспечения ПБ ОЗ (модуля ППСПГ, объекта ТЭК), построим модель для одной из его подсистем [17]. Рассмотрим отдельный технологический блок, например накопитель. Для него существует несколько технологических состояний с точки зрения ПБ:

1) нормальное, когда все его узлы и агрегаты функционируют штатно, не выходя за рамки установленных параметров; среда вокруг ОЗ не претерпевает опасных изменений, а датчики АСУТП (извещатели) не сообщают об опасном состоянии;

2) среда вокруг ОЗ претерпевает изменения, которые могут стать опасными, а извещатели не регистрируют отклонения от установленных параметров. На ППСПГ наиболее распространенным параметром контроля служит количество горючего газа в воздухе вокруг ОЗ;

3) среда уже претерпела изменения, и извещатели зарегистрировали отклонения.

При этом понятно, что наиболее опасно второе состояние, когда изменения в среде могут привести к негативным последствиям и ущербу, тогда как при нахождении ОЗ в третьем состоянии следуют действия оператора и реакция автоматики.

Обозначим эти три состояния для ОЗ типа накопителя в виде

$$S_{03} = \{S_1, S_2, S_3\}. \quad (2.1)$$

Переход ОЗ из одного состояния в другое может быть также записан простой формулой

$$S_1 \rightleftharpoons S_2 \rightleftharpoons S_3. \quad (2.2)$$

При этом если имеем на ОЗ  $N$  извещателей, то их множество можно задать с помощью кортежа

$$I_{03} = \{I_1, I_2, \dots, I_N\}, \quad (2.3)$$

где  $I_1, I_2, \dots, I_N$  — состояния извещателей.

В простейшем случае можно считать каждый извещатель булевой функцией, принимающей значения

$$I_i(f_i(x)) = \begin{cases} 0, & x_p < P \\ 1, & x_p \geq P \end{cases}, \quad (2.4)$$

где  $I_i$  — значение  $i$ -го извещателя с порогом срабатывания  $P$ ;

$f_i(x)$  — непрерывная функция одного параметра, регистрируемого  $i$ -м датчиком, на основании которой определяется опасное состояние;

$x$  — один из параметров окружающей среды, который контролирует  $i$ -й извещатель и для которого  $x_p$  является пороговым значением.

Будем называть такой извещатель булевым. График его функции срабатывания представлен на рисунке 2.4. В более сложном случае извещатель (датчик АСУТП или АСПВБ) может показывать значение содержания регистрируемого параметра среды или регистрировать несколько параметров.

На рисунке 2.4 кривая линия — функция основного «решающего» элемента извещателя, который используется для его срабатывания. Функция может быть убывающей, но на расчет это не повлияет. Тогда, учитывая (2.1), (2.3) и (2.4), матрицу регистрации опасных событий можно записать следующим образом:

$$T_{03} = \begin{pmatrix} f_{11}(x), & f_{21}(x), & \dots, & f_{1N}(x) \\ f_{21}(x), & f_{22}(x), & \dots, & f_{2N}(x) \\ f_{31}(x), & f_{23}(x), & \dots, & f_{3N}(x) \end{pmatrix}, \quad (2.5)$$

где  $f_{ij}(x)$  — значение  $i$ -го извещателя в  $j$ -м состоянии.

В идеальном случае, когда все извещатели исправны, нижняя строка матрицы должна содержать одни единицы, а верхняя — одни нули. Показатель качества противопожарной защиты объекта будет определяться только количеством единиц во второй строке. В реальной жизни, даже имея булевы извещатели, можно получить иную картину.



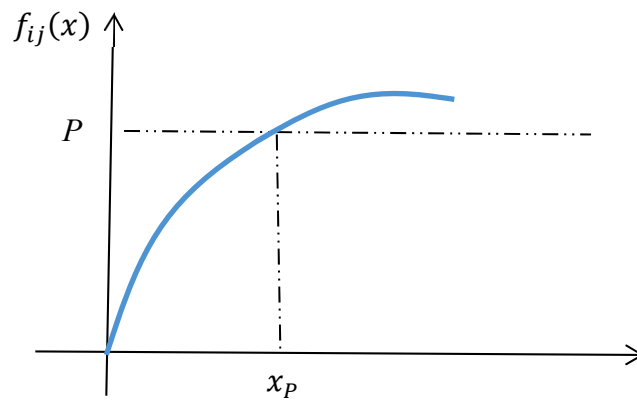


Рисунок 2.4 — Примерный график функции срабатывания булева извещателя

Если для показателя эффективности противопожарной защиты ОЗ рассматривать свертку

$$W_{O3} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^N f_{ij}(x), \quad (2.6)$$

то при оценке эффективности противопожарной защиты ОЗ значение  $W_{O3}$  не должно превышать некоторого критического значения:

$$W_{O3} \leq W_{кр}, \quad (2.7)$$

где  $W_{кр}$  — критическая эффективность (уровень реакции управляющей части АСУТП на развитие опасной ситуации).

Если отойти от формальных построений и посмотреть на матрицу (2.5) через призму определений состояний ОЗ, сделанных выше, то можно сказать, что первое состояние (первая строка) для (2.7) неинтересно. В данном нами выше определении среда не находится в опасном состоянии, а датчики не фиксируют опасное состояние ОЗ, поэтому эта строка будет состоять из нулей.

В то же время третья строка матрицы (2.5) может сама по себе быть объектом расчета для (2.7). С ее помощью можно оценить порог срабатывания всей АСУТП на опасное состояние. Для этого нужно обратиться к сумме

$$W_{O3}^{(3)} = \sum_{j=1}^N f_{3j}(x). \quad (2.8)$$

В этом случае при сосредоточенном характере ОЗ срабатывание части датчиков (например, 50 %) говорит о наступлении на нем опасного состояния, для

которого АСУТП (или ее часть АСПВБ) выдаст сигнал опасности оператору и запустит процедуры автоматического реагирования на опасное событие. Количество датчиков, используемых для определения порога срабатывания АСУТП для сосредоточенного в пространстве объекта, будет задано в технологической документации на систему пожарной сигнализации.

С точки зрения настоящего исследования наиболее интересна вторая строка, отражающая состояние, когда параметры среды уже изменились в опасную сторону, а датчики еще не успели сработать. Это может происходить в силу нескольких причин. Во-первых, изменения в среде пока не опасны. Во-вторых, изменения, которые могут стать опасными, не превосходят пороговых значений реальных опасных событий, которые будут угрожать ОЗ. В-третьих, качество самих датчиков таково, что пороговое значение их срабатывания выше (или ниже в зависимости от выбора модели их работы) интегрального показателя, используемого для перехода в состояние срабатывания. В-четвертых, при работе газоанализаторов, применяемых в качестве основных решающих элементов для срабатывания, происходит износ реагентов, и чувствительность датчиков снижается. И это наиболее опасное состояние для ОЗ (слепая зона).

Для того чтобы более наглядно показать графически характер перечисленных изменений, обратимся к рисункам. На рисунке 2.5 показано пороговое значение среды  $P_{cp}$ , которое следует считать опасным, и пороговое значение одного булева датчика  $P$ . Будем здесь и далее рассматривать только состояние  $S_2$  матрицы  $T_{OЗ}$  сосредоточенного ОЗ. Третьей строке матрицы (2.5) соответствует участок кривой  $f_i(x)$ , расположенный над пороговым значением  $P$ .

Второй строке матрицы (2.5) соответствует участок плоскости двумерного евклидова пространства  $\mathbb{R}_2 = [x, f(x)]$ , определяемый неравенствами

$$\begin{cases} x_{cp} < x < x_p; \\ P_{cp} < f(x) < P. \end{cases} \quad (2.9)$$

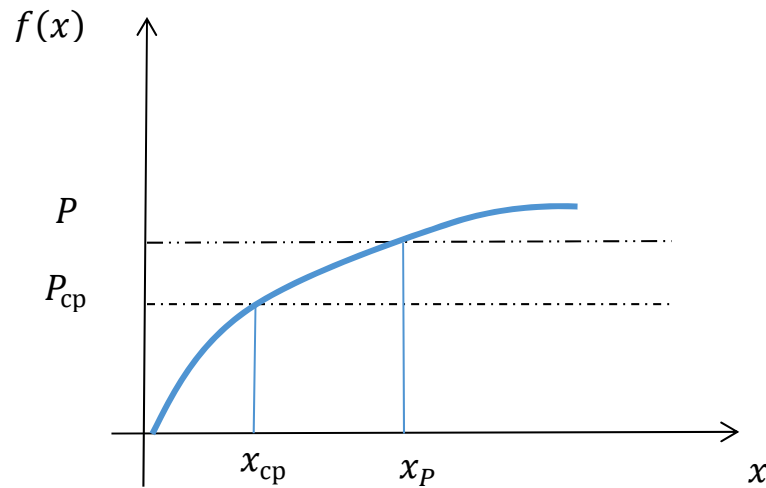


Рисунок 2.5 — Примерный график функции срабатывания булева извещателя с учетом особенностей среды

Фактически это означает, что простейший случай задачи анализа правильности срабатывания извещателей, рассматривающий только один булев датчик, порождает двумерное евклидово пространство. Разница в характере основных функций датчиков может быть обусловлена, например, разным содержанием в них реагента, определяющего состояние среды. Покажем эти различия на рисунке 2.6.

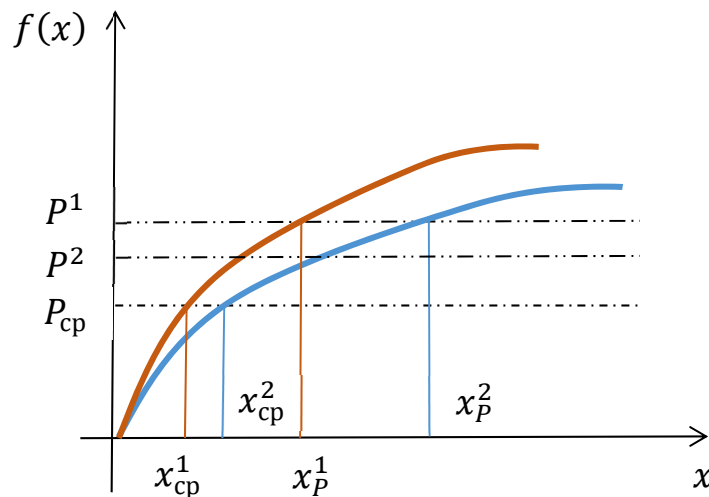


Рисунок 2.6 — Разница в характере функций датчиков

Из приведенного рассуждения следует, что задача анализа обеспечения комплексной безопасности в АСУТП с  $N$  булевыми извещателями требует рассмотрения пространства размерности  $2N$ . Тогда система неравенств (2.9) будет записана иначе:

$$\begin{cases} x_{\text{ср}}^i < x < x_{\text{р}}^i \\ P_{\text{ср}} < f_i(x) < P^i, \end{cases} \quad i \in \{1, 2, \dots, N\}, \quad (2.10)$$

где  $x$  — единственный параметр окружающей среды, который контролирует все  $N$  извещателей;

$x_{\text{р}}^i$  — пороговое значение параметра  $x$  для  $i$ -го извещателя;

$x_{\text{ср}}^i$  — значение параметра  $x$ , при котором среда перешла в опасное состояние, но датчик на это не отреагировал;

$f_i(x)$  — непрерывная функция  $i$ -го датчика для регистрируемого им параметра  $x$ , на основании которой определяется опасное состояние;

$P^i$  — порог  $i$ -го датчика, при котором он «переворачивается».

В рассматриваемой постановке задачи анализа обеспечения комплексной безопасности в АСУТП с  $N$  булевыми извещателями пороговое значение состояния среды, при котором она переходит в опасное состояние, равно  $P$ . Будем пока полагать, что оно одинаково для всех датчиков (см. рисунок 2.6).

В некоторых случаях, принимая, что различия между кривыми значений функций датчиков  $f_i(x)$  незначительны, а порог срабатывания каждого из них будет заменен математическим ожиданием некоторой интегральной случайной величины  $P^*$ , вычисляемой по формуле

$$P^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P^i, \quad (2.11)$$

можно заменить вторую строку в системе неравенств (2.10) функцией  $N$  аргументов  $f_{\text{общ}}$ :

$$\begin{cases} x_{\text{ср}}^1 < x^1 < x_{\text{р}}^1 \\ x_{\text{ср}}^2 < x^2 < x_{\text{р}}^2 \\ \dots \\ x_{\text{ср}}^N < x^N < x_{\text{р}}^N \\ P_{\text{ср}} < f_{\text{общ}}(x^1, x^2, \dots, x^N) < P^* \end{cases} \quad (2.12)$$

Разница между пороговым значением параметра  $x$  для  $i$ -го извещателя и значением параметра  $x$ , при котором среда перешла в опасное состояние, но датчик на это не отреагировал, составляет ту часть евклидова пространства

$$\mathbb{R}_{2N} = [x^i, f_i(x), i \in \{1, 2, \dots, N\}], \quad (2.13)$$

которая задает область определения для показателя качества безопасности на ОЗ типа ППСПГ. Ее можно записать в виде вектора допуска

$$d_{03} = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}, \quad (2.14)$$

где  $d_1, d_2, \dots, d_N$  заданы как разность:

$$d_i = x_p^i - x_{cp}^i, \quad i \in \{1, 2, \dots, N\}. \quad (2.15)$$

Вектор отклонений порогов срабатываний  $N$  датчиков будет аналогичен вектору допусков (2.14):

$$p_{03} = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}, \quad (2.16)$$

где

$$p_i = P^i - P_{cp}, \quad i \in \{1, 2, \dots, N\}. \quad (2.17)$$

Наиболее естественным показателем эффективности для оценки обеспечения безопасности ОЗ для задачи с одним булевым датчиком является половина произведения допуска датчика на отклонение порога

$$w_i^* = \frac{1}{2} d_i p_i, \quad i \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (2.18)$$

в аппроксимированном варианте (предполагается, что участок кривой  $f_i(x)$  настолько мал, что на нем она может считаться прямой линией). Или для более точного расчета

$$w_i^* = \int_{x_{cp}^i}^{x_p^i} f_i(x) dx, \quad i \in \{1, 2, \dots, N\}. \quad (2.19)$$

В этом случае интегральный показатель эффективности для  $N$  булевых извещателей может задаваться вектором

$$W_{03}^* = \{w_1^*, w_2^*, \dots, w_N^*\} \quad (2.20)$$

или сверткой (2.20) в виде

$$W_{03}^* = \sum_{i=1}^N w_i^*. \quad (2.21)$$

Наличие такого условия необходимо для того, чтобы при увеличении числа датчиков интегральный показатель не уменьшался автоматически. Однако это условие может быть и иным.

Тогда задача анализа обеспечения комплексной безопасности в АСУТП с  $N$  булевыми извещателями на сосредоточенном ОЗ будет ставиться как задача снижения  $W_{O3}^*$

$$W_{O3}^{иск} = \min_{\mathbb{R}_{2N}} W_{O3}^* \quad (2.22)$$

в компактной области евклидова пространства (2.13), заданной системой неравенств (2.10) или (2.12).

Либо следует искать такое значение  $W_{O3}^*$  в векторной форме (см. (2.20)), для которого будет выполнена система неравенств

$$\forall w_i^* \in W_{O3}^* : \{w_i^* < w_{зад}^i, i \in \{1, 2, \dots, N\}\}. \quad (2.23)$$

В (2.23)  $w_{зад}^i$  определяет минимально допустимый для ОЗ разброс пороговых состояний среды и пороговых показаний  $i$ -го датчика, установленный в качестве его существенной характеристики при его производстве.

Таким образом, показана модель оценки обеспечения комплексной безопасности в АСУТП с  $N$  булевыми извещателями на сосредоточенном ОЗ. Интегральный показатель качества в созданной модели характеризует общую эффективность покрытия «слепых зон» датчиков на сосредоточенном ОЗ. Теперь рассмотрим более сложный случай рассредоточенного в пространстве объекта.

***2.1.1.2 Модель оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном объекте защиты в обычных условиях с помощью булевых извещателей в автоматизированной системе управления технологическими процессами без учета координат***

В большинстве случаев для датчиков на объектах ТЭК с единственным входом одним из вероятных контролируемых параметров может служить концентрация метана (или иного горючего газа) в воздухе. Учитывая, что количество применяемых извещателей на ОЗ настолько велико, насколько это возможно, следовало бы обратиться к топологии ОЗ для прояснения интегрального показателя эффективности АСПВБ, полученного на основании этих данных. При определенных условиях учет топологии размещения извещателей на ОЗ может иметь критически важное значение. При этом, несмотря на то что реальные

ситуации предполагают наличие у извещателей нескольких контролируемых параметров, используемых в качестве входных значений, для простоты модели будем считать, что каждый из них ограничен регистрацией только одного параметра [18].

Распределенный ОЗ, как правило, можно при определенных условиях рассматривать как совокупность сосредоточенных ОЗ, объединенных в единый ОЗ. Распределенный ОЗ характеризуется не только учетом положения датчиков в пространстве, но и наличием некоторой управляющей системы, которая должна автоматически определять опасное состояние. В этом случае уместно рассматривать модель обеспечения комплексной безопасности в АСУТП в виде двухуровневого графа, в котором роль первого уровня играют булевы извещатели, а роль второго — управляющая, но еще не аналитическая, система сбора и интеграции информации.

Роль датчиков — осуществлять анализ состояния среды в зоне своей ответственности и установленном при их производстве диапазоне. Роль управляющей части — сбор информации с датчиков, ее анализ и выдача сигнала об опасной ситуации. Алгоритмы работы по указанному второму действию управляющей системы рассмотрим ниже. Пока будем считать, что управляющая часть, так же как и каждый датчик, играет роль триггера. При этом датчики не только обрабатывают один параметр, но и могут быть аналогом сосредоточенного ОЗ.

На рисунке 2.7 приведена примерная структура срабатывания системы оповещения на распределенном ОЗ при использовании булевых датчиков в рассматриваемой постановке.

Она сходна с представленной на рисунке 2.3 моделью получения информации АСУТП от пожарных извещателей в типовом блоке производственного модуля объекта ТЭК. Различие лишь в том, что используются разные модели функций на входе и выходе извещателей, а также управляющей системы. На рисунке 2.7 использованы следующие обозначения:

$f_i^{cp}(x)$  — функция параметра среды  $x$ , регистрируемая  $i$ -м датчиком;

$\omega_i$  — выдаваемый булевым датчиком сигнал (0 или 1);

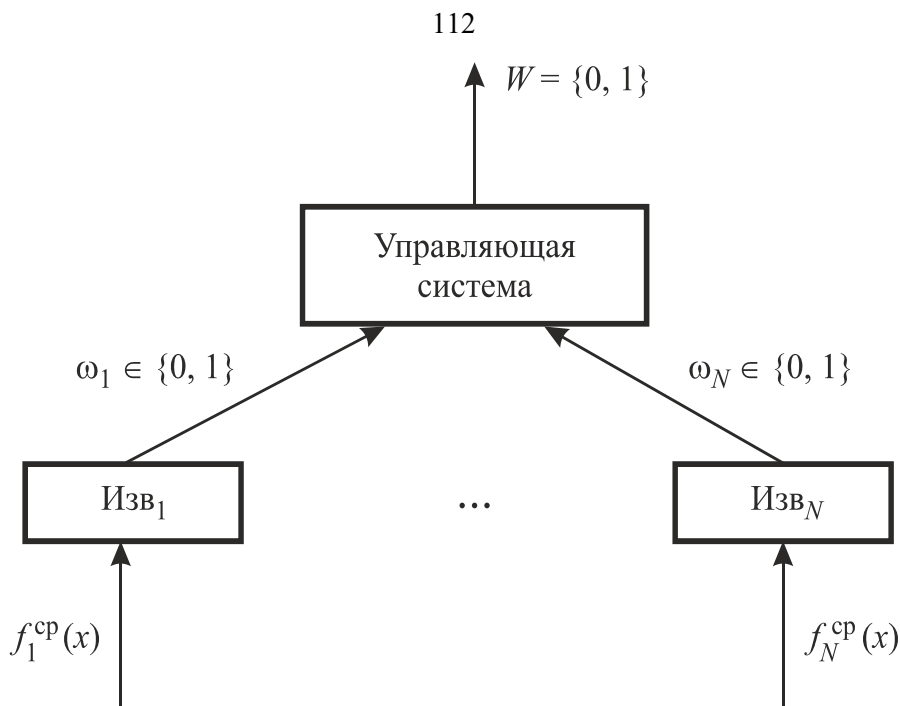


Рисунок 2.7 — Структура срабатывания системы оповещения на рассредоточенном ОЗ при использовании булевых датчиков

Изв<sub>1</sub>...Изв<sub>N</sub> — совокупность датчиков-извещателей на рассредоточенном ОЗ;  
 $W$  — интегральный показатель срабатывания системы оповещения ОЗ, выдающий сигнал «тревога» (принимаяющий значения 0 или 1);

$N$  — число датчиков на рассредоточенном ОЗ.

Каждая из функций  $f_i^{cp}(x)$ , имеющая характеристику, сходную с указанной на рисунке 2.5, определяется состоянием реагента (или иного определяющего состояние среды элемента) датчика. Результатом анализа характеристики функции будет двоичное значение. При увеличении в среде концентрации определяемого газа свыше порогового значения датчика происходит срабатывание извещателя. Однако при иных условиях функционирования в АСУТП сигнал «тревога» появится только после анализа управляющей системой всей системы датчиков или той их части, которая может быть наиболее опасной с точки зрения топологии объекта защиты. В этом случае следует иначе рассматривать сам механизм срабатывания датчиков. Кроме того, в них следует учесть «износ» реагента, происходящий как по естественным причинам, так и в силу иных обстоятельств. Ведь осмотр оборудования международным экспертом ПБ во многом связан именно с выяснением состояний датчиков и состояния реагента в них.



Рассмотрим функцию работы  $i$ -го датчика как следующий кортеж:

$$I_i = \{(x_i, y_i, z_i), f_i(S_i(t)), S_i(t)\}, \quad (2.24)$$

где  $(x_i, y_i, z_i)$  — пространственные координаты  $i$ -го датчика на ОЗ;

$f_i(S_i(t))$  — функция оценки  $i$ -м датчиком состояния среды;

$S_i(t)$  — «функция состояния реагента»  $i$ -го датчика; изменяющаяся во времени внутренняя часть  $i$ -го датчика, на основании которой решение об опасном состоянии принимается автоматически.

При этом по аналогии с (2.4) можно записать

$$I_i(f_i(S_i(t))) = \begin{cases} 0, & f_i(S_i(t)) < P^i \\ 1, & f_i(S_i(t)) \geq P^i \end{cases}, \quad (2.25)$$

где  $P^i$  — пороговое значение  $i$ -го датчика.

Для того чтобы не уходить в сторону от анализа показателя качества комплексной безопасности на рассредоточенном ОЗ, заметим здесь только, что для нормальной работы  $i$ -го датчика состояние его реагента должно быть таким, чтобы для устойчивой работы защитных функций АСУТП всегда выполнялось условие

$$S_i(t) \geq S_{кр}^i, \quad S_{кр}^i = S_i(t_{кр}^i), \quad (2.26)$$

где  $t_{кр}^i$  — максимально допустимое время эксплуатации прибора ( $i$ -го датчика) в соответствии с документацией.

Здесь  $S_{кр}$  определяет минимально возможное содержание активного реагента (вещества или состояния элемента), которое изменяется в зависимости от числа срабатываний и от времени эксплуатации. Причем эти изменения происходят всегда в меньшую сторону (рисунок 2.8). О состоянии датчиков должны свидетельствовать периодические поверки, которые должны удостоверить их готовность к эксплуатации. Будем считать, что все датчики работают исправно и ресурс их реагента можно не учитывать, хотя проверку их готовности необходимо учитывать в плане мероприятий по оценке готовности противопожарной защиты.

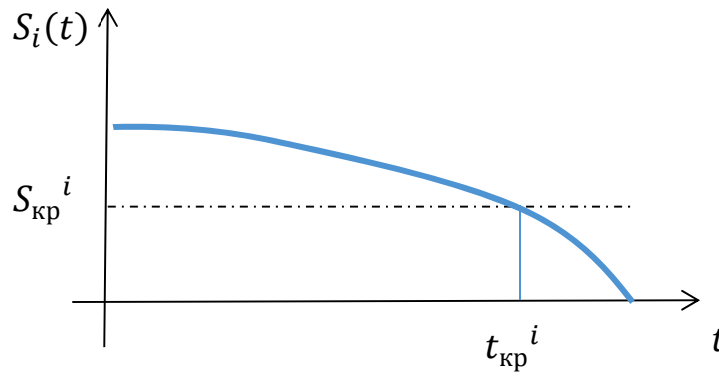


Рисунок 2.8 — Зависимость «функции реагента»  $i$ -го датчика от времени

Тогда (2.24) будет записано в более простой форме:

$$I_i = \{(x_i, y_i, z_i), f_i(\ell_i, t)\}, \quad (2.27)$$

где  $\ell_i$  — количество взрывоопасного газообразного вещества, которое «видит»  $i$ -й датчик.

При детализации рассматриваемой модели следует учесть три вида времени: первый — общее время работы датчика с момента его установки; второй — время работы с момента последней поверки; третий — время срабатывания при опасном изменении ситуации в среде. Все три вида времени следует учитывать отдельно друг от друга при проведении оценок качества мероприятий на ОЗ. Вопрос, связанный с анализом влияния различных типов времени на эффективность работы АСПВБ объекта ТЭК, лежит за пределами данного исследования.

Для того чтобы включить в рассматриваемую модель управляющую систему ОЗ, необходимо понять, как работает анализ ситуации на втором уровне (над датчиками). В случае, когда система оповещения допускает нежесткий контроль ОЗ, можно просто говорить о превышении порога в числе сработавших датчиков. Тогда сигнал тревоги на втором уровне будет определяться исходя из простой суммы значений

$$W_T = \sum_{i=1}^N I_i, \quad I_i \in \{0, 1\}, \quad (2.28)$$

где  $W_T$  — интегральный показатель эффективности пожарной (комплексной) безопасности на ОЗ;

$N$  — число датчиков.

И если критическое число сработавших датчиков обозначить через  $k$ , то сигнал тревоги будет выдан при условии

$$W_T > k. \quad (2.29)$$

При более жестком контроле следует вместо суммы использовать произведение:

$$W_T^* = \prod_{i=1}^N I_i, \quad I_i \in [0, 1]. \quad (2.30)$$

Здесь  $W_T$  или  $W_T^*$  представляют собой варианты интегрального показателя эффективности пожарной (комплексной) безопасности на ОЗ.

Однако при подробном анализе опасной ситуации следует учесть еще один уровень срабатывания управляющей системы на рассредоточенном ОЗ. В любом рассредоточенном объекте существуют более или менее опасные области, которые можно назвать кластерами опасности. Срабатывающие датчики, находясь в этих областях, будут генерировать сигнал опасности совместно или индивидуально. В этом случае можно рассматривать систему оповещения рассредоточенного ОЗ как совокупность:

$$Z_{OЗ}^* = \{z_1^{кл}, z_2^{кл}, \dots, z_M^{кл}\}, \quad (2.31)$$

где  $z_i^{кл}$  —  $i$ -й кластер ОЗ;  $i \in \{1, 2, \dots, M\}$ ;

$M$  — число кластеров на ОЗ.

В случае использования такой схемы (рисунок 2.9) сигнал тревоги от управляющей системы будет выдан при срабатывании хотя бы одного из триггеров второго уровня. Для каждого из кластеров  $z_i^{кл}$  в зависимости от требований к участку ОЗ могут быть установлены свои требования по строгости срабатывания. В зависимости от них данные от датчиков на втором уровне будут обработаны по схеме (2.28) и (2.29) или (2.30). Интегральная функция работы системы оповещения (пожарной или комплексной защиты) на ОЗ  $W_T^*$  будет представлять собой произведение булевых функций  $w_i^{кл}$ :

$$W_T^* = \prod_{i=1}^N w_i^{кл}, \quad w_i^{кл} \in [0, 1], \quad (2.32)$$

где

$$w_i^{\text{кл}} = \prod_{j=1}^{N_i} I_i^j, I_i^j \in [0, 1]; \quad (2.33)$$

$$N = \sum_{i=1}^M N_i, N = \{N_1, N_2, \dots, N_M\}; \quad (2.34)$$

$N_i$  — число датчиков в  $i$ -м кластере ОЗ.

Или

$$w_i^* = \sum_{j=1}^{N_i} I_i^j, I_i^j \in \{0, 1\}; \quad (2.35)$$

$$w_i^{\text{кл}} = \begin{cases} 0, & w_i^* < k_i^{\text{кр}} \\ 1, & w_i^* \geq k_i^{\text{кр}} \end{cases}, \quad (2.36)$$

где  $k_j^{\text{кр}}$  — пороговое значения для  $j$ -го кластера;

$k^{\text{кр}}$  — вектор пороговых значений для каждого из  $M$  кластеров;

$k^{\text{кр}} = \{k_1^{\text{кр}}, k_2^{\text{кр}}, \dots, k_M^{\text{кр}}\}$ .

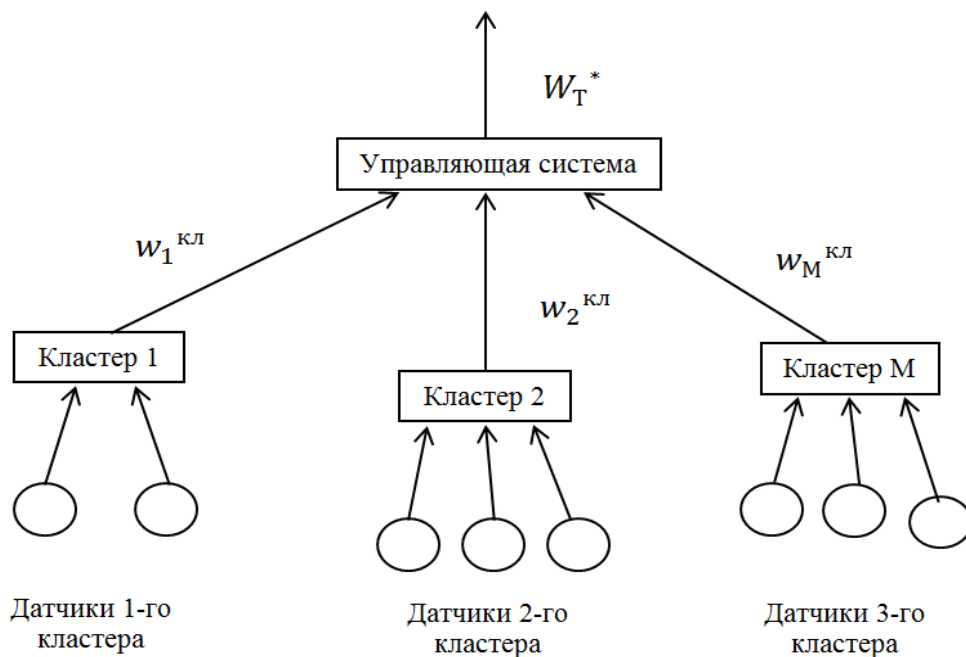


Рисунок 2.9 — Трехуровневая схема срабатывания системы оповещения на рассредоточенном ОЗ

При этом функция работы  $i$ -го датчика в  $j$ -м кластере записывается с помощью формулы (2.24) или (2.27). Теперь следует учесть отклонение в срабатывании датчиков при опасном изменении ситуации в среде (второе состояние ОЗ). По аналогии с (2.19) следует считать, что это площадь под кривой функции оценки в  $j$ -м кластере состояния среды за время  $t$ . В этом случае, помимо

одного аргумента функции датчика (только аргумента  $\ell_i$ , количество взрывоопасного газообразного вещества, которое «видит»  $i$ -й датчик), следует использовать еще и время его работы при регистрации опасного события. Тогда можно записать

$$w_j'^* = \sum_{i=1}^{N_j} \iint f_i(\ell_i, t) d\ell_i dt, \quad j \in \{1, 2, \dots, M\}. \quad (2.37)$$

В этом случае интегральный показатель эффективности для  $M$  кластеров будет задан вектором

$$W_{O3}'^* = \{w_1'^*, w_2'^*, \dots, w_M'^*\} \quad (2.38)$$

или сверткой в виде

$$W_{O3}'^* = \prod_{j=1}^M w_j'^*, \quad (2.39)$$

в которой  $w_i'^*$  вычисляется по формуле (2.37), а  $f_i(\ell_i, t)$  характеризует принцип срабатывания датчиков в кластере в зависимости от количества взрывоопасного газообразного вещества в их окрестности.

С учетом того что на ППСПГ процессы формирования взрывоопасной смеси протекают очень быстро, можно говорить, что время оценки счетчиком критического состояния с момента его возникновения в среде до момента срабатывания не должно превышать заданных в документации значений. Следовательно, необходимо ввести группу ограничений, заданную системой неравенств

$$t_i \leq t_i^{kp}, \quad i \in \{1, 2, \dots, N\}, \quad (2.40)$$

а от евклидова пространства, заданного формулой (2.13), перейти к пространству размерности  $3N$ , задаваемому формулой

$$\mathbb{R}_{3N} = [\ell_i, f_i(\ell_i), t_i, \quad i \in \{1, 2, \dots, N\}]. \quad (2.41)$$

Тогда задача анализа обеспечения комплексной безопасности в АСУТП с  $N$  булевыми извещателями на рассредоточенном ОЗ без учета координат будет ставиться как задача снижения  $W_{O3}'^*$ :

$$W_{O3}'^{иск} = \min_{\mathbb{R}_{3N}} W_{O3}'^* \quad (2.42)$$

в компактной области евклидова пространства (2.41), заданной системами неравенств (2.40) и аналогом (2.10) при условии, что параметр  $W_{OЗ}^*$  представлен вектором (2.38), где составные части рассчитывают в соответствии с (2.37), используя данные извещателей, вычисляемые по формуле (2.27). Допуски и пороговые отклонения будут рассчитаны так же, как в (2.15) и (2.17).

При решении задачи оценки в данной постановке можно получить наиболее подходящие значения показателя качества проводимой оценки работы датчиков в АСУТП. Следовательно, сокращая зазор между двумя пороговыми значениями, получим большее время реакции в АСУТП на опасное событие.

Таким образом, рассмотрена модель оценки системы оповещения (пожарной или комплексной защиты) на распределенном ОЗ без учета координат. Оценка может быть проведена при помощи минимизации интегрального показателя качества, учитывающего разницу между пороговыми значениями в среде и для срабатывания датчика. Интегральный показатель качества в созданной модели характеризует общую эффективность покрытия «слепых зон» датчиков на рассредоточенном ОЗ. Данная модель может служить базой для построения более сложных иерархических моделей оценки ПБ для имеющих несколько уровней иерархии ОЗ. В то же время данная модель построена на предположении о том, что каждый элемент уровня датчиков может представлять собой сосредоточенный ОЗ, модель оценки которого приведена выше [18].

***2.1.1.3 Модель оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном объекте защиты в обычных условиях с помощью булевых извещателей в автоматизированной системе управления технологическими процессами с учетом координат***

Для учета топологии рассредоточенного ОЗ необходимо не только разбить ОЗ на кластеры защиты, но и изменить алгоритмы работы управляющей системы каждого из кластеров и управляющей системы ОЗ в целом. Помимо простых действий суммирования и мультиплексирования, в них необходимо внести анализ места «происшествия» [20].

Будем по-прежнему считать извещатели булевыми функциями одного аргумента, время работы которых не ограничено. Нас также по-прежнему интересует второе состояние ОЗ, в котором среда изменилась в опасную сторону, но датчики АСУТП пока это не зафиксировали.

Рассмотрим примерное расположение датчиков в одном из кластеров. Оно может быть примерно таким, как показано на рисунке 2.10.

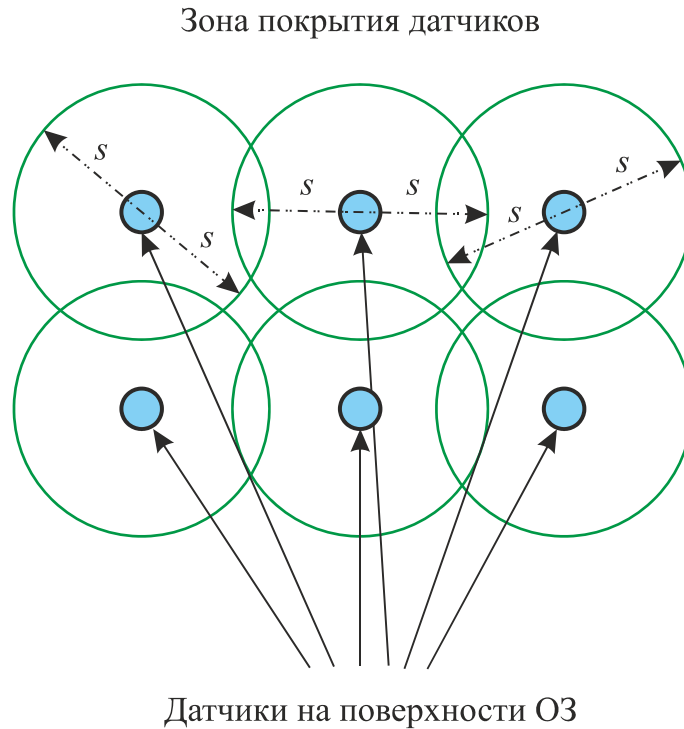


Рисунок 2.10 — Вариант расположения датчиков в кластере на поверхности ОЗ

Это двумерное представление ситуации с расположением датчиков на поверхности ОЗ. Площадь покрытия поверхности защиты должна определяться с учетом эффективного радиуса действия извещателя  $s$ . Расположение, указанное на рисунке 2.10, вполне обосновано, несмотря на то что отдельные элементы ОЗ покрываются эффективным радиусом датчиков не полностью (не сплошным полем). На большинстве реальных ОЗ они так и расположены. Наличие на ОЗ самой возможности возникновения второго состояния (см. формулу (2.2)) отчасти объясняется именно этим. С другой стороны, использование «сплошного покрытия» на ОЗ может очень дорого стоить и не позволит долго поддерживать ОЗ на должном уровне безопасности.

Говоря о площади покрытия датчиками поверхности ОЗ, нужно учитывать еще одно важное обстоятельство. Не приводя в данной работе детальный анализ расчета покрытия, будем учитывать, что для оценки сформированной сети датчиков в рамках кластера ОЗ можно вписать в круг покрытия датчика квадрат со стороной  $s\sqrt{2}$  (рисунок 2.11, *а*) и использовать его в качестве базы для расчетов расположения датчиков на поверхности ОЗ. При этом, переходя к объемным характеристикам, следует рассматривать более «приземленный» вариант оценки, сократив расчетное расстояние от места установки датчика на поверхности ОЗ до границы его работы до  $s/2$  (рисунок 2.11, *б*).

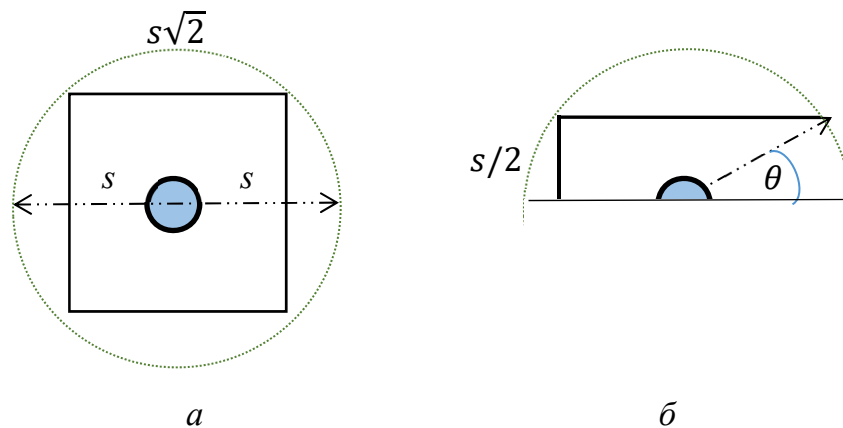


Рисунок 2.11 — Оценка площади (*а*) и высоты покрытия над ОЗ (*б*) датчика для формирования базы расчетов,  $\theta = 30^\circ$

Вариант объемного расположения датчиков на поверхности ОЗ приведен на рисунке 2.12, на котором вариант ОЗ показан в поперечном сечении, а его поверхность, на которой укреплены датчики, — в виде внутренней линии.

Теперь для перехода к расчету показателей качества для «слепых зон» датчиков с учетом топологии расположения датчиков необходимо выяснить, какие опасные факторы способствуют появлению подобных опасных ситуаций в заданном кластере с учетом их расположения.

Для оценочного вычисления значения по (2.37) и (2.42) при высокой скорости протекания процессов на объектах ТЭК будем учитывать следующие опасные факторы:



- близость к ОЗ электрических соединений высокого напряжения  $\varphi_1$ ;
- количество электрических соединений на единицу площади ОЗ  $\varphi_2$ ;
- наличие вблизи электрических соединений труб продуктопроводов  $\varphi_3$ ;
- наличие вентилей вблизи электрических соединений  $\varphi_4$ ;
- частоту срабатываний электрических реле на продуктопроводах  $\varphi_5$ .

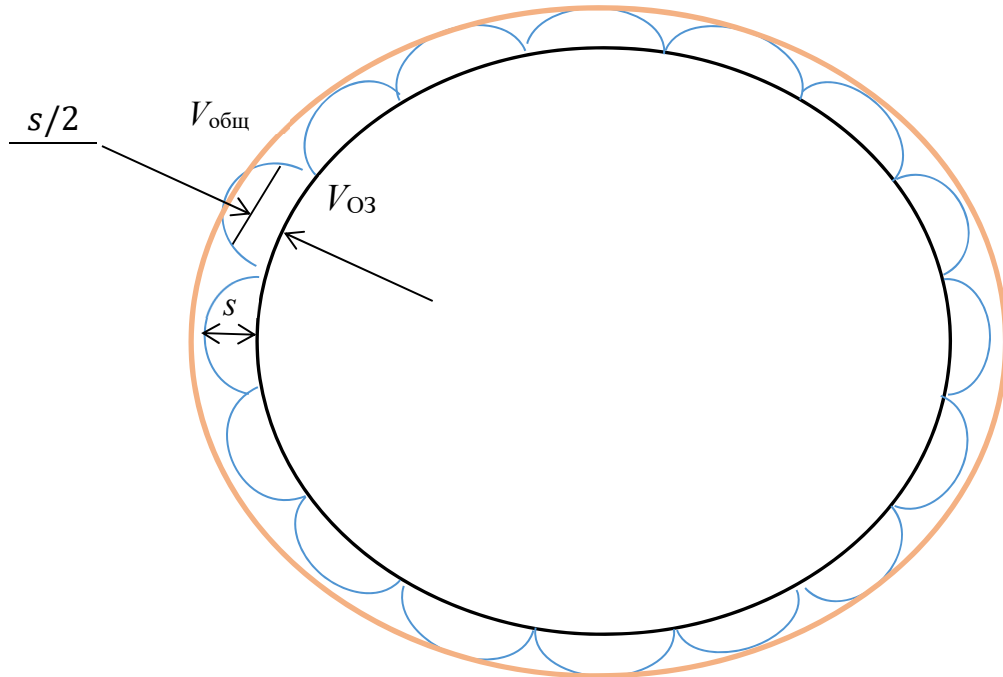


Рисунок 2.12 — Вариант расположения датчиков на поверхности ОЗ и зоны их работы (поперечное сечение ОЗ)

Данный список может быть дополнен, но в нем уже достаточно элементов для проведения «пробной» оценки. Источники высокого напряжения и другие электрические соединения могут служить источниками возгорания, а продуктопроводы и вентили на них — источниками утечки газа. Учитывая опыт проведения пространственных расчетов, связанных с обеспечением поддержки управления поисково-спасательными работами [111], модель оценки в искомом варианте можно строить сходным образом. Предложенных факторов опасности достаточно для построения модели и алгоритма ее реализации.

Для того чтобы оценить, насколько эффективно применяемые средства защиты могут купировать «слепые зоны» или каков риск того, что их наличие вызовет опасную ситуацию, рассмотрим последовательность действий.

На первом шаге ее построения следует проградуировать перечисленные опасные факторы по заданной шкале опасностей, учитывая при этом, что

$$\sum_{i=1}^5 Q_i = 1, \quad (2.43)$$

где  $Q_i$  — вычисленное значение  $i$ -го фактора опасности, в нашем случае из пяти перечисленных выше (в общем случае их число будет  $Z$ ).

Для определения численных (или относительных) значений факторов опасности, которые далее используем как весовые коэффициенты, нам понадобятся какие-то их «привязочные» значения. Одним из наиболее распространенных вариантов выбора значений факторов является выбор на основании оценок экспертов. Затем необходимо данные оценки уточнить и снова проградуировать, так как результаты оценок экспертов и результаты проверок их действий дадут разные результаты. Интегральный показатель качества в созданной модели будет характеризовать общую эффективность покрытия «слепых зон» датчиков на ОЗ (кластере ОЗ).

Для получения нормированных значений коэффициентов необходимо сначала сложить все полученные значения, а потом каждое из них разделить на эту сумму. Шкала опасностей выбирается экспертами произвольным образом, как и сами численные значения факторов, присваиваемые им экспертами. Если выбранное ими значение каждого из факторов обозначить как  $c_i$ , то получим:

$$\sum_{i=1}^r c_i = \Phi, \quad (2.44)$$

где  $c_i$  — предложенное экспертами значение  $i$ -го фактора опасности;  
 $r$  — число факторов опасности.

Тогда для  $Q_i$  можно записать:

$$Q_i = c_i / \Phi. \quad (2.45)$$

При этом сами коэффициенты  $c_i$ , выбираемые экспертами произвольным образом, обрабатываются впоследствии при помощи методов решающих матриц [171] и других уточняющих качество экспертизы методов.

Исходя из сделанных предположений о важности тех или иных факторов, создающих опасную ситуацию, для пяти перечисленных выше факторов опасности можно составить таблицу 2.2. В соответствии с ней в условной форме с факторами опасности будут сопоставлены уточненные результаты экспертиз по коэффициентам, которые будут использоваться затем для расчетов значений факторов опасностей по шкале опасностей. Учитывая субъективность проводимых оценок при формировании экспертами значений факторов (см. графу 3), необходимо использовать для получения коэффициентов каждого из факторов несколько оценок различных экспертов.

Таблица 2.2 — Значения факторов опасностей

Фактор	Описание	Значение фактора, установленное	
		экспертом	по шкале опасностей
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
$\varphi_1$	Близость к ОЗ электрических соединений высокого напряжения	$c_1$	$Q_1$
$\varphi_2$	Количество электрических соединений на единицу площади ОЗ	$c_2$	$Q_2$
$\varphi_3$	Наличие вблизи электрических соединений труб продуктопроводов	$c_3$	$Q_3$
$\varphi_4$	Наличие вентилей вблизи электрических соединений	$c_4$	$Q_4$
$\varphi_5$	Частота срабатываний электрических реле на продуктопроводах	$c_5$	$Q_5$

На следующем шаге, исходя из рассчитанных оценок и предположений о размещении датчиков, определяется рекомендуемый размер участка поверхности или объема вокруг ОЗ, который будет участвовать в расчетах. При этом для расчета будет использоваться квадрат со стороной  $s\sqrt{2}$  или параллелепипед с данным основанием и высотой  $s/2$ . Для каждого выбранного кластера, разбиваемого на участки, устанавливается точка максимальной опасности, которая затем будет использована как начало координат. Такой точкой может быть, например, место наиболее вероятной утечки продукта (соединение труб в продуктопроводе, соединение продуктопровода с хранилищем и т. п.).

Затем каждому выбранному участку присваивается значение функции, рассчитываемой по формуле

$$P(\varphi_j) = T + \sum_{i=1}^Z a_i Q_i, \quad (2.46)$$

где  $\varphi_j$  — фактор опасности, для которого ведется расчет;

$T$  — коэффициент, учитывающий расстояние до точки максимальной опасности;

$$T = R_{yч} - R_{yч} / R_{max}; \quad (2.47)$$

$R_{yч}$  — расстояние до рассчитываемого участка;

$R_{max}$  — расстояние до максимально удаленного участка в кластере от начала координат в расчете для данного кластера (расстояние до самого безопасного участка, который дальше всего от точки максимальной опасности);

$Z$  — число факторов опасности, участвующих в расчете;

$a_i$  — коэффициент наличия фактора опасности;

$$a_i = \begin{cases} 0, & \text{фактор отсутствует} \\ 1, & \text{фактор присутствует} \end{cases}. \quad (2.48)$$

Желательно, чтобы функция  $P(\varphi)$  была всегда в диапазоне  $[0; 1]$ . Для этого необходимо при моделировании выбирать начало координат вне кластера на расстоянии, превышающем

$$\max \sum_{i=1}^Z a_i Q_i. \quad (2.49)$$

Выполнение данного условия желательно, чтобы значение функции  $P(\varphi)$  не превышало 1.

Если быть более точным, то параметр  $T$  в каждом из кластеров и на ОЗ должен быть вектором:

$$T_j = \{T_1^j, T_2^j, \dots, T_N^j\}, \quad (2.50)$$

где  $T_j$  — вектор удаленности от точки максимальной опасности в  $j$ -м кластере;

$T_i^j$  — расстояние до точки максимальной опасности  $i$ -го датчика в  $j$ -м кластере;

$N$  — число датчиков в  $j$ -м кластере.

Тогда результатом данного расчета будет матрица, содержащая распределение опасностей по площади поверхности ОЗ и окружающему его объему в границах данного кластера или ОЗ в целом:

$$P(\varphi) = \begin{pmatrix} P(\varphi)_{11}, & \cdots & P(\varphi)_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P(\varphi)_{ZN}, & \cdots & P(\varphi)_{ZM} \end{pmatrix}, \quad (2.51)$$

где  $M$  — количество кластеров;

$Z$  — количество факторов опасности.

Если наложить матрицу (2.51) на части поверхности (кластеры) ОЗ, то получим распределение опасных факторов по поверхности ОЗ на основании данных от первого уровня получения информации в АСУТП. Такую «карту» поверхности ОЗ можно связать с цветовой гаммой и выдавать на пульт оператора АСПВБ (ЛПР) для принятия решений о текущем и динамически изменяющемся состоянии защитных мероприятий на ОЗ. Применяя такую модель, можно динамически изменять фактор опасности, используемый для мониторинга. Кроме того, его можно применять и в качестве варианта автоматической реакции на опасное событие управляющей части как каждого кластера, так и управляющей системы ОЗ в целом. В ней можно использовать результаты оценок, полученные выше для уточнения состояния датчиков и условий их применения. В данной модели также можно использовать и другие условия, применяемые для получения иных аспектов защиты ОЗ.

Так как на НПП или ППСПГ таких ОЗ довольно много, то, масштабируя матрицу (2.51), можно получить распределение опасных факторов по всему объекту ТЭК и по его составным частям. Рассмотренная в подразделе модель может быть масштабирована и в сторону уменьшения «площади» защищаемого ОЗ. Тогда получим распределение вероятностей по датчикам в кластере.

Предложенная модель может быть формализована в виде алгоритма (рисунок 2.13).

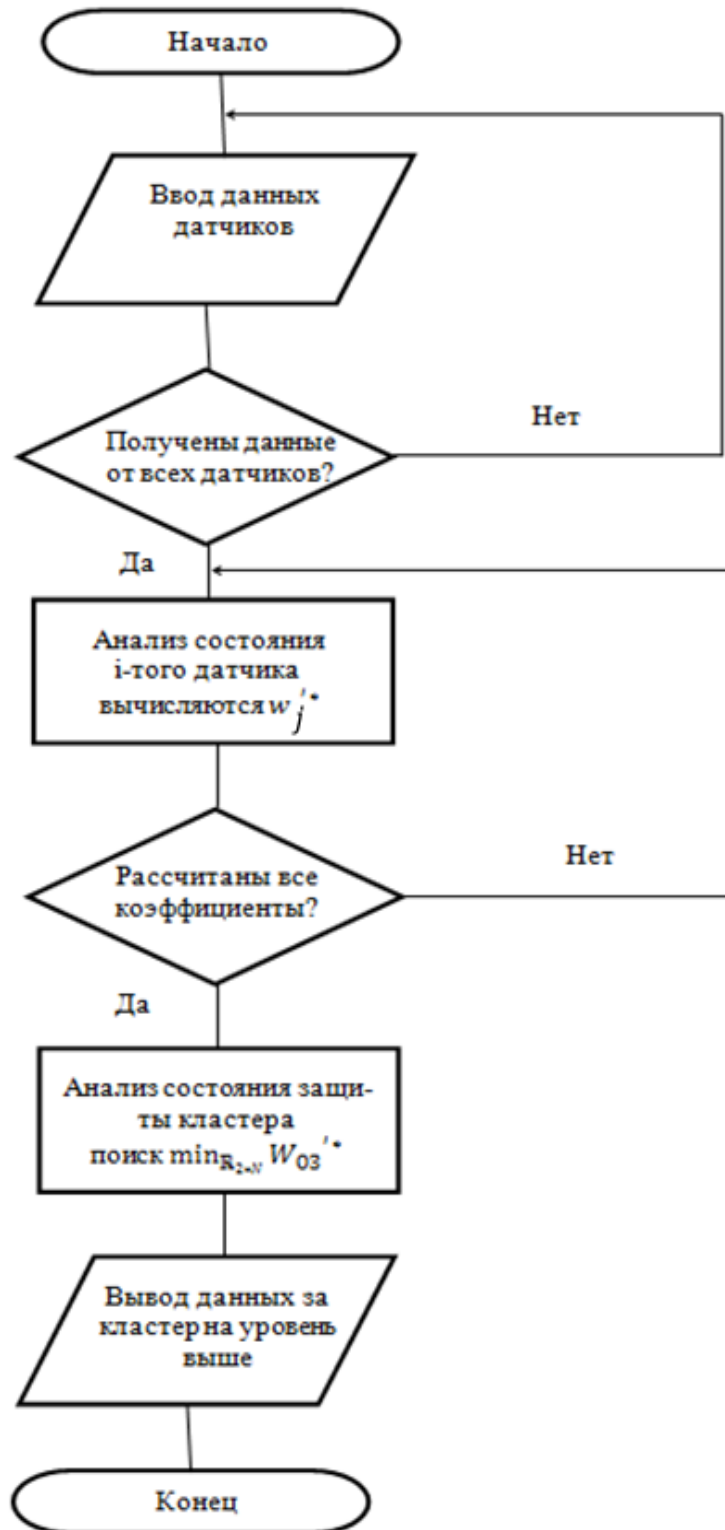


Рисунок 2.13 — Алгоритм оценки работы управляющей системы кластера системы безопасности ОЗ с учетом координат

Этот алгоритм (см. рисунок 2.13) можно записать в такой последовательности шагов.

1. Выбор набора опасных факторов  $\varphi = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_Z\}$ .

2. Первоначальное ранжирование опасных факторов (произвольное).
3. Ранжирование опасных факторов экспертами ( $M$  экспертов). Получение  $M$  вариантов экспертных оценок:  $c_j = \{c_1^j, c_2^j, \dots, c_Z^j\}$  для  $j$ -го эксперта.
4. Оценка, уточнение и исправление значений опасных факторов, полученных в результате проведенного экспертами ранжирования:  $c = \{c_1, c_2, \dots, c_Z\}$ .
5. Нормирование ранга опасных факторов (получение значений коэффициентов меньше 1 по шкале опасностей):  $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_Z\}$ .
6. Расчет коэффициента, учитывающего расстояние до точки максимальной опасности, для каждого из кластеров:  $T_j = \{T_1^j, T_2^j, \dots, T_N^j\}$ .
7. Расчет значения функции распределения для каждого из факторов опасностей  $P(\varphi_j)$  по формуле (2.46).

Для каждого из уровней схемы срабатывания оповещения на рассредоточенном ОЗ (см. рисунок 2.9) будет характерен свой алгоритм работы управляющей системы в автоматическом режиме. При этом (как отмечалось выше) результаты оценки срабатывания датчиков в «слепой зоне» (см. пп. 2.1.1.1 и 2.1.1.2) должны быть либо учтены в мнении экспертов (см. п. 3 алгоритма), либо отработаны отдельно в виде подобной карты распределения опасностей.

Отличия в алгоритмах работы управляющих систем всего ОЗ и его кластера объясняются наличием гипотетической возможности введения порогового значения для управляющей системы ОЗ для оценки срабатывания (см. формулу (2.29)). Алгоритм оценки для всего ОЗ с помощью управляющей системы ОЗ приведен на рисунке 2.14.

Использование цветовой гаммы в данном алгоритме не отражено, но подразумевается, что фактическое состояние ОЗ, рассчитываемое управляющей системой, будет выводиться на экран ЛПР доступными в АСУТП средствами.

Данные экспертиз, данные, рассчитанные по формулам (2.37)–(2.42) и полученные на основании предложенного алгоритма, могут представлять собой ряд взаимоувязанных объектов, которые могут выдаваться в реальном времени на пульт ЛПР системой поддержки принятия решений ПО АСПВБ.

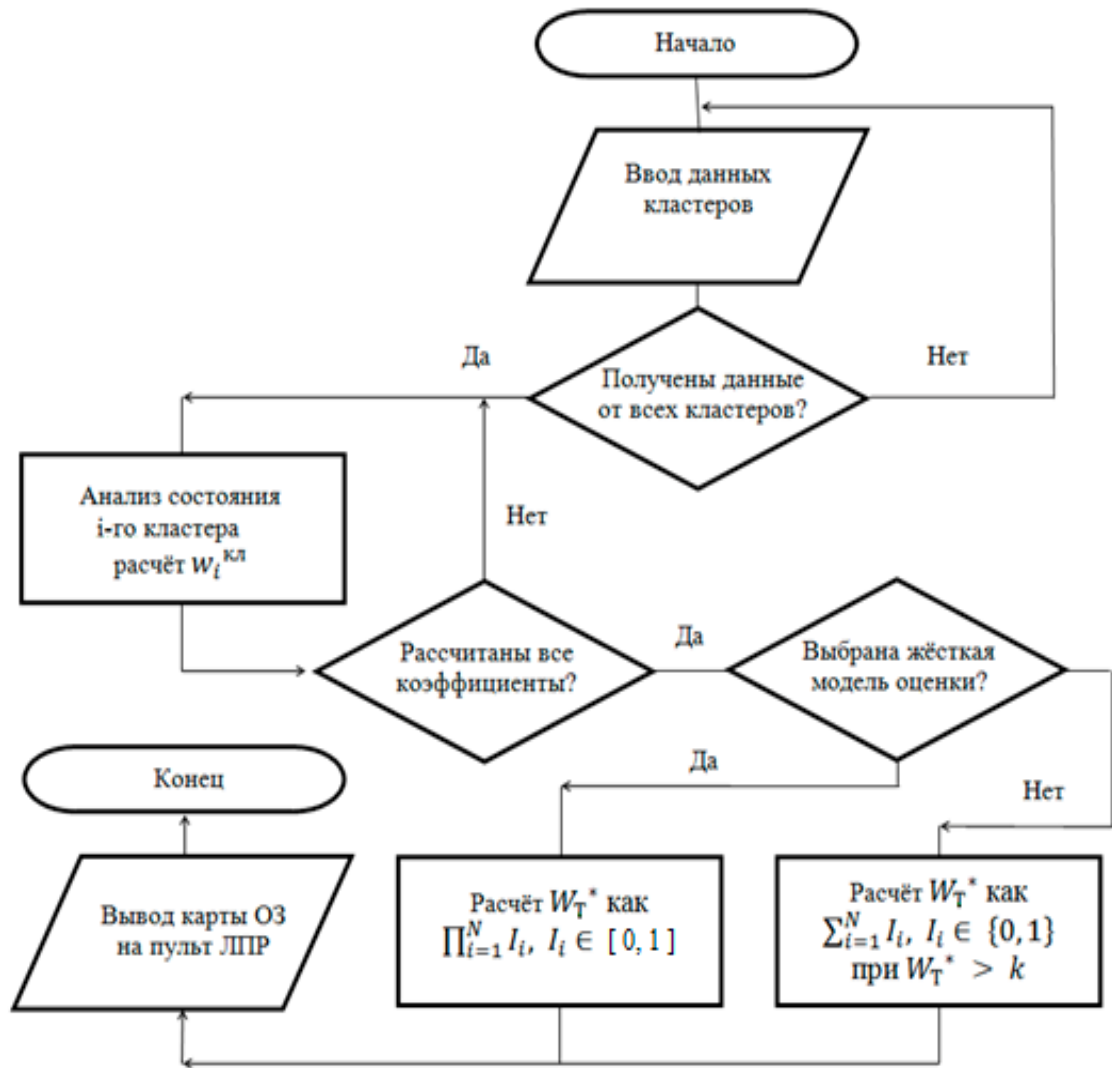


Рисунок 2.14 — Алгоритм оценки работы управляющей системы ОЗ по модели с учетом координат

Интегральный показатель качества может быть рассчитан так же, как было описано в предыдущем разделе, поскольку расположение датчиков на поверхности ОЗ не влияет на количество взрывоопасного газообразного вещества, которое «видит» каждый датчик.

Как уже говорилось выше, предложенная модель может применяться на разных уровнях обеспечения безопасности объектов, поэтому возможен переход с уровня ОЗ (конкретной трубы или колонны) на уровень объекта ТЭК, а также на территориальный уровень в случае расчета влияния опасных факторов объекта ТЭК на окружающую среду.

Применение данного алгоритма возможно и в том случае, если функция извещателя (2.25) не будет булевой.



Таким образом, предложенная в данном подразделе модель оценки комплексной безопасности в случае ее реализации с помощью программных инструментов предоставит ЛПР дополнительную важную информацию и будет способствовать повышению эффективности его действий в экстренных ситуациях и профилактических противопожарных мероприятий на объектах ТЭК [20]. Это повысит эффективность АСПВБ в целом.

#### ***2.1.1.4 Модель оценки комплексной безопасности объектов защиты с учетом сроков работы извещателей и применения к ним стабилизирующих процедур***

До этого момента для упрощения был рассмотрен датчик в качестве функции одного аргумента, но фактически он есть функция от нескольких переменных. Одним из аргументов данной функции являются стабилизирующие процедуры. Под ними здесь и далее будем понимать процессы планового ТО, поверки, ремонта, замены и модернизации датчиков и иных источников информации первого уровня в АСУТП. В обычных условиях они зависят от планирования, финансирования, контроля исполнения, контроля качества. В особых условиях данный вид сервиса будет недоступен.

С учетом меры ответственности, которая лежит на операторах АСПВБ, можно говорить о том, что ЛПР, руководящий комплексной безопасностью каждого ОЗ и всего объекта ТЭК в целом, должен в реальном времени представлять себе, насколько эффективны подобные работы. Для этого ему необходимо опираться, помимо всего прочего, на данные о подобных мероприятиях, которые были проведены до его заступления на очередную смену.

Проведение таких мероприятий на оборудовании АСПВБ напрямую связано с планами ТО, поверки, ремонта, замены и модернизации оборудования, финансированием, закупками, действиями ремонтных бригад, протоколированием их действий и внезапными событиями, которые, не будучи опасными, приводят к выходу из строя частей и единиц оборудования.

Зависимость датчика от времени была уже кратко рассмотрена выше (см. рисунок 2.8 и (2.24)). Помимо этого, на характер его работы может влиять и ряд

других обстоятельств, например погодные условия, условия эксплуатации, периодичность и качество поверочных мероприятий и иных стабилизирующих процедур. Выстраивание общей модели работы датчиков с учетом перечисленных обстоятельств лежит за пределами данного исследования. Тем не менее в модели, учитывающей состояние датчиков, крайне важно учесть планы работы по обследованию, ремонту и замене оборудования АСУТП и в ее составной части АСПВБ.

В этом смысле функцию работы  $i$ -го датчика АСПВБ следует рассматривать уже как следующий кортеж:

$$I_i = \{(x_i, y_i, z_i), f_i(S_i(t)), S_i(t, U_3(P_j))\}, \quad (2.52)$$

где  $(x_i, y_i, z_i)$  — пространственные координаты  $i$ -го датчика на ОЗ;

$f_i(S_i(t))$  — функция оценки  $i$ -м датчиком состояния среды;

$S_i(t, U_3(P_j))$  — «функция состояния реагента»  $i$ -го датчика с учетом проводимых стабилизирующих процедур;

$U_3(P_j)$  — функция управления плановыми работами (по стабилизирующим процедурам) в  $j$ -й период;

$P_j$  — вектор целей управления в  $j$ -й период.

Целями управления в комплексной безопасности объекта ТЭК могут быть:

- предотвращение пожаров и взрывов;
- обеспечение определенного уровня пожаровзрывозащиты;
- обеспечение кадрами необходимой квалификации для данного уровня безопасности;
- обеспечение требуемого уровня информации о состоянии систем;
- гарантированное обеспечение управления в сложных ситуациях и т. п.

В то же время в таком сложном виде зависимость работы датчиков от особых условий (применения санкций и т. п.) рассматривать сложно, поэтому логично рассмотреть сначала более простую зависимость.

Как уже отмечалось выше, основным элементом датчика в принятом в данном исследовании понимании является реагент или его электронный

заменитель. Примерная зависимость его чувствительности от времени (или числа применений) была приведена на рисунке 2.8. И время, и «реагент» являются параметрами, определяющими способность датчика своевременно определять количество взрывоопасного вещества в границах ответственности, и поэтому могут быть учтены в расчетах. Однако в данной постановке ими можно пренебречь. Следовательно, функцию оценки  $i$ -м датчиком состояния среды можно представить следующим образом:

$$f_i(S_i) = S_i(U_3(P_j)). \quad (2.53)$$

Если еще больше упростить модель и исключить из нее само состояние регистрирующей части датчика, то функция его реакции может быть представлена зависимостью от вектора целей управления независимо от периода их проведения. Это вполне обоснованно, так как рассматриваемые ранее «слепые» зоны датчиков возникают и растут при их неправильном обслуживании, ремонте и модернизации. «В этом случае имеет смысл рассматривать функцию оценки отдельным выбранным датчиком состояния среды как зависимость от вектора целей управления:

$$I_i = f_i(P), \quad (2.54)$$

где  $P$  — вектор целей планирования (обеспечения достоверности информации) при управлении пожаровзрывобезопасностью на объекте ТЭК» [19];

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_K\}.$$

Как видно из (2.54), функция работы датчика — многомерная и необязательно булева. Однако сами цели не переводят датчик в исправное состояние, а только регламентируют основные направления. Вслед за направлениями появляются задачи разных уровней и приоритетов, которые переходят в конкретные мероприятия и действия по ТО, замене или ремонту. При этом возникает многоуровневое дерево параметров функции работы датчика, определяющих характер ее срабатывания в сложной ситуации.

Обратная задача может быть связана с оценкой состояния проводимых на объекте ТЭК стабилизирующих мероприятий и их влиянием на характер

зависимостей, определяющих «слепые зоны» датчиков. В каждом конкретном случае проведение стабилизирующего мероприятия должно быть профинансировано, но в силу определенных причин такое финансирование может быть частичным или отсутствовать вовсе. В этом случае мероприятия не будут выполнены.

Воспользуемся методами предыдущего подраздела и проведем анализ эффективности реализации целей управления для стабилизирующих мероприятий. Поместим перечисленные цели управления в таблицу, аналогичную таблице 2.2. Для идентификации их самих и коэффициентов модели, с ними связанных, будем использовать обозначения, аналогичные выбранным в предыдущем подразделе. Вместо шкалы опасностей будем рассматривать шкалу значимости каждой из целей.

Каждая из сформулированных целей в таблице 2.3 не имеет прямого отношения к (2.54), но при этом действия персонала объекта ТЭК для их достижения неизбежно влекут за собой меры стабилизирующего характера.

Таблица 2.3 — Оценка целей управления на объекте ТЭК

Цель	Описание	Значение коэффициента, установленное	
		экспертом	по шкале значимости
$\varphi_1'$	Предотвращение пожаров и взрывов	$\psi_1'$	$\gamma_1'$
$\varphi_2'$	Обеспечение требуемого качества пожаровзрывозащиты	$\psi_1'$	$\gamma_2'$
$\varphi_3'$	Обеспечение требуемого качества информации о состоянии систем	$\psi_3'$	$\gamma_3'$
$\varphi_4'$	Гарантированное обеспечение скорости реагирования в сложных ситуациях	$\psi_4'$	$\gamma_4'$
$\varphi_5'$	Обеспечение кадрами необходимой для данного уровня безопасности квалификации	$\psi_5'$	$\gamma_5'$

В общем случае число этих целей —  $K$ . Фактически управление комплексной безопасностью на объектах ТЭК невозможно без достоверной информации первого уровня АСУТП, которую олицетворяют датчики. При этом очевидно, что при реализации цифровых двойников количество датчиков увеличивается, как минимум, на порядок по сравнению с их текущим количеством. Из последнего обстоятельства следует вывод, что количество работ персонала по приведению в порядок

извещателей растет пропорциональным образом. При таком резком возрастании объемов работ по стабилизирующим мероприятиям снижается согласованность работы отдельных элементов АСУТП в целом, и появляется необходимость их качественного планирования.

Воспользуемся аналогией с расчетами предыдущего подраздела и выполним шаги алгоритма работы мониторинговой подсистемы АСУТП в части модернизации оборудования и проведения на нем стабилизирующих мероприятий. На первом шаге проградуируем перечисленные в таблице 2.3 цели управления по заданной нами шкале значимости, учитывая при этом, что

$$\sum_{i=1}^K \gamma_i = 1, \quad (2.55)$$

где  $\gamma_i$  — вычисленное значение  $i$ -го коэффициента по шкале значимости из  $K$  возможных.

Затем на основании выбора значений оценок коэффициентов экспертами уточним данные о значениях коэффициентов и проградуируем их снова. Интегральный показатель качества в созданной модели будет характеризовать общую эффективность действий персонала на ОЗ (кластере ОЗ) по проведению стабилизирующих мероприятий.

Далее пронормируем значения коэффициентов, установленных экспертами:

$$\sum_{i=1}^K \psi_i = \Psi, \quad (2.56)$$

где  $K$  — число целей по шкале значимости;

$\psi_i$  — предложенное экспертами значение  $i$ -й цели.

Тогда для  $\gamma_i$  можно записать

$$\gamma_i = \psi_i / \Psi. \quad (2.57)$$

Коэффициенты  $\psi_i$ , выбираемые экспертами, обрабатываются уточняющими качество экспертизы методами.

После этого каждой выбранной группе мероприятий присваивается значение функции  $P(\varphi_j')$ , рассчитываемой по формуле

$$P(\varphi_j') = 1 - \sum_{i=1}^K \vartheta_i \cdot \gamma_i, \quad (2.58)$$

где  $K$  — число целей по шкале значимости, участвующих в расчете;

$\vartheta_i$  — коэффициент наличия цели группы мероприятий;

$$\vartheta_i = \begin{cases} 0, & \text{нет цели;} \\ 1, & \text{есть цель;} \end{cases} \quad (2.59)$$

$\gamma_j$  — коэффициент значимости цели, для которой ведется расчет.

Наличие единицы в (2.58) обусловлено равенством (2.55).

Такое распределение позволяет ЛПР установить при эксплуатации функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП их зависимость от планирования и диагностики. «На ее основе можно составить алгоритм работы мониторинговой подсистемы АСУТП с учетом стабилизирующих процедур» (рисунок 2.15) [20].

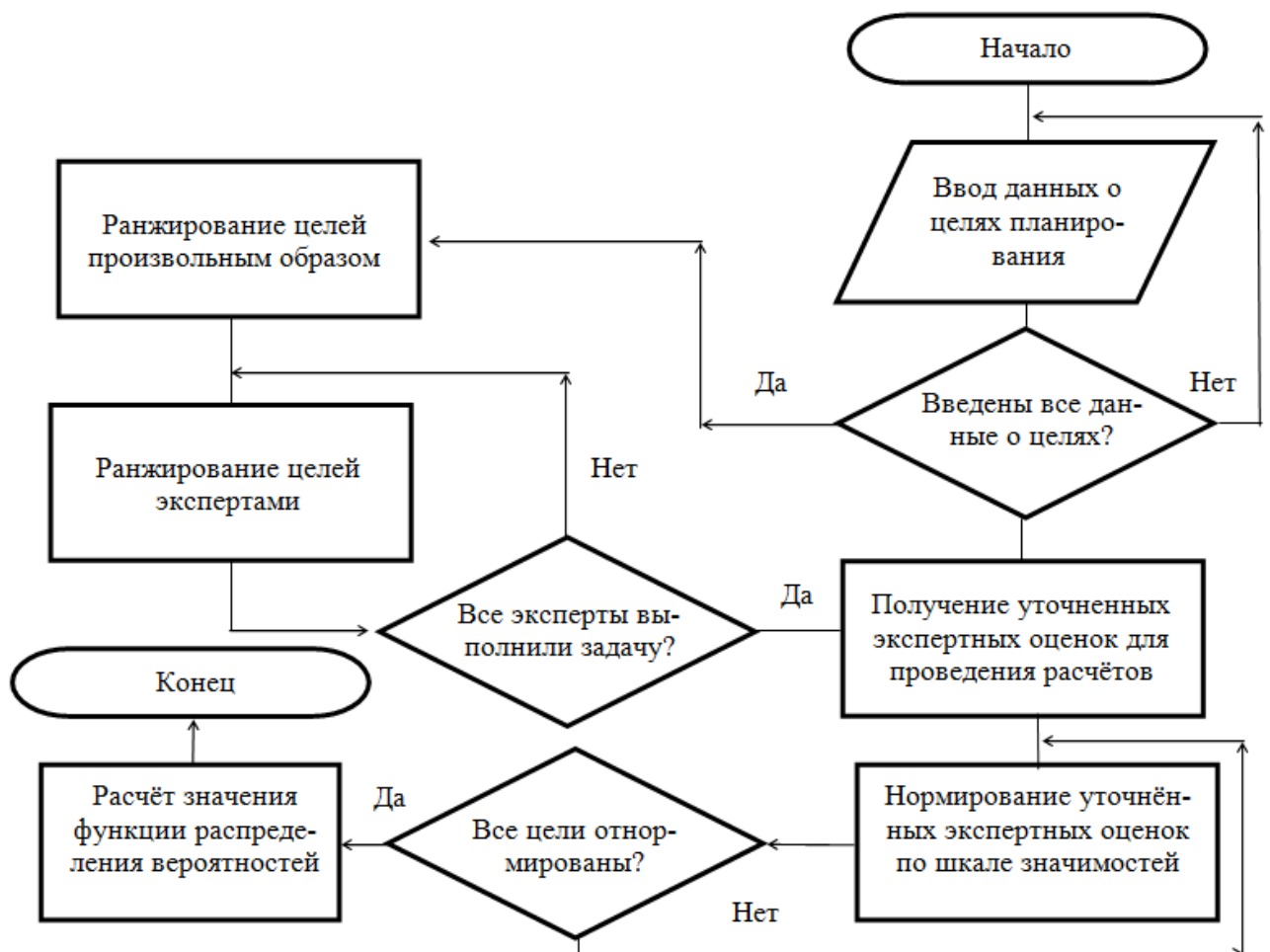


Рисунок 2.15 — Алгоритм работы мониторинговой подсистемы АСУТП с учетом стабилизирующих процедур

«Предложенная модель может быть формализована алгоритмом, который можно записать в виде такой последовательности шагов:

1. Выбор целей планирования (обеспечения достоверности информации) в АСУТП для управления комплексной безопасностью  $\varphi = \{\varphi_1', \varphi_2', \dots, \varphi_K'\}$ .
2. Первоначальное ранжирование целей (произвольное).
3. Ранжирование целей  $X$  экспертами и получение  $K$  вариантов экспертных оценок:  $\psi_j = \{\psi_1^j, \psi_2^j, \dots, \psi_K^j\}$  для  $j$ -го эксперта.
4. Оценка, уточнение и исправление значений целей планирования для обеспечения достоверности информации в АСУТП, полученных в результате проведенного экспертами ранжирования:  $\psi = \{\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_K\}$ .
5. Нормирование ранга целей (получение значений коэффициентов меньше 1 по шкале значимостей):  $\gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_K\}$ .
6. Расчет значения функции распределения для каждого из коэффициентов значимостей целей  $P(\varphi_j')$  по формуле (2.58)» [20].

Вспомним, что согласно определению для ЛПР «стратегическое планирование — это процедура выбора в условиях неопределенности решения о наборе действий (расходовании ресурсов, обеспечении безопасности, проведении мероприятий по оценке), рационального с точки зрения максимального продвижения к основной цели» [177]. Данная цель может определяться функцией или ее фиксированным значением. Таким значением обычно служит некоторое число, определяющее максимальное или минимальное значение целевой функции (интегрального показателя качества (см. рисунок 2.3)), в соответствии с которым ЛПР принимает решение о достоверности информационного обеспечения АСУТП и об эффективности работы АСПВБ в целом.

Вспомним теперь, что на функцию работы датчика влияют «три вида времени (см. п. 2.1.1.2): общее время работы датчика с момента его установки, время его работы с момента последней поверки и время срабатывания при опасном изменении ситуации в среде» [18]. Формула для  $i$ -го датчика будет иметь вид:

$$I_i = f_i(t_i^{(1)}, t_i^{(2)}, t_i^{(3)}). \quad (2.60)$$

Учитывая, что в рассмотрении данной модели обстоятельства срабатывания датчиков, а также общее время их работы зависят от проверок и стабилизирующих процедур, в (2.60) можно оставить в качестве основного параметра только время  $t^{(2)}_i$ , а саму формулу переписать в виде

$$I_i = f_i(P_1(t^{(2)}_i), t^{(2)}_i, P_3(t^{(2)}_i)), \quad (2.61)$$

где  $P_1(t^{(2)}_i)$  — цели планирования стабилизирующих процедур, продлевающих время работы датчиков;

$P_3(t^{(2)}_i)$  — цели планирования стабилизирующих процедур, обеспечивающих их надежное срабатывание.

«Оба направления работ персонала АСУТП подразумевают выполнение мероприятий, входящих в пересекающиеся, но несовпадающие множества, хотя их разумно объединить в едином плановом задании по обеспечению качества информации первого уровня в АСУТП» [19]. Тогда

$$I_i = f_i(P_i(t), t). \quad (2.62)$$

Функция (2.62) необязательно булева. Отклонение в срабатывании датчиков при опасном изменении ситуации в среде (второе состояние ОЗ) следует считать площадью под кривой функции оценки датчиком состояния среды за время  $t$ . Тогда для критерия оценки качества работы оборудования информирования первого уровня АСУТП в  $j$ -м кластере можно записать:

$$w_j^P = \sum_{i=1}^{N_j} \int f_i(P_i(t), t) dt, \quad j \in \{1, 2, \dots, M\}, \quad (2.63)$$

где  $M$  — число рассматриваемых кластеров.

Интегральный показатель эффективности обеспечения ПБ будет задан вектором

$$W_{03}^P = \{w_1^P, w_2^P, \dots, w_M^P\}, \quad (2.64)$$

в котором значения  $w_i^P$  будут рассчитаны по формуле (2.63).

Формула (2.63) дает оценку зависимости критериев оценки качества и достоверности информации, предоставляемых ЛПР в АСУТП, от стабилизирующих



процедур. Чем меньше значение  $w_j^P$  в каждом из  $M$  кластеров ОЗ, тем выше уровень эффективности работы АСУТП и выше достоверность информации о среде, получаемой ЛПР от датчиков.

Сами по себе стабилизирующие процедуры зависят от планов мероприятий нескольких уровней (реализуемых в интересах как всего объекта ТЭК, так и его отдельных составных частей или ОЗ), качества контроля их выполнения, а также своевременности финансирования.

Зависимость качества и достоверности информации, предоставляемой ЛПР в АСУТП, от стабилизирующих процедур отдельных участков ОЗ на объектах ТЭК может быть представлена в виде карты, на которой цветом будут указаны наиболее уязвимые в данный момент места на ОЗ. При наличии ИАССП в составе АСПВБ такая информация может быть рассчитана в автоматическом режиме, и в таком же режиме она может предоставляться ЛПР. Аналогичным образом можно учитывать и непроведенные плановые мероприятия, отсутствие которых сильно влияет на общее состояние защиты. Кроме того, в (2.62) и (2.63) могут быть учтены финансовые и иные аспекты планирования (расчет времени ремонтных бригад и вспомогательных обеспечивающих подразделений и иных предусмотренных ресурсов), влияющие на общий уровень эффективности работы АСУТП.

Таким образом, для повышения эффективности работы АСПВБ и ее составных частей логично использовать методологический аппарат стратегического планирования. Применение для этого ИАССП как составной части АСПВБ улучшит качество управления ЛПР ситуацией на объекте ТЭК, а значит, повысит эффективность работы АСУТП в целом.

### **2.1.2 Модель оценки обеспечения комплексной безопасности объекта топливно-энергетического комплекса с учетом диагностики извещателей в особых условиях**

Теперь рассмотрим влияние особых условий на функционирование объекта ТЭК. Выше уже было сказано об особенностях работы объектов ТЭК при наличии ограничений финансового и иного характера. Для начала уточним характер

противопожарных мероприятий на реальных объектах ТЭК и проводимых там стабилизирующих процедур. Согласно материалам мониторингового опроса руководителей нефте- и газоперерабатывающих производств сотрудниками Российского университета нефти и газа им. Губкина (далее — Материалы опроса) мероприятия по предупреждению пожаров включают в себя следующие профилактические меры [19]:

- «периодические проверки состояния пожарной безопасности НПП в целом и его отдельных участков, а также обеспечение контроля за своевременным выполнением этих мероприятий;
- проведение пожарно-технических обследований НПП представителями Государственного пожарного надзора с вручением предписаний, установление действенного контроля за выполнением выданных предписаний и приказов руководителя НПП, изданных по ним;
- постоянный контроль над проведением пожароопасных работ, выполнением противопожарных требований на НПП;
- проведение инструктажей и специальных занятий с рабочими и служащими НПП по вопросам пожарной безопасности и других мероприятий по противопожарной пропаганде и агитации;
- проверку исправности и правильного содержания стационарных автоматических и первичных средств пожаротушения, противопожарного водоснабжения и систем извещения о пожарах;
- установку в цехах, мастерских, складах и на отдельных агрегатах систем пожарной автоматики.

При этом проверки готовности оборудования к пожарам на НПП должны проводиться не реже 1-го раза в квартал [184]. Планирование ресурсов для таких проверок осуществляется по заявкам от обслуживающего персонала».

В Материалах опроса говорится и о других планируемых на объектах ТЭК мероприятиях по предупреждению пожаров. В частности, о том, что «ежемесячно ответственным персоналом должен проводиться визуальный контроль давления в модуле газоанализатора (датчика) по показаниям манометра модуля.

Наблюдаемая величина давления должна находиться в пределах затемненного поля для заданного значения температуры окружающей среды. Если она лежит ниже этой границы, модули датчика подлежат перезарядке. Результаты проверки фиксируют в специальном журнале» [19]. Этой ситуации как раз и соответствует рисунок 2.8.

Кроме того, один раз в 6 мес. проводят и фиксируют в специальном журнале:

– внешний осмотр и контроль составных частей установок (технологической части — трубопроводов, распылителей, рукавов, баллонов с огнетушащим веществом, манометров и распределительных устройств) на отсутствие механических повреждений, грязи, прочность крепления, наличие пломб;

– контроль рабочего положения основной и резервной запорной арматуры на составных частях установок.

В состав ежегодных контрольных и планируемых мероприятий по предупреждению пожаров входят [19]:

1) «метрологическая поверка манометров. Для этих целей манометры извлекаются из мест установки и отправляются в контрольно-измерительную лабораторию на поверку, после чего их возвращают на место, предварительно проверив прежнее место установки;

2) измерение сопротивления защитного и рабочего заземления на всех ОЗ, входящих в состав объекта ТЭК;

3) измерение сопротивления изоляции электрических цепей на противопожарном оборудовании и датчиках;

4) замена составных частей модулей датчиков, имеющих ограниченные сроки эксплуатации, если установлены факты несоответствия поступающей от них информации реальному состоянию среды».

Стоимость всех перечисленных работ в зависимости от размеров ОЗ и объемов его помещений может меняться.

Теперь разберем подробнее, как ограничения особых условий сказываются на критериях оценки мероприятий по повышению уровня безопасности (в том

числе ПБ) [19]. Согласно [71] «износ изначально поставленного и незамененного технологического оборудования должен составлять не менее 80–100 % на многих НПЗ из-за большого срока эксплуатации. Некоторые узлы, устаревшие и физически, и морально, требуют или замены, или коренной модернизации. В этом смысле цифровые двойники не оставляют выбора руководителям объектов ТЭК. Такие узлы меняют на импортное оборудование: датчики загазованности Drager, отсечные клапаны Emerson, многокомпонентные анализаторы Modcon» [19]. Они, как было показано выше, раз в квартал должны подвергаться осмотру со стороны представителей организации-производителя, что невыполнимо из-за особых условий.

«Кроме указанных импортных узлов, в настоящее время на объектах ТЭК применяются импортные системы контроля, диагностики и обеспечения пожарной безопасности. Во многом это обусловлено применением в качестве АСУТП иностранных программных реализаций для отдельных элементов объектов ТЭК» [19]. Основным недостатком используемых цифровых двойников является то, «что их внедрение делает производственный процесс объекта ТЭК фактически зависимым от иностранных технологий. Следовательно, применение к объекту ТЭК особых условий (см. п. 2.1.1.1)) в случае использования на нем достижений «Индустрии 4.0» приведет к серьезным затруднениям в обеспечении как самого производственного процесса, так и его комплексной безопасности.

Перечисленные выше противопожарные и профилактические мероприятия на реальном объекте ТЭК призваны проиллюстрировать реальные цели плановых мероприятий по повышению эффективности работы АСПВБ в АСУТП» [19]. Формула (2.62) «устанавливает функциональную зависимость работы датчика от целей плановых мероприятий. При этом сама функция целей имеет более сложный характер, чем указано в пояснениях к (2.54).

Рассмотрим следующий способ оценки эффективности работы АСПВБ на условно расчетном предприятии, используя вектор целей планирования:

$$P = \{V, F, R, W\}, \quad (2.65)$$

где  $V$  — общий потребный объем проводимых мероприятий, измеряемый в условных единицах (одно мероприятие — одна единица объема);

$F$  — общее финансирование запланированных целей повышения эффективности АСПВБ;

$R$  — общие запланированные для проведения мероприятий ресурсы, необходимые для гарантированного достижения поставленных целей повышения эффективности АСПВБ;

$W$  — общие затраты трудовых ресурсов в нормо-часах, необходимые для гарантированного достижения запланированных целей повышения эффективности АСПВБ» [19].

Данный кортеж пока мало информативен и требует пошагового уточнения. Однако от целей планирования фактически зависит целевая функция оценки эффективности работы АСУТП (2.63), поэтому последовательно рассмотрим составные части (2.65) по отдельности.

«Поскольку весь комплекс необходимых мероприятий комплексной безопасности объекта ТЭК представляет собой многоуровневое дерево, для того чтобы не загромождать модель оценки на данном этапе, рассмотрим только их простую сумму. Общий потребный объем  $V$  проводимых мероприятий, измеряемый в условных единицах, можно представить в виде

$$V = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{N_j} m_i, \quad (2.66)$$

где  $K$  — число целей планирования (обеспечения достоверности информации) при управлении комплексной безопасностью на объекте ТЭК;

$N_j$  — число мероприятий согласно планам достижения  $j$ -й цели;

$m_i$  — единичное мероприятие согласно планам достижения  $j$ -й цели;

$$m_i = \begin{cases} 0, & \text{не выполнено;} \\ 1, & \text{выполнено.} \end{cases} \quad (2.67)$$

Общее финансирование  $F$  запланированных целей повышения эффективности АСПВБ можно представить в виде

$$F = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{N_j} F_i, \quad (2.68)$$

где  $F_i$  — финансирование единичного мероприятия согласно планам для достижения  $j$ -й цели;

$$F_i = \begin{cases} 0, & \text{отсутствует;} \\ F_i, & \text{запланировано.} \end{cases} \quad (2.69)$$

Общие запланированные для проведения мероприятий ресурсы  $R$ , необходимые для гарантированного достижения поставленных целей повышения эффективности АСПВБ» [19], можно записать как

$$R = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{N_j} R_i, \quad (2.70)$$

где  $R_i$  — «ресурсы, выделенные для обеспечения выполнения единичного мероприятия согласно планам для достижения  $j$ -й цели;

$$R_i = \begin{cases} 0, & \text{отсутствуют;} \\ R_i, & \text{запланированы.} \end{cases} \quad (2.71)$$

Общие затраты трудовых ресурсов  $W''$  в нормо-часах, необходимые для гарантированного достижения запланированных целей повышения эффективности АСПВБ» [19], можно представить в виде

$$W'' = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{N_j} W''_i, \quad (2.72)$$

где  $W''_i$  — затраты трудовых ресурсов, нормо-часы, предусмотренные для выполнения единичного мероприятия согласно планам для достижения  $j$ -й цели;

$$W''_i = \begin{cases} 0, & \text{не предусмотрены;} \\ W''_i, & \text{запланированы.} \end{cases} \quad (2.73)$$

В случае если мероприятия обеспечения заданного уровня эффективности работы АСУТП и проведения анализа эффективности на первом уровне информирования согласно целям планирования «будут выражены в таком виде, то локальные показатели качества можно рассматривать в виде соответствующих сумм» (выражения (2.66), (2.68), (2.70) и (2.72)) [19]. Логично представить «интегральный показатель качества обеспечения эффективности работы и иных задач АСУТП в виде суммы соответствующих локальных показателей. «В этом

безразмерном контейнере данных будут учтены все необходимые для выполнения мероприятий показатели. Однако использовать его в качестве оценки можно только в теоретическом плане, так как финансирование и ресурсы будут формировать львиную долю его значения.

Правильнее было бы рассматривать приведенные локальные показатели отдельно, поэтому для вывода об особых условиях эксплуатации оборудования и систем обеспечения на объекте ТЭК, включаемых в АСУТП, рассмотрим только ресурсный показатель качества.

Предположим, что на условно-расчетном предприятии ТЭК используется 40 % отечественных датчиков и 60 % датчиков иностранного производства» [19]. Предположим также, что в процессе эксплуатации на объекте ТЭК они требуют обслуживания и без соответствующего ТО «начинают работать некачественно (порог среды слишком сильно расходится с порогом срабатывания). При этом импортные датчики обслуживаются только иностранным производителем. В особых условиях, как было сказано выше, мероприятия по финансированию и любым иным действиям прекращаются, а значит, соответствующие  $R_i$  обращаются в 0.

Коэффициент сокращения ресурсов  $r^*$ , доступных ЛПР для обеспечения безопасности в АСПВБ и эффективности в АСУТП, в особых условиях можно представить формулой» [19]:

$$r^* = R_{oc} / R_{об}, \quad (2.74)$$

где  $R_{об}$ ,  $R_{oc}$  — локальный показатель эффективности соответственно для обычных и особых условий.

«Для простоты расчета будем полагать, что в состав используемых ресурсов входят датчики (газоанализаторы), приборы их поверки и комплектующие, используемые в ремонте. Исходя из того что и эти ресурсы имеют иностранное происхождение, будем считать, что все датчики, используемые в цифровых двойниках, импортные.

Тогда в предположении, что запланированные ресурсы  $R_i$  отечественного производства не изменятся при переходе от обычных условий к особым, из (2.74)

можно видеть, что значения в числителе будут по ряду позиций составлять только 40 % от значений в знаменателе. Из этого можно сделать однозначный вывод, что особые условия значительно сокращают (до 60 %) показатели эффективности работы и качества информирования ЛПР в АСУТП на объекте ТЭК. Это сокращение пропорционально количеству применяемых в соответствующих системах единиц оборудования импортного производства.

Отчасти это положение можно преодолеть, запланировав дополнительные финансовые и трудовые ресурсы» [19]. В этом случае возможна компенсация (хотя зачастую и неполноценная) указанного положения дел. «Тогда на дополнительные финансовые ресурсы может быть закуплено (или разработано) соответствующее оборудование, которое может быть установлено исходя из запланированных дополнительных трудовых ресурсов.

Такое положение с учетом общего времени проведения работ можно закрепить путем обоснованного стратегического планирования, агрегатной целью которого будет повышение эффективности работы АСУТП в особых условиях. Следовательно, инструментарий стратегического планирования, включаемый в общий пакет возможностей поддержки управления ЛПР в качестве информационно-аналитической системы, будет способствовать достижению данной цели, а значит, и решению проблемы» [19].

Таким образом, методы ССП, включаемые в подсистемы АСПВБ в качестве алгоритмов поддержки управления, способны повысить эффективность работы АСУТП на объекте ТЭК в особых условиях, а также обеспечить качественный анализ состояния оборудования первого звена информирования ЛПР. «Разработка методов поддержки управления в АСУТП с использованием аппарата стратегического планирования обеспечит необходимое качество информации ЛПР и уровень эффективности работы АСУТП в особых условиях» [19].



## **2.2 Использование стратегического планирования в качестве научно обоснованного варианта решения проблемы повышения эффективности управления пожаровзрывобезопасностью в особых условиях**

«Стратегическое планирование — одна из главных функций управления, которая представляет собой процесс обоснования рациональных путей достижения глобальных и локальных целей в условиях ограничений по располагаемым ресурсам, значительного объема неформализуемой информации и высоких неопределенностей внешней системной среды» [185–190].

«Из этого определения следует, что основные особенности стратегического планирования могут быть обозначены двумя словами — дефицит и рационализация» [185]. Дефицит связан с недостатком ресурсов, информации, «времени для изучения внешней среды, особенностей поведения объекта управления в складывающихся условиях, а также необходимостью соблюдать ограничения, вызванные особыми условиями» [185]. «Рационализация — это адаптационная мера по максимально эффективному использованию ограниченных ресурсов для продвижения в направлении к долгосрочной стратегической цели в очередном плановом периоде» [191, п. 8].

Главным в реализации стратегического планирования является наличие в планах всех уровней основной агрегатной цели, выбор которой определяет характер и значимость реализуемых для ее достижения мероприятий. Именно поэтому среди всех широко обсуждаемых в литературе форм управления [192–211] стратегическое управление является приоритетным для государственных структур, о чем говорят принимаемые их руководителями решения (приказ МЧС России № 50 от 09 февраля 2016 г. «Об организации стратегического планирования, а также мониторинга и контроля реализации документов стратегического планирования в системе МЧС России») [212, 213].

«Применительно к объектам ТЭК в области обеспечения ПБ долгосрочная стратегическая цель может быть сформулирована как получение максимального уровня эффективности работы АСПВБ в пределах горизонта планирования. Очень важно, что именно в пределах всего горизонта планирования. Таким образом, при

проведении стратегического планирования нужно заботиться не только о текущих проблемах, но и о выходе на новые показатели эффективности АСПВБ, повышении отдачи от имеющихся ресурсов» [185].

«Прежде чем говорить об особенностях стратегического планирования для ЛПР в АСПВБ, излагать его теоретические основы и применяемый инструментарий, целесообразно сразу обозначить условия, при которых оно не нужно и нецелесообразно.

Стратегическое планирование *не нужно*, когда располагаемых ресурсов всех видов хватает на реализацию всех предполагаемых мероприятий.

Стратегическое планирование *невозможно*, когда у ЛПР нет возможности распоряжаться ресурсами или влиять на распределение хотя бы их части (рисунок 2.16). В последнем случае реализуются *директивное* планирование и управление, которые для предприятия не являются стратегическими. Фактически это непрерывная адаптация к изменяющимся требованиям вышестоящей организации» [185].

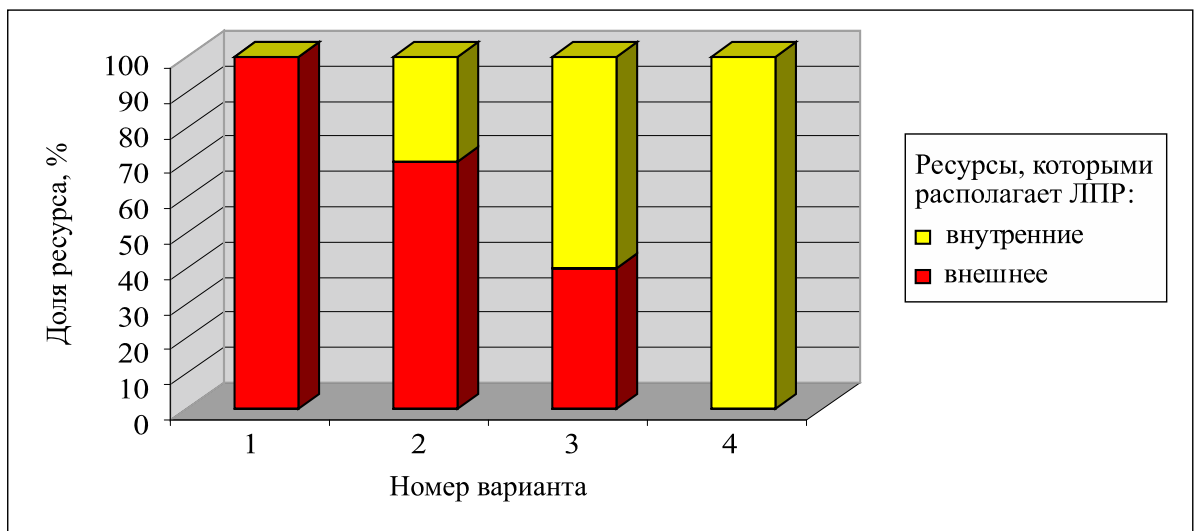


Рисунок 2.16 — Доли ресурса, которыми может распоряжаться ЛПР при планировании своей деятельности (светлый фон)

«Исключая указанные условия, можно прийти к выводу: стратегическое планирование *необходимо и целесообразно*, когда, с одной стороны, ЛПР может влиять на распределение основных ресурсов по направлениям деятельности,

а с другой — общих объемов этих ресурсов не хватает на реализацию всего перечня желаемых мероприятий» [185].

Подобная ситуация, как уже было показано выше, возникает на объектах ТЭК при применении новых технологий (цифровых двойников), когда производительность объектов ТЭК и количество проводимых персоналом АСУТП стабилизирующих мероприятий растут взрывным образом. Особенно заметным этот разрыв становится в особых условиях.

«В этих случаях возникает задача формирования приоритетного набора мероприятий и рациональных уровней их финансирования, которая в частной постановке является проявлением проблемы снижения эффективности АСПВБ в особых условиях. Для ее решения необходимо провести секвестирование первоначального списка предполагаемых мероприятий и (или) уровней их ресурсного обеспечения, включив в план-перечень те из них, которые в рассматриваемом периоде при заданных общих ресурсах обеспечивают максимальное продвижение к стратегической цели.

Следует отметить очень важную особенность стратегического планирования. Оно отличается от обычного планирования тем, что учитывает не только задачи текущего этапа деятельности (в частности, предприятия), но и задачи среднесрочного и долгосрочного развития.

*Стратегическое бюджетное планирование* — частный случай стратегического планирования, когда основным определяющим ресурсом является финансовый ресурс, который может быть сосредоточен не в одном источнике, а распределен (в общем случае неравномерно) по нескольким источникам финансирования. Тогда стратегическое бюджетное планирование нужно проводить с учетом локализации финансового ресурса в различных источниках.

*Динамический режим* планирования применяется в условиях высокой неопределенности в деятельности предприятия. Он предполагает реструктуризацию условий планирования (т. е. учет изменения величин располагаемых ресурсов, изменения перечня предполагаемых мероприятий, системы промежуточных целей) *при неизменном условии* — сохранении ориентации на стратегическую цель.

Динамический режим предполагает замену глобального стратегического плана системой взаимосвязанных между собой среднесрочных планов.

План (программа) — перечень мероприятий, предполагаемых к реализации в течение очередного периода (в пределах горизонта планирования), который сбалансирован с располагаемыми ресурсами и обеспечивает наилучшее (по принятому показателю качества) продвижение к стратегической цели. Иначе говоря, план — *рациональный* перечень мероприятий в пределах общих ограничений по ресурсам.

От обычных перечней мероприятий даже при условии, что эти перечни удовлетворяют всем общим, в том числе ресурсным, ограничениям, план мероприятий отличается требованием *рациональности*. Рациональность относится к установленному перечню работ (приоритетным работам) из их исходного списка, уровням ресурсного обеспечения мероприятий (работ), их привязке к источникам ресурсов» [185].

Рациональность предполагает оптимизацию. Поскольку оптимизировать план приходится по большому количеству переменных (десятки-сотни), то в общем случае необходимо применение численных методов оптимизации и соответствующих вычислительных программ на ЭВМ. Для этого необходимо применение агрегатного показателя эффективности комплекса мероприятий, вошедших в план, который должен соответствовать стратегической цели. Без агрегатного показателя применение численных методов оптимизации *невозможно*: оптимизирующий алгоритм не сможет выбрать оптимальное решение.

«В результате разработки стратегического бюджетного плана определяется рациональный перечень мероприятий, включенных в план из исходного, более широкого, перечня предполагаемых мероприятий, а также уровни и источники их ресурсного обеспечения. Это — оптимизируемые параметры, будущие параметры управления комплексом мероприятий. Другими словами, последующий процесс управления будет заключаться в поддержании управляющих параметров на оптимальном уровне или на уровнях, близких к оптимальным.

Для формирования агрегатного показателя качества всего комплекса мероприятий (работ) необходимо определить *вклады в него различных мероприятий* (работ). При этом допускается произвольность выбора масштаба, в котором определяются эти вклады: при изменении масштаба структура оптимального плана не меняется. Из соображений удобства, упрощения и унификации математических соотношений целесообразно выбрать такой масштаб, при котором сумма вкладов всех первоначально предполагаемых мероприятий была бы равна 1.

Выбор указанного масштаба вполне естествен и не ограничивает общности рассмотрения. Действительно, не вызывает же вопросов, когда финансовые характеристики предприятий определяются в рублях, долларах США, евро или юанях. При текущих валютных курсах особой разницы для объективной характеристики предприятия от выбора базовой валюты нет.

Наиболее методически сложная часть задачи — формирование агрегатного показателя качества, определяющего успешность продвижения к стратегической цели в плановом периоде. Для формирования агрегатного показателя качества необходимо установить вклады всех мероприятий в этот показатель.

Это достигается при помощи сочетания формальных и экспертных методов. Для повышения точности результата применяют три метода:

- 1) для анализа влияния мероприятий на агрегатный показатель — метод иерархии, когда каждый эксперт находится на уровне своей максимальной компетентности;
- 2) на каждом иерархическом уровне — методы парных сравнений относительных значимостей факторов, которые обладают наиболее высокой точностью по сравнению с другими методами;
- 3) для сопряжения результатов экспертиз, проведенных на разных иерархических уровнях, — метод решающих матриц» [185].

Совокупность этих трех методов называется *методом анализа иерархий*.

«Динамический режим планирования предполагает большой объем подготовительных работ по формированию планов, поэтому, как правило, он невозможен

без привлечения квалифицированных экспертов, так как не всегда удастся быстро построить все необходимые математические модели. Иначе говоря, при планировании, наряду с формальными расчетными схемами (математическими моделями), используются экспертные оценки» [185].

Совокупность квалифицированных экспертов, математических моделей поддержки экспертов и программно-инструментального средства, интегрирующего знания отдельных экспертов, называется *информационно-аналитической системой* (ИАС). Программно-инструментальное средство — это программная основа ИАС.

Создание ССП может быть успешным только при неременном условии — *руководство организации заинтересовано в ее создании*. Если оно относится критически к такой системе, то эту работу лучше вообще не начинать. Даже если руководство занимает нейтральную позицию по этому вопросу, то успеха тоже ждать не стоит: всегда найдется заместитель руководителя организации, которому во многих отношениях работается лучше без этой системы. Это — общее правило, не зависящее от вида или типа организации. Для предотвращения недоразумений, которые, к сожалению, встречаются весьма часто и очень устойчивы, заметим следующее: часто планирование путают с прогнозированием, считая, что это примерно одно и то же.

«Прогнозирование — это анализ того, что могло бы быть при некотором комплексе внешних и внутренних условий. Например, если строится дом или дача, то прогнозируют сроки окончания постройки или ожидаемые затраты, исходя из различных вариантов использования имеющихся возможностей, будущих цен на материалы, инструментов и привлекаемой рабочей силы. С точки зрения математики прогнозирование — это задача анализа.

Планирование — это задача синтеза. Важно не просто спрогнозировать ситуацию для различных наборов возможных внешних и внутренних условий, а четко указать цель деятельности, какие параметры или факторы можно изменять, управляя ситуацией (в приведенном примере — управляя постройкой дома или дачи). Например, можно регулировать количество привлекаемых работников,

изменять качество и цену используемых строительных материалов, изменять какие-то параметры первоначального проекта и т. д. Изменяемые по усмотрению ЛПР факторы — это управляющие параметры, параметры управления проектом.

В то же время, изменяя управляющие параметры, нужно учитывать ресурсные ограничения. Обязательно необходимо представлять, какие общие финансовые, материальные, инструментальные ресурсы находятся в распоряжении ЛПР для реализации всего задуманного проекта или его очередного этапа.

И наконец, необходимо сформулировать и решить некоторую оптимизационную задачу по выбору рационального варианта использования имеющихся ресурсов для достижения выбранной цели. Естественно, что при этом потребуются мысленно перебрать множество разных вариантов, в каждом из которых спрогнозировать ожидаемую степень достижения цели. Иначе говоря, при планировании комплекса мероприятий ЛПР будет вынужден многократно прогнозировать ситуацию при разных условиях и различных значениях управляющих параметров. В сложных ситуациях на это у него не будет времени, поэтому ему понадобится средство поддержки управления.

Эти два свойства, а именно: многократное решение задачи прогнозирования и оптимизация по некоторому показателю — общие для всех типов и видов планирования, в том числе стратегического. Любое планирование — это решение некоторой оптимизационной задачи с выбранной ЛПР целевой функцией, при вычислении которой при разных сочетаниях управляющих параметров применяются методы и методики прогнозирования.

Планирование — это оптимизация, синтез наилучшего в некотором смысле решения. Почему «в некотором смысле»? Потому что конкретный смысл устанавливается видом целевой функции: один строит загородный дом для летнего отдыха, а другой — для постоянного проживания. Естественно, что рациональные решения (проект дома, системы отопления, водоснабжения, пристройки, подъездные пути) в этих случаях могут существенно различаться. Основу всех управленческих решений обеспечивает стратегическое планирование. Функции

организации, мотивации и контроля ориентированы на выработку стратегических планов» [185].

«Не используя преимущества ССП, организация (предприятие) и его отдельные сотрудники будут лишены четкого способа оценки цели, важности задач и направлений обеспечения эффективности работы АСУТП и мероприятий противопожарной безопасности.

До последнего времени стратегическое планирование было прерогативой крупных международных концернов и государственных структур. Однако ситуация стала меняться, и сейчас все больше и больше организаций начинают заниматься данными вопросами» [185].

Процесс стратегического планирования в принципе включает несколько основных этапов:

- 1) определение миссии и целей (задач) в планировании;
- 2) анализ системной среды, включающий в себя сбор информации, анализ сильных и слабых сторон необходимой деятельности, а также ее потенциальных возможностей на основании имеющейся внешней и внутренней информации;
- 3) выбор стратегии в направлении деятельности;
- 4) определение системы ограничений (ресурсных, системных);
- 5) реализацию стратегии: формирование плана (программы) деятельности по рациональному использованию располагаемых ресурсов и инструментов для достижения (продвижения к) стратегической цели, определяемой миссией в направлении деятельности;
- 6) стратегический мониторинг ситуации и контроль выполнения плановых (программных) решений.

*Этап 1.* Стратегическое планирование начинается с установления миссии направления деятельности, выражающей философию и смысл ее существования. В нашем случае это эффективность работы АСУТП при обеспечении противопожарных мероприятий и предупреждении пожаров, но методы ССП предполагают гораздо более общий подход.



Миссия — это концептуальное намерение двигаться в определенном направлении. Обычно в ней детализируется статус направления деятельности (или системы), описываются основные принципы работы в нем (в ней), действительные намерения руководства, а также дается определение самых важных параметрических характеристик. Миссия формулируется высшим руководством и выражает некоторую устремленность в будущее, показывает то, на что будут направляться усилия, какие задачи будут самыми важными [214]. В связи с этим миссия должна зависеть не только от текущего состояния и проблем объекта ТЭК.

Прибыль и безопасность — вещи противоположные. Однако цель, без которой бизнес не назывался бы бизнесом, и есть прибыль. Но при этом важно понимать, что прибыль — это только краткосрочный или, в крайнем случае, среднесрочный ориентир. Обеспечение комплексной безопасности и эффективности работы АСПВБ — более долгосрочный фактор, который необходимо учитывать.

Например, во имя будущего уже сейчас надо заботиться о финансовой устойчивости предприятия, о перспективах его развития, об использовании новых разработок и инноваций, о сохранении и воспитании квалифицированных кадров, о новых рынках. С точки зрения текущего момента затраты на инновации и обучение персонала — пустая трата средств и времени, но с позиций более отдаленного будущего они могут дать существенный эффект и по прибыли, и по повышению устойчивости работы предприятия.

В связи с этим, несмотря на то что получение прибыли — важнейший фактор для большинства современных объектов ТЭК, необходимо учитывать также большое количество дополнительных значимых факторов, определяющих прежде всего состояние безопасности. Поэтому часто при формулировке миссии характер и метрики достигаемых целей в явном виде не указываются.

В отличие от стратегической (обобщенной, агрегатной) цели миссия часто не привязывается к каким-то определенным временам реализации, ее формулировка не зависит от временных горизонтов.

*Этап 2* — «стратегический анализ (или как его еще называют «портфельный анализ»), который является важным элементом стратегического планирования. В литературе отмечается, что портфельный анализ выступает в качестве инструмента стратегического планирования, с помощью которого руководство объекта ТЭК выявляет и оценивает свою деятельность с целью не только получить наибольшую прибыль, но и достичь требуемого уровня безопасности, снизив возможный риск до минимума» [214].

«Основным методом портфельного анализа является построение двухмерных матриц. С помощью таких матриц проводится сравнение производств, направлений деятельности, подразделений, процессов, продуктов по соответствующим критериям» [214]. Исходя из того что идеологически подходы к ССП в различных экономических системах идентичны и отличаются только формой (причем несущественно), можно говорить о выработке пакета методов в ССП и об их применении для различных целей. Теоретический анализ вырабатываемых методов говорит о том, что с его помощью можно повысить эффективность работы подсистем АСПВБ.

Анализ системной среды необходим при осуществлении стратегического анализа, так как его результатом является получение информации, на основе которой делаются оценки относительно текущего положения дел в организации и группе сходных организаций (на объектах ТЭК и в отрасли), например в организации работ по предупреждению пожаров.

Анализ системной среды предполагает изучение трех ее составляющих:

- 1) внешней среды;
- 2) непосредственного окружения;
- 3) внутренней среды.

Иногда позиции 1 и 2 совмещают под общим термином «внешняя среда».

Непосредственное окружение анализируется по следующим основным компонентам: источникам поступлений сырья на объектах ТЭК, продуктопроводам, резервуарным паркам, внешним системам электропитания и канализации, очистным сооружениям, примыкающей территории.

«Анализ внутренней среды вскрывает те возможности, на которые руководство объекта ТЭК и ЛПР могут опираться в процессе достижения целей. Внутренняя среда анализируется по следующим направлениям» [214]:

- кадры, их потенциал, квалификация, интересы;
- организация управления, организационная культура;
- производство, включая организационные, операционные и технико-технологические характеристики, научные исследования и разработки;
- финансы и методы их планирования и реализации;
- материально-технические ресурсы и методы их планирования и реализации;
- топологическое расположение объектов;
- организация систем безопасности на ОЗ и применение для этого подсистем АСПВБ.

*Этап 3* — выбор стратегии. Стратегический выбор предполагает формирование альтернативных направлений развития действий, их оценку и выбор лучшей стратегической альтернативы для реализации. При этом используется специальный инструментарий, включающий количественные методы прогнозирования, разработку сценариев будущего развития, портфельный анализ (матрица BCG, Mc Kinsey и др. [188–190]).

«Стратегия — это долгосрочное, качественно определенное направление развития организации или ее действий в определенном направлении, касающееся сферы, средств и формы ее деятельности, системы взаимоотношений внутри системы, а также позиции организации в окружающей среде, приводящие организацию к ее целям» [214]. В некоторых источниках между стратегией и планом ставят знак равенства [167, п. 3.5.12].

Стратегия выбирается с учетом:

- задач организации в данной стратегической зоне деятельности (например, хозяйствования или безопасности);

– перспектив действий по улучшению выбранной стратегической зоны деятельности (повышения эффективности работы АСУТП в условиях, когда количество извещателей первого звена растет на несколько порядков);

– технологии, которой располагает организация (цифровые двойники, «Индустрия 4.0»).

«Оценка выбранной стратегии заключается в ответе на вопрос: приведет ли выбранная стратегия к достижению организацией своих целей? Если стратегия соответствует целям, которые ставит перед собой организация, то дальнейшая ее оценка проводится по следующим направлениям» [214]:

- 1) соответствие выбранной стратегии состоянию и требованиям окружения;
- 2) соответствие выбранной стратегии потенциалу и возможностям организации, в первую очередь располагаемым ресурсам;
- 3) приемлемость риска, заложенного в стратегии.

Промежуточные цели (задачи) — это конкретизация стратегии в форме, доступной для управления процессом их реализации. Основные характеристики промежуточной цели заключаются в следующем:

- четкая ориентация на определенный интервал времени (обычно этот интервал очерчен горизонтом планирования, в течение которого внешние и наиболее важные внутренние факторы можно считать стабильными, квазистабильными или прогнозируемыми);
- конкретность и измеримость (очень важное свойство, которое позволяет четко понять, что конкретно ожидается);
- непротиворечивость и согласованность с другими промежуточными целями;
- адресность и контролируемость (учет и контроль — основные признаки действенной системы планирования и управления).

Исходя из миссии и промежуточных целей определяется общая политика (как набор действий и мероприятий) в нужном направлении.

*Этап 4* — определение системы ограничений. Стратегий, которые не учитывают никаких ограничений, не существует. Ограничения имеют место всегда, и именно они во многом определяют существо стратегий. Внешние

ограничения запрещают некоторые виды или аспекты деятельности организации, внутренние ограничивают ее потенциальные возможности. Основные виды внутренних ограничений — ресурсные и инструментальные. Почти всегда организации для реализации всех своих замыслов не хватает или денег, или квалифицированного персонала, или материальных, инструментальных и энергетических ресурсов. Например, у нее может не быть некоторых типов современных высокопроизводительных систем, управляющих кластерами пожарной автоматики (см. п. 2.1.1.2). Задача руководства организации и системных аналитиков — установить все существенные ограничения, которые могут проявиться в пределах горизонта стратегического планирования и, осознав их, попытаться формализовать, чтобы максимально однозначно учесть в процессе стратегического планирования.

*Этап 5* — «реализация стратегии, которая является критическим процессом, так как именно он в случае успешного осуществления приводит организацию к достижению поставленных целей или продвижению к этим целям, если они принципиально долгосрочные. Реализация стратегии осуществляется через разработку программ обеспечения эффективности работы АСПВБ, бюджетных проектировок и процедур, которые можно рассматривать как среднесрочные и краткосрочные планы реализации стратегии» [215]. Именно на этом этапе плановые решения начинают учитывать возможности возникновения кризисных явлений. Это один из самых ответственных, трудоемких и наукоемких этапов стратегического планирования. Здесь важно не только спроецировать выбранную стратегию на комплекс конкретных мероприятий, провести оценку их реализуемости по комплексу располагаемых в начальный момент основных ресурсов, но и обосновать рациональный перечень мероприятий, совместимый с заданными ресурсными ограничениями. Иначе говоря, требуется решить непростую, а в большинстве случаев — довольно сложную оптимизационную задачу.

В связи с этим заметим, что в прикладной математике применяются два способа получения рационального решения — математическое программирование

и оптимальное управление (вариационное исчисление). Однако на практике очень часто задачи оптимального управления решаются прямыми численными методами, которые трансформируют исходную задачу в задачу математического программирования. Поэтому наиболее общими методами решения оптимизационных задач планирования являются методы математического программирования.

*Этап 6* — «стратегический мониторинг. Результаты реализации стратегии оцениваются в текущем режиме, и с помощью системы обратной связи осуществляется контроль деятельности экономической системы, в ходе которого может происходить корректировка предыдущих этапов» [214]. Применительно к организации мониторингом называют определение статуса или состояния наблюдаемого объекта [167, п. 3.11.3], но по отношению к реализации стратегии, строго говоря, это элемент уже не стратегического планирования, а более общей процедуры — стратегического управления.

Несколько слов насчет того, почему мониторинг назван стратегическим. Принимать решение о деятельности большого предприятия по степени реализации отдельных мероприятий, общее количество которых может достигать сотни или тысячи, нелогично. Некоторые мероприятия могут оказаться неуспешными, некоторые реализовываться в плановом порядке, а некоторые — даже перевыполняться. Важно понять не только проблемы отдельных направлений, но и состояние реализации всего стратегического плана. Это можно сделать только с учетом вклада каждого мероприятия в достижение общей стратегической цели. Исходя из этого мониторинг результативности деятельности экономической системы должен быть стратегическим. По крайней мере, для заключения о степени успешности функционирования организации в некотором периоде руководство будет судить по результатам именно стратегического мониторинга. Изменения, которые проводятся в процессе выполнения стратегий, называются стратегическими изменениями. Реализуется так называемое «кольцо управления».

В то же время иногда возникающие проблемы не могут быть решены в пределах рассматриваемой структуры. Тогда они переносятся на более высокий системный уровень, формируя «спираль управления».

Как уже было сказано выше, «основной задачей стратегического планирования является выбор из большого (на первом этапе избыточного) списка возможных мероприятий приоритетного перечня этих мероприятий, которые обеспечивают максимальное продвижение к стратегической цели в пределах располагаемых ресурсных ограничений и горизонта планирования, а также установление рациональных уровней их ресурсного обеспечения в пределах общих ресурсных ограничений» [216].

«Общей особенностью стратегического и программно-целевого планирования является четкое понимание конечной цели и подчинение ее достижению всех имеющихся в распоряжении ресурсов» [216].

*«Бюджетное стратегическое планирование — один из видов стратегического планирования, направленный на создание целевой программы финансовой деятельности организации. Оно особенно актуально при наличии финансовых проблем перед финансовыми кризисами и в процессе этих кризисов»* [186, 187, 190].

«В общем случае необходимость разработки бюджетного плана или целевой программы деятельности некоторой организационно-технической системы (министерства, ведомства, службы, объекты ТЭК и т. п.) определяется следующими условиями:

1. Система должна решить большое количество задач, причем количественно определить их важность (значимость) только формальными методами ввиду сложности не представляется возможным.

2. На решение задач выделяются ресурсы, общего объема которых недостаточно для полноценного решения всех возможных задач.

3. Для решения частных задач (для достижения промежуточных целей) подключаются составные части системы — исполнители, в повседневную деятельность которых руководство организационно-технической системы (или ЛПР), как правило, не вмешивается (можно разрушить отлаженную технологию обеспечения безопасности). Оно может регулировать результаты деятельности

Исполнителей (глубину и ширину проработки проблемных вопросов) только путем изменения уровней их ресурсного обеспечения основными ресурсами» [216].

«В этих условиях основная проблема руководства организационно-технической системы — рационально распределить общий выделенный ресурс (или ресурсы различных типов или поступающие из различных источников) на проработку частных вопросов в интересах получения максимально положительного эффекта по всему комплексу целевых установок с учетом их значимости» [216]. Наглядно и максимально просто это показано на рисунке 2.17.

Первое, с чего нужно начинать разработку целевых программ и планов, это определиться с принципом их формирования.

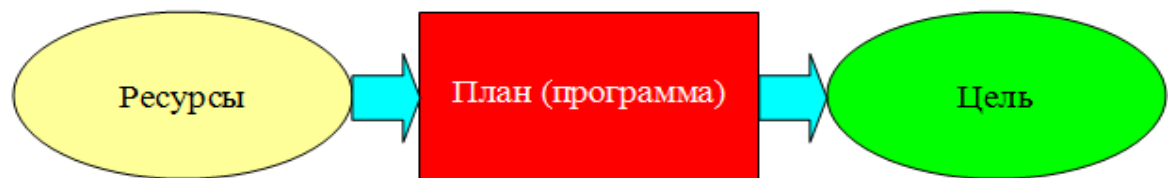


Рисунок 2.17 — Схема целевой программы

Анализ показал, что в настоящее время существует два принципиально различных подхода к формированию стратегических планов [185–190, 216, 217].

В соответствии с первым подходом разрабатываются долгосрочные планы и программы. Для этого необходимо выполнение следующих условий [216, 217]:

- «прогнозирование общих объемов ресурсов, выделяемых на реализацию предусматриваемых целевой программой мероприятий, на длительный срок (обычно не менее 5–10 лет);
- прогнозирование на этот же временной интервал потребностей в различных результатах деятельности организации (например, при разработке комплекса мероприятий по заданному направлению деятельности прогнозирование динамики структуры заказов на длительную перспективу);
- формирование *интегрального по времени* агрегатного показателя качества системы, для развития которой разрабатывается целевая программа (поскольку в одном показателе должны быть учтены особенности



функционирования системы в каждый момент времени в пределах горизонта планирования);

- применение для оптимизации плана (программы) наиболее сложных численных методов оптимизации многопараметрических функций, определяющих зависимость величины агрегатного показателя качества от управляющих параметров».

«Альтернативный подход к стратегическому планированию предполагает формирование совокупности среднесрочных и краткосрочных планов и целевых программ, общая продолжительность действия которых соответствует заданному горизонту планирования. В этом случае отпадает необходимость длительного прогнозирования ресурсного обеспечения и динамики целевых установок, неактуальной становится и проблема формирования *интегрального по времени* показателя качества развития организации.

Процесс планирования приобретает динамический характер: происходят периодические (в идеале непрерывные) корректировки промежуточных целевых установок и объемов общих располагаемых ресурсов. Поэтому данный подход наиболее приспособлен для планирования в тех случаях, когда внешняя системная среда имеет высокую динамику или неопределенность (хаотичность, стохастичность).

При формировании среднесрочных и краткосрочных планов и целевых программ необходимо учитывать следующие условия:

- исполнители работают практически независимо друг от друга; результаты их деятельности реализуются ЛПР на следующем этапе деятельности;
- по истечении характерного промежутка времени — срока действия краткосрочной целевой программы или плана (это может быть, например, интервал между поступлением очередных порций общего финансового ресурса, т. е. примерно год) производится переоценка важности целей и формируется новая целевая программа деятельности в интересах обеспечения безопасности и соответствующий план;

- необходимо формирование локального по времени агрегатного показателя качества системы, для развития которой разрабатывается целевая программа;
- формирование среднесрочного (краткосрочного) плана значительно облегчается тем обстоятельством, что оптимизируемая целевая функция, определяющая значения агрегатного показателя качества, как правило, является выпуклой и сепарабельной.

Основной недостаток данного подхода заключается в невозможности одновременно планировать весь объем работ. «Движение» к стратегической цели осуществляется не по глобально рациональному пути, а по его локально рациональным отрезкам. Поэтому данный подход связан, вообще говоря, с бóльшим общим расходом ресурсов на достижение конечной цели, чем первый.

Вместе с тем при высокой динамике и степени хаотичности внешней системной среды принцип краткосрочного динамического планирования остается практически единственным реализуемым принципом формирования планов и целевых программ.

Следует специально отметить, что схема динамического планирования оказывается наиболее пригодной в условиях финансовых и экономических кризисов, когда сложно прогнозировать изменения значимостей промежуточных целей и объемов ресурсов, выделяемых на реализацию всей программы. И в этом случае система краткосрочных целевых программ и планов развития остается практически единственным способом организации антикризисной деятельности руководства экономической системы.

На всякий случай целесообразно еще раз повторить: *принципиальным отличием* среднесрочных и краткосрочных целевых программ и плана от обычного перечня работ (даже если в этом перечне соблюдено требование соответствия всех ресурсов их заданным общим величинам) является условие *рациональности* распределения ресурсов в интересах *максимального* соответствия предполагаемого результата поставленной агрегатной цели.

С динамическим планированием связано такое понятие, как «ре-структуризация целевых установок». Существо его заключается в том, что

на втором, третьем и последующих этапах могут измениться относительные значимости проводимых мероприятий.

Это может произойти, например, из-за того, что часть из них уже выполнена, или внешняя среда изменилась таким образом, что некоторые мероприятия вообще потеряли актуальность, но появились новые, ранее не предлагаемые, или резко возросла актуальность некоторых ранее проводимых мероприятий (например, перед кризисами нужно повысить финансовую устойчивость экономической системы).

В этом случае необходимо скорректировать перечень мероприятий, провести переоценку их влияния на достижение стратегической цели и в итоге фактически заново перепланировать очередной этап деятельности экономической системы, адаптируя его к изменившейся ситуации. Однако при этом важно выдержать генеральное направление на достижение и продвижение к стратегической цели» [216] (повышения эффективности работы АСПВБ объекта ТЭК в особых условиях).

Особенности динамического планирования можно проиллюстрировать следующим образом. Предположим, Вы находитесь у подножия горы или большого холма и Вам нужно взойти на его вершину. Все бы ничего, только вокруг туман, и в двух шагах уже ничего не видно (туман — аналог хаотичной, сложно прогнозируемой системной среды). Как Вы поступите? Наверное, будет логичным, что первый шаг Вы сделаете по направлению скорейшего подъема, т. е. в направлении градиента высоты. После этого осмóтритесь, внесете коррективу на направление градиента в новой точке и сделаете второй шаг. Аналогично: 3-й, 4-й, 5-й и последующие шаги, т. е. Вы, будете *динамически* планировать Ваши последующие шаги. Если поверхность холма достаточно гладкая (точнее выпуклая), то таким образом через некоторое конечное количество шагов Вы доберетесь до вершины холма. Правда, не исключено, что придется пройти не по линии наискорейшего подъема, а по некоторой близкой к ней линии. Проще говоря, затраты времени и энергии на подъем будут больше, чем в идеальном случае, когда, стоя внизу холма, Вы хорошо видите его вершину. Но если на поверхности холма

расположены ямы и овраги, то есть шанс попасть в один или в несколько таких оврагов и поплутать там некоторое время.

Перечисленные выше особенности разных принципов планирования наглядно представлены в таблице 2.4 [216, 217].

Таблица 2.4 — Особенности разных принципов планирования

1. Организационно-техническая система должна решить большое количество задач, причем количественно определить их важность (значимость) только формальными методами ввиду их сложности не представляется возможным	
2. На решение задач выделяются ресурсы, общего количества которых недостаточно для полноценного решения всех возможных задач	
3. Для решения частных задач (для достижения промежуточных целей) подключаются Исполнители, в повседневную деятельность которых руководство организации, как правило, не вмешивается (можно разрушить налаженную технологию производства). Оно может регулировать результаты деятельности Исполнителей (глубину и ширину проработки проблемных вопросов) только путем изменения уровней их ресурсного обеспечения	
<b>Долгосрочное планирование</b>	<b>Среднесрочное и краткосрочное планирование (динамический режим)</b>
4а. Прогнозирование общих объемов ресурсов, выделяемых на реализацию предусматриваемых целевой программой мероприятий, на длительный срок (обычно не менее 5–10 лет)	4б. Исполнители работают практически независимо друг от друга. Результаты их деятельности реализуются руководством экономической системы на следующем этапе деятельности
5а. Прогнозирование на этот же временной интервал потребностей в различных результатах деятельности организационно-технической системы (например, при разработке комплекса мероприятий деятельности прогнозирование динамики структуры заказов на импортное оборудование для АСУТП на длительную перспективу)	5б. По истечении характерного промежутка времени — срока действия краткосрочной целевой программы или плана (обычно это промежуток времени между поступлением очередных порций общего финансового ресурса, т. е. примерно год) проводится переоценка важности целей и формируется новая целевая программа деятельности организационно-технической системы и соответствующий план
6а. Формирование <i>интегрального по времени</i> агрегатного показателя качества системы, для развития которой разрабатывается целевая программа (поскольку в одном показателе должны быть учтены особенности функционирования организационно-технической системы в каждый момент времени в пределах горизонта планирования)	6б. Необходимо формирование локального по времени агрегатного показателя качества организационно-технической системы, для развития которой разрабатывается целевая программа
7а. Формирование долгосрочного плана деятельности организационно-технической системы производится в результате решения численными методами оптимизационной задачи высокой размерности, сформулированной в общей, наиболее сложной постановке	7б. Формирование среднесрочного (краткосрочного) плана деятельности организации производится в результате решения численными методами оптимизационной задачи выпуклого программирования с сепарабельной целевой функцией

Таким образом, применение методов стратегического планирования к вопросам обеспечения эффективности работы АСПВБ в особых условиях позволяет достичь необходимого уровня эффективности ее работы.

Рассмотрим теперь способы математической реализации достижения организационно-технической системой (АСПВБ) долгосрочных целей повышения эффективности работы АСПВБ объекта ТЭК в особых условиях.

### **2.3. Решение задач динамического стратегического планирования для повышения эффективности работы подсистем автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности в особых условиях с использованием математического программирования**

Перейдем к научно обоснованному варианту решения проблемы повышения эффективности работы АСПВБ путем формализации задач динамического стратегического планирования мероприятий в особых условиях. Следует отметить, что для развития существующих подходов к организационному «управлению пожаровзрывобезопасностью можно использовать различные формы построения математических моделей [218–223]. В данном исследовании используем для этого принятые подходы к исследованию вообще [224, 225] и аппарат математического программирования, отчасти рассматриваемый в [226]».

Динамический характер стратегического планирования предполагает разработку не одного глобального стратегического плана или программы действий, а последовательности среднесрочных (краткосрочных) планов, адаптированных к изменяющимся внешним и внутренним условиям, но при этом постоянно ориентированных на движение в направлении к неизменной стратегической цели. Особые условия усиливают динамику изменений.

«Для разработки среднесрочного плана, ориентированного на неизменную долгосрочную цель, необходимо установить целевую функцию комплекса мероприятий [227]. Иначе говоря, агрегатный показатель качества очередного этапа деятельности предприятия или фирмы, определяющий интегральную

эффективность всего комплекса мероприятий (работ) в зависимости от результатов выполнения отдельных работ.

Введем в рассмотрение величину  $\mathfrak{Z}$ , которую назовем «потенциалом». Это совокупность возможностей объекта ТЭК по обеспечению ПБ, а также по выпуску продукции, оказанию услуг и т. п.

Для различных видов организаций величина  $\mathfrak{Z}$  может быть специфичной [226, 228–230], но очень важно, что этот показатель понимается не в краткосрочной, а в долгосрочной перспективе с учетом необходимости развития и модернизации данной части АСПВБ и получаемых от этого дополнительных преимуществ.

В результате проведения ряда мероприятий возможности предприятия по поддержанию своей безопасности изменяются. Для количественного определения этого изменения вводится в рассмотрение величина проработанности мероприятий в плане:

$$\eta = \{\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n\}, \quad (2.75)$$

где  $\eta_i$  — степень проработанности проблемных вопросов в  $i$ -м мероприятии;  
 $n$  — количество предполагаемых для реализации мероприятий.

Для обоснования теоретических положений методов ССП рассмотрим в качестве примера стратегическое бюджетное планирование. Будем считать, что успешность выполнения мероприятий по повышению эффективности работы АСПВБ в обычных и особых условиях обусловлена только располагаемыми финансовыми затратами, а со всеми остальными видами ресурсов (кадровым, инструментальным, материальным, энергетическим) на предприятии полный порядок.

При этом величина  $\eta_i$  зависит от полноценного ( $S_i$ ) и реального ( $s_i$ ) уровней финансирования работ:  $\eta_i = 1$ , если  $s_i = S_i$ .

Приращение потенциала  $\Delta\mathfrak{Z} = W$  по завершении всего комплекса работ, которое можно рассматривать как эффективность комплекса мероприятий, составит:

$$W = \mathfrak{I}(\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n) - \mathfrak{I}(0, 0, 0, \dots, 0), \quad (2.76)$$

где  $\mathfrak{I}(\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n)$  — величина потенциала при условии частичной или полной реализации всех или части запланированных мероприятий (работ);  
 $\mathfrak{I}(0, 0, 0, \dots, 0)$  — величина потенциала при условии, что ни одно из мероприятий в плановом периоде не реализуется.

Величину  $W$  можно рассматривать как обобщенный показатель качества бюджетного плана в очередном плановом периоде. Учитывая, что бюджетный план является среднесрочным (краткосрочным), изменение возможностей предприятия в течение планового периода должно быть относительно невелико (т. е.  $W$  — величина относительно малая).

В связи с этим для определения в явном виде динамики возможностей экономической системы можно разложить  $W$  вблизи начальной точки — момента начала реализации всех предполагаемых мероприятий — в ряд Тейлора и ограничиться рассмотрением только членов первого порядка» [227]:

$$W = \Delta \mathfrak{I} = \alpha_1 \eta_1 + \alpha_2 \eta_2 + \alpha_3 \eta_3 + \dots + \alpha_n \eta_n, \quad (2.77)$$

где  $\alpha_i$  — величина, определяющая важность проводимых мероприятий и зависящая от задач (целевых установок) в текущем периоде;  $\alpha_i = \{\partial \mathfrak{I} / \partial \eta_i\}$ .

К этому же выражению для  $W$  можно прийти, рассматривая

$$W^* = \mathfrak{I}(\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n) - \mathfrak{I}(\eta^*_1, \eta^*_2, \eta^*_3, \dots, \eta^*_n), \quad (2.78)$$

где  $W^*$  — эффективность комплекса мероприятий для плана, сформированного традиционным способом;  
 $\eta^*_1, \eta^*_2, \eta^*_3, \dots, \eta^*_n$  — степень проработанности проблемных вопросов в различных мероприятиях в соответствии с планом, сформированным традиционным способом.

Показатель  $W^*$  характеризует степень совершенства предлагаемой новой системы планирования по сравнению с традиционным подходом к разработке планов и программ.

Раскладывая последнее выражение в ряд Тейлора, можно получить:

$$\begin{aligned}
 W^* &= \Delta \mathfrak{S}^* = \alpha_1(\eta_1 - \eta^*_1) + \alpha_2(\eta_2 - \eta^*_2) + \dots + \alpha_n(\eta_n - \eta^*_n) = \\
 &= \alpha_1\eta_1 + \alpha_2\eta_2 + \alpha_3\eta_3 + \dots + \alpha_n\eta_n - \text{const} = W - \text{const}.
 \end{aligned}
 \tag{2.79}$$

Учитывая, что целевые функции оптимизационных задач определяются с точностью до положительного монотонного преобразования, указанные подходы можно считать математически эквивалентными, поэтому в дальнейшем будем применять показатель  $W$ .

«Аддитивность показателя  $W$  обусловлена малой величиной изменения потенциала предприятия в краткосрочном плановом периоде. В терминологии теории полезности это означает, что результаты отдельных реализованных мероприятий в краткосрочной перспективе взаимно независимы по полезности» [226, 231, 232].

«В дальнейшем величину  $W$  предполагается использовать в качестве целевой функции в задаче бюджетного планирования — распределения общего финансового ресурса по различным мероприятиям.

Из математического программирования известно, что целевая функция может быть определена с точностью до положительного монотонного преобразования. При такой трансформации целевой функции компоненты оптимального вектора (в нашем случае это  $s_i$ ) не изменятся. Следовательно, если положить

$$\begin{aligned}
 kW &= W^* = k(\alpha_1\eta_1 + \alpha_2\eta_2 + \alpha_3\eta_3 + \dots + \alpha_n\eta_n) = \\
 &= \beta_1\eta_1 + \beta_2\eta_2 + \beta_3\eta_3 + \dots + \beta_n\eta_n,
 \end{aligned}
 \tag{2.80}$$

где

$$k = 1 / \sum_{i=1}^n \alpha_i, \tag{2.81}$$

то величину  $W^*$  также можно использовать в качестве целевой функции в оптимизационной задаче распределения финансовых ресурсов.

Фактически указанная трансформация целевой функции  $W^*$  эквивалентна изменению масштаба измерения величины  $W$ .

При этом очевидно, что

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 1. \tag{2.82}$$



Из рассмотрения соотношения для  $W^*$  следует, что параметр  $\beta_i$  определяет относительный вклад (важность) соответствующего мероприятия в достижение агрегатной цели планового периода, соответствующей стратегической цели предприятия.

На основе анализа относительной трудоемкости этапов мероприятий можно определить функциональные зависимости «проработанности проблемных вопросов в  $i$ -м мероприятии  $\eta(s_i)_i$  от финансирования при условии  $s_i \leq S_{0i}$  (где  $S_{0i}$  — изначально запланированное полноценное финансирование)» [163].

Здесь возможны два подхода. Первый из них наиболее прост, но при этом не менее актуален и жизнеспособен, чем второй. Его основная идея заключается в том, что если какое-то мероприятие включено в план деятельности предприятия, то оно обязательно должно быть выполнено в плановом периоде, и не частично, а в полном объеме. Такой подход имеет существенную положительную особенность: на следующих этапах реализации плана развития предприятия (в следующие периоды) не надо будет доделывать уже начатые работы.

В этом случае

$$\eta_i(s_i) = \begin{cases} 0, & s_i < S_i; \\ 1, & s_i = S_i. \end{cases} \quad (2.83)$$

Если мероприятия (работы) имеют комплексный характер, состоят из различных этапов, то зависимости  $\eta_i(s_i)$  представляются нелинейными вогнутыми (точнее не выпуклыми) функциями, которые по аналогии с экономикой могут быть названы «производственными функциями» (рисунок 2.18). Их примером служит, например, комплексное мероприятие, которое предполагает создание не одного, а серии технических средств. При этом каждое из средств серии при поставке после их производства предприятием на различные объекты имеет для предприятия с точки зрения приращения потенциала различную значимость» [227].

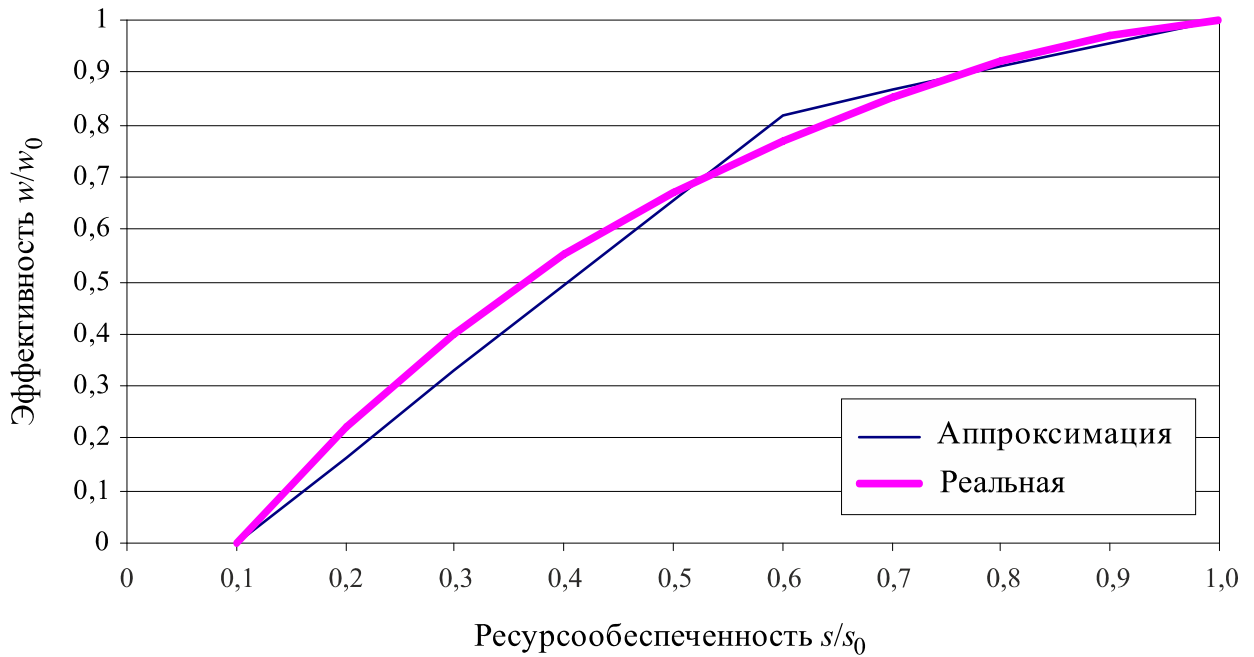


Рисунок 2.18 — Производственная функция мероприятия

«Для упрощения процедуры решения оптимизационных задач нелинейные производственные функции целесообразно аппроксимировать универсальными кусочно-линейными функциональными зависимостями. Тогда скорость численного решения оптимизационной задачи на ПЭВМ повышается» [227].

Схему указанной аппроксимации можно представить следующим образом: все этапы некоторого мероприятия условно делятся на основные, дополнительные и вспомогательные (таблица 2.5).

Таблица 2.5 — Свойства и параметры производственной функции

Этап проводимых мероприятий (работ)	Свойство	Параметр производственной функции в завершении этапа	
		относительные затраты	относительная эффективность
Подготовительный	Определяет наибольший вклад в эффективность мероприятия (работы) в целом; без него проведение работы невозможно	$S_{\min}$	0
Основной	Определяет наибольший вклад в эффективность мероприятия (работы) в целом; без него проведение работы невозможно	$S_1$	$W_1$
Дополнительный	Проводится для существенного повышения эффективности основного этапа	$S_2$	$W_2$
Вспомогательный	Проводится для достижения максимально возможной эффективности	1	1

«Главный вклад в реализацию мероприятия вносит основной этап, менее значительный — дополнительный этап, еще более меньший — вспомогательный, поэтому производная производственной функции по затратам постепенно уменьшается, как это видно на рисунке 2.18.

Кусочно-линейная производственная функция описывается четырьмя параметрами (см. таблицу 2.5). Их конкретные значения могут быть установлены при детальном анализе предполагаемых мероприятий по заданному направлению.

Если располагаемых ресурсов мало, то должны выполняться самые важные этапы мероприятий. Например, при расширении предприятия на работу могут приниматься не все требуемые ему специалисты, а только те, которые принесут наибольший положительный эффект. Затем, по мере увеличения располагаемых ресурсов, проводятся следующие по важности этапы. Наконец, на завершающем этапе, когда финансовых средств достаточно для реализации всего комплексного мероприятия, — все оставшиеся этапы. Такая тактика использования ресурсов обуславливает вогнутый характер производственной функции.

Таким образом, устанавливается обобщенная функциональная зависимость изменения возможностей  $W^*$  объекта ТЭК по обеспечению требуемого уровня эффективности АСПВБ в течение очередного планового периода от уровней реального финансирования  $s_i$  предполагаемых к проведению мероприятий:

$$W^*(s_1, s_2, \dots, s_n) = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot \eta_i(s_i) = \sum_{i=1}^n R_i(s_i), \quad (2.84)$$

где  $\beta_i$  — результат (вклад) от реализации различных мероприятий в изменение возможностей предприятия по повышению эффективности АСПВБ при их полноценном финансировании;

$R_i(s_i)$  — результат (вклад) от реализации различных мероприятий в изменение возможностей объекта ТЭК по повышению эффективности АСПВБ в зависимости от уровня их реального финансирования  $s_i$ .

Если все финансовые ресурсы сосредоточены только в одном источнике, то задачу формирования среднесрочного бюджетного плана можно сформулировать как задачу математического программирования (оптимизационную задачу) с одним бюджетным ограничением [187–190, 229]:

$$W_0^* = \max[W^*(s_1, s_2, \dots, s_n)] = \max[\sum_{i=1}^n R_i(s_i)] \quad (2.85)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n s_i \leq S_{\Sigma}, \quad (2.86)$$

где  $S_{\Sigma}$  — суммарное финансирование мероприятий по обеспечению ПБ.

Решение такой оптимизационной задачи наиболее просто. Оно может получено методом последовательных приращений аналитически в общем виде. При этом используется понятие об удельной эффективности  $\omega_i$  различных мероприятий:

$$\omega_i = \beta_i / S_i. \quad (2.87)$$

Схема алгоритма решения для случая, когда все включенные в план мероприятия будут выполняться в полном объеме, представлена на рисунке 2.19, где  $\text{Ind}[i]$  — индексы мероприятий:  $\text{Ind}[i] = 1$  для мероприятий, которые при наличии соответствующих ресурсов должны быть обязательно выполнены [232].

Верхняя часть схемы отражает возможность финансирования некоторых мероприятий (работ) в полном объеме. Эта особенность не учитывается формулировкой оптимизационной задачи (2.85)–(2.86). Она связана с выполнением требований вышестоящих организаций и специальных указаний руководства. Обычно такие мероприятия жестко привязаны к определенным источникам финансирования» [227].

Далее проводится решение сформулированной выше оптимизационной задачи для уровней финансирования из разных источников, которые остались после расходования части ресурсов на выполнение особо важных мероприятий.

«Необходимо отметить следующее обстоятельство: требование по полноценности финансирования включаемых в план мероприятий искажает расчетную схему метода последовательных приращений. В результате решение оптимизационной задачи будет не точным, а приближенным. Но при большом количестве предполагаемых мероприятий относительное рассогласование  $\Theta$  приближенного и точного решений, как правило, мало. Можно привести верхнюю оценку величины рассогласования [188–190]:

$$\Theta = \max \{ \omega_f \} \cdot \Delta S / W_0^*, \quad (2.88)$$

где  $\omega_f$  — удельные значимости тех предполагаемых мероприятий (работ), которые не вошли в план;

$\Delta S$  — оставшаяся (неиспользованная) часть располагаемого финансового ресурса.

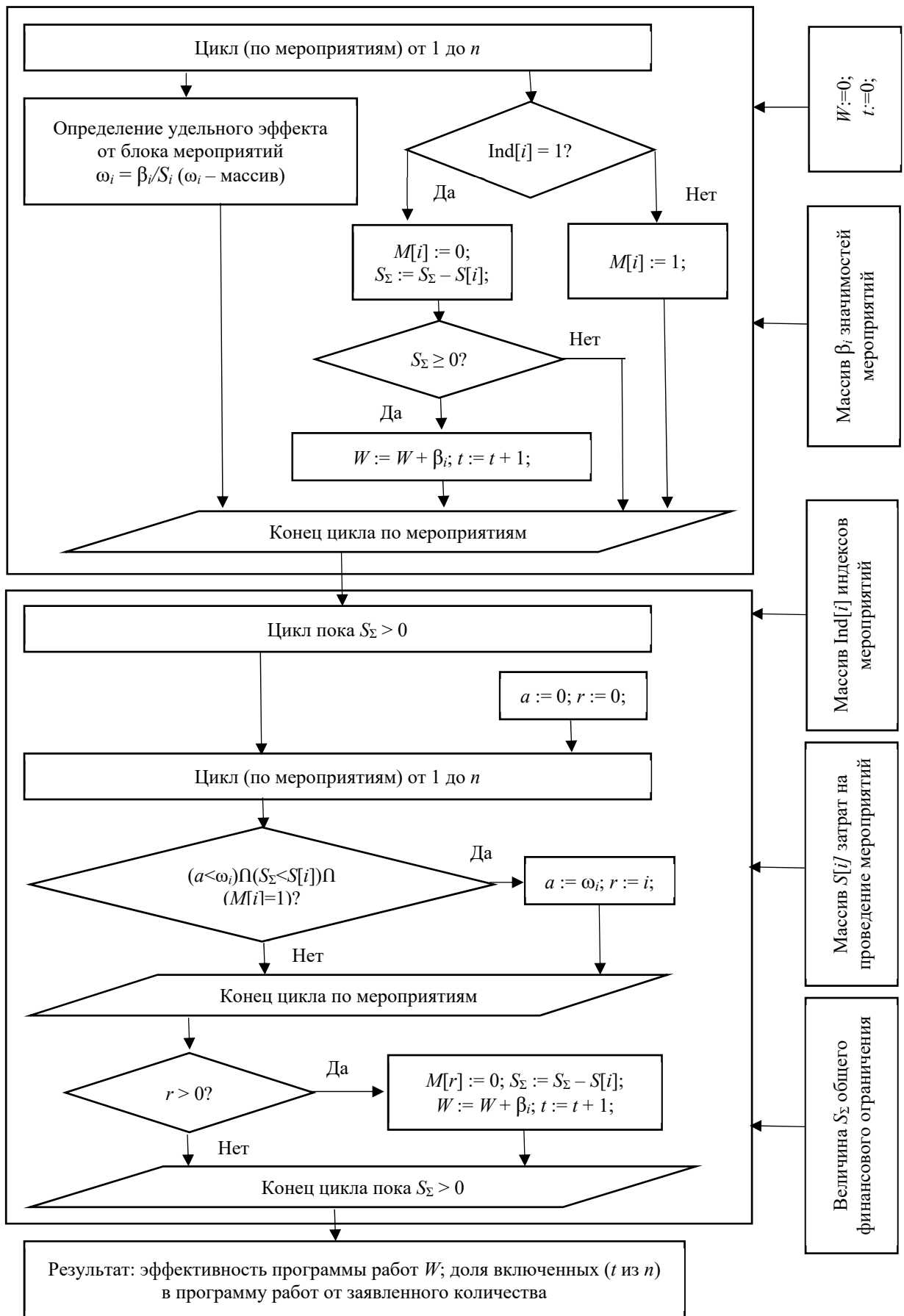


Рисунок 2.19 — Алгоритм решения задачи повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях (с ограничением — полноценное финансирование включенных в план работ)

Если мероприятия комплексные, т. е. могут выполняться не в полном объеме, а частично, то алгоритм решения оптимизационной задачи, хотя несколько и усложняется (требуется вычисление производных производственных функций и интервалов их неизменности), но все равно оказывается довольно простым (рисунок 2.20) и, что важно, не приближенным, а точным.

Более того, если производственные функции всех мероприятий одинаковы и могут быть аппроксимированы степенными функциями, то можно получить *аналитическое решение* оптимизационной задачи (2.85)–(2.86). И даже если производственные функции мероприятий не одинаковы, но могут быть аппроксимированы степенными функциями, то и здесь решение получается достаточно простым: оказывается, что для этого достаточно численно решить только одно алгебраическое уравнение [232, 233].

Задача (2.85)–(2.86) — это идеальная постановка схемы формирования среднесрочного стратегического бюджетного плана. В реальности все обстоит гораздо сложнее» [227].

«В первую очередь следует учитывать, что на практике финансовые ресурсы почти всегда сосредоточены не в одном источнике, а в нескольких. При этом для некоторых (но не для всех) мероприятий есть возможность финансироваться не из одного источника, а из разных.

Последняя фраза требует пояснения. После того как бюджетный план предприятия будет сформирован, все мероприятия будут финансироваться *только из одного источника*. Однако на этапе разработки плана можно рассматривать возможности финансирования некоторых мероприятий из нескольких различных источников, выбрав, в конечном счете, на этапе оптимизации наиболее рациональный вариант. Другими словами, указанная вариантность проявляется исключительно на этапе разработки плана, а не на этапе его выполнения.

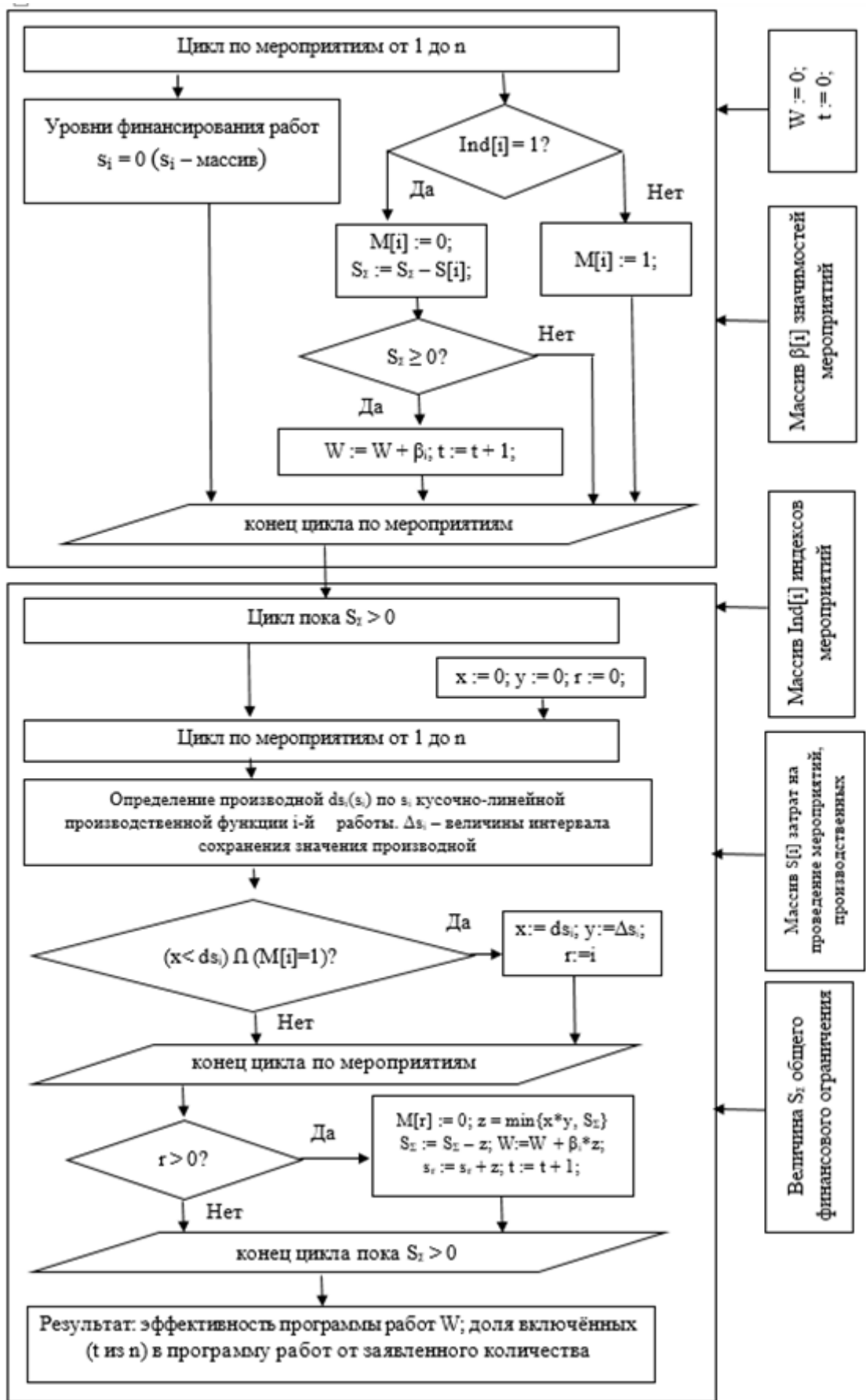


Рисунок 2.20 — Алгоритм повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях (с одним ограничением — произвольное финансирование включенных в план работ) [227]

Для некоторого фиксированного варианта финансирования мероприятий из разных источников оптимизационная задача формирования среднесрочного бюджетного плана имеет вид [187–190, 229]:

$$W_0^* = \max_{v \leq V} \{ \max [W^*(s_1, s_2, \dots, s_n, V)] \} = \quad (2.89)$$

$$= \max_{v \leq V} \left\{ \max \left[ \sum_{k'(v)} R_i(s_i) + \sum_{m'(v)} R_i(s_i) + \sum_{j'(v)} R_i(s_i) + \dots + \sum_{q'(v)} R_i(s_i) \right] \right\}$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{k'(v)} s_i \leq S_1; \quad (2.90)$$

$$\sum_{m'(v)} s_i \leq S_1; \quad (2.91)$$

$$\sum_{j'(v)} s_i \leq S_1; \quad (2.92)$$

.....

$$\sum_{q'(v)} s_i \leq S_1; \quad (2.93)$$

$$s_i \leq S_i, \quad i = 1, \dots, n; \quad (2.94)$$

$$s_i \leq S_{i \min}, \quad i = 1, \dots, n, \quad (2.95)$$

где  $W_0^*$  — максимальное значение целевой функции (наивысший показатель регистрируемой ЛПР эффективности в АСПВБ);

$S_i, S_{i \min}, s_i$  — максимальный, минимальный и установленный в процессе планирования уровни финансирования  $i$ -го предполагаемого мероприятия соответственно;

$v \leq V$  — номер варианта финансирования мероприятий из различных источников финансирования при общем количестве вариантов  $V$ ;

$k'(v), m'(v), j'(v), \dots, q'(v)$  — количество мероприятий по повышению эффективности работы АСПВБ, предполагаемых к финансированию из разных источников, соответствующее варианту размещения  $v$ .

Очевидно, что общее количество  $V$  вариантов финансирования мероприятий равно произведению количеств вариантов для всех мероприятий.

Например, если в проекте бюджетного плана рассматривается возможность проведения 10 мероприятий, каждое из которых может финансироваться из двух



источников, то общее количество вариантов финансирования составит  $V = 2^{10} = 1024$ . Иначе говоря, придется 1024 раз решать оптимизационную задачу с  $b$  ограничениями (где  $b$  — количество источников финансирования для обеспечения мероприятий), определяя для каждого варианта финансирования мероприятий рациональную структуру бюджетного плана: количество включенных в план мероприятий, уровней их финансирования и максимальное значение целевой функции. Затем в результате перебора 1024 полученных вариантов установить наилучший вариант финансирования мероприятий, реализующий максимальное значение агрегатного показателя качества.

Для удобства реализации такой двухъярусной оптимизационной процедуры целесообразно сформировать алгоритм, который позволил бы по одному параметру — номеру варианта  $v = 1 \dots V$  установить связь между всеми мероприятиями и источниками их финансирования. В этом случае внешнюю оптимизацию можно будет провести по одному параметру  $v$ .

В записи целевой функции (2.89) каждая сумма соответствует своему источнику финансирования.

Правые части системы ограничений  $b$  зависят от номера варианта  $v$ : изменяются наборы  $s_i$ , а также их количество  $k'(v), m'(v), j'(v), \dots, q'(v)$ . Важно особо подчеркнуть: ввиду сепарабельности целевой функции общую оптимизационную задачу можно представить как совокупность частных оптимизационных задач, каждая из которых имеет только одно бюджетное ограничение, применив для их решения метод последовательных приращений. Это — существенное упрощение.

Оптимизируемыми параметрами во внутренней оптимизационной задаче являются уровни финансирования  $s_i$  отдельных мероприятий. Естественно, что ЛПР в АСПВБ должно выбрать наилучшим (т. е. оптимальным) образом значения этих параметров управления. Общее количество оптимизируемых параметров равно количеству предполагаемых мероприятий плюс 1; в реальности оно может

достигать нескольких сотен. Поэтому сформулированная оптимизационная задача (2.89)–(2.95) — это принципиально задача высокой размерности» [227].

«Укрупненная блок-схема алгоритма ее решения представлена на рисунке 2.21. Она подходит для случаев полноценного и неполноценного финансирования мероприятий, которые были рассмотрены выше (см. рисунки 2.19 и 2.20)» [227, 234].

«Обозначим еще раз те случаи, когда применяется стратегическое бюджетное планирование, т. е. планирование, при котором дефицитным ресурсом является финансовый:

во-первых, когда на предприятии не заняты работники уникальных профессий и навыков, т. е. когда руководство предприятия всегда может привлечь с рынка труда рабочих требуемых квалификаций, затратив на это соответствующую величину финансового ресурса;

во-вторых, когда среднесрочные периоды, на которые декомпозируется долгосрочная деятельность предприятия по достижению стратегической цели, настолько велики, что работники успевают обучиться необходимым специальностям и приобрести необходимые квалификации. Следует заметить, что для одних предприятий среднесрочный период может продолжаться 1 год, для других — 3 года, а для некоторых — 5 и даже 10 лет» [163].

В указанных случаях имеется возможность конвертирования финансового ресурса в трудовой, и тогда расчетная схема стратегического бюджетного планирования оказывается адекватной реальности.

Теперь усложним задачу: наряду с финансовым ресурсом будем учитывать профессиональный (кадровый) ресурс [235].

Понятно, что если на предприятии существует дефицит профессиональных кадров, то его трудно, а зачастую невозможно компенсировать финансовым ресурсом, поэтому кадровый дефицит может стать определяющим при стратегическом планировании на предприятии.

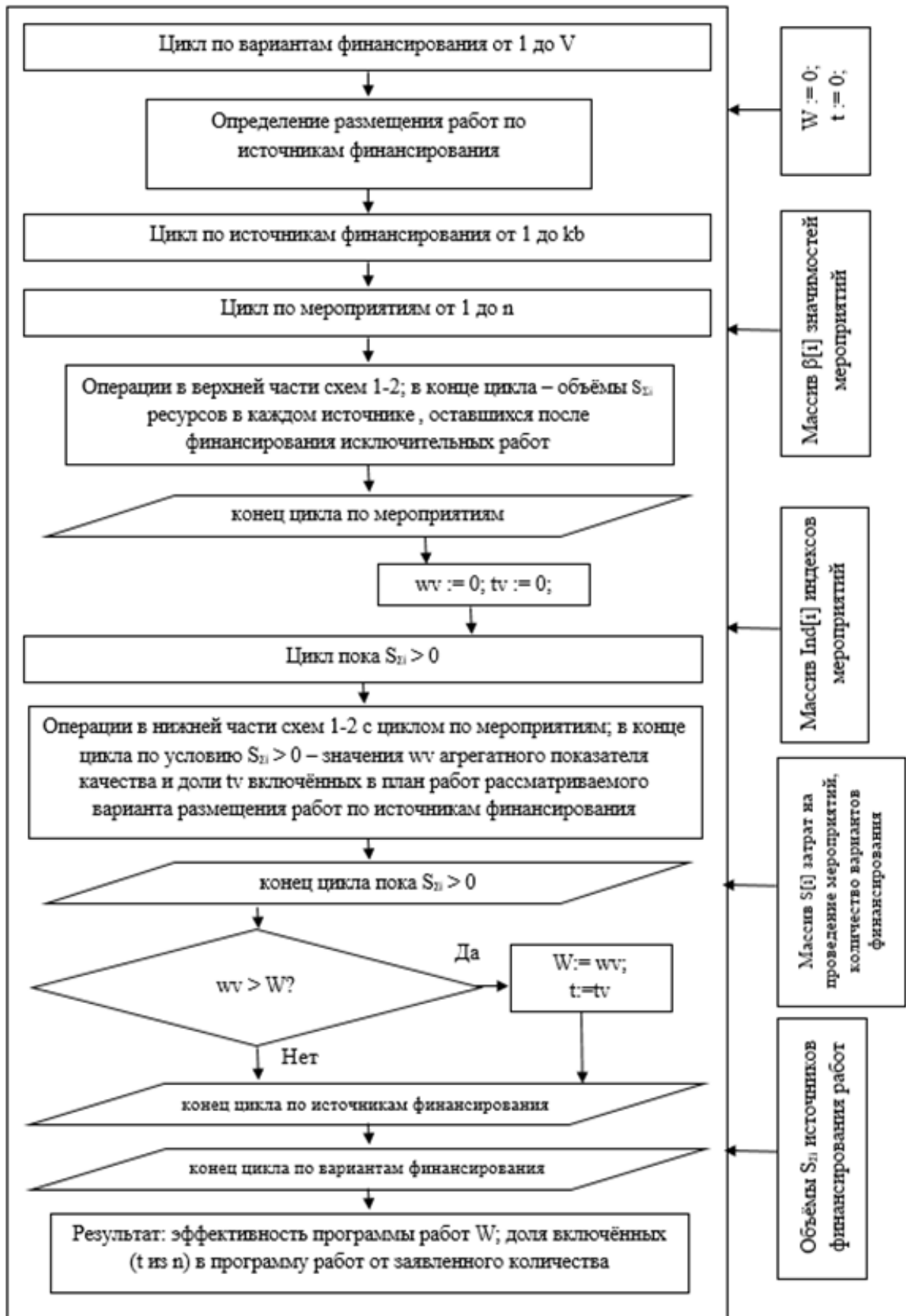


Рисунок 2.21 — Алгоритм решения задачи повышения эффективности работы АСПВВ в особых условиях с несколькими ограничениями (несколькими источниками финансирования)

Как следует из работы [236], в настоящее время на многих объектах ТЭК действительно наблюдается определенный кадровый «голод». Причем принимаемые для его ликвидации усилия оказываются пока недостаточными, поэтому кадровые проблемы не только не становятся «менее актуальными, но и обостряются. Иными словами, не все вопросы можно решить только за деньги, существуют проблемы конвертирования финансового ресурса в трудовой ресурс. Как правило, эта ситуация особенно характерна для НПП, где применяются новые высокотехнологичные методы управления» [163].

Далее будем полагать, что общее число необходимых видов трудового (профессионального) ресурса (т. е. количество требуемых на предприятии профессий) составляет  $P$  и для реализации мероприятий применяются трудовые ресурсы разных видов. При необходимости некоторые работники объектов ТЭК одинаковой специальности могут переходить с одного участка обслуживания АСПВБ на другой, концентрируясь на выполнении наиболее важных работ.

Естественно, что такой переход возможен только в пределах выполняемых мероприятий, где эта специальность востребована.

Рассмотрим некоторое  $i$ -е мероприятие. Предположим, что рассматривается случай, когда оно финансируется на уровне  $s_i$  и обеспечивается персоналом на уровне  $t_{ip}$  (где  $p$  — номер вида кадрового (профессионального) ресурса).

«Введем в рассмотрение совокупность параметров  $\gamma_{ip}$ , определяемых следующим образом. Рассмотрим уровень  $s_i^*$  финансового обеспечения мероприятия и зададимся вопросом: какое количество специалистов  $p$ -й специальности потребуется, чтобы полностью освоить финансовые средства  $s_i^*$ ? При ответе на этот вопрос можно пока не принимать в расчет специалистов других специальностей, считая, что их при этом будет столько, сколько потребуется для сбалансированного выполнения мероприятия.

Предположим, что для полного освоения финансового ресурса  $s_i^*$  потребуется  $t_{ip}^*$  работников  $p$ -й специальности.

Определим

$$\gamma_{ip} = s_i^* / t_{ip}^* . \quad (2.96)$$

Заметим, что  $\gamma_{ip}$  — это не доля трудозатрат работников  $p$ -й специальности в общей стоимости мероприятий обеспечения безопасности в АСПВБ, как это иногда ошибочно считается. Параметр  $\gamma_{ip}$  определяет удельную прибавочную стоимость продукции, создаваемой одним работником рассматриваемой профессии, если он будет работать на рассматриваемом рабочем месте (т. е. над реализацией  $i$ -го мероприятия) вместе с необходимым (сбалансированным) количеством работников других специальностей.

При этом считается, что если специалисты  $q$ -й специальности не привлекаются для выполнения мероприятия, то  $\gamma_{iq} = 0$ .

Тогда очевидно, что в общем случае произведенная коллективом работников всех необходимых специальностей стоимость продукции составит

$$\min (\gamma_{i1} t_{i1}, \gamma_{i2} t_{i2}, \gamma_{i3} t_{i3}, \dots, \gamma_{iP} t_{iP}) \quad (2.97)$$

при условии, что учитываются только те специальности, для которых  $\gamma_{ip} > 0$ » [163].

«Таким образом, срабатывает фактор минимума: конечный результат выполнения некоторого мероприятия определяется наиболее дефицитным ресурсом, в данном случае профессиональным (трудовым).

Для того чтобы учесть и стоимостное ограничение, т. е. ограничение на финансовый ресурс, нужно записать:

$$\begin{aligned} \min \{s_i, \min (\gamma_{i1} t_{i1}, \gamma_{i2} t_{i2}, \gamma_{i3} t_{i3}, \dots, \gamma_{iP} t_{iP})\} = \\ = \min \{s_i, \min_P (\gamma_{ip} t_{ip})\} \quad (\gamma_{ip} > 0). \end{aligned} \quad (2.98)$$

Это второе проявление «фактора минимума»: если денег, выделяемых на реализацию некоторого мероприятия, мало, то результат определяется их количеством, а если их много (при работе алгоритма оптимизации целевой функции вполне может быть и такой случай), то результат будет определяться количеством рабочих наиболее дефицитной специальности» [163].

Таблица 2.6 — Варианты ресурсного обеспечения мероприятия

Номер варианта	Параметр $\gamma_{ip} t_{ip}$ в зависимости от категории специалистов				Эквивалентное стоимостное ограничение по трудовому ресурсу	Финансовый ресурс	Эффективный финансовый ресурс
	1	2	3	4			
1	0,3	0,4	0,25	0,35	0,25	0,4	0,25
2	0,35	0,15	0,2	0,2	0,15	0,1	0,1
3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15
4	0,4	0,6	0,7	0,5	0,4	0,5	0,4
5	0,7	0,9	0,8	0,75	0,7	0,6	0,6
6	1	1,5	2	2,5	1	1,5	1

«Для наглядности в таблице 2.6 рассмотрены несколько случаев ресурсного обеспечения некоторого мероприятия, для выполнения которого привлекаются четыре категории специалистов. Показана схема формирования дефицитного ресурса, исходя из фактора минимума.

Понятно, что именно на выражение (2.97) нужно заменить аргументы целевой функции в (2.85), чтобы рассмотреть более общий случай ресурсного обеспечения мероприятий» [163]. Тогда модифицированная производственная функция будет зависеть от большего количества переменных, причем эта зависимость такова, что  $\eta_i$  будет представлять собой вогнутую (не выпуклую) функцию:

$$\eta_i \left\{ \min[s_i, \min_p(\gamma_{ip} t_{ip})] \right\}, \quad (2.99)$$

где  $\gamma_{ip} > 0$  — удельные затраты на одного работающего  $p$ -й профессии в максимальной освоенной стоимости  $i$ -го мероприятия (т. е. при отсутствии ограничений на специалистов других смежных профессий);

$t_{ip}$  — количество работников  $p$ -й специальности в  $i$ -м мероприятии.

Отсюда

$$R_i \left[ \min \left[ s_i, \min_p(\gamma_{ip} t_{ip}) \right] \right] = \beta_i \eta_i \left[ \min \left[ s_i, \min_p(\gamma_{ip} t_{ip}) \right] \right]. \quad (2.100)$$

При формировании среднесрочного стратегического плана с учетом трудового ресурса решается оптимизационная задача в следующей постановке [235]:

$$W_0 = \max_{v \leq V} \left\{ \max \left[ \sum_{k(v)} R_i \left[ \min \left[ s_i, \min_P (\gamma_{ip} t_{ip}) \right] \right] + \sum_{m(v)} R_i \left[ \min \left[ s_i, \min_P (\gamma_{ip} \times t_{ip}) \right] \right] + \dots + \sum_{q(v)} R_i \left[ \min \left[ s_i, \min_P (\gamma_{ip} t_{ip}) \right] \right] \right] \right\} \quad (2.101)$$

«при ограничениях:

$$\sum_{k(v)} s_i \leq S_1; \sum_{m(v)} s_i \leq S_2; \dots; \sum_{q(v)} s_i \leq S_b; \quad (2.100)$$

$$\sum_{i=1}^n t_{i1} \leq T_1; \sum_{i=1}^n t_{i2} \leq T_2; \sum_{i=1}^n t_{i3} \leq T_3; \dots; \sum_{i=1}^n t_{iP} \leq T_P; \quad (2.101)$$

$$s_i \leq S_i; s_i \leq S_i^{\min}, \forall i = 1, \dots, n; \quad (2.102)$$

$$t_{ip} \leq T_{ip}; t_{ip} \leq T_{ip}^{\min}, \forall i = 1, \dots, n; \forall p = 1, \dots, P, \quad (2.103)$$

где  $T_{ip}$ ,  $T_{ip}^{\min}$ ,  $t_{ip}$  — соответственно максимальный, минимальный и установленный в процессе планирования уровни обеспечения  $i$ -го предполагаемого мероприятия  $p$ -м профессиональным ресурсом;

$T_1 - T_P$  — общие профессиональные (трудовые) ресурсы разных видов, которыми располагает предприятие» [163].

«При формализации (2.99)–(2.103) задачи рационального планирования так же, как и в предыдущем случае, учитывается, что располагаемый финансовый ресурс может содержаться в нескольких источниках финансирования. Поэтому требуется дополнительный внешний контур оптимизации по выбору рациональных вариантов финансирования мероприятий из различных источников.

Однако если схему внешней оптимизации по вариантам финансирования мероприятий из разных источников можно считать достаточно универсальной, то для осуществления внутренней оптимизации метод последовательных приращений, используемый при бюджетном планировании, уже не подойдет. Нужно использовать более общий метод оптимизации, рассчитанный на работу с нелинейными функциями нескольких разнотипных переменных, например метод нормированных функций. При этом сложность алгоритма численного решения оптимизационной задачи и продолжительность этого процесса существенно возрастают по сравнению со случаем бюджетного планирования. Тем более что теперь целевую функцию уже нельзя считать сепарабельной.

Поступая аналогичным образом, можно учесть также дефицитные инструментальные ресурсы, например проанализировать случаи, когда для выполнения мероприятий может не оказаться в достаточном количестве необходимого уникального оборудования, и придется его рационально распределять для выполнения различных мероприятий. Этот случай особенно актуален не только при небольшой продолжительности среднесрочных периодов» [163], когда оборудование сложно вовремя заказать и закупить. Его необходимо рассматривать в первую очередь ввиду появления особых условий в рассматриваемой постановке. Схема учета этого вида ограничений следующая: вводим в рассмотрение параметры  $\mu_{if}$ , аналогичные  $\gamma_{ip}$ :

$$\mu_{if} = s_i^* / m_{if}^*, \quad (2.104)$$

«где  $\mu_{if}$  — удельная прибавочная стоимость продукции при реализации  $i$ -го мероприятия  $f$ -м видом инструментального ресурса;

$s_i^*$  — доступный для освоения финансовый ресурс;

$m_{if}^*$  — доступное количество единиц инструментального ресурса.

Тогда вклад  $i$ -го мероприятия в продвижение к стратегической цели будет определяться следующим образом:

$$\begin{aligned} R_i \left[ \min \left[ s_i, \min_P(\gamma_{ip} t_{ip}), \min_M(\mu_{if} m_{if}) \right] \right] = \\ = \beta_i \eta_i \left\{ \min \left[ s_i, \min_P(\gamma_{ip} t_{ip}), \min_M(\mu_{if} m_{if}) \right] \right\}, \end{aligned} \quad (2.105)$$

где  $m_{if}$  — количество единиц оборудования вида  $f = 1, \dots, M'$ , задействованного при выполнении  $i$ -го мероприятия;

$M'$  — общее количество видов применяемого на предприятии оборудования» [163].

Как и в предыдущем случае, при внутренней минимизации учитываются только значения  $\mu_{if} > 0$ . Как и в предыдущем случае, обобщение производится с использованием понятия «фактор минимума».



При формировании среднесрочного стратегического плана с учетом ограничений на трудовой и инструментальный ресурсы для особых условий оптимизационная задача решается в следующей постановке [235]:

$$W_0 = \max_{v \leq V} \left\{ \max \left[ \sum_{k'(v)} R_i \left[ \min \left[ s_i, \min(\gamma_{ip} t_{ip}), \min_{M'}(\mu_{if} m_{if}) \right] \right] + \right. \right. \\ \left. \left. + \sum_{m'(v)} R_i \left[ \min \left[ s_i, \min(\gamma_{ip} t_{ip}), \min_{M'}(\mu_{if} m_{if}) \right] \right] + \dots + \right. \right. \\ \left. \left. + \sum_{q'(v)} R_i \left[ \min \left[ s_i, \min(\gamma_{ip} t_{ip}), \min_{M'}(\mu_{if} m_{if}) \right] \right] \right] \right\} \quad (2.106)$$

«при ограничениях:

$$\sum_{k'(v)} s_i \leq S_1; \sum_{m'(v)} s_i \leq S_2; \dots; \sum_{q'(v)} s_i \leq S_b; \quad (2.107)$$

$$\sum_{i=1}^n t_{i1} \leq T_1; \sum_{i=1}^n t_{i2} \leq T_2; \sum_{i=1}^n t_{i3} \leq T_3; \dots; \sum_{i=1}^n t_{iP} \leq T_P; \quad (2.108)$$

$$\sum_{i=1}^n m_{i1} \leq M_1; \sum_{i=1}^n m_{i2} \leq M_2; \sum_{i=1}^n m_{i3} \leq M_3; \dots; \sum_{i=1}^n m_{iM} \leq M_M; \quad (2.109)$$

$$s_i \leq S_i; s_i \leq S_i^{\min}, \forall i = 1, \dots, n; \quad (2.110)$$

$$t_{ip} \leq T_{ip}; t_{ip} \leq T_{ip}^{\min}, \forall i = 1, \dots, n; \forall p = 1, \dots, P; \quad (2.111)$$

$$m_{if} \leq M_{if}; m_{if} \leq M_{if}^{\min}, \forall i = 1, \dots, n; \forall f = 1, \dots, M, \quad (2.112)$$

где  $M_{if}$ ,  $M_{if}^{\min}$ ,  $m_{if}$  — соответственно максимальный, минимальный и установленный в процессе планирования уровни обеспечения  $i$ -го предполагаемого мероприятия  $f$ -м инструментальным ресурсом;  $M_1 - M_M$  — общие инструментальные ресурсы разных видов, которыми располагает предприятие.

При численном решении оптимизационной задачи (2.106)–(2.112) также используется метод нормированных функций с последующим выбором рациональной привязки мероприятий к различным источникам финансирования (внешний контур оптимизации). При этом количество видов учитываемых ресурсов составляет  $b + P + M$ » [163].

Блок-схема алгоритма решения оптимизационных задач методом нормированных функций представлена на рисунке 2.22 (для определенности рассматривается задача (2.106)–(2.112)). Здесь так же, как и в случае финансовых ограничений, осуществляется пересчет трудовых ресурсов, которыми располагает предприятие [234].

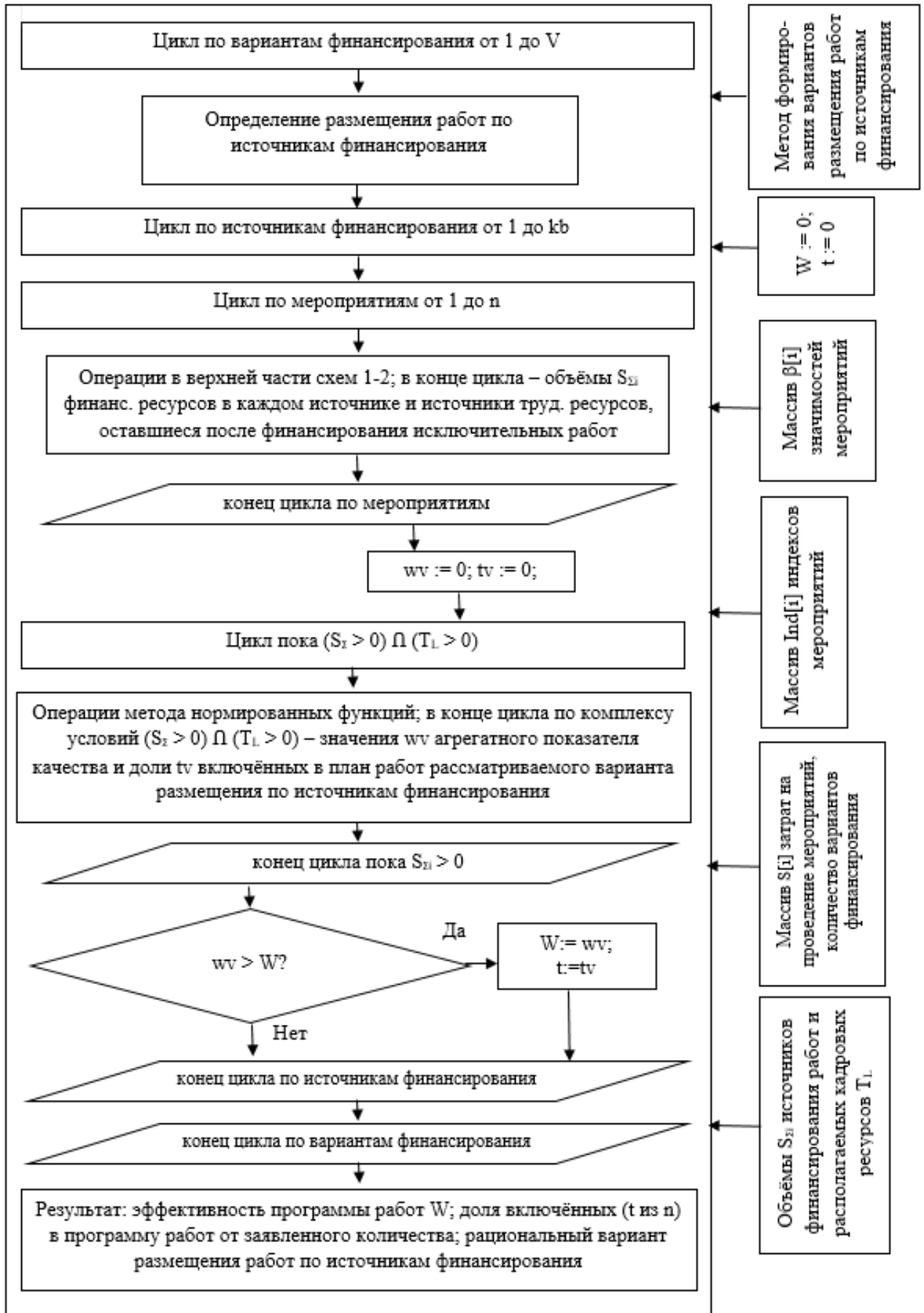


Рисунок 2.22 — Алгоритм общего случая решения оптимизационной задачи повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях

«Если теперь внимательно проанализировать рассмотренные выше постановки оптимизационных задач, к решению которых сводится процедура формирования стратегических планов (программ) предприятия, с точки зрения установления наиболее сложного с методологической точки зрения элемента, то получится следующее.

Формирование производственных функций может оказаться с технической точки зрения сложной задачей, но методологически достаточно простой. Определение величин бюджетных и кадровых ограничений трудностей также не вызывает, если учесть, что в пределах горизонта среднесрочного (краткосрочного) планирования они остаются практически неизменными.

Оптимизационные процедуры, реализующие численные методы оптимизации многопараметрических функций, описаны в специальной литературе, и трудности их программной реализации в основном связаны с дефицитом времени при решении задачи на ПЭВМ» [227].

В связи с этим методом исключения приходим к выводу: «основная методологическая сложность формирования среднесрочного (краткосрочного) плана — это определение значений  $\beta_i$ , устанавливающих вклады различных мероприятий (работ) в достижение стратегической цели предприятия, т. е. в значения агрегатного показателя качества программы мероприятий.

Это очень непростая проблема — определение того, как отзовется выполнение каждого предполагаемого мероприятия (работы) на достижении общей цели. Для ее решения разработан метод анализа иерархий» [170, 186–190, 227, 237, 238].

Таким образом, в данной части работы были решены задачи динамического стратегического планирования для повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях с использованием математического программирования. Для этого предложены и обоснованы решения следующих задач: повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях с одним ограничением (полноценным и произвольным финансированием); повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях с несколькими ограничениями; общего случая решения

оптимизационной задачи для повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях. Для каждого варианта решения предложены алгоритмы, реализованные в качестве программ для ЭВМ. Данные задачи являются типовыми для решения ряда задач управления и могут служить математической основой для обоснования других направлений исследований как в области пожарной безопасности, так и в иных отраслях.

#### **2.4 Получение агрегатного показателя качества эффективности работы автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности в особых условиях. Обобщенная математическая постановка задачи**

Схема определения параметров  $\beta_i$  (см. формулу (2.8)), сумма которых нормирована на единицу, может быть основана на анализе иерархии целевых установок деятельности предприятия. Иначе говоря, в результате анализа иерархии промежуточных целей — типов задач, задач, основных направлений деятельности, кластеров (блоков) мероприятий, отдельных мероприятий (работ) *может быть установлена величина агрегатного показателя качества плана (программы) любой деятельности*. Данное положение о возможности восстановления целевой функции методом анализа иерархии является общим, если известно, что целевая функция — линейная.

Для получения агрегатного показателя качества функционирования АСПВБ объекта ТЭК с учетом особых условий управления воспользуемся положениями метода анализа иерархий [186, 187, 237, 239, 240]. Этот метод — комбинированный, включающий в себя метод парных сравнений [237] и метод решающих матриц [239]. С его помощью можно получить и математическую постановку задачи для любых систем стратегического планирования в общем виде.

Но сначала приведем несколько предварительных замечаний.

Метод решающих матриц [239] обычно используется для определения относительных вкладов факторов нижнего уровня в достижение общей стратегической цели или степени продвижения к ней. Для предприятия факторами нижнего уровня могут быть отдельные работы или мероприятия.

Как следует из самого названия метода, он работает с иерархиями, точнее — с иерархическими схемами.

Иерархическая схема — графическое изображение соподчиненности целевых установок и их связи с основной (стратегической) целью.

Иерархические уровни — это уровни, на которых расположены однородные в системном плане факторы.

Пример возможной шестиуровневой иерархии целевых установок объекта ТЭК для обеспечения безопасности представлен на рисунке 2.23. Данная схема удобна для рассмотрения механизма получения агрегатного показателя эффективности работы АСПВБ объекта ТЭК с учетом особых условий управления в общем виде.

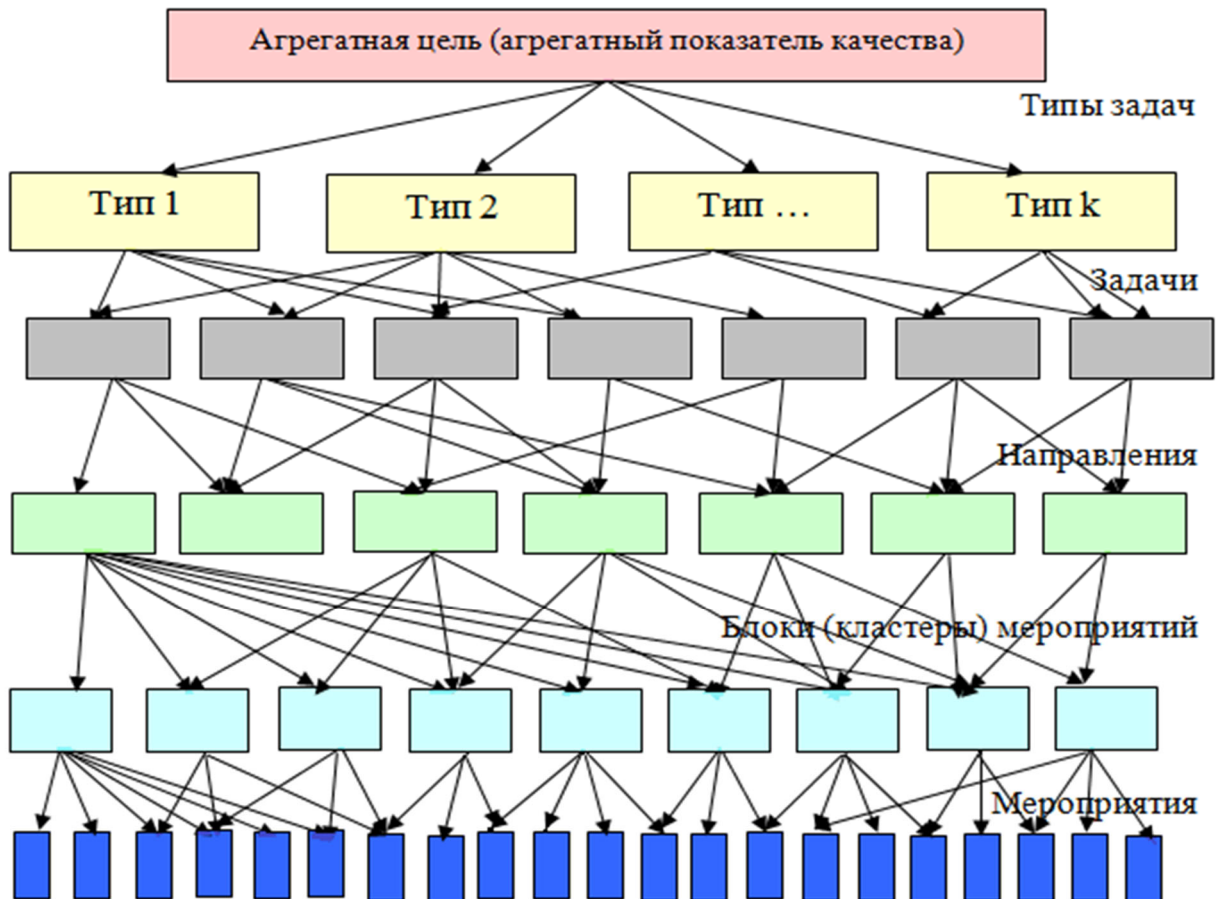


Рисунок 2.23 — Иерархическая схема взаимосвязи мероприятий по обеспечению безопасности с обобщенной стратегической целью

На первом уровне расположен единственный фактор — агрегатная (стратегическая) цель.

Второй уровень — уровень типов задач, решаемых предприятием в долгосрочном периоде. Естественно, что все факторы 2-го уровня должны быть связаны с агрегатной целью.

Третий уровень — уровень среднесрочных задач, решаемых на предприятии. Это своеобразная проекция долгосрочных задач на среднесрочный период. Все факторы 3-го уровня должны быть связаны с факторами 2-го уровня, но при этом с каждым отдельным фактором 2-го уровня может быть связана только часть факторов 3-го уровня.

Эти связи могут оказаться очень непростыми. Если все факторы 3-го уровня связаны только с одним из факторов 2-го уровня, то говорят, что иерархия по 2-му уровню совершенная. Однако, как правило, в практических ситуациях некоторые факторы 3-го уровня связываются не с одним, а с несколькими факторами 2-го уровня. Иначе говоря, некоторые среднесрочные задачи могут решаться в интересах не одного, а нескольких типов долгосрочных задач. В этом случае говорят, что по 2-му уровню иерархия несовершенная.

Четвертый уровень — уровень основных направлений деятельности объекта ТЭК. Это — набор инструментов решения задач.

Пятый уровень — уровень блоков мероприятий (работ), направленных на реализацию направлений деятельности в среднесрочном периоде.

Блоки мероприятий иногда называются кластерами. Внутри каждого блока группируются примерно однородные мероприятия. Блоки также могут быть связаны не с одним направлением, а с несколькими, причем это не исключительная, а наоборот, довольно типичная ситуация. Например, если рассматривать организационно-штатный срез предприятия, то направления деятельности в ней представляются департаментами или управлениями, а блоки — отделами или самостоятельными подразделениями. Многие знают, что часто отделы выполняют задачи не только своего управления, но и смежных управлений, особенно если это касается мероприятий обеспечения пожарной безопасности. Из этого можно сделать вывод, что и по 5-му уровню иерархия, как правило, несовершенна.

Основная задача группировки мероприятий в кластеры (блоки) — упрощение последующего анализа иерархии, поскольку аналитикам и экспертам трудно ориентироваться при рассмотрении большого количества мероприятий (работ).

Шестой уровень — это уровень отдельных мероприятий, относительные вклады которых в достижение стратегической цели требуется определить. Здесь иерархия также может быть несовершенной, так как некоторые мероприятия могут выполняться в интересах не одного, а нескольких кластеров.

Мы рассмотрели один возможный вариант иерархической схемы. Понятно, что такой шестиуровневой схемой жизнь не исчерпывается. Встречаются и более простые — 4- и 5-уровневые иерархии, и более сложные — 7- и 8-уровневые. Чем больше и сложнее система взаимосвязей в иерархии, тем более сложной будет многоуровневая схема ее функционирования. И, как правило, иерархии реальных систем по всем уровням, кроме 1-го, несовершенны.

В этих условиях довольно затруднительно выявить влияние факторов нижнего уровня на агрегатную цель: слишком все переплетено и запутано в иерархической схеме. Для выявления такой связи и применяется метод решающих матриц.

Перед началом рассмотрения существа этого метода логично упреждающе ответить на естественный вопрос: зачем вообще нужно рассматривать какую-то иерархию, не проще ли попытаться непосредственно определить вклад каждого мероприятия в агрегатный показатель?

Дело в том, что для этого придется провести большую аналитическую работу, разработать большое количество математических моделей. Это очень сложно при динамическом режиме планирования, когда оно проводится почти непрерывно при хроническом дефиците времени. Поэтому наряду с расчетными схемами приходится также использовать экспертные оценки. Более того, даже если предположить, что своевременно будут разработаны все необходимые математические модели, требуемое количество которых может достигать сотни и тысячи, то без экспертных оценок все равно обойтись не удастся: все модели

базируются на некоторой системе исходных данных, в которых присутствует значительная экспертная составляющая.

Отсюда следует, что для определения вкладов различных мероприятий (работ) в агрегатный показатель эффективности работы АСПВБ объекта ТЭК в особых условиях необходимо привлекать квалифицированных экспертов. Однако на современных крупных объектах ТЭК, применяющих технологии «Индустрии 4.0», зачастую нет таких специалистов, которые бы глубоко, до мельчайших деталей, знали и понимали все проблемы. Можно считать это утверждение закономерностью. Руководители отслеживают стратегические направления, следят за внешней системной средой, за показателями производства, за рынками, поэтому им не до технологических проблем. Инженеры и технологи, наоборот, почти все знают о конструкциях технических систем, понимают многие технологические тонкости, но имеют недостаточное представление о стратегии работ в нужном направлении, об особенностях ее финансовой обеспеченности, о способах планирования противопожарных мероприятий. В итоге получается, что на любых объектах ТЭК никто никогда не видит проблем целиком. Понятно, что говорить о достоверном прогнозировании, и тем более о выборе рациональных вариантов управления характером мероприятий пожарной безопасности, в долгосрочном периоде в таких условиях могут только идеалисты.

В связи с этим естественно возникает идея разделить процесс выработки рационального решения при помощи квалифицированных экспертов таким образом, чтобы использовать знания каждого из них на уровне максимальной компетенции.

В свое время Г. Форд создал конвейер, где каждый рабочий выполнял только свою часть технологических операций, но зато делал их быстро, качественно, и никто другой не мог сделать это лучше его.

В данном случае предлагается что-то похожее, но не в смысле сборки какого-то технического средства, а в плане выработки рационального управленческого решения в АСПВБ объектов ТЭК: каждому эксперту предлагается работать над той частью общей проблемы, где его знания наиболее востребованы, а зачастую



вообще уникальны и поэтому наиболее достоверны. Это достигается за счет использования иерархии, которая как раз и предназначена для интеграции знаний разных специалистов, каждый из которых видит только свою часть общей проблемы. Если хотите, то целевая иерархия — это коллективный разум управленцев предприятия.

Только за счет применения иерархической схемы формирования решения значительно повышается его точность, но это только первый шаг в этом направлении. Условно его можно назвать вертикальным (рисунок 2.24).

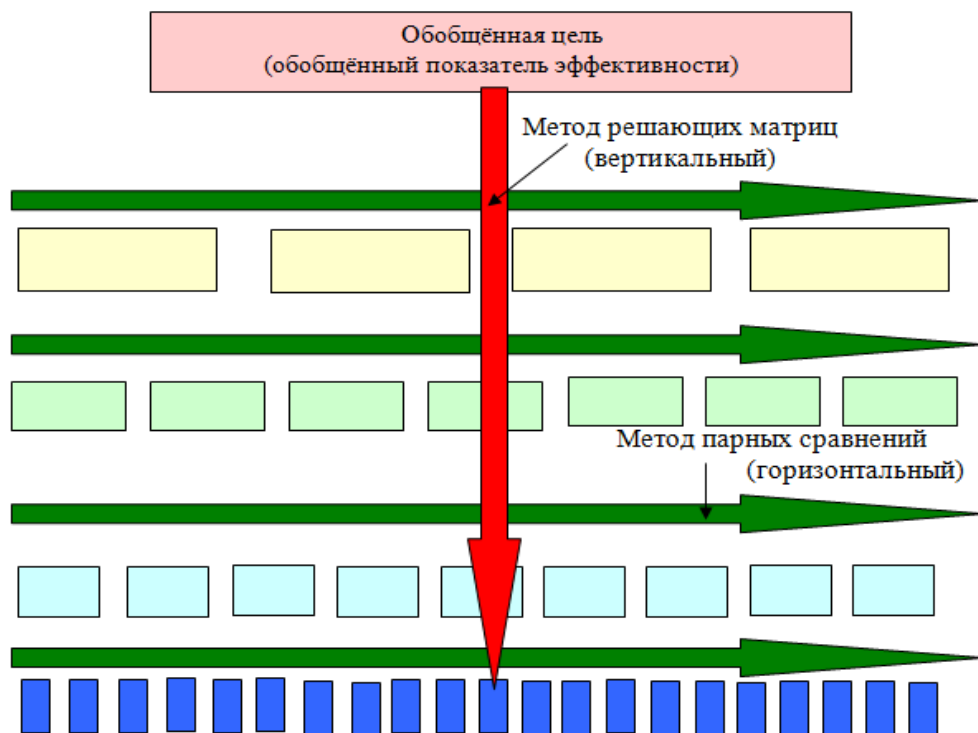


Рисунок 2.24 — Двухкаскадная схема повышения точности экспертиз при формировании агрегатного показателя эффективности работы АСПВБ

Вторым важным шагом, *горизонтальным*, является применение метода парных сравнений для ранжирования значимостей промежуточных целей, а также мероприятий (работ) (см. рисунок 2.24 вдоль иерархического уровня). Это наиболее трудоемкий, но и наиболее точный экспертный метод, который в ряде случаев позволяет получать точность результата на уровне методов математического моделирования.

Существо метода парных сравнений изложено в работе Т. Саати [237]. Метод основан на выводах психофизических исследований: оказывается, эксперты очень

часто (точнее практически всегда) ориентируются в ситуации значительно лучше, чем они сами себе это представляют. Надо только предоставить им наиболее комфортные условия для проведения экспертизы, дать возможность сосредоточиться на конкретном вопросе. В последней фразе слово «сосредоточиться» — ключевое. Метод парных сравнений доводит эту процедуру до логического предела: эксперту предлагается сравнивать друг с другом важности факторов *попарно*, т. е. на каждой фазе анализа учитывать *минимально возможное* количество объектов сравнения.

Данный метод очень удобно применять для математической постановки задачи для любых систем стратегического планирования в общем виде.

Результаты сравнений сводятся в квадратную матрицу парных сравнений, которая далее обозначается  $D$ . Сформированная экспертами матрица  $D$  парных сравнений значимости различных факторов имеет вид:

$$D = \begin{pmatrix} 1 & d_{12} & d_{13} & d_{14} \\ 1/d_{12} & 1 & d_{23} & d_{24} \\ 1/d_{13} & 1/d_{23} & 1 & d_{34} \\ 1/d_{14} & 1/d_{24} & 1/d_{34} & 1 \end{pmatrix}. \quad (2.113)$$

Элементами  $d_{ij}$  матрицы  $D$  являются величины экспертно определяемых отношений значимостей  $j$ -го фактора к значимостям  $i$ -го фактора. Значимость понимается в смысле некоторой цели. Заметим, что в работе Саати [237] используются обратные числа, когда значимости факторов сравниваются по столбцам. Однако, как показала практика, экспертам удобнее заполнять матрицу не по столбцам, а по строкам, т. е. последовательно сравнивать относительные значимости факторов по отношению к фактору, расположенному в левой части списка.

Величину элементов  $d_{ij}$  матрицы парных сравнений можно определять сопоставлением значимости для различных факторов по достаточно *грубым* числовым шкалам. Специальные психофизические исследования показывают, что рациональным является использование 9- или 16-балльных шкал (таблица 2.7) [237].

Таблица 2.7 — Градация значимостей для различных факторов по 9-балльной шкале

Степень важности	Определение	Объяснение
1	Одинаковая значимость	Два действия вносят одинаковый вклад в достижение цели
3	Некоторое преобладание значимости одного действия перед другим (слабая значимость)	Опыт и суждение дают легкое предпочтение одному действию перед другим
5	Существенная или сильная значимость	Опыт и суждение дают сильное предпочтение одному действию
7	Очень сильная или очевидная значимость	Предпочтение одного действия перед другим очень сильно, его превосходство практически явно
9	Абсолютная значимость	Свидетельство в пользу предпочтения одного действия перед другим в высшей степени убедительно
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между соседними значениями	Ситуация, когда необходимо компромиссное решение

Способность человека проводить качественные разграничения хорошо представима пятью определениями: равный, слабый, сильный, очень сильный и абсолютный. Когда нужна повышенная точность, можно принять компромиссные определения между соседними определениями. В целом, требуется 9 значений, и они могут быть хорошо согласованы; получаемая в результате 9-балльная шкала хорошо зарекомендовала себя на практике.

Успешное применение шкалы 1–9 указывает на склонность человека приводить оттенки своих чувств в соответствие с числами 1...9. Многие даже предполагают, что это обусловлено свойством человеческого мозга, которое связано с числом пальцев, хотя, строго говоря, неизвестно, что здесь является первичным фактором.

Естественно, что матрица  $D$  должна быть обратно симметричной, так как значимости каждого из двух факторов при сравнении в масштабах противоположного фактора должны находиться в обратной зависимости:  $d_{ij} = 1/d_{ji}$ . Отсюда следует простое и очевидное правило:  $d_{ii} = 1$  для всех  $i$ , т. е. все диагональные элементы всех матриц парных сравнений равны 1.

В идеальном случае при совершенных суждениях во всех сравнениях  $d_{ik} = d_{ij} \times d_{jk}$  для всех  $i, j, k$ . При этом  $D$  называется согласованной матрицей. Подобные матрицы образуются, когда сравнения основаны на точных измерениях.

В общем случае может оказаться, что  $d_{ik} \neq d_{ij} \times d_{jk}$ , т. е. относительные суждения могут быть не согласованы друг с другом (нетранзитивны). Необходимо отметить, что это не исключительный, а наоборот, наиболее типичный случай, который практически всегда встречается при решении практических задач. Например, из того факта, что футбольная команда «А» сильнее футбольной команды «Б», а команда «Б» сильнее команды «В», еще не следует, что команда «В» никогда не сможет выиграть у команды «А». Такое тоже случается.

При работе с матрицей парных сравнений удобно представлять ее в виде таблицы, ячейки которой необходимо заполнить результатами парных сравнений значимостей разных факторов. Причем для снижения трудоемкости экспертами заполняются только те ячейки, которые расположены сверху над главной диагональю матрицы. Нижние значения формируются при этом автоматически, как обратные величины, и поэтому экспертом (экспертами) не заполняются. Эти значения определяются потом с помощью вычислительной программы при обработке матрицы парных сравнений.

Следует отметить, что если до проведения экспертных оценок имеется предварительная информация об относительной значимости некоторых пар факторов (например, информация, полученная в результате расчетов по точным частным математическим моделям), то она легко включается в матрицу парных сравнений, а результаты обработки матрицы становятся еще более точными. Таким образом, метод парных сравнений не противопоставляет различные виды информации, а использует их по принципу дополнительности. Это очень важно для понимания существа этого экспертно-расчетного метода.

Для того чтобы от относительных значимостей факторов перейти к абсолютным, совокупность которых составляет вектор  $x$ , необходимо обработать матрицу парных сравнений.

Существует несколько способов (алгоритмов) такой обработки. Например, в работе [237] подробно описан метод, основанный на определении собственных значений  $\lambda$  и вектора  $\mathbf{x}$  линейного матричного оператора, который представляется обратно симметричной матрицей  $D$ :

$$D\mathbf{x} = \lambda\mathbf{x}, \quad (2.114)$$

где

$$\sum_{i=1}^k x_i = 1; \quad (2.115)$$

$k$  — общее количество сравниваемых факторов, равное числу строк или столбцов в квадратной матрице  $D$ , т. е. ее размерности.

Нормирование суммы компонент вектора значимостей  $\mathbf{x}$  на 1 по существу ничего меняет. Это дань удобству, поскольку удобнее всего пользоваться некоторой универсальной шкалой значимостей. Изменение масштаба измерения значимостей, как уже отмечалось, не влияет на рациональное стратегическое плановое решение.

Реализация метода собственного значения предполагает применение некоторого алгоритма для определения  $\lambda$  и нормализованного условием (2.115) вектора  $\mathbf{x}$  значимостей. Невозможность получения аналитического решения — основной недостаток метода собственного значения, поскольку использование алгоритма численного решения (2.114)–(2.115) замедляет процесс решения задачи и делает результат менее наглядным.

Можно предложить другой достаточно простой и, что очень важно, не менее точный метод определения компонентов вектора  $\mathbf{x}$ , который, с одной стороны, допускает получение аналитического решения, а с другой — дает результаты, достаточно близкие (в большинстве случаев величина относительного рассогласования — несколько процентов) по отношению к методу собственного значения. И кстати, часто в тестовых задачах, о которых будет сказано ниже, метод Саати дает бóльшие ошибки, чем метод, который будет рассмотрен ниже.

В основу этого метода положено известное правило наименьшей суммы квадратов. Однако оно должно быть применено не к величинам  $d_{ij}$ , а к *логарифмам* этих величин, так как проводится обработка результатов определения

относительных значений. Поэтому логично минимизировать сумму квадратов разности логарифмов:

$$\text{Ln}(d_{ij}) - \text{Ln} \left( \frac{x_j}{x_i} \right). \quad (2.116)$$

Таким образом, приходим к следующей оптимизационной задаче [238].

Определить

$$\sigma_0^2 \times k = \min \left\{ \sum_{i,j=1}^k \left[ \text{Ln}(d_{ij}) - \text{Ln} \left( \frac{x_j}{x_i} \right) \right]^2 \right\} \quad (2.117)$$

при ограничении-равенстве (2.115).

Результат в (2.117) записан несколько необычно в виде  $\sigma_0^2 \cdot k$ , т. е. увеличен в  $k$  раз. Это сделано специально для того, чтобы потом использовать  $\sigma_0$  для характеристик качества полученного решения при различных значениях  $k$ , поскольку корректно можно сопоставлять друг с другом не значения  $\sigma_0^2 \cdot k$ , а значения  $\sigma$ .

Оптимизационную задачу можно решить следующим образом.

Рассмотрим, например,  $x_i = x_1$ . Очевидно, достаточно проанализировать случай, когда  $x_1$  находится только в числителе, так как слагаемые с  $x_1$  в знаменателе будут только дублировать соответствующие слагаемые с  $x_1$  в числителе. Ограничение-равенство учтем методом множителей Лагранжа [241]. В итоге задача на условный экстремум сводится к решению следующей системы уравнений относительно  $x_j$ :

$$\sum_{i=1}^k \left[ \text{Ln}(d_{ij}) - \text{Ln} \left( \frac{x_j}{x_i} \right) \right] = \mu' x_j; \quad i = 1, \dots, k, \quad (2.118)$$

где  $\mu'$  — множитель Лагранжа.

Складывая почленно соотношения данного типа для всех  $j$ , учитывая (2.115) и то, что  $\text{Ln}(d_{ij}) = -\text{Ln}(d_{ji})$ ,  $\text{Ln}(x_j/x_i) = -\text{Ln}(x_i/x_j)$ , получим  $\mu = 0$ , т. е. система уравнений упрощается и приобретает вид:

$$\sum_{i=1}^k \left[ \text{Ln}(d_{ij}) - \text{Ln} \left( \frac{x_j}{x_i} \right) \right] = 0; \quad i = 1, \dots, k. \quad (2.119)$$

Легко показать, что система уравнений (2.119) имеет решение

$$\text{Ln}(x_j) = \text{Ln}(\Omega') + \frac{\{\sum_{i=1}^k \text{Ln}(d_{ij})\}}{k}, \quad (2.120)$$

где  $\Omega'$  — положительная константа.

Действительно

$$\sum_{i=1}^k \text{Ln}(x_{ij}) = k \text{Ln}(x_j), \quad (2.121)$$

$$\sum_{i=1}^k \text{Ln}(x_i) = k \text{Ln}(\Omega'), \quad (2.122)$$

поскольку

$$\sum_{j,s=1}^k \text{Ln}(d_{js}) = 0. \quad (2.123)$$

Отсюда

$$x_i = \Omega' \left\{ \prod_{j=1}^k d_{ji} \right\}^{1/k}. \quad (2.124)$$

Константа  $\Omega'$  определяется из условия нормирования (2.115). Окончательно получаем:

$$x_i = \frac{\left\{ \prod_{j=1}^k d_{ji} \right\}^{1/k}}{\sum_{r=1}^k \left\{ \prod_{j=1}^k d_{jr} \right\}^{1/k}}. \quad (2.125)$$

Таким образом, получается простой и наглядный результат: относительные значимости  $x_i$  пропорциональны средним геометрическим величинам элементов матрицы  $\mathbf{D}$  парных сравнений, расположенных на каждой строке. Очень важно, что для результата можно получить *аналитическое* выражение, а не применять какой-либо численный алгоритм типа решения задачи на собственные значения линейного оператора.

Математически строгого взаимоотношения между решениями, полученными методами собственного значения и наименьшей суммы квадратов логарифмов рассогласований, не существует. Однако, как было отмечено выше, численные эксперименты показывают, что оба эти метода приводят к очень близким решениям.

В результате обработки матриц парных сравнений возможно получить достаточно точные оценки относительных значимостей  $x_i$  различных факторов. Очень часто эти оценки оказываются не просто приемлемо точными, а *удивительно* точными.

Основная причина этого заключается в следующем. Поскольку имеет место соотношение (2.115), то количество независимых параметров  $x_i$  составляет  $k-1$ . С другой стороны, количество  $Q'$  определяемых экспертами элементов матрицы **D** может быть легко определено: оно равно сумме целых чисел от 1 до  $(k-1)$ , т. е.

$$Q' = \frac{1}{2} (k-1) k. \quad (2.126)$$

Количество  $P''$  независимых элементов матрицы парных сравнений определяется как

$$P'' = Q' - (k-1) = \frac{1}{2} (k-2) (k-1). \quad (2.127)$$

При  $k > 2$  количество  $Q'$  определяемых экспертами элементов матрицы **D** парных сравнений превышает количество независимых компонентов  $x_i$  в  $k/2$  раз, т. е. появляется дополнительная информация, полезная для уточнения  $x_i$ . Как известно из теории информации, дополнительная информация обычно снижает общую неопределенность.

Для наглядности можно сказать, что относительные значимости факторов измеряются не одним, а как бы совокупностью различных измерителей с разными масштабами (в разной системе измерений). И хотя часто эти измерители — грубые, наложение результатов измерений повышает общую точность оценок величин  $x_i$  (рисунок 2.25).

«Для иллюстрации эффекта компенсации ошибок можно привести простой пример: имеется груз массой 6,3 г и четыре грубых взвешивающих устройства. Первое устройство показало, что масса груза находится в диапазоне от 3 до 7 г, второе — от 5 до 10 г, третье — от 6 до 12 г, четвертое — от 4,0 до 6,5 г., т. е. погрешности отдельных взвешиваний очень велики. Однако если теперь объединить все очень грубые результаты измерений массы, то окажется, что в результате комбинации всех этих грубых измерений можно прийти к заключению, что истинная масса взвешиваемого груза должен быть в диапазоне от 6,0 до 6,5 г» [164].



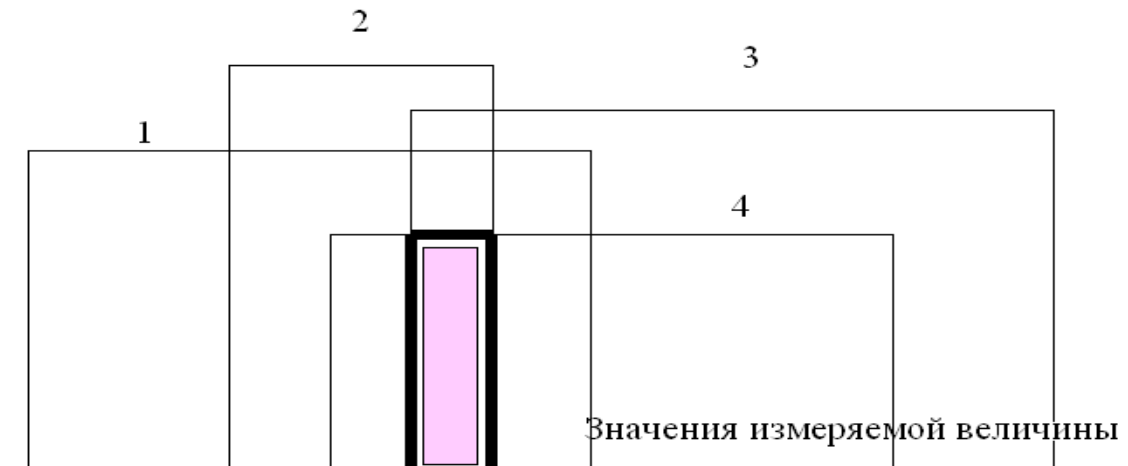


Рисунок 2.25 — Схема повышения точности в методе парных сравнений:  
1–4 — номера грубых измерителей

Другими словами, точность измерения даже грубыми измерителями повышается за счет наложения результатов измерений (таблица 2.8) и компенсации части общей погрешности.

Таблица 2.8 — Сравнение результатов грубых измерений

Номер весов	Результат взвешивания груза массой 6,3 г
1	3–7
2	5–10
3	6–12
4	4–6,5
<b>Комбинированное взвешивание</b>	<b>6–6,5</b>
<b>Точность комбинированного взвешивания, %</b>	<b>4,7</b>

«Примерно то же самое происходит при определении значимости факторов в матрице парных сравнений. Фактически имеется несколько (иногда довольно много) независимых измерителей, каждый из которых неточен, но *при комбинировании* результатов получаются значительно более точные конечные оценки» [164].

Технология метода парных сравнений проста, но не совсем привычна, поэтому требуется определенный навык и умение при формировании матриц парных сравнений.

Для обучения пользователя и придания ему необходимой уверенности при дальнейшем применении метода парных сравнений используется специальный набор тестовых задач, тренируясь на решении которых пользователь может освоить технологию метода. Основная задача таких тестов — дать экспертам почувствовать уверенность в возможности получения от них приемлемых по точности оценок.

Идея всех тестов одинакова: пользователю предлагается сравнить значимость различных факторов, истинные значения которых содержатся в справочниках, энциклопедиях и других информационных материалах. Однако пользователю на момент испытания они не доступны, и он может надеяться только на свою память и здравый смысл. Он формирует соответствующие матрицы парных сравнений, после обработки которых у него появляется возможность сравнить экспертные (субъективные) и действительные (объективные) значения факторов.

Рассмотрение различных результатов тестирования позволяет сделать следующие выводы [188–190]:

- 1) для повышения точности метода парных сравнений желательно формировать или группировать различные факторы таким образом, чтобы они были примерно сопоставимы по величине;
- 2) в этом случае вполне реально получить среднюю относительную точность на уровне 5 %, что сопоставимо с общей точностью расчета при использовании сложных и подробных математических моделей (в них, помимо методических ошибок, обычно присутствуют также ошибки исходных данных);
- 3) если эксперты являются специалистами в рассматриваемой предметной области и чувствуют все основные тонкости проблемы, то точность метода парных сравнений может составлять 4–5 %;
- 4) желательно, чтобы количество сравниваемых факторов не превышало 15, иначе эксперты начинают плохо воспринимать всю их совокупность (обычно рекомендуемое количество факторов  $7 \pm 2$ ).

Следующий этап — сопряжение результатов экспертиз, проведенных на разных иерархических уровнях, для выхода на конечный результат — определение значимостей различных мероприятий (работ) для достижения стратегической цели. Эта операция выполняется методом решающих матриц.

Теперь рассмотрим, как можно определять величину относительных вкладов факторов нижнего уровня в достижение общей стратегической цели или степени продвижения к ней. Для этого воспользуемся методом решающих матриц [171]. Существо этого метода для получения значения агрегатного показателя качества функционирования АСПВБ объекта ТЭК в особых условиях заключается в следующем.

Предположим, что методом парных сравнений определены значимости отдельных направлений для заданного уровня эффективности работы АСПВБ. Если сумму этих значимостей нормировать на 1, то они могут быть представлены строкой или матрицей-строкой:

$$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (2.128)$$

где  $k$  — общее количество рассматриваемых направлений деятельности.

Первый иерархический уровень пройден достаточно быстро. Однако для перехода со 2-го на 3-й уровень необходимо отдельно рассматривать различные типы задач предприятия.

Для 1-го типа имеем следующий набор значимостей среднесрочных функциональных задач:

$$\mathbf{y}_1 = (y_{11}, y_{12}, y_{13}, \dots, y_{1r}), \quad (2.129)$$

где  $r$  — максимальное количество функциональных задач в рассматриваемом плановом периоде.

Если какая-то среднесрочная задача не связана с 1-м типом деятельности предприятия по пожарной безопасности, то соответствующий элемент матрицы-строки должен быть равен нулю.

Набор значений  $y_1$  формируется так же, как набор  $x$ : сначала по результатам экспертных оценок составляется обратно симметричная матрица парных сравнений относительных значимостей факторов 3-го уровня для достижения

1-й промежуточной цели. Вектор  $y_1$  образуется в результате ее обработки. В нем отличными от нуля компонентами будут только те, которые способствуют достижению 1-й промежуточной цели; остальные компоненты  $y_1$ , не влияющие на реализацию 1-й промежуточной цели, должны быть равны нулю.

Процедура формирования остальных строк, соответствующих  $y_2, y_3, \dots, y_k$ , аналогична. Точно такая же процедура (составление матриц парных сравнений для значимых факторов и ее последующая обработка) применяется и для других иерархических уровней, поэтому далее внимание на этом вопросе не акцентируется.

Для 2-го типа задач аналогично получаем набор значимостей функциональных задач:

$$y_2 = (y_{21}, y_{22}, y_{23}, \dots, y_{2r}). \quad (2.130)$$

То же самое повторяем для других типов деятельности. Если теперь расположить эти строки одну под другой в виде прямоугольной таблицы, т. е. в виде матрицы, то можно получить следующее:

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & \dots & y_{1r} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & \dots & y_{2r} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & \dots & y_{3r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{k1} & y_{k2} & y_{k3} & \dots & y_{kr} \end{pmatrix}. \quad (2.131)$$

Далее в соответствии с [168] подобного вида матрицы будут называться *решающими матрицами*. Следует обратить внимание на то, что такие матрицы принципиально отличаются от матриц парных сравнений по структуре, размерности и информационному содержанию: они более информационно насыщены, поскольку в них содержится та же информация, что и в нескольких (в данном случае в  $r$ ) матрицах парных сравнений. И, как правило, решающие матрицы не квадратные.

Если теперь по правилам матричной алгебры (приложение 2) *слева* умножить матрицу-строку  $x$  на прямоугольную решающую матрицу  $Y$

$$x \times Y = (x_1, x_2, \dots, x_k) \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & \dots & y_{1r} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & \dots & y_{2r} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & \dots & y_{3r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{k1} & y_{k2} & y_{k3} & \dots & y_{kr} \end{pmatrix} = y^*, \quad (2.132)$$

то в получившейся матрице-строке  $y^*$  будут содержаться относительные значимости среднесрочных задач по отношению не к какому-то конкретному типу долгосрочных задач, а к агрегатной стратегической цели.

Действительно, рассмотрим 1-ю среднесрочную задачу. По отношению к 1-му типу деятельности ее значимость равна  $y_{11}$ , но значимость 1-го типа по отношению к агрегатной цели составляет  $x_1$ . Отсюда вклад 1-й среднесрочной задачи в общую цель по линии 1-го типа деятельности предприятия составит произведение  $x_1$  и  $y_{11}$ . Аналогично, вклад 1-й среднесрочной задачи в общую цель по линии 2-го типа будет равен произведению  $x_2$  и  $y_{21}$ , а суммарно от всех среднесрочных задач

$$y_1^* = \sum_{j=1}^k x_j y_{j1}. \quad (2.133)$$

Однако эта сумма как раз и соответствует правилу умножения матриц (2.132), поэтому матричное произведение действительно определяет относительные вклады различных среднесрочных задач в достижение общей цели.

Нетрудно показать, что сумма всех элементов результирующей матрицы-строки будет равна 1, т. е. условие ее нормирования на 1 автоматически сохраняется. Для доказательства достаточно вспомнить основы теории вероятности, в частности достаточно простую формулу полной вероятности [242].

Далее проведем следующие аналогии:

$x_j \rightarrow P(A_j)$  — условная вероятность события  $A_j$ ;

$y_{js} \rightarrow P(B_s|A_j)$  — условная вероятность события  $B_s$  при наступлении события  $A_j$ ;  $s = 1, 2, \dots, r$ ;

– вероятность наступления события  $B_s$ :

$$y_s^* \rightarrow \sum_{j=1}^k P_j(AB) = \sum_{j=1}^k P_j(A)P(B_s|A_j). \quad (2.134)$$

Теперь

$$\sum_{s=1}^r P(B_s) = 1 \rightarrow \sum_{s=1}^r y_s^* = 1. \quad (2.135)$$

В дальнейшем значимости  $y_s^*$  условно называются абсолютными. *Абсолютными* потому, что они связаны не с промежуточной, а с агрегатной целью, а *условно* потому, что они все же выражены в некотором масштабе, который нормирует их сумму на 1.

Итак, нам удалось определить относительные значимости среднесрочных задач для достижения общей цели — обеспечения заданной эффективности работы АСПВБ. Далее по аналогии для установления относительных значимостей различных направлений деятельности предприятия определяем их значимости для решения каждой среднесрочной задачи и из полученных строк формируем прямоугольную решающую матрицу:

$$ZN = \begin{pmatrix} zn_{11} & zn_{12} & zn_{13} & \dots & zn_{1m} \\ zn_{21} & zn_{22} & zn_{23} & \dots & zn_{2m} \\ zn_{31} & zn_{32} & zn_{33} & \dots & zn_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ zn_{r1} & zn_{r2} & zn_{r3} & \dots & zn_{rm} \end{pmatrix}, \quad (2.136)$$

где  $m$  — общее количество основных направлений деятельности.

Если теперь матрицу-строку  $y^*$  слева умножить на решающую матрицу  $ZN$ , то получим абсолютные значимости направлений деятельности, которые содержатся в матрице-строке  $z^*$ . Запишем это в компактной форме без явного обозначения всех матриц в виде таблиц:

$$y^* \times ZN = x \times Y \times ZN = z^*. \quad (2.137)$$

И здесь сумма всех элементов матрицы-строки  $z^*$  равна 1.

Для установления относительных значимостей различных кластеров (блоков) мероприятий (работ) определяем их значимости для каждого направления деятельности и из полученных строк формируем прямоугольную решающую матрицу:

$$WK = \begin{pmatrix} wk_{11} & wk_{12} & wk_{13} & \dots & wk_{1f} \\ wk_{21} & wk_{22} & wk_{23} & \dots & wk_{2f} \\ wk_{31} & wk_{32} & wk_{33} & \dots & wk_{3f} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ wk_{m1} & wk_{m2} & wk_{m3} & \dots & wk_{mf} \end{pmatrix}, \quad (2.138)$$

где  $f$  — общее количество кластеров мероприятий (работ) в рассматриваемом плановом периоде.

Умножая слева  $\mathbf{z}^*$  на  $WK$ , получим вектор-строку  $\mathbf{w}_k^*$  значимости различных кластеров (блоков) мероприятий. Опять запишем это в компактной форме без явного обозначения всех матриц:

$$\mathbf{z}^* \times WK = \mathbf{x} \times Y \times ZN \times WK = \mathbf{w}_k^*. \quad (2.139)$$

Последний шаг: для установления относительных значимостей различных мероприятий определяем их значимости в каждом кластере и из полученных матриц-строк формируем прямоугольную решающую матрицу  $UM$ :

$$UM = \begin{pmatrix} um_{11} & um_{12} & um_{13} & \dots & um_{1n} \\ um_{21} & um_{22} & um_{23} & \dots & um_{2n} \\ um_{31} & um_{32} & um_{33} & \dots & um_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ um_{f1} & um_{f2} & um_{f3} & \dots & um_{fn} \end{pmatrix}, \quad (2.140)$$

где  $n$  — количество мероприятий (работ).

Умножая слева  $\mathbf{w}_k^*$  на  $UM$ , получим вектор-строку  $\mathbf{u}_m^*$  значимостей различных мероприятий. Опять запишем это в компактной форме без явного обозначения всех матриц:

$$\mathbf{w}_k^* \times UM = \mathbf{x} \times Y \times ZN \times WK \times UM = \mathbf{u}_m^*. \quad (2.141)$$

Для задачи анализа шестиуровневой иерархии получение матрицы  $\mathbf{u}_m^*$  является конечным результатом: определены значимости различных конкретных мероприятий (работ) для достижения основной цели предприятия по повышению эффективности работы АСПВБ в особых условиях.

Используя  $\mathbf{u}_m^*$ , теперь можно легко установить ожидаемые значимости всех мероприятий (работ) по их вкладу в обобщенный показатель качества деятельности предприятия по заданному направлению. Достаточно очевидно, что

$$\beta_i = u_{mi}^*. \quad (2.142)$$

С использованием предложенных выше методов удалось распутать эту паутину из стрелок и промежуточных целей и получить достаточно внятный и понятный результат. Часто применяемое условие нормирования суммы

значимостей факторов на 1, которое сначала представлялось как нечто искусственное, оказывалось весьма полезным. Не нужно заботиться о масштабах величин, пробираясь сквозь запутанную иерархическую схему: они согласуются автоматически.

Таким образом, решены задачи формализации в системах стратегического динамического планирования путем разработки методики определения значимостей различных мероприятий (работ) при номинальном уровне их ресурсного обеспечения. Последнее обстоятельство особенно важно в особых условиях, так как их наличие предполагает недостаток финансовых, а следовательно, материальных и трудовых ресурсов при обеспечении комплексной безопасности на объекте ТЭК и достижении заданного уровня эффективности работы АСПВБ.

Получение обобщенного показателя качества деятельности предприятия по заданному направлению (2.142) является основной целью в решении формализованной задачи стратегического планирования в виде (2.141). С учетом особых условий можно говорить, что математическая постановка задачи исследования звучит следующим образом.

Заданы агрегатная цель и уровни иерархической схемы взаимосвязи с ней мероприятий, выполняемых в целях обеспечения безопасности на объекте ТЭК. Задан требуемый уровень эффективности работы АСПВБ объекта ТЭК с учетом резкого роста объемов производственных мощностей и обрабатываемой информации, а также ограничений на применяемое оборудование на пожароопасных объектах. Требуется разработать набор планов обеспечения комплексной безопасности и противопожарных мероприятий на объекте ТЭК при ограничениях особых условий таким образом, чтобы установленные показатели эффективности работы АСПВБ соблюдались.

В качестве решения озвученной проблемы в данной математической постановке может использоваться приведенный в данном подразделе математический аппарат: (2.70) дает в краткой форме запись основных расчетов



для достижения требуемой агрегатной цели, а (2.142) определяет состав нормированных коэффициентов, используемых для расчетов.

Таким образом, в данном подразделе была получена формула для расчета агрегатного показателя эффективности работы АСПВБ объекта ТЭК в особых условиях. Благодаря ей была сформулирована обобщенная математическая постановка задачи исследования. При этом установлено, что формальное решение задачи о стратегическом планировании на объекте ТЭК мероприятий по обеспечению комплексной безопасности и достижении заданного уровня эффективности работы подсистем АСПВБ в указанной постановке может применяться для решения сходных по форме проблем в других прикладных областях.

## **2.5 Выводы по главе 2**

1. Применение методов стратегического планирования к вопросам повышения эффективности работы АСУТП при резком возрастании объемов производственных мощностей и обрабатываемой информации, а также ограничений на применяемое оборудование на пожароопасных объектах в особых условиях позволяет обеспечить достижение необходимого уровня комплексной безопасности в АСПВБ на объектах ТЭК.

2. Модели математической реализации достижения организационно-технической системой (АСПВБ) долгосрочных целей обеспечения безопасности на объектах ТЭК могут определяться при решении в различных постановках задач динамического стратегического планирования для повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях с использованием математического программирования.

3. С этой целью предложены и обоснованы решения математических задач повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях с одним ограничением (полноценным и произвольным финансированием), повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях с несколькими ограничениями и общего случая решения оптимизационной задачи для повышения

эффективности работы АСПВБ в особых условиях. Для каждой из задач предложен интегральный показатель, регистрирующий достижение АСПВБ требуемого уровня эффективности работы.

4. Для каждого варианта решения указанных задач в требуемой постановке предложены алгоритмы, реализованные в качестве программ для ЭВМ.

5. Задачи в указанной постановке являются типовыми для решения ряда задач управления и могут служить математической основой для обоснования других направлений исследований как в области пожарной безопасности, так и в иных отраслях.

6. Сформулированная обобщенная математическая постановка задачи исследования имеет вид формулы для расчета агрегатного показателя уровня эффективности работы АСПВБ объектов ТЭК с учетом особых условий.

7. Формальное решение задачи о стратегическом планировании на объектах ТЭК мероприятий по обеспечению комплексной безопасности и достижению заданного уровня эффективности работы АСПВБ в обобщенной постановке может применяться для решения сходных по форме проблем в других прикладных областях.

### **ГЛАВА 3 Интеллектуальная технология организационного управления эффективностью систем пожаровзрывобезопасности**

В предыдущей главе были рассмотрены математические аспекты применения методов стратегического планирования к вопросам обеспечения эффективности работы АСУТП при резком возрастании объемов производственных мощностей и обрабатываемой информации, а также ограничений на применяемое оборудование на пожароопасных объектах в особых условиях. В итоге была предложена обобщенная математическая постановка задачи исследования определения значимостей различных мероприятий (работ), которые предполагается провести на предприятии в течение очередного планового периода.

Для того чтобы проследить их реализацию и наглядно продемонстрировать практическое воплощение решения этой задачи, ниже представлены технология и результаты ее применения для условно-расчетного предприятия ТЭК. При этом предполагается, что рассматриваемое условно-расчетное НПП имеет конкретные задачи по пожаровзрывобезопасности, что позволит более четко обозначить основные особенности предложенного подхода [238, 243, 244].

#### **3.1 Определение значимостей основных типов долгосрочных задач условно-расчетного предприятия топливно-энергетического комплекса**

Как правило, одной из главных стратегических целей любого предприятия может быть получение в пределах горизонта планирования максимального дисконтированного дохода или прибыли. Однако достижение этой цели зависит в том числе и от обеспечения пожаровзрывобезопасности на выбранном объекте ТЭК.

Стратегическая цель условно-расчетного предприятия ТЭК по обеспечению пожаровзрывобезопасности [16] может быть структурирована по типам основных долгосрочных задач (таблица 3.1).

Таблица 3.1 — Структура типов задач объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности (2-й уровень)

Номер типа	Описание типа задач
2.1	Предотвращение пожаров и взрывов
2.2	Обеспечение пожаровзрывозащиты
2.3	Организационно-технические мероприятия по пожаровзрывозащите
2.4	Обеспечение квалифицированными кадрами

В иерархии целевых установок стратегическая цель — фактор наиболее высокого 1-го уровня, а типы долгосрочных задач — промежуточные цели 2-го иерархического уровня.

Руководство предприятия, располагая всей доступной информацией, в пределах горизонта среднесрочного планирования должно максимально точно оценить важность развития этих направлений: от этого будет зависеть успешность обеспечения эффективности работы АСПВБ не только в очередном периоде, но и во всех последующих.

Для повышения точности оценок руководство с помощью аналитиков может сформировать матрицу парных сравнений значимостей различных типов долгосрочных задач. Возможный вид такой матрицы представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 — Матрица сравнений долгосрочных задач по пожаровзрывобезопасности

Номер типа задач	1	2	3	4
1	1	0,3	0,2	0,1
2		1	0,7	0,3
3			1	0,5
4				1

Для снижения трудозатрат при формировании обратно симметричных матриц парных сравнений заполняются только те ячейки таблиц, которые расположены над главной диагональю; значения в нижних ячейках определяются автоматически. Это замечание относится ко всем остальным матрицам парных сравнений, которые будут рассмотрены ниже, и поэтому далее не обсуждается.

Если говорить о существовании проведенных экспертных оценок, то из таблицы 3.1 видно, что в пределах горизонта планирования значимость долгосрочной промежуточной цели «Предотвращение пожаров и взрывов» примерно втрое превышает значимость промежуточной цели «Обеспечение пожаровзрывозащиты» и впятеро — цели «Организационно-технические мероприятия по пожаровзрывозащите». Данные оценки являются предположительными и используются исключительно для демонстрации технологии решения задач, поставленных в исследовании. В реальной жизни это соотношение, возможно, будет иным. Соотношение относительных значимостей различных промежуточных целей для выбранного нами условно-расчетного предприятия как раз и представляется матрицей парных сравнений.

Обработка этой, а также всех последующих обратно симметричных матриц парных сравнений проводится по соотношению (2.52). Результаты представляются в виде прямоугольных диаграмм, в данном случае диаграммой, приведенной на рисунке 3.1. Полученные данные также можно записать в виде таблицы, которая имеет одну строку (таблица 3.3).

Никакой дополнительной информации в этой таблице не содержится, но записать ее все же полезно для унификации этапов анализа, так как она представляет собой *решающую матрицу* для 1-го иерархического уровня.

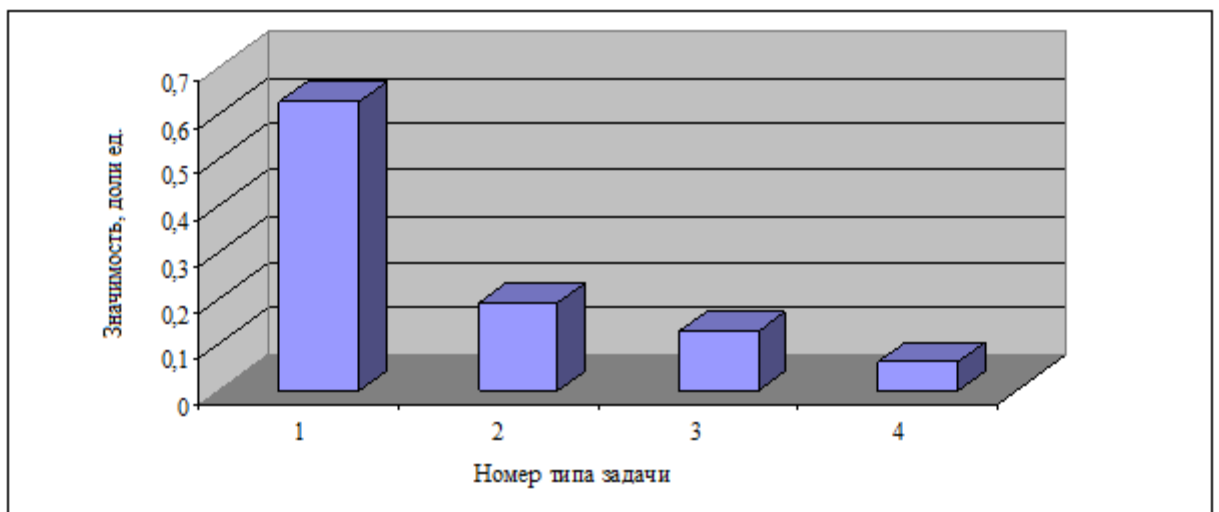


Рисунок 3.1 — Значимости типов долгосрочных задач объекта ТЭК

Таблица 3.3 — Решающая матрица для типов долгосрочных задач

Номер типа долгосрочных задач			
1	2	3	4
0,623	0,189	0,126	0,06

Таким образом, согласно [16] были установлены типы долгосрочных задач объекта ТЭК в соответствии с выбранной агрегатной целью — обеспечением пожаровзрывобезопасности. Выбранных типов всего четыре, и они влияют на достижение АСПВБ объекта ТЭК требуемого уровня эффективности работы, который обеспечивается своевременным проведением стабилизирующих мероприятий на ОЗ, а для этого необходимо разработать научно обоснованные планы работ по месту их применения. Реализация выбранного подхода показывает, что решающая матрица для типов долгосрочных задач имеет всего одну строку.

### 3.2 Определение значимостей среднесрочных задач условно-расчетного предприятия топливно-энергетического комплекса

Структуризация целевых установок для достижения промежуточных целей 2-го иерархического уровня — уровня среднесрочных задач обеспечения эффективности работы системы пожаровзрывозащиты объекта ТЭК представлена в таблице 3.4. Долгосрочные задачи условно разбиты на четыре блока — типы задач. Согласно [16] выберем наиболее значимые для целей исследования мероприятия по пожаровзрывозащите (см. таблицу 3.4).

Среднесрочные задачи внутри каждого блока ориентированы в основном на один тип задач, но не исключается, что некоторые среднесрочные задачи могут «работать» и на другие типы задач. На практике такая ситуация довольно типична.

В графе 3 таблицы 3.4 для каждой среднесрочной задачи обозначены формирующие ее основные целевые типы долгосрочных задач в соответствии с [16]. Например, если для некоторой задачи указано «1, 2», то это означает, что она «работает» главным образом на типы 1 и 2.



Здесь все просто и понятно: закрашенные темным цветом ячейки определяют взаимосвязь факторов нижнего уровня (их номера указаны в графах) с факторами более высокого иерархического уровня (их номера находятся в строках таблицы).

Подобные таблицы далее называются целевыми матрицами. Из них, в частности, видно, что с некоторой промежуточной целью 2-го уровня связаны не все, а только часть факторов 3-го уровня. Поэтому при формировании матриц парных сравнений их значимостей для реализации этой цели логично оперировать только значимыми факторами, игнорируя незначимые. Значимости остальных факторов с точки зрения рассматриваемой промежуточной цели равны 0. С учетом этого построим матрицу для первой промежуточной цели в виде таблицы 3.6. Описание значимых факторов, представленных в таблице 3.6 и на рисунке 3.2, приведено в таблице 3.4.

Таблица 3.6 — Промежуточная цель 2.1 «Предотвращение пожаров и взрывов»

Номер задачи	1	2	3	4	10	11	12	13	14
1	1	2	0,5	0,7	0,3	0,3	0,5	0,05	0,05
2		1	0,25	0,3	0,15	0,15	0,25	0,03	0,03
3			1	1,5	0,6	0,6	1	0,1	0,1
4				1	0,4	0,4	0,7	0,07	0,07
10					1	1	1,5	0,2	0,2
11						1	1,5	0,2	0,2
12							1	0,1	0,1
13								1	1
14									1

В таблице 3.6 представлены следующие значимые факторы, используемые в матрице [16]:

«1 — Предотвращение образования взрывоопасной газо- и паровоздушной среды;

2 — Предотвращение образования горючей среды;

3 — Предотвращение образования во взрывоопасной и горючей средах (или внесении в них) источников зажигания;

4 — Взаимодействие с пожарной охраной МЧС, с городскими и другими заводскими системами и службами безопасности, с АСУТП;



**10** — Применение средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожаров и взрывов;

**11** — Применение средств автоматической и автоматизированной защиты технологического оборудования от несанкционированных ошибочных действий персонала и техногенного терроризма, которые могут явиться причинами пожаров и взрывов;

**12** — Обеспечение необходимой информацией работников пожарной охраны и персонала;

**13** — Поиск и закрепление квалифицированного персонала;

**14** — Организация обучения персонала правилам пожаровзрывобезопасности и пропаганды мер по борьбе с пожарами и взрывами».

Обработав эту матрицу, получим набор значимостей целей 3-го иерархического уровня для достижения промежуточной цели «Предотвращение пожаров и взрывов». На основе полученных данных построим прямоугольную диаграмму (рисунок 3.2), на которой представлены только значимые факторы.

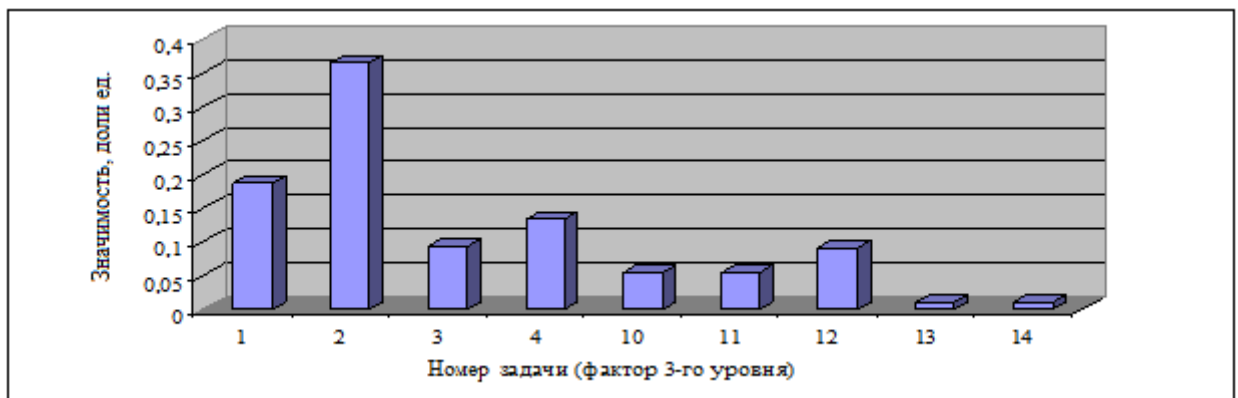


Рисунок 3.2 — Значимости среднесрочных задач объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности для реализации промежуточной цели «Предотвращение пожаров и взрывов»

Далее будет применяться аналогичная схема анализа: будут обозначаться только значимые для достижения некоторой промежуточной цели факторы. Внимание на этой особенности специально заостряться не будет.

Для определения значимости факторов 3-го иерархического уровня, ориентированных на промежуточную цель «Обеспечение пожаровзрывозащиты», сформируем другую матрицу парных сравнений (таблица 3.7).

Обработав эту матрицу, получим набор важностей факторов, значимых для достижения указанной цели (рисунок 3.3).

Таблица 3.7 — Промежуточная цель 2.2 «Обеспечение пожаровзрывозащиты»

Номер задачи	5	6	7	8	9	10	11	14
5	1	0,5	0,7	0,5	0,2	0,2	0,3	0,1
6		1	1,5	1	0,4	0,4	0,6	0,2
7			1	0,7	0,3	0,3	0,4	0,15
8				1	0,4	0,4	0,6	0,2
9					1	1	1,5	0,5
10						1	1,5	0,5
11							1	0,3
14								1

Значимые факторы, используемые в матрице (см. таблицу 3.4) [16]:

**5** — Применение средств пожаротушения и пожарной техники;

**6** — Применение автоматических систем локализации и подавления взрывов, установок пожарной сигнализации и пожаротушения;

**7** — Применение основных строительных конструкций и материалов с нормированными показателями пожаровзрывобезопасности;

**8** — Применение пропитки конструкций антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов);

**9** — Применение устройств, ограничивающих распространение пожара;

**10** — Применение средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожаров и взрывов;

**11** — Применение средств автоматической и автоматизированной защиты технологического оборудования от несанкционированных ошибочных действий персонала и техногенного терроризма, которые могут явиться причинами пожаров и взрывов;

**14** — Организация обучения персонала правилам пожаровзрывобезопасности и пропаганды мер по борьбе с пожарами и взрывами».

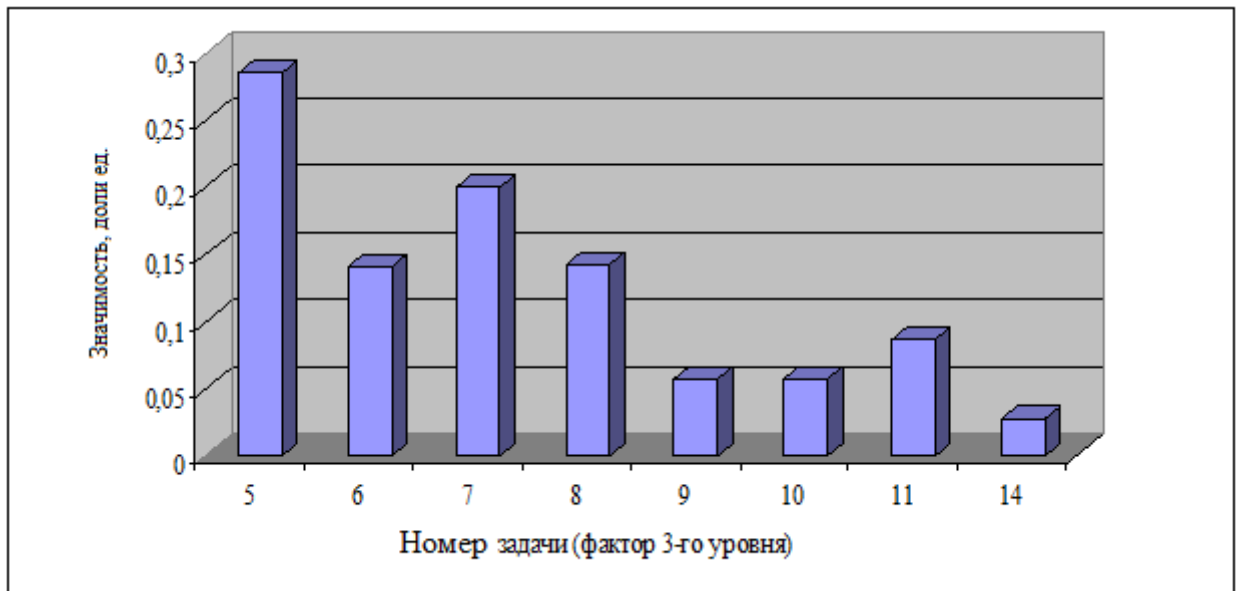


Рисунок 3.3 — Значимости среднесрочных задач объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности для реализации промежуточной цели «Обеспечение пожаровзрывозащиты»

Далее без комментариев для оставшихся 3-й и 4-й промежуточных целей 2-го уровня сформируем таблицы 3.8 и 3.9 и построим диаграммы (рисунки 3.4 и 3.5).

Таблица 3.8 — Промежуточная цель 2.3 «Организационно-технические мероприятия по пожаровзрывозащите»

Номер задачи	10	11	12
10	1	0,5	0,5
11		1	0,3
12			1

Значимые факторы, используемые в матрице (см. таблицу 3.4) [16]:

**10** — Применение средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожаров и взрывов;

**11** — Применение средств автоматической и автоматизированной защиты технологического оборудования от несанкционированных ошибочных действий персонала и техногенного терроризма, которые могут явиться причинами пожаров и взрывов;

**12** — Обеспечение необходимой информацией работников пожарной охраны и персонала».

Таблица 3.9 — Промежуточная цель 2.4 «Обеспечение квалифицированными кадрами»

Номер задачи	1	2	5	13	14
1	1	1,5	0,3	1,5	1
2		1	0,2	1	0,7
5			1	5	3
13				1	0,7
14					1

Значимые факторы:

- 1 — Предотвращение образования взрывоопасной газо- и паровоздушной среды;
- 2 — Предотвращение образования горючей среды;
- 5 — Применение средств пожаротушения и пожарной техники;
- 13 — Поиск и закрепление квалифицированного персонала;
- 14 — Организация обучения персонала правилам пожаровзрывобезопасности и пропаганды мер по борьбе с пожарами и взрывами.

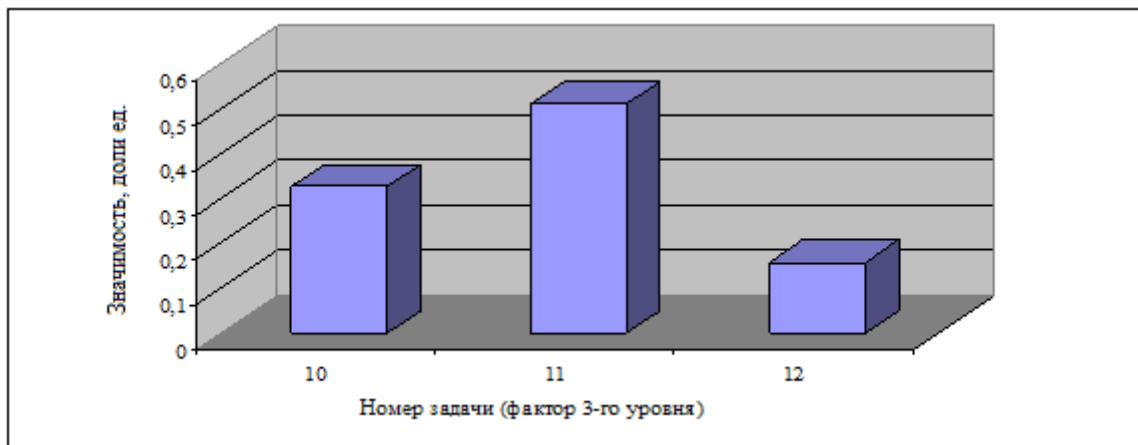


Рисунок 3.4 — Значимости среднесрочных задач объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности для реализации промежуточной цели «Организационно-технические мероприятия по пожаровзрывозащите»

Выше уже рассматривался вопрос об отклонениях в транзитивности при формировании матриц парных сравнений. Эта информация в некоторой степени может характеризовать точность метода парных сравнений. На рисунке 3.6 представлена диаграмма, на которой приведены значения параметра  $\sigma^2_0$  для четырех рассмотренных матриц парных сравнений. Часто подобная информация стимулирует проведение корректировок и повышение точности результатов.

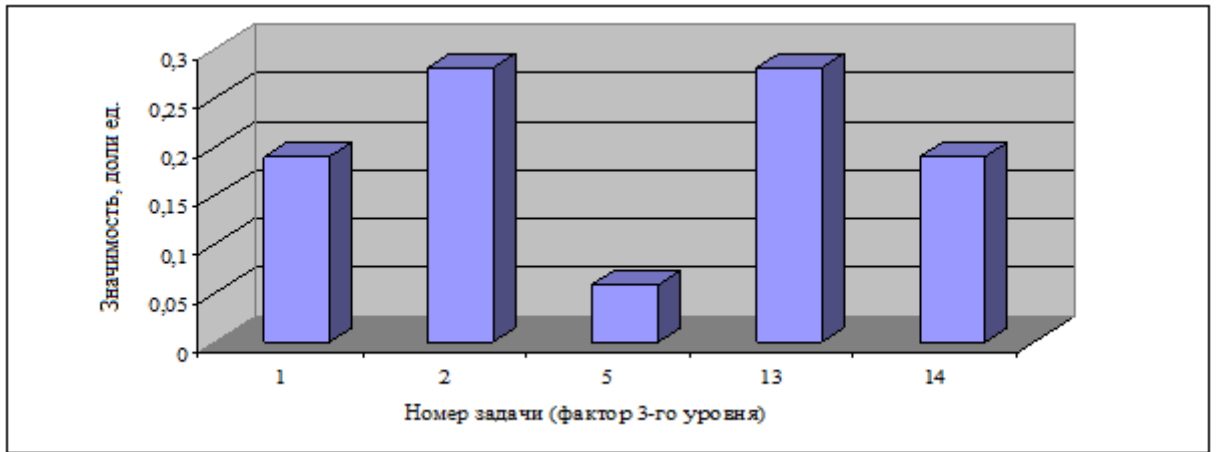


Рисунок 3.5 — Значимости среднесрочных задач объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности для реализации промежуточной цели «Обеспечение квалифицированными кадрами»

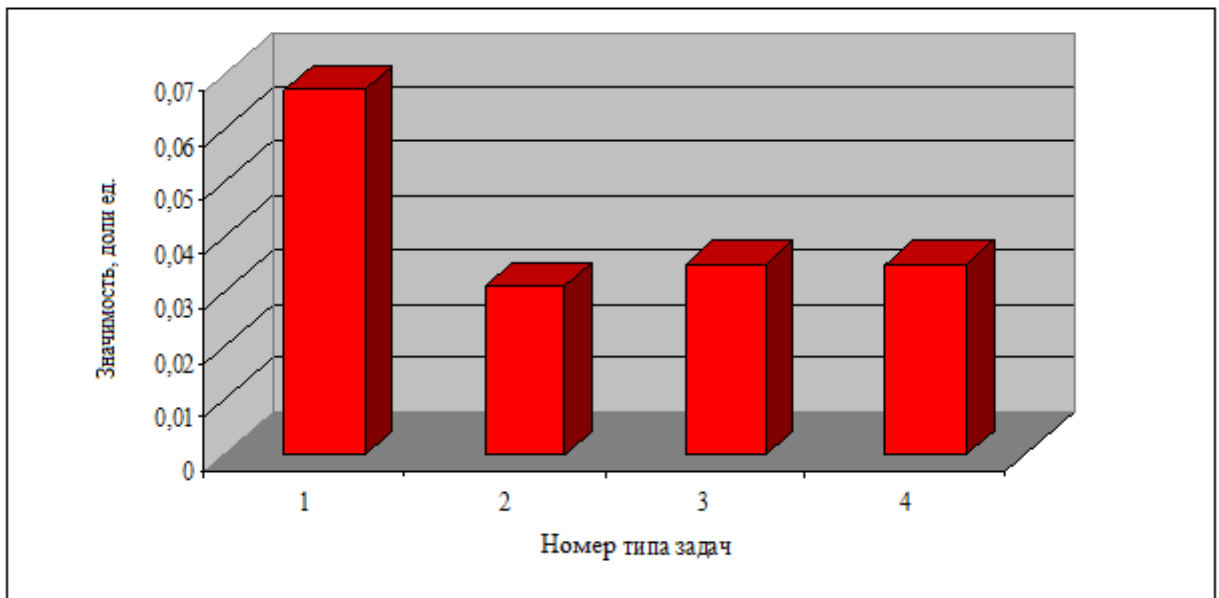


Рисунок 3.6 — Показатели согласованности матриц парных сравнений значимостей среднесрочных задач объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности

Таким образом, в результате серии проведенных экспертных оценок и обработки их результатов появилась возможность сформировать решающую матрицу уровня 2 (таблица 3.10). По форме и структуре она напоминает целевую матрицу (см. таблицу 3.5), но отличается от нее тем, что теперь указаны не просто факторы, значимые для достижения некоторых промежуточных целей, но установлена степень их влияния. Поэтому решающая матрица значительно более информативна, чем целевая.

Таблица 3.10 — Факторы, значимые для достижения промежуточных целей 2-го уровня, и степень их влияния на обеспечение пожаровзрывобезопасности

		Номер функциональной задачи													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Номер типа задач	1	0,187	0,366	0,093	0,133	0	0	0	0	0	0,054	0,054	0,091	0,01	0,01
	2	0	0	0	0	0,285	0,141	0,2	0,142	0,057	0,057	0,086	0	0	0,028
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,329	0,511	0,159	0	0
	4	0,189	0,281	0	0	0,058	0	0	0	0	0	0	0	0,281	0,189

При перемножении решающих матриц 1-го и 2-го иерархических уровней можно получить абсолютные значимости факторов уровня 3. Эти данные представлены на рисунке 3.7.

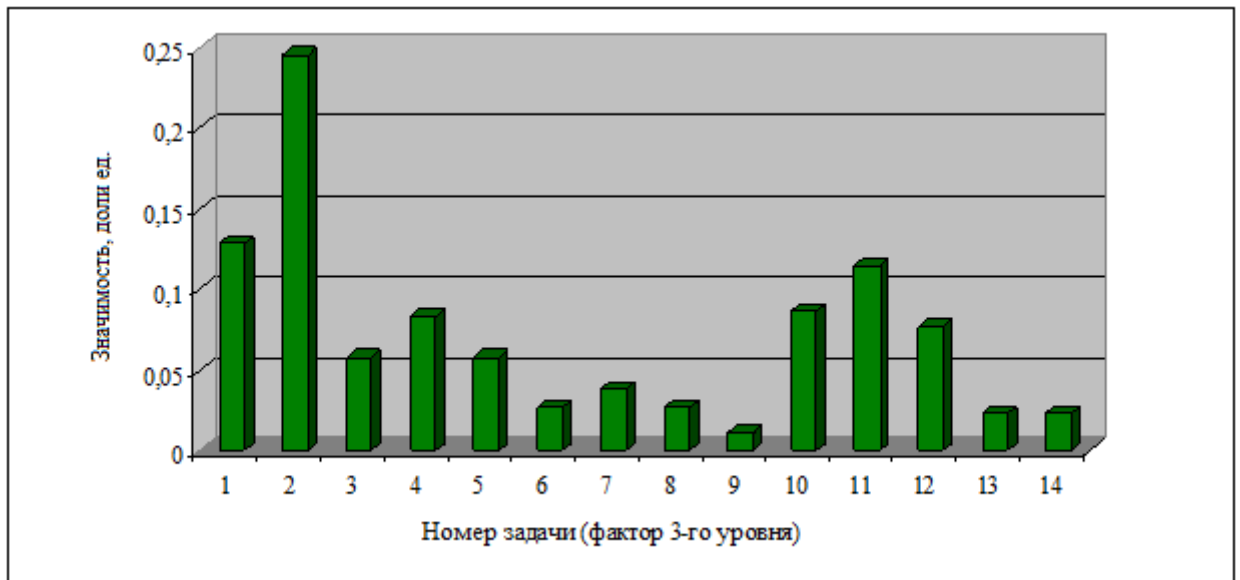


Рисунок 3.7 — Абсолютные значимости среднесрочных задач для реализации стратегической цели объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности

Таким образом, все предложенные действия выполнены в соответствии с решением задачи исследования в обобщенной постановке. Они позволяют определить значимости среднесрочных задач при реализации стратегической цели условно-расчетного предприятия ТЭК по пожаровзрывобезопасности. Это возможно за счет использования нормированных значений факторов и степени их влияния на достижение промежуточных целей объекта ТЭК на указанном направлении.

Теперь рассмотрим определения значимостей аналогичных факторов на следующем уровне иерархии планов.

### 3.3 Определение значимостей основных направлений деятельности объекта топливно-энергетического комплекса по пожаровзрывобезопасности

Продолжим детализацию в построении планов применительно к направлениям деятельности, факторам 4-го иерархического уровня. Для определения их значений применим схему анализа, представленную в предыдущем разделе. Так как в используемом источнике в качестве объектов применения организационно-технических мероприятий рассматривается НПЗ, будем далее в данном разделе в качестве объекта ТЭК рассматривать НПЗ, подразумевая, что для прочих объектов ТЭК рассматриваемая технология будет аналогичной.

Перечень направлений деятельности НПЗ (исходя из [16, 245]) приведен в таблице 3.11, а целевая матрица — в таблице 3.12.

Таблица 3.11 — Перечень направлений деятельности НПЗ по пожаровзрывобезопасности

Номер задачи	Направление деятельности (4-й уровень)	Номер типа задач
4.1	Сбор и обработка информации, необходимой для анализа состояния технологического оборудования	1, 2, 3
4.2	Регистрация отклонений от нормы работы технологического оборудования	2, 3, 4
4.3	Прогнозирование возможных последствий отклонений в работе технологического оборудования, а также последствий возникновения взрывов и пожаров	1
4.4	Предоставление информации о нарушениях технологического процесса, создающих опасность взрывов и пожаров, прогнозов по развитию предпожарных и взрывоопасных ситуаций	1, 5, 6, 7, 8, 9
4.5	Предоставление информации о работоспособности подсистемы и рекомендаций по ликвидации предпожарных и взрывоопасных режимов	4, 5, 6, 7, 8, 9
4.6	Управление техническими устройствами сигнализации о предпожарных и взрывоопасных режимах и устройствами ликвидации аварийных режимов	13, 14
4.7	Передача информации в АСУТП для отработки необходимых изменений в технологическом процессе функционирования	10, 11, 13, 14
4.8	Обеспечение инженерно-техническим персоналом	10, 11, 13, 14
4.9	Обеспечение управленческими кадрами	10, 13, 14
4.10	Совершенствование системы управления пожаровзрывобезопасностью на НПЗ	10, 11, 14
4.11	Повышение уровня надежности первого уровня информирования ЛПР в АСУТП	2, 3, 4, 5, 6
4.12	Мониторинг пожаровзрывоопасных компонентов на НПЗ и в окружающей среде: атмосфере, сточных водах, почве	12

Таблица 3.12 — Целевая матрица основных направлений деятельности НПП по пожаровзрывобезопасности

		Номер направления деятельности											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Номер функциональной задачи	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												
	8												
	9												
	10												
	11												
	12												
	13												
	14												

Для цели 3.1 (см таблицу 3.4) построим таблицу 3.13 с использованием трех значимых факторов, взятых из таблицы 3.11.

Таблица 3.13 — Промежуточная цель 3.1 «Предотвращение образования взрывоопасной газо- и паровоздушной среды»

Номер направления	1	3	4
1	1	2	0,4
3		1	0,25
4			1

Значимые факторы [245]:

«1 — Сбор и обработка информации, необходимой для анализа состояния технологического оборудования;

3 — Прогнозирование возможных последствий отклонений в работе технологического оборудования, а также последствий возникновения взрывов и пожаров;

4 — Предоставление информации о нарушениях технологического процесса, создающих опасность взрывов и пожаров, прогнозов по развитию предпожарных и взрывоопасных ситуаций».



На основе значимостей направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.13 построим диаграмму (рисунок 3.8).

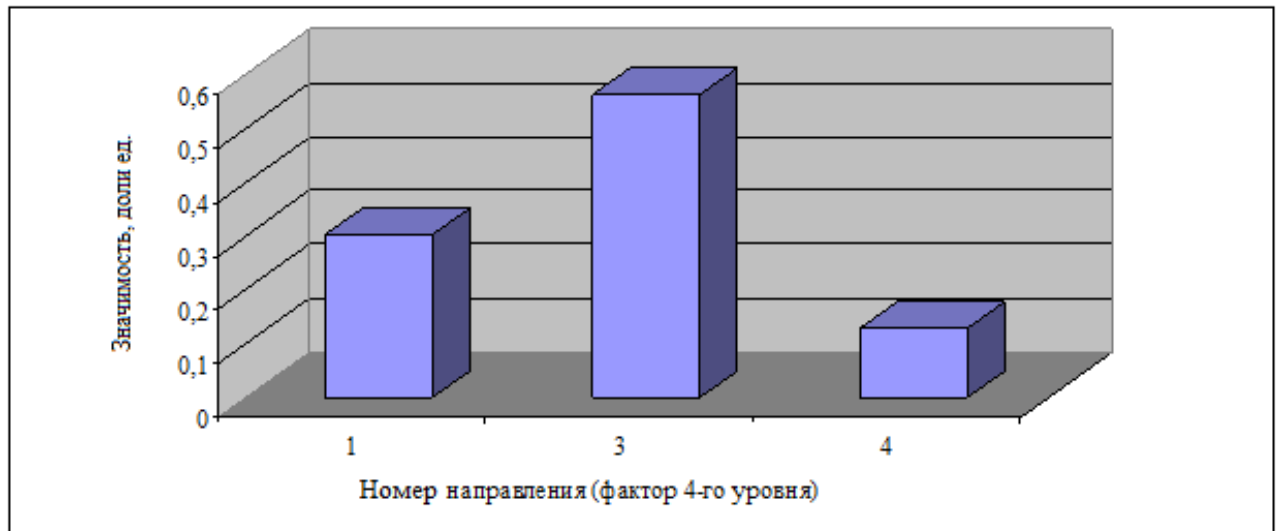


Рисунок 3.8 — Значимости направлений деятельности НПП для реализации промежуточной цели «Предотвращение образования взрывоопасной газо- и паровоздушной среды»

Для цели 3.2 (см. таблицу 3.4) имеем таблицу 3.14 и три значимых фактора из таблицы 3.11.

Таблица 3.14 — Промежуточная цель 3.2 «Предотвращение образования горючей среды»

Номер направления	1	2	11
1	1	3	0,7
2		1	0,25
11			1

Значимые факторы:

**1** — Сбор и обработка информации, необходимой для анализа состояния технологического оборудования;

**2** — Регистрация отклонений от нормы работы технологического оборудования;

**11** — Повышение уровня надежности первого уровня информирования ЛПП в АСУТП.

Значимости направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.14 имеют вид, представленный на рисунке 3.9.

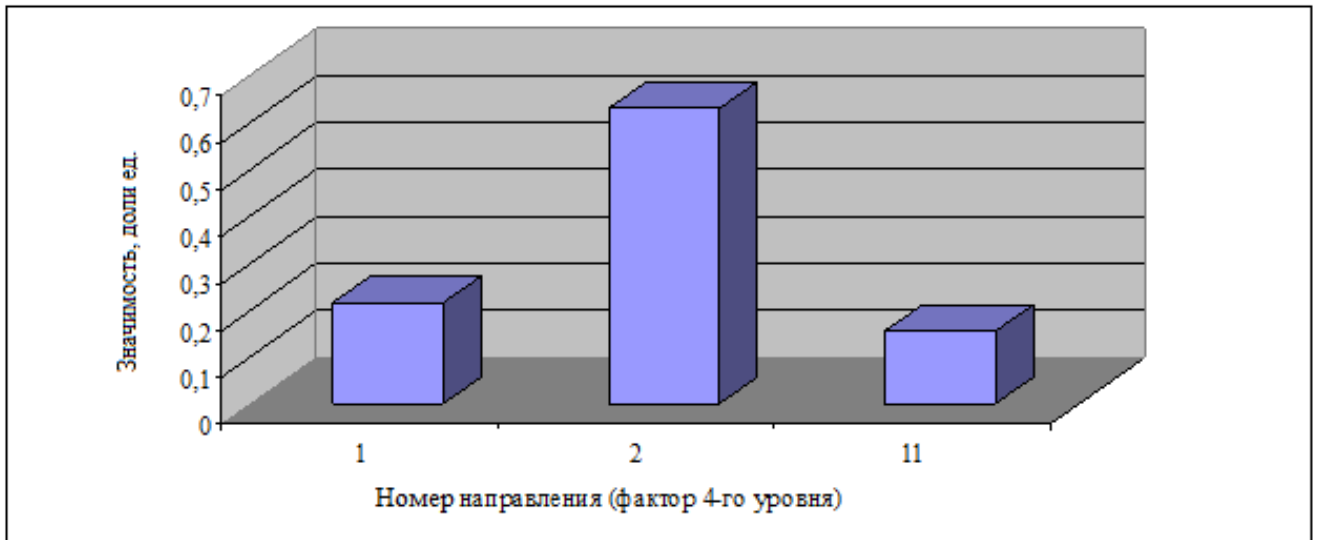


Рисунок 3.9 — Значимости направлений деятельности НПП для реализации промежуточной цели «Предотвращение образования горючей среды»

Для цели 3.3 (см таблицу 3.4) построим таблицу 3.15 и также используем в ней три значимых фактора из таблицы 3.11.

Таблица 3.15 — Промежуточная цель 3.3 «Предотвращение образования во взрывоопасной и горючей средах (или внесения в них) источников зажигания»

Номер направления	1	2	11
1	1	2	0,7
2		1	0,3
11			1

Значимые факторы:

**1** — Сбор и обработка информации, необходимой для анализа состояния технологического оборудования;

**2** — Регистрация отклонений от нормы работы технологического оборудования;

**11** — Повышение уровня надежности первого уровня информирования ЛПР в АСУТП.

Соответствующие значимости направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.15 представлены на рисунке 3.10.

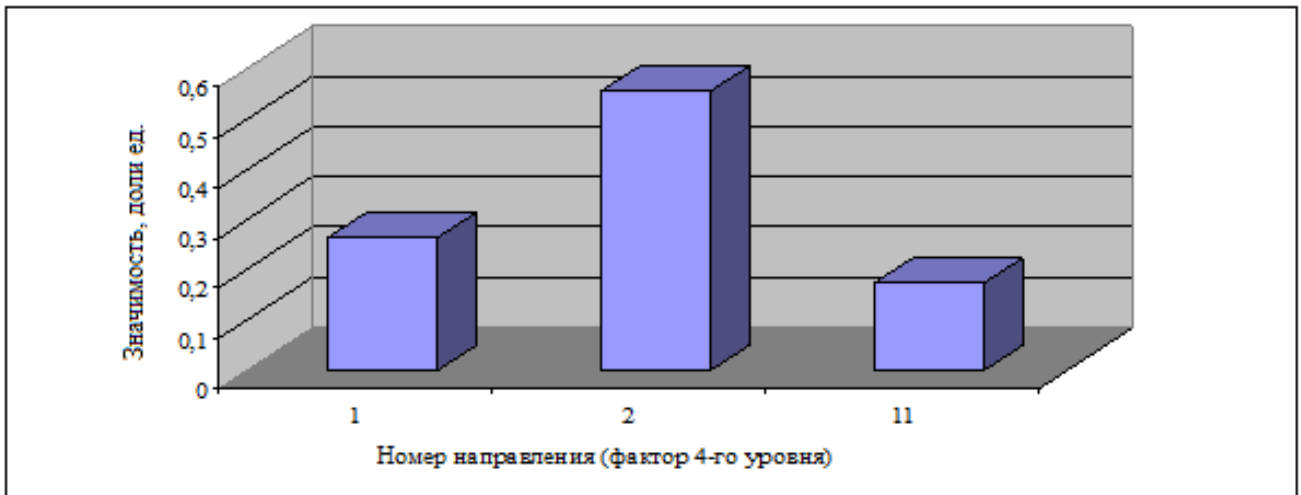


Рисунок 3.10 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Предотвращение образования во взрывоопасной и горючей средах (или внесения в них) источников зажигания»

Цель 3.4 (см таблицу 3.4) порождает таблицу 3.16, в которой используем три значимых фактора из таблицы 3.11.

Таблица 3.16 — Промежуточная цель 3.4 «Взаимодействие с пожарной охраной МЧС, с городскими и другими заводскими системами и службами безопасности, с АСУТП»

Номер направления	2	5	11
2	1	2	0,7
5		1	0,3
11			1

Значимые факторы:

**2** — Регистрация отклонений от нормы работы технологического оборудования;

**5** — Предоставление информации о работоспособности подсистемы и рекомендаций по ликвидации предпожарных и взрывоопасных режимов;

**11** — Повышение уровня надежности первого уровня информирования ЛПР в АСУТП.

Диаграмма, построенная на основе значимостей направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.16, имеет вид, представленный на рисунке 3.11.



Рисунок 3.11 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Взаимодействие с пожарной охраной МЧС, с городскими и другими заводскими системами и службами безопасности, с АСУТП»

Для цели 3.5 (см. таблицу 3.4) построим таблицу 3.17 с использованием также трех значимых факторов из таблицы 3.11.

Таблица 3.17 — Промежуточная цель 3.5 «Применение средств пожаротушения и пожарной техники»

Номер направления	4	5	11
4	1	1	0,5
5		1	0,4
11			1

Значимые факторы:

**4** — Предоставление информации о нарушениях технологического процесса, создающих опасность взрывов и пожаров, прогнозов по развитию предожарных и взрывоопасных ситуаций;

**5** — Предоставление информации о работоспособности подсистемы и рекомендаций по ликвидации предожарных и взрывоопасных режимов;

**11** — Повышение уровня надежности первого уровня информирования ЛПР в АСУТП.

Значимости направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.17 имеют вид, представленный на рисунке 3.12.

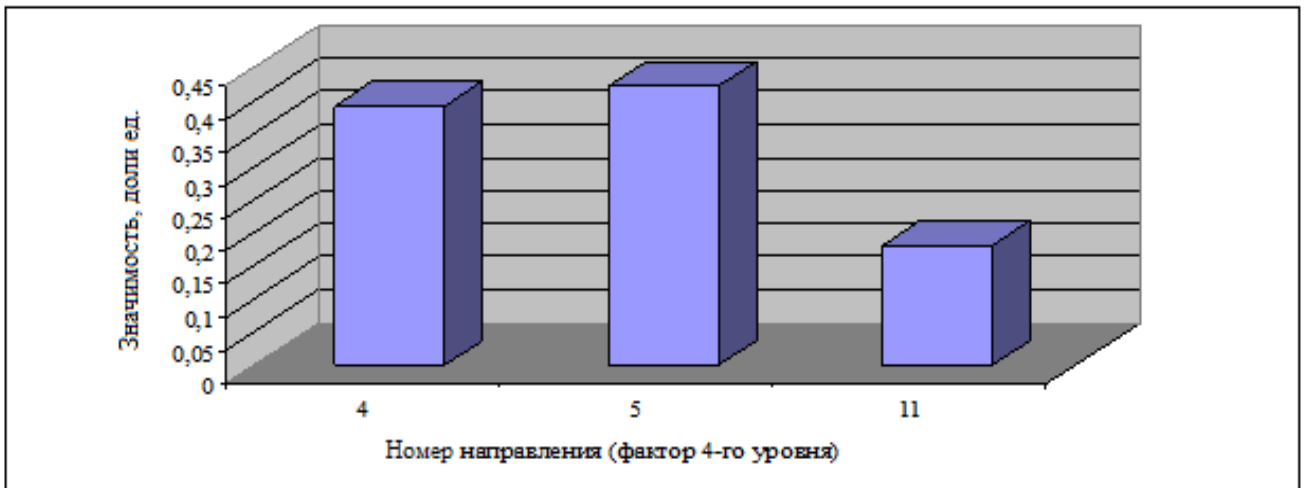


Рисунок 3.12 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Применение средств пожаротушения и пожарной техники»

Цель 3.6 (см. таблицу 3.4) дает нам таблицу 3.18 и также три значимых фактора из таблицы 3.11.

Таблица 3.18 — Промежуточная цель 3.6 «Применение автоматических систем локализации и подавления взрывов, установок пожарной сигнализации и пожаротушения»

Номер направления	4	5	11
4	1	1	0,5
5		1	0,4
11			1

Значимые факторы:

**4** — Предоставление информации о нарушениях технологического процесса, создающих опасность взрывов и пожаров, прогнозов по развитию предпожарных и взрывоопасных ситуаций;

**5** — Предоставление информации о работоспособности подсистемы и рекомендаций по ликвидации предпожарных и взрывоопасных режимов;

**11** — Повышение уровня надежности первого уровня информирования ЛПР в АСУТП.

На основе значимостей направлений деятельности (см. таблицу 3.18) строим диаграмму (рисунок 3.13).

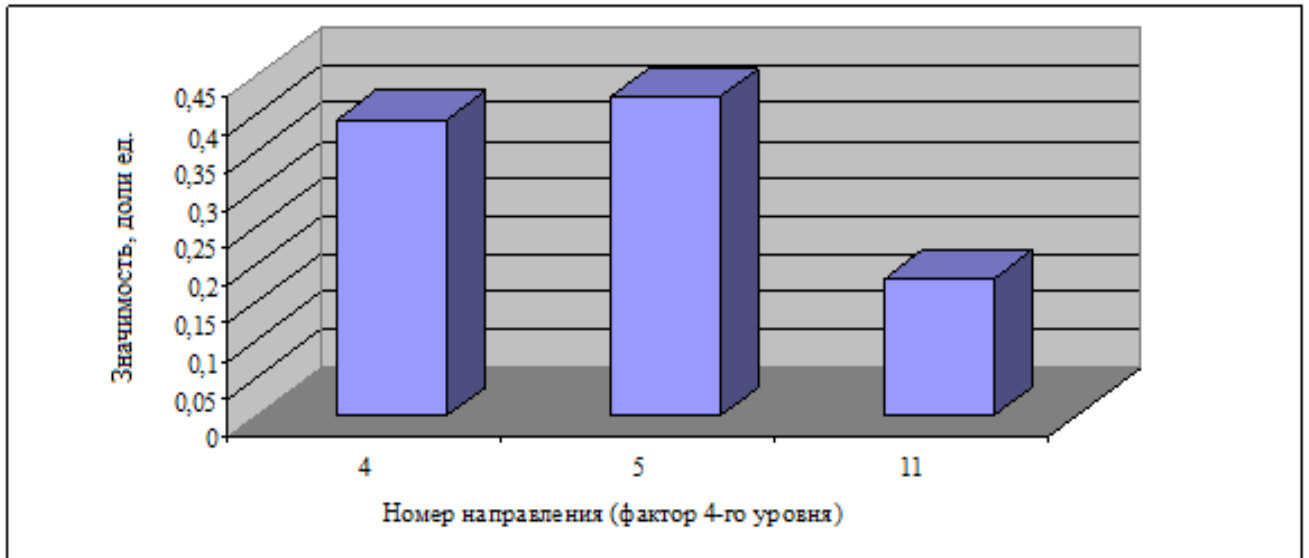


Рисунок 3.13 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Применение автоматических систем локализации и подавления взрывов, установок пожарной сигнализации и пожаротушения»

Для цели 3.7 согласно таблице 3.4 имеем три значимых фактора и таблицу 3.19.

Таблица 3.19 — Промежуточная цель 3.7 «Передача информации в АСУТП для отработки необходимых изменений в технологическом процессе функционирования»

Номер направления	4	5
4	1	0,4
5		1

Значимые факторы:

**4** — Предоставление информации о нарушениях технологического процесса, создающих опасность взрывов и пожаров, прогнозов по развитию предожарных и взрывоопасных ситуаций;

**5** — Предоставление информации о работоспособности подсистемы и рекомендаций по ликвидации предожарных и взрывоопасных режимов.

Значимости направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.19 имеют вид, представленный на рисунке 3.14.

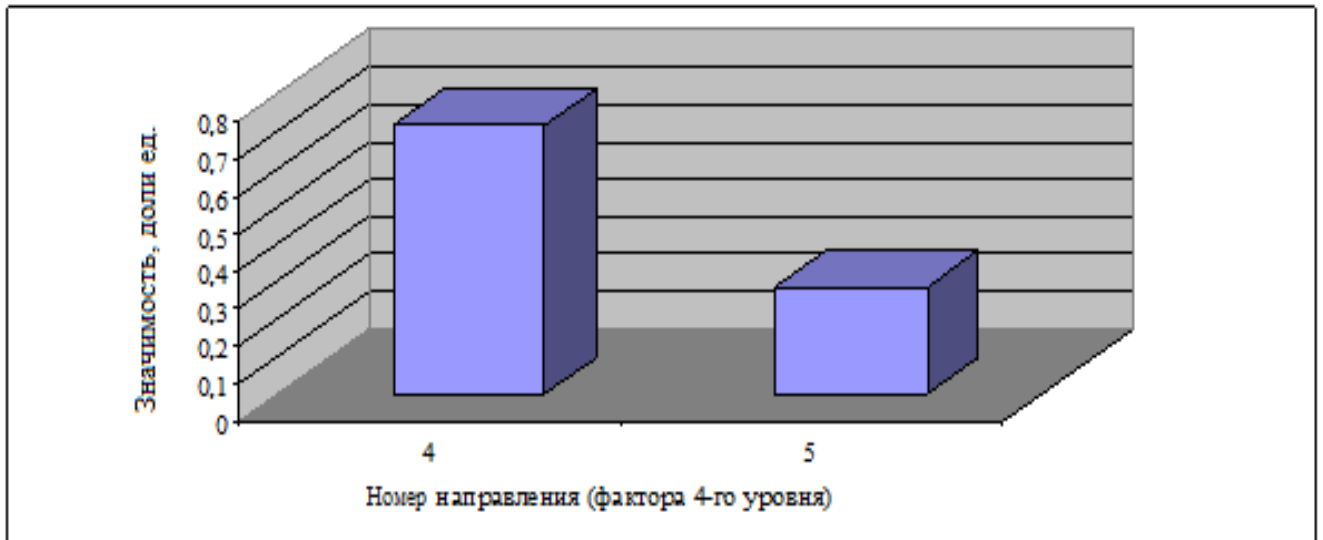


Рисунок 3.14 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Передача информации в АСУТП для отработки необходимых изменений в технологическом процессе функционирования»

Для цели 3.8 согласно таблице 3.4 имеем два значимых фактора, а также матрицу парных сравнений (таблица 3.20).

Таблица 3.20 — Промежуточная цель 3.8 «Применение пропитки конструкций антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов)»

Номер направления	4	5
4	1	0,6
5		1

Значимые факторы:

**4** — Предоставление информации о нарушениях технологического процесса, создающих опасность взрывов и пожаров, прогнозов по развитию предожарных и взрывоопасных ситуаций;

**5** — Предоставление информации о работоспособности подсистемы и рекомендаций по ликвидации предожарных и взрывоопасных режимов.

По значимостям направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.20 построим диаграмму, которая имеет вид, представленный на рисунке 3.15.

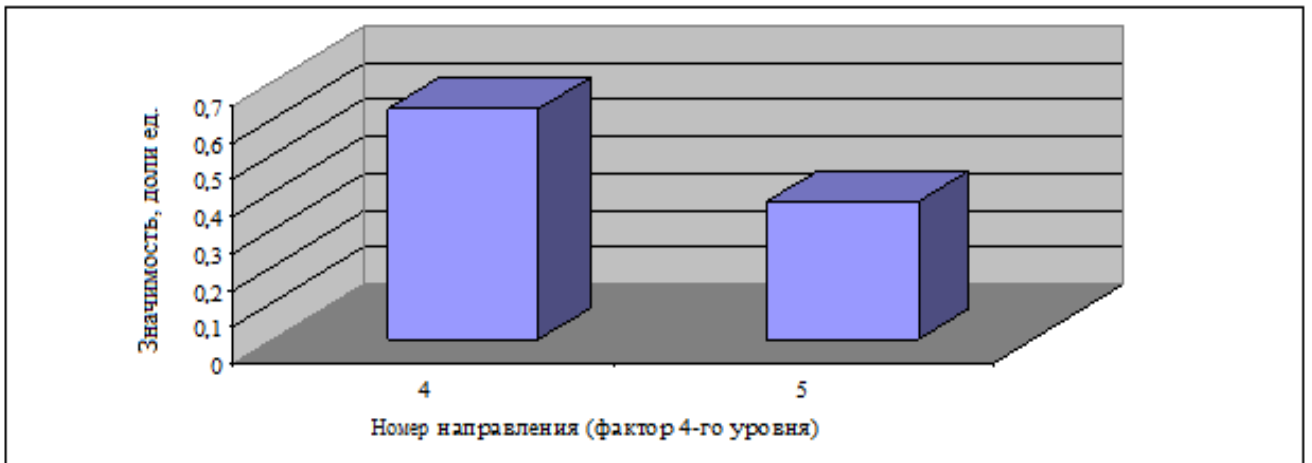


Рисунок 3.15 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Применение пропитки конструкций антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов)»

Для цели 3.9 в соответствии с таблицей 3.4 также есть два значимых фактора, и строится матрица парных сравнений (таблица 3.21).

Таблица 3.21 — Промежуточная цель 3.9 «Применение устройств, ограничивающих распространение пожара»

Номер направления	4	5
4	1	0,5
5		1

Значимые факторы:

**4** — Предоставление информации о нарушениях технологического процесса, создающих опасность взрывов и пожаров, прогнозов по развитию предпожарных и взрывоопасных ситуаций;

**5** — Предоставление информации о работоспособности подсистемы и рекомендаций по ликвидации предпожарных и взрывоопасных режимов.

Значимости направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.21 имеют вид, представленный на рисунке 3.16.



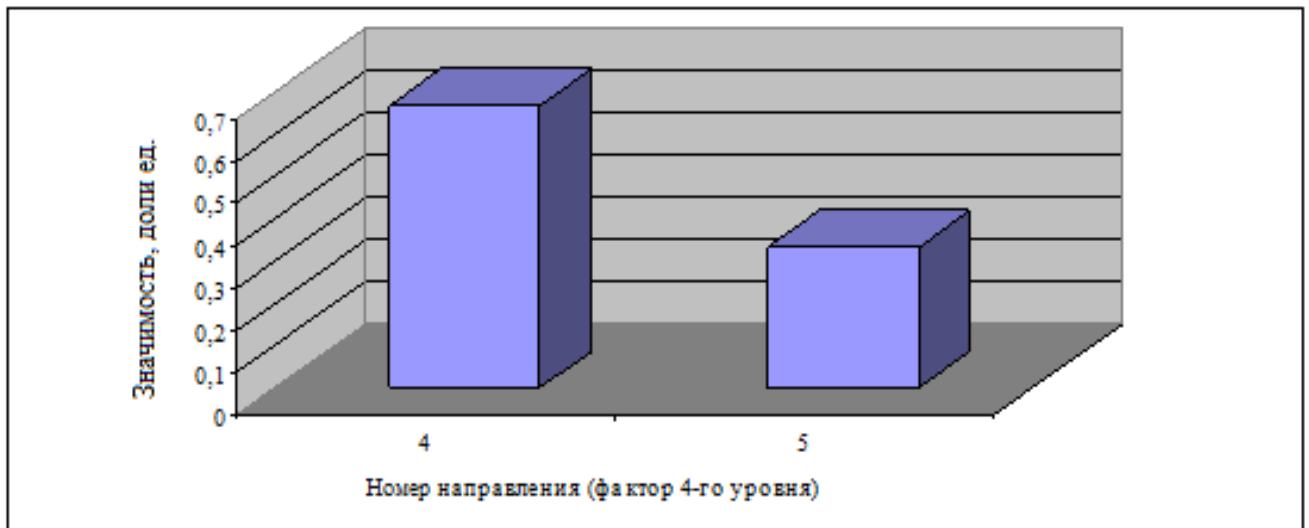


Рисунок 3.16 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Применение устройств, ограничивающих распространение пожара»

Для цели 3.10 в соответствии с таблицей 3.4 также есть четыре значимых фактора, и строится матрица парных сравнений (таблица 3.22).

Таблица 3.22 — Промежуточная цель 3.10 «Применение средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожаров и взрывов»

Номер направления	7	8	9	10
7	1	2	1	1
8		1	0,5	0,4
9			1	0,7
10				1

Значимые факторы:

**7** — Передача информации в АСУТП для отработки необходимых изменений в технологическом процессе функционирования;

**8** — Обеспечение инженерно-техническим персоналом;

**9** — Обеспечение управленческими кадрами;

**10** — Совершенствование системы управления пожаровзрывобезопасностью на НПЗ.

Значимости направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.22 имеют вид, представленный на рисунке 3.17.

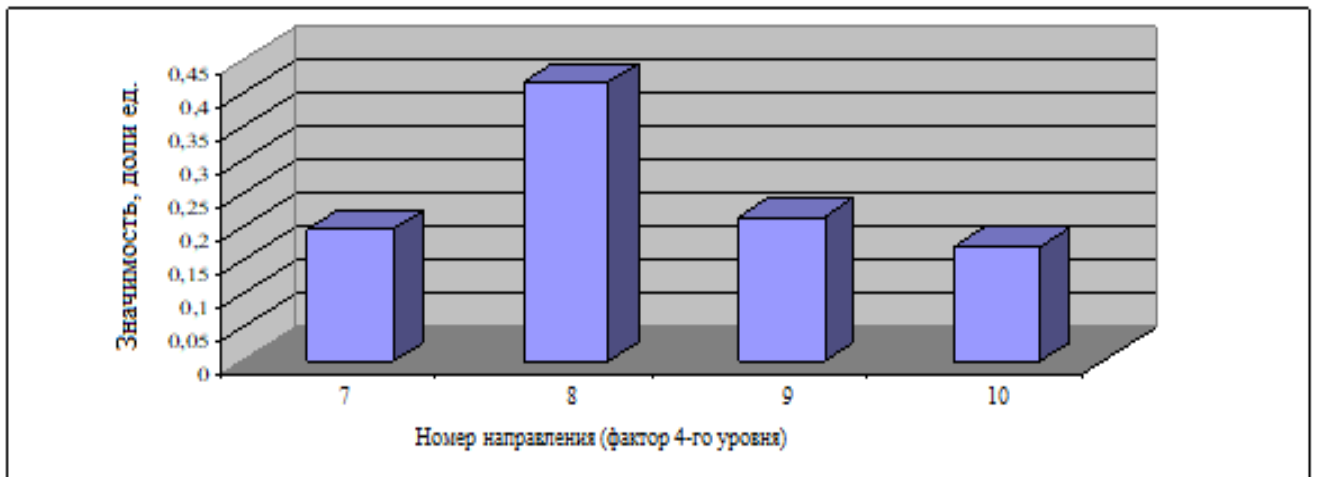


Рисунок 3.17 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Применение средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожаров и взрывов»

Для цели 3.11 в соответствии с таблицей 3.4 предложены три значимых фактора и таблица 3.23.

Таблица 3.23 — Промежуточная цель 3.11 «Применение средств автоматической и автоматизированной защиты технологического оборудования от несанкционированных ошибочных действий персонала и техногенного терроризма, которые могут явиться причинами пожаров и взрывов»

Номер направления	7	8	10
7	1	0,7	1,5
8		1	2
10			1

Значимые факторы:

**7** — Передача информации в АСУТП для отработки необходимых изменений в технологическом процессе функционирования;

**8** — Обеспечение инженерно-техническим персоналом;

**10** — Совершенствование системы управления пожаровзрывобезопасностью на НПП.

Значимости направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.23 показаны на рисунке 3.18.

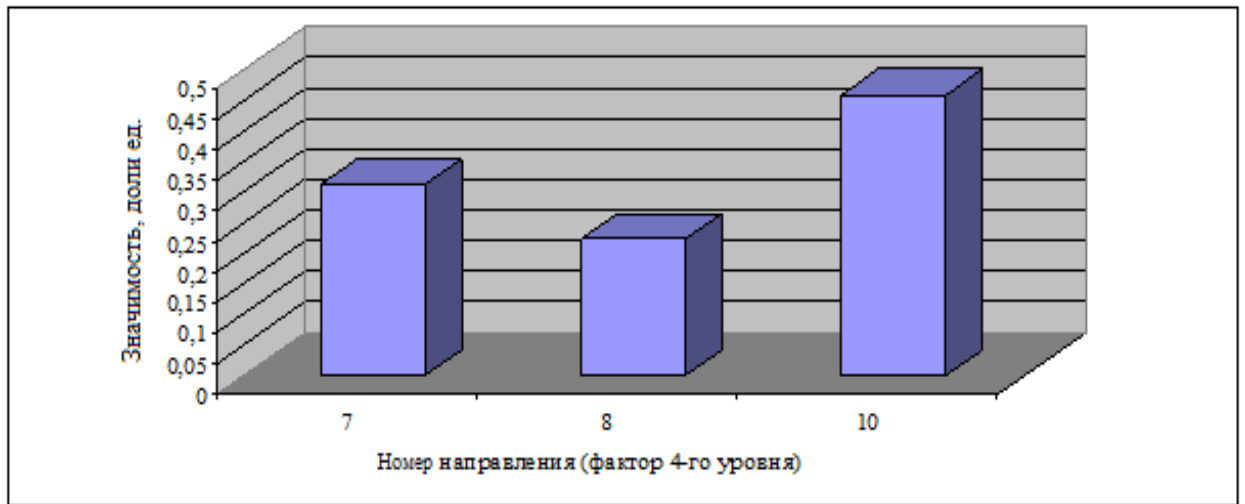


Рисунок 3.18 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Применение средств автоматической и автоматизированной защиты технологического оборудования от несанкционированных ошибочных действий персонала и техногенного терроризма, которые могут явиться причинами пожаров и взрывов»

Цель 3.12 согласно таблице 3.4 связана с пятью значимыми факторами. Для нее имеем таблицу 3.24.

Таблица 3.24 — Промежуточная цель 3.12 «Обеспечение необходимой информацией работников пожарной охраны и персонала»

Номер направления	4	5	8	11	12
4	1	0,5	2	1,5	2
5		1	4	3	4
8			1	0,7	1
11				1	1,5
12					1

Значимые факторы:

**4** — Предоставление информации о нарушениях технологического процесса, создающих опасность взрывов и пожаров, прогнозов по развитию предпожарных и взрывоопасных ситуаций;

**5** — Предоставление информации о работоспособности подсистемы и рекомендаций по ликвидации предпожарных и взрывоопасных режимов;

**8** — Обеспечение инженерно-техническим персоналом;

**11** — Повышение уровня надежности первого уровня информирования ЛПР в АСУТП;

**12** — Мониторинг пожаровзрывоопасных компонентов на НПП и в окружающей среде: атмосфере, сточных водах, почве.

Значимости направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.24 представлены на рисунке 3.19.

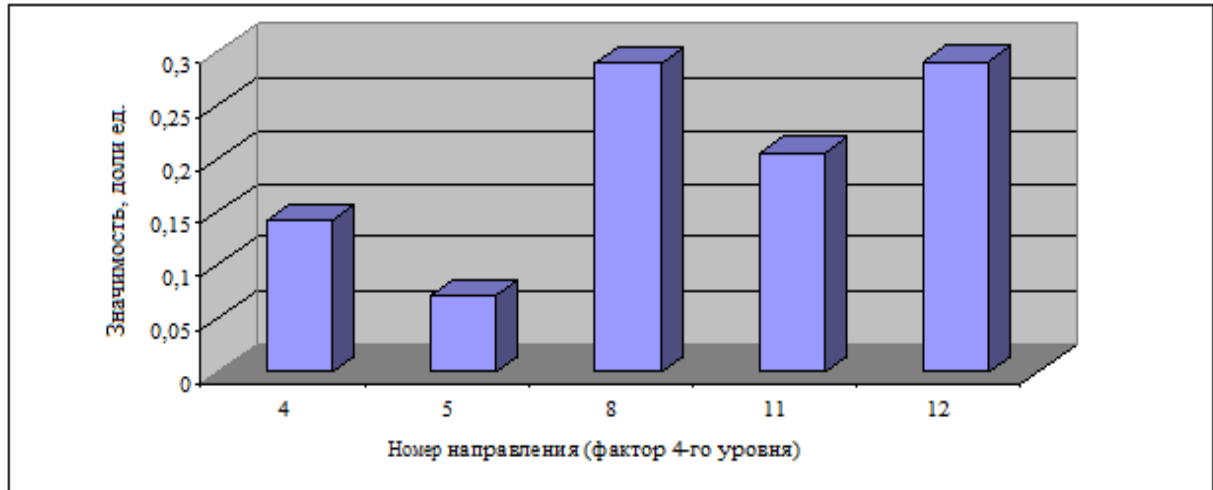


Рисунок 3.19 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Обеспечение необходимой информацией работников пожарной охраны и персонала»

Для цели 3.13 по таблице 3.4 обозначены четыре значимых фактора и построена таблица 3.25.

Таблица 3.25 — Промежуточная цель 3.13 «Поиск и закрепление квалифицированного персонала»

Номер направления	6	7	8	9
7	1	0,9	1,2	0,5
8		1	1,3	0,6
9			1	0,4
10				1

Значимые факторы:

**6** — Управление техническими устройствами сигнализации о предожарных и взрывоопасных режимах и устройствами ликвидации аварийных режимов;

**7** — Передача информации в АСУТП для отработки необходимых изменений в технологическом процессе функционирования;

**8** — Обеспечение инженерно-техническим персоналом;

**9** — Обеспечение управленческими кадрами.

Значимости направлений деятельности в соответствии с таблицей 3.25 представлены на рисунке 3.20.

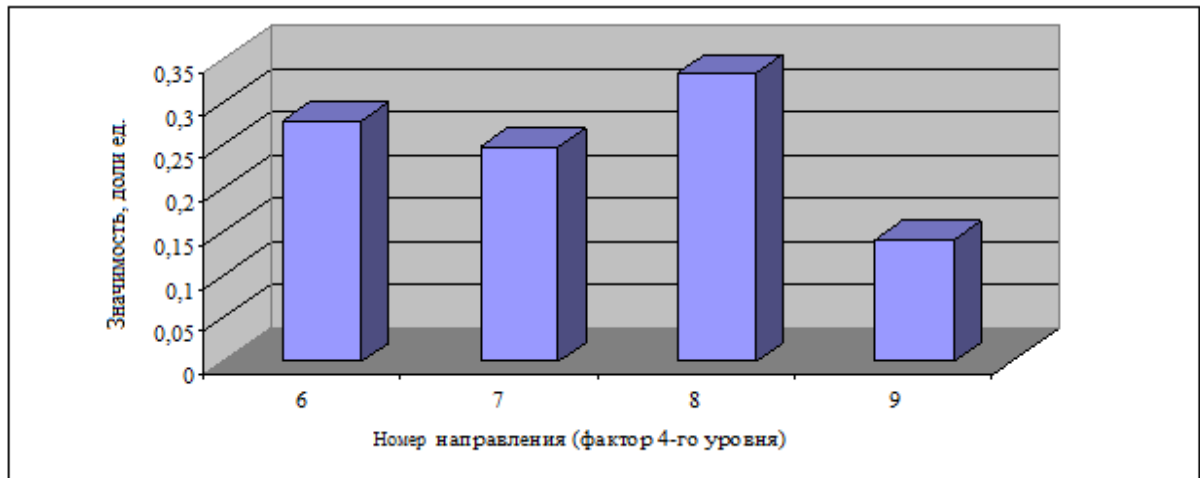


Рисунок 3.20 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Поиск и закрепление квалифицированного персонала»

Цель 3.14 согласно таблице 3.4 связана с пятью значимыми факторами. Для нее имеем таблицу 3.26.

Таблица 3.26 — Промежуточная цель 3.14 «Организация обучения персонала правилам пожаровзрывобезопасности и пропаганда мер по борьбе с пожарами и взрывами»

Номер направления	6	7	8	9	10
6	1	0,8	1,2	1	1,2
7		1	1,5	1,2	1,5
8			1	0,8	1
9				1	1,2
10					1

Значимые факторы:

**6** — Управление техническими устройствами сигнализации о предожарных и взрывоопасных режимах и устройствами ликвидации аварийных режимов;

**7** — Передача информации в АСУТП для отработки необходимых изменений в технологическом процессе функционирования;

**8** — Обеспечение инженерно-техническим персоналом;

**9** — Обеспечение управленческими кадрами;

**10** — Совершенствование системы управления пожаровзрывобезопасностью на НПЗ.

Диаграмма, построенная на основе значимостей направлений деятельности по таблице 3.26, имеет вид, представленный на рисунке 3.21.

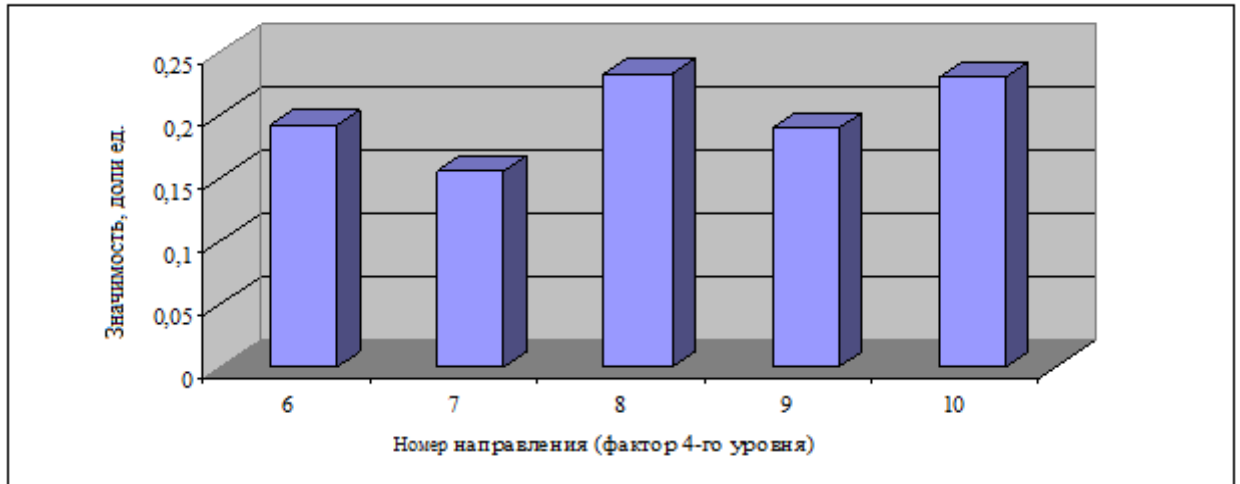


Рисунок 3.21 — Значимости направлений деятельности для реализации промежуточной цели «Организация обучения персонала правилам пожаровзрывобезопасности и пропаганда мер по борьбе с пожарами и взрывами»

На рисунке 3.22 показаны значения параметра  $\sigma^2_0$  для рассмотренных выше матриц парных сравнений.

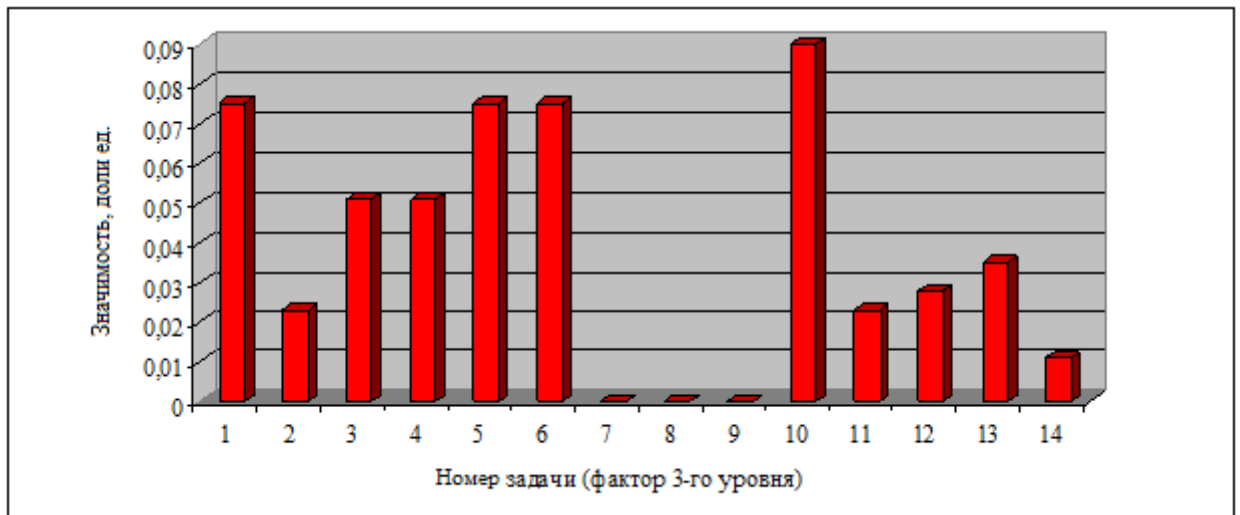


Рисунок 3.22 — Показатели согласованности матриц парных сравнений значимостей направлений деятельности НПП по пожаровзрывобезопасности

В результате серии проведенных экспертных оценок и обработки их результатов появилась возможность сформировать решающую матрицу для 3-го уровня иерархии деятельности НПП по пожаровзрывобезопасности (направления деятельности) (таблица 3.27).

Таблица 3.27 — Факторы, значимые для достижения промежуточных целей 3-го уровня и степень их влияния на обеспечение пожаровзрывобезопасности (решающая матрица 3-го уровня)

		Номер направления деятельности												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Номер функциональной задачи	1	0,304		0,564	0,131									
	2	0,215	0,63									0,154		
	3	0,265	0,558									0,176		
	4		0,265			0,558						0,176		
	5				0,393	0,423						0,182		
	6				0,393	0,423						0,182		
	7				0,714	0,285								
	8				0,625	0,375								
	9				0,666	0,333								
	10							0,197	0,416	0,215	0,17			
	11							0,314	0,225		0,46			
	12				0,142	0,071			0,288			0,205	0,291	
	13							0,278	0,247	0,334	0,14			
	14							0,192	0,155	0,232	0,189	0,23		

На рисунке 3.23 представлены абсолютные значимости каждого из направлений деятельности НПП по пожаровзрывобезопасности в соответствии с таблицей 3.11.

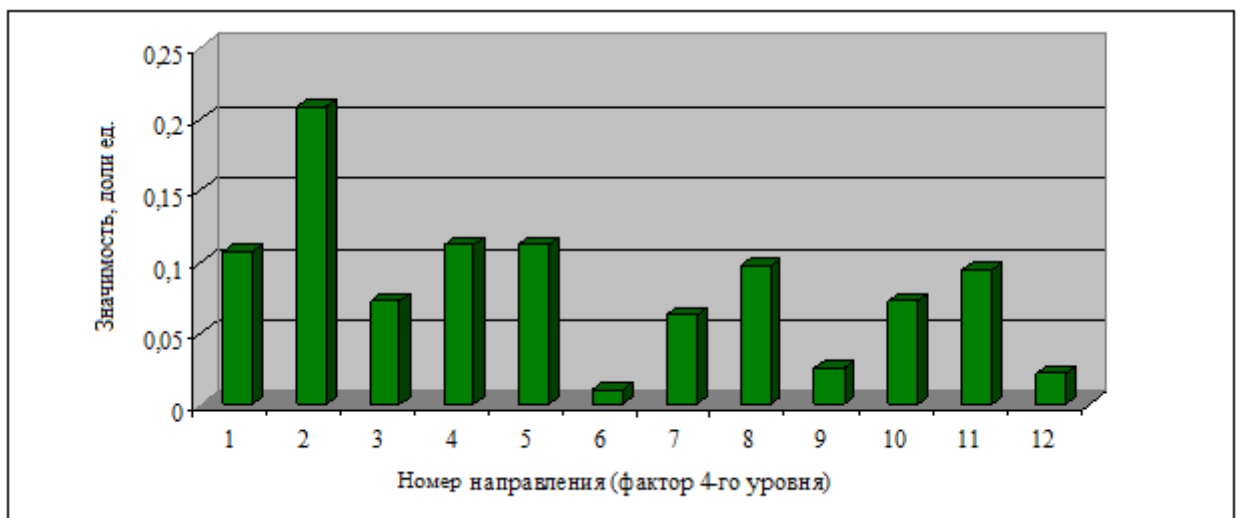


Рисунок 3.23 — Абсолютные значимости основных направлений деятельности для реализации стратегической цели НПП по пожаровзрывобезопасности

Таким образом, в данном подразделе была приведена развернутая схема действий по оценке направлений деятельности НПП по пожаровзрывобезопасности. Решающая матрица 3-го уровня (см. таблицу 3.27) является промежуточным итогом расчета для оценки мер на НПП по повышению

эффективности работы АСУТП (и АСПВБ) за счет своевременного проведения стабилизирующих мероприятий.

Рассмотрим теперь влияние на заданную цель блоков (кластеров) мероприятий.

### 3.4 Определение значимостей кластеров (блоков) мероприятий

Блоки мероприятий используются как уточняющее промежуточное звено в общей технологии оценки влияния (значимости) тех или иных работ на надежную работу АСПВБ (и АСУТП в целом). Расчеты для них будут выполняться на основании приводимых ниже матриц парных сравнений с последующим пересчетом по соотношению (2.52). Результаты будут представлены в виде прямоугольных диаграмм. Перечень кластеров (блоков) мероприятий содержится в таблице 3.28, целевая матрица — в таблице 3.29.

Таблица 3.28 — Перечень кластеров (блоков) мероприятий НПП по пожаровзрывобезопасности

Номер кластера	Блоки мероприятий (5-й уровень)	Номер направления
5.1	Диагностика неисправностей комплекса технических средств АСПВБ и выяснение вызвавших их причин	1, 5
5.2	Систематизация видов неисправностей в АСПВБ и методов их устранения	2, 4, 5
5.3	Проверка достоверности информации о состоянии технических средств АСПВБ, защита от помех и ее математическая обработка	1, 4, 5
5.4	Сбор информации о состоянии технологического оборудования НПП, контроль его параметров	1, 4
5.5	Учет и обработка данных по обеспечению установками пожарной автоматики, средствами пожаротушения, противопожарным оборудованием, пожарной техникой	2, 5
5.6	Обработка статистических данных о нарушениях требований пожаровзрывобезопасности по зданиям, сооружениям и видам технологического оборудования	2
5.7	Обработка статистических данных об отказах и авариях технологического оборудования	2, 3
5.8	Совершенствование инфраструктуры и процессов по эксплуатации диагностического оборудования	1, 2, 3, 4
5.9	Учет данных о наличии контрольных приборов по видам, периодичности их использования, срокам проверок	4, 5, 10
5.10	Работа с молодыми специалистами	3, 6
5.11	Совершенствование структуры персонала	6, 7, 8, 9



Номер кластера	Блоки мероприятий (5-й уровень)	Номер направления
5.12	Совершенствование системы оплаты труда	6, 7, 8, 9
5.13	Совершенствование системы информирования ЛПР о неисправностях технических средств АСПВБ	6, 7, 8, 9
5.14	Учет и обработка данных по экспертизе проектов зданий, сооружений, технологического оборудования и авторам экспертиз	2, 11
5.15	Учет лиц, занимающихся профилактической работой	11, 12
5.16	Учет сроков нормативного обследования состояния технологического оборудования	8, 10, 11
5.17	Изменение параметров контроля состояния пожаровзрывобезопасности и технологического оборудования	11, 12
5.18	Разработка и внедрение методов снижения загрязнений окружающей среды и вероятностей возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций	7, 8, 10, 11, 12

Таблица 3.29 — Целевая матрица кластеров (блоков) мероприятий НПП по пожаровзрывобезопасности

		Номер кластера (блока) мероприятий																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Номер направления деятельности	1																		
	2																		
	3																		
	4																		
	5																		
	6																		
	7																		
	8																		
	9																		
	10																		
	11																		
	12																		

Для цели 4.1 по таблице 3.11 получаем таблицу 3.30 и имеем четыре значимых фактора из таблицы 3.28.

Таблица 3.30 — Промежуточная цель 4.1 «Сбор и обработка информации, необходимой для анализа состояния технологического оборудования»

Номер кластера	1	3	4	8
1	1	2	1	1,5
3		1	0,5	0,7
4			1	1,5
8				1

Значимые факторы:

**1** — Диагностика неисправностей комплекса технических средств АСПВБ и выяснение вызвавших их причин;

**3** — Проверка достоверности информации о состоянии технических средств АСПВБ, защита от помех и ее математическая обработка;

**4** — Сбор информации о состоянии технологического оборудования НПП, контроль его параметров;

**8** — Совершенствование инфраструктуры и процессов по эксплуатации диагностического оборудования.

Значимости кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.30 представлены в виде диаграммы на рисунке 3.24.

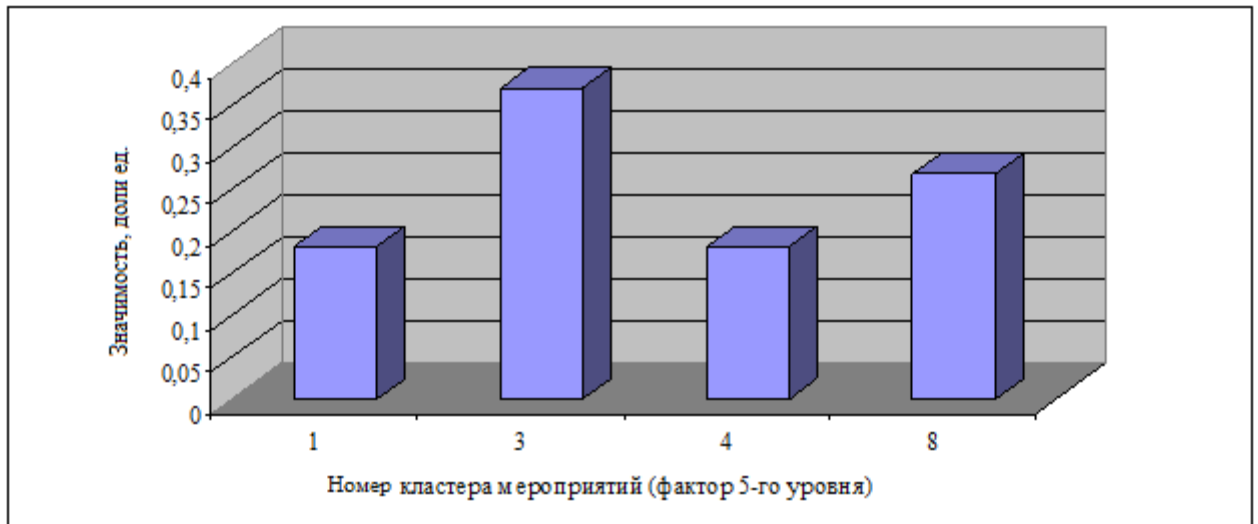


Рисунок 3.24 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Сбор и обработка информации, необходимой для анализа состояния технологического оборудования»

Для цели 4.2 по таблице 3.11 составляем таблицу 3.31 и имеем шесть значимых факторов из таблицы 3.28.

Таблица 3.31 — Промежуточная цель 4.2 «Регистрация отклонений от нормы работы технологического оборудования»

Номер кластера	2	5	6	7	8	14
2	1	3	1,7	0,7	1,2	0,3
5		1	0,5	0,2	0,4	0,1
6			1	0,5	0,8	0,2
7				1	1,7	0,4
8					1	0,25
14						1

Значимые факторы:

**2** — Систематизация видов неисправностей в АСПВБ и методов их устранения;

**5** — Учет и обработка данных по обеспечению установками пожарной автоматики, средствами пожаротушения, противопожарным оборудованием, пожарной техникой;

**6** — Обработка статистических данных о нарушениях требований пожаровзрывобезопасности по зданиям, сооружениям и видам технологического оборудования;

**7** — Обработка статистических данных об отказах и авариях технологического оборудования;

**8** — Совершенствование инфраструктуры и процессов по эксплуатации поставленного оборудования;

**14** — Учет и обработка данных по экспертизе проектов зданий, сооружений, технологического оборудования и авторам экспертиз.

Диаграмма значимостей кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.31 представлена на рисунке 3.25.

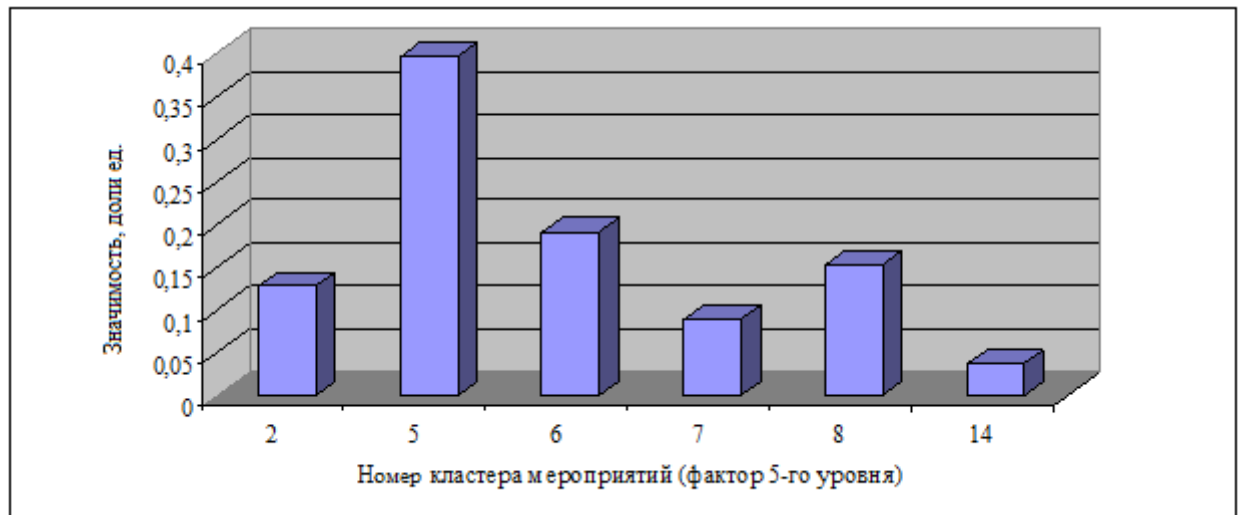


Рисунок 3.25 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Регистрация отклонений от нормы работы технологического оборудования»

Цель 4.3 по таблице 3.11 дает нам таблицу 3.32 и три значимых фактора из таблицы 3.28.

Таблица 3.32 — Промежуточная цель 4.3 «Прогнозирование возможных последствий отклонений в работе технологического оборудования, а также последствий возникновения взрывов и пожаров»

Номер кластера	7	8	10
7	1	0,5	3
8		1	5
10			1

Значимые факторы:

**4** — Сбор информации о состоянии технологического оборудования НПП, контроль его параметров;

**7** — Обработка статистических данных об отказах и авариях технологического оборудования;

**8** — Совершенствование инфраструктуры и процессов по эксплуатации диагностического оборудования.

Значимости кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.32 имеют вид, представленный на рисунке 3.26.

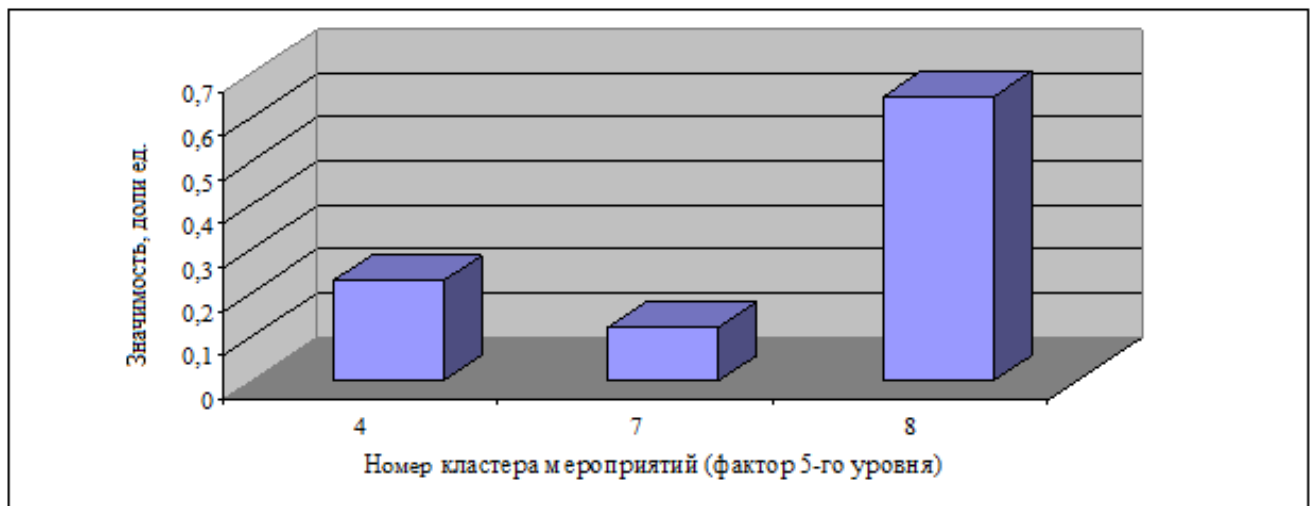


Рисунок 3.26 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Прогнозирование возможных последствий отклонений в работе технологического оборудования, а также последствий возникновения взрывов и пожаров»

Цель 4.4 по таблице 3.11 дает нам пять значимых факторов (см. таблицу 3.28), по которым строим таблицу 3.33.

Таблица 3.33 — Промежуточная цель 4.4 «Предоставление информации о нарушениях технологического процесса, создающих опасность взрывов и пожаров, прогнозов по развитию предпожарных и взрывоопасных ситуаций»

Номер кластера	2	3	4	8	9
2	1	1	0,5	1,5	2
3		1	0,5	1,5	2
4			1	3	4
8				1	1,5
9					1

Значимые факторы:

**2** — Систематизация видов неисправностей в АСПВБ и методов их устранения;

**3** — Проверка достоверности информации о состоянии технических средств АСПВБ, защита от помех и ее математическая обработка;

**4** — Сбор информации о состоянии технологического оборудования НПП, контроль его параметров;

**8** — Совершенствование инфраструктуры и процессов по эксплуатации диагностического оборудования;

**9** — Учет данных о наличии контрольных приборов по видам, периодичности их использования, сроках проверок.

Значимости кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.33 представлены на рисунке 3.27.

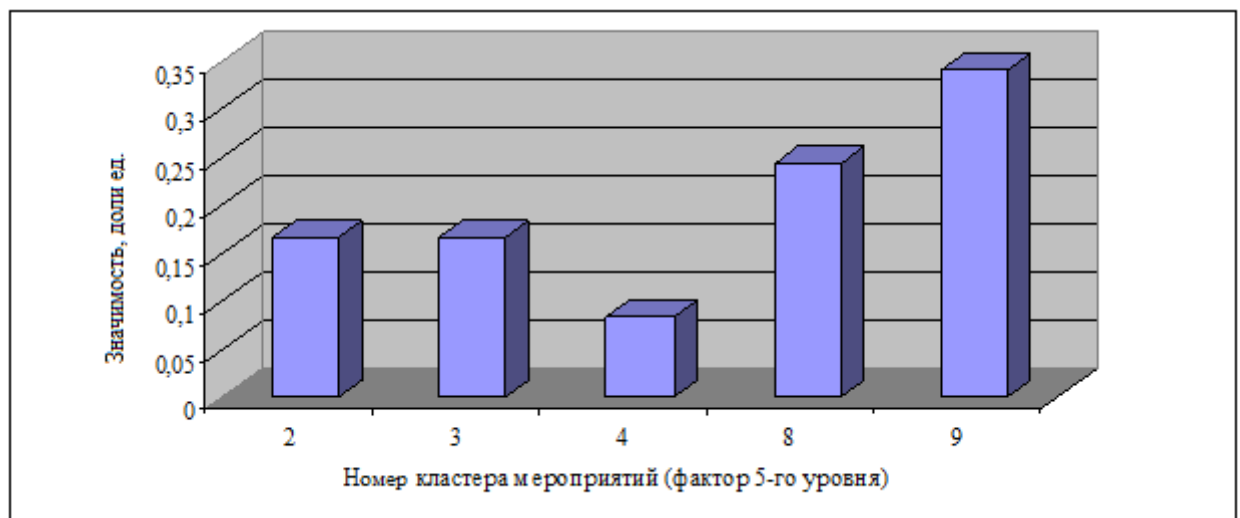


Рисунок 3.27 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Предоставление информации о нарушениях технологического процесса, создающих опасность взрывов и пожаров, прогнозов по развитию предпожарных и взрывоопасных ситуаций»

Для цели 4.5 по таблице 3.11 имеем также пять значимых факторов из таблицы 3.28 и строим таблицу 3.34.

Таблица 3.34 — Промежуточная цель 4.5 «Предоставление информации о работоспособности подсистемы и рекомендаций по ликвидации предожарных и взрывоопасных режимов»

Номер кластера	1	2	3	5	9
1	1	2	1,5	3	1,5
2		1	0,7	1,5	0,7
3			1	2	1
5				1	0,5
9					1

Значимые факторы:

**1** — Диагностика неисправностей комплекса технических средств АСПВБ и выяснение вызвавших их причин;

**2** — Систематизация видов неисправностей в АСПВБ и методов их устранения;

**3** — Проверка достоверности информации о состоянии технических средств АСПВБ, защита от помех и ее математическая обработка;

**5** — Учет и обработка данных по обеспечению установками пожарной автоматики, средствами пожаротушения, противопожарным оборудованием, пожарной техникой;

**9** — Учет данных о наличии контрольных приборов по видам, периодичности их использования, сроках проверок.

Значимости кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.34 имеют вид, представленный на рисунке 3.28.

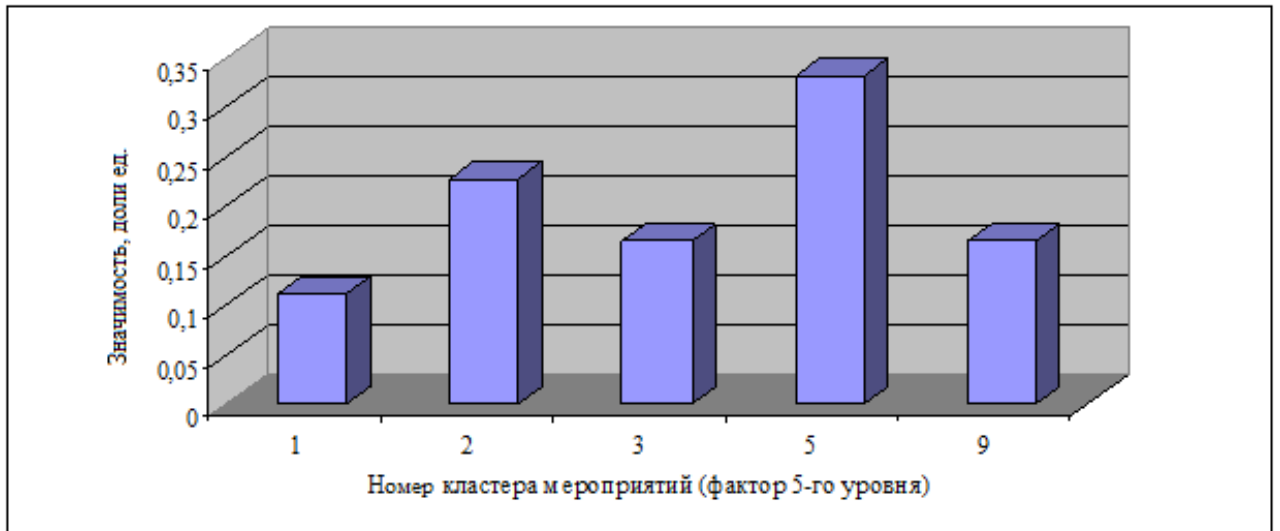


Рисунок 3.28 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Предоставление информации о работоспособности подсистемы и рекомендаций по ликвидации предожарных и взрывоопасных режимов»

Для цели 4.6 по таблице 3.11 можем получить четыре значимых фактора и построить таблицу 3.35.

Таблица 3.35 — Промежуточная цель 4.6 «Управление техническими устройствами сигнализации о предожарных и взрывоопасных режимах и устройствами ликвидации аварийных режимов»

Номер кластера	1	3	9	13
1	1	0,5	2	1
3		1	4	2
9			1	0,5
13				1

Значимые факторы:

**1** — Диагностика неисправностей комплекса технических средств АСПВБ и выяснение вызвавших их причин;

**3** — Проверка достоверности информации о состоянии технических средств АСПВБ, защита от помех и ее математическая обработка;

**9** — Учет данных о наличии контрольных приборов по видам, периодичности их использования, сроках проверок;

**13** — Совершенствование системы информирования ЛПР о неисправностях технических средств АСПВБ.

Значимости кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.35 представлены в виде диаграммы на рисунке 3.29.



Рисунок 3.29 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Управление техническими устройствами сигнализации о предожарных и взрывоопасных режимах и устройствами ликвидации аварийных режимов»

Для цели 4.7 (см. таблицу 3.11) можно выделить четыре значимых фактора и построить таблицу 3.36.

Таблица 3.36 — Промежуточная цель 4.7 «Передача информации в АСУТП для отработки необходимых изменений в технологическом процессе функционирования»

Номер кластера	8	13	15	16
8	1	0,5	2	1
13		1	4	2
15			1	0,5
16				1

Значимые факторы:

**8** — Совершенствование инфраструктуры и процессов по эксплуатации диагностического оборудования;

**13** — Совершенствование системы информирования ЛПР о неисправностях технических средств АСПВБ;

**15** — Учет лиц, занимающихся профилактической работой;

**16** — Учет сроков нормативного обследования состояния технологического оборудования.



На основе значимостей кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.36 строится диаграмма (рисунок 3.30).

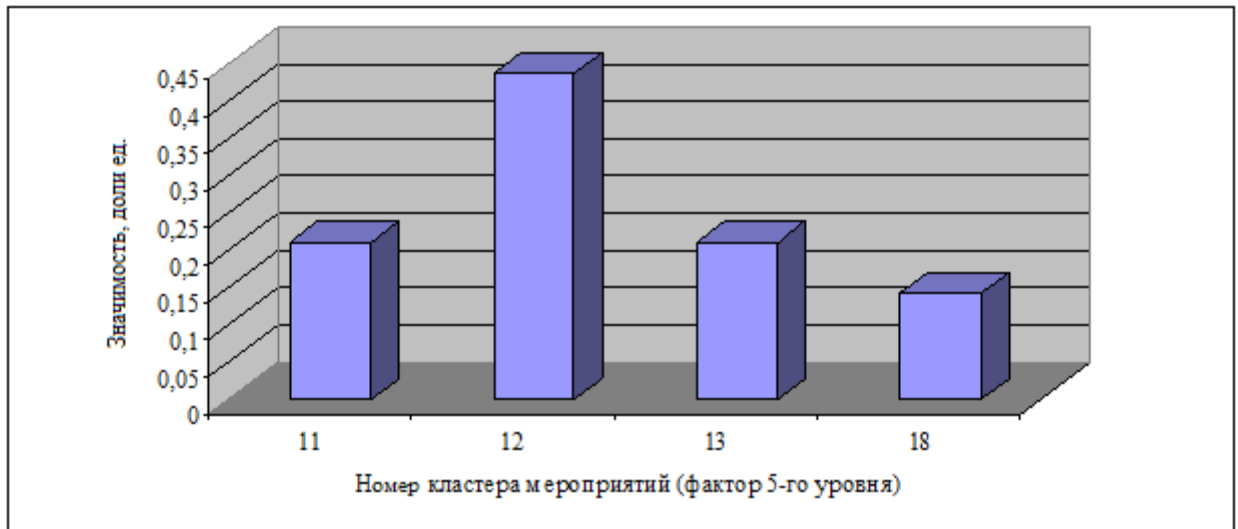


Рисунок 3.30 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Передача информации в АСУТП для отработки необходимых изменений в технологическом процессе функционирования»

Для цели 4.8 (см. таблицу 3.11) можно привести пять значимых факторов и построить таблицу 3.37.

Таблица 3.37 — Промежуточная цель 4.8 «Обеспечение инженерно-техническим персоналом»

Номер кластера	10	11	12	14	15
10	1	2	1,5	1,5	2
11		1	0,7	0,7	1
12			1	1	1,5
14				1	1,4
15					1

Значимые факторы:

**10** — Работа с молодыми специалистами;

**11** — Совершенствование структуры персонала;

**12** — Совершенствование системы оплаты труда;

**14** — Учет и обработка данных по экспертизе проектов зданий, сооружений, технологического оборудования и авторам экспертиз;

**15** — Учет лиц, занимающихся профилактической работой.

Значимости кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.37 имеют вид, представленный на рисунке 3.31.

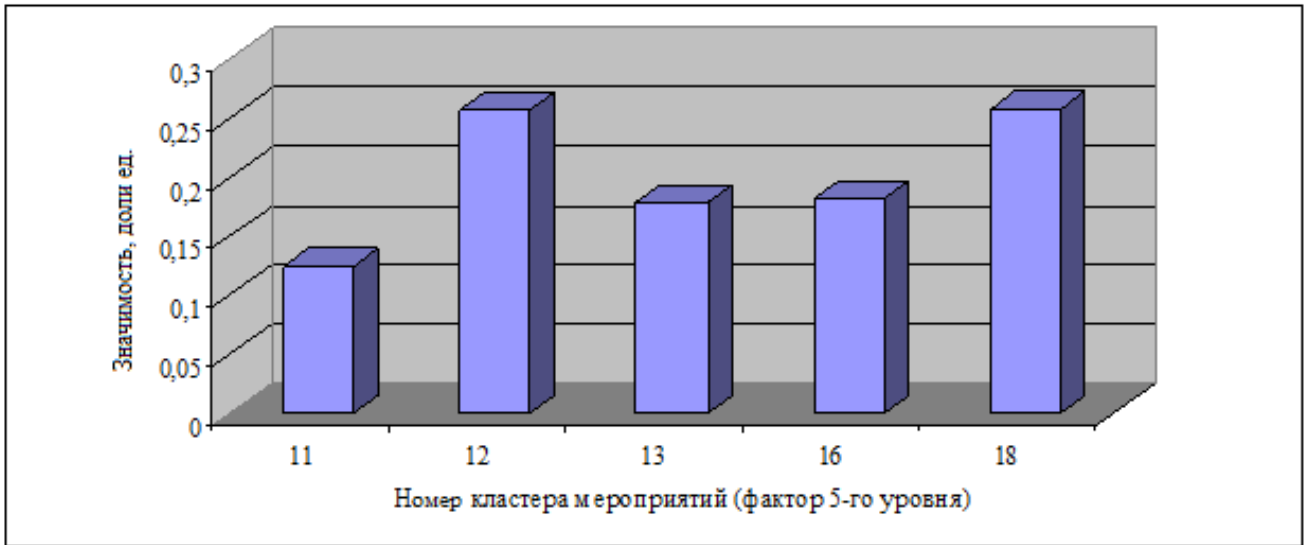


Рисунок 3.31 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Обеспечение инженерно-техническим персоналом»

Для цели 4.9 по таблице 3.11 имеем три значимых фактора из таблицы 3.28 и строим таблицу 3.38.

Таблица 3.38 — Промежуточная цель № 4.9 «Обеспечение управленческими кадрами»

Номер кластера	10	11	12
10	1	2	1
11		1	0,5
12			1

Значимые факторы:

- 10** — Работа с молодыми специалистами;
- 11** — Совершенствование структуры персонала;
- 12** — Совершенствование системы оплаты труда.

Значимости кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.38 представлены на рисунке 3.32.

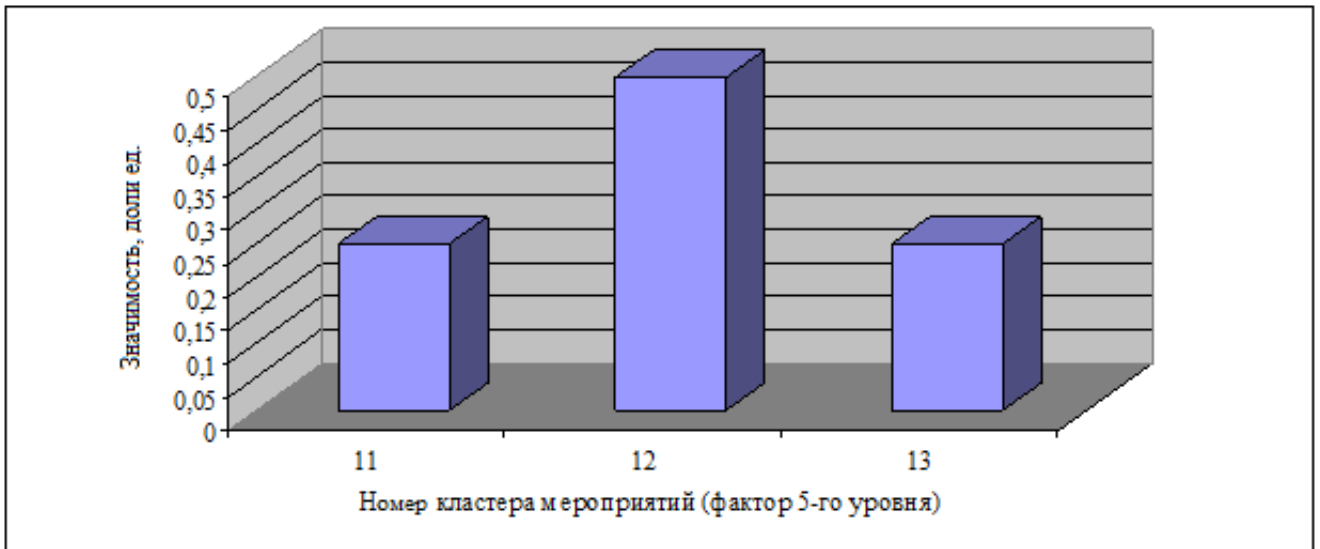


Рисунок 3.32 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Обеспечение управленческими кадрами»

Для промежуточной цели 4.10 (см. таблицу 3.11) имеем три значимых фактора и составляем таблицу 3.39.

Таблица 3.39 — Промежуточная цель 4.10 «Совершенствование системы управления пожаровзрывобезопасностью на НПЗ»

Номер кластера	8	13	18
8	1	0,7	1
13		1	1,5
18			1

Значимые факторы:

**8** — Совершенствование инфраструктуры и процессов по эксплуатации диагностического оборудования;

**13** — Совершенствование системы информирования ЛПР о неисправностях технических средств АСПВБ;

**18** — Разработка и внедрение методов снижения загрязнений окружающей среды и вероятностей возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций.

Значимости кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.39 имеют вид, представленный на рисунке 3.33.

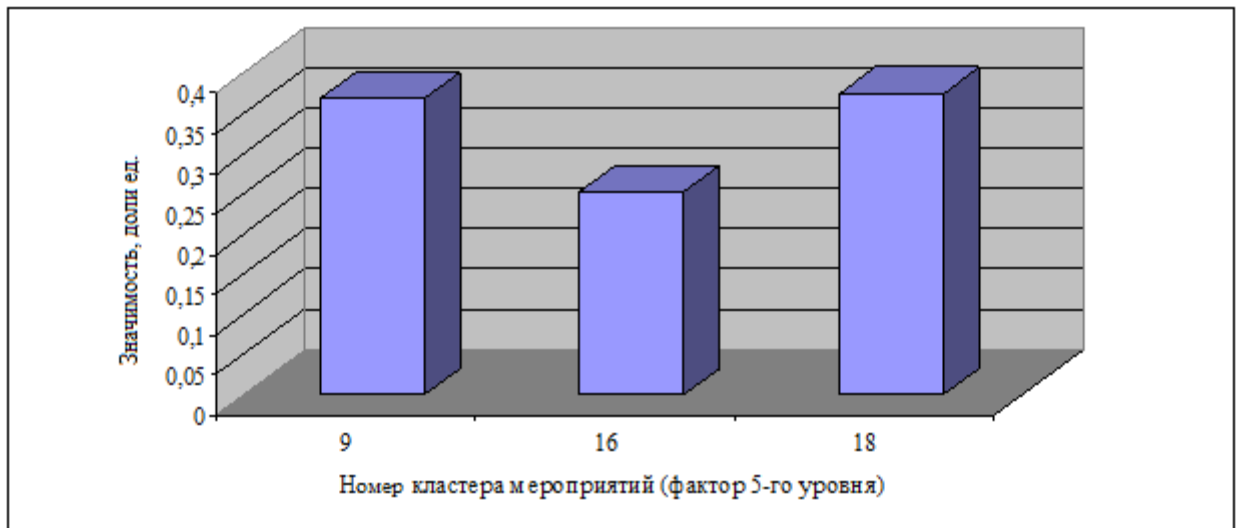


Рисунок 3.33 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Совершенствование системы управления пожаровзрывобезопасностью на НПП»

Для промежуточной цели 4.11 (см. таблицу 3.11) имеем пять значимых факторов и строим таблицу 3.40.

Таблица 3.40 — Промежуточная цель 4.11 «Повышение уровня надежности первого уровня информирования ЛПР в АСУТП»

Номер кластера	14	15	16	17	18
14	1	1	1,5	2	2
15		1	1,5	2	2
16			1	1,5	1,5
17				1	1
18					1

Значимые факторы:

**14** — Учет и обработка данных по экспертизе проектов зданий, сооружений, технологического оборудования и авторам экспертиз;

**15** — Учет лиц, занимающихся профилактической работой;

**16** — Учет сроков нормативного обследования состояния технологического оборудования;

**17** — Изменение параметров контроля состояния пожаровзрывобезопасности и технологического оборудования;

**18** — Разработка и внедрение методов снижения загрязнений окружающей среды и вероятностей возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций.

Значимости кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.40 имеют вид, представленный на рисунке 3.34.

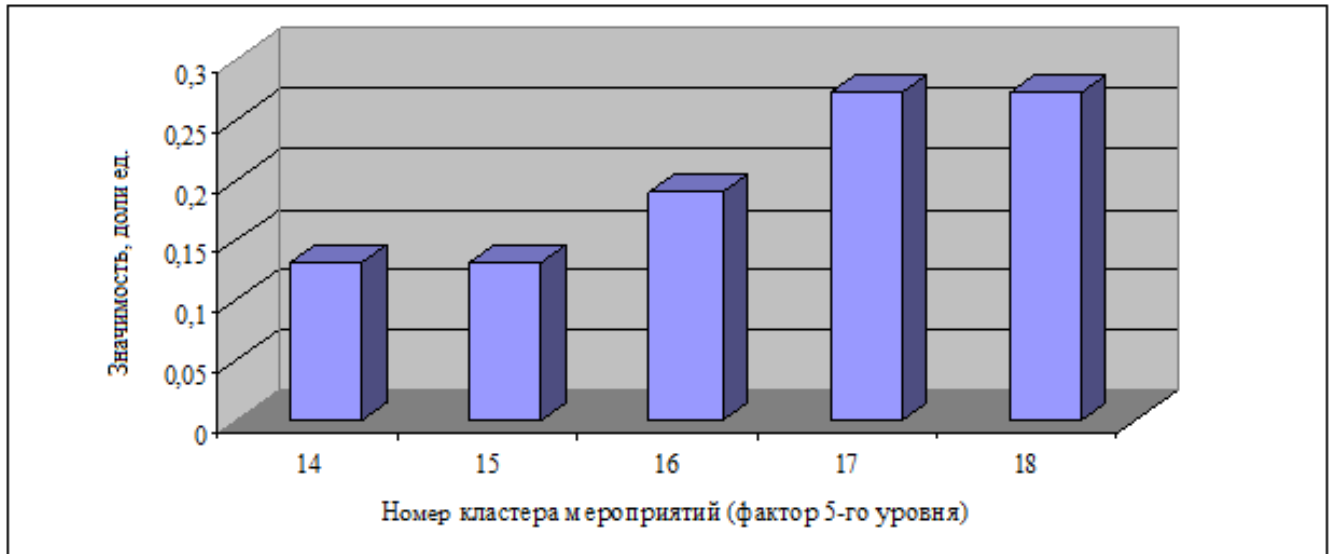


Рисунок 3.34 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Повышение уровня надежности первого уровня информирования ЛПР в АСУТП»

Промежуточная цель 4.12 по таблице 3.11 дает нам три значимых фактора и таблицу 3.41.

Таблица 3.41 — Промежуточная цель 4.12 «Мониторинг пожаровзрывоопасных компонентов на НПП и в окружающей среде: атмосфере, сточных водах, почве»

Номер кластера	15	17	18
15	1	2	1,5
17		1	0,7
18			1

Значимые факторы:

**15** — Учет лиц, занимающихся профилактической работой;

**17** — Изменение параметров контроля состояния пожаровзрывобезопасности и технологического оборудования;

**18** — Разработка и внедрение методов снижения загрязнений окружающей среды и вероятностей возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций.

На основе значимостей кластеров (блоков) мероприятий в соответствии с таблицей 3.41 построена диаграмма (рисунок 3.35).



Рисунок 3.35 — Значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации промежуточной цели «Мониторинг пожаровзрывоопасных компонентов на НПП и в окружающей среде: атмосфере, сточных водах, почве»

Показатели согласованности матриц парных сравнений значимостей кластеров (блоков) мероприятий НПП по пожаровзрывобезопасности представлены на рисунке 3.36.



Рисунок 3.36 — Показатели согласованности матриц парных сравнений значимостей кластеров (блоков) мероприятий НПП по пожаровзрывобезопасности

Решающая матрица уровня 4 для кластеров (блоков) мероприятий НПП по пожаровзрывобезопасности представлена в таблице 3.42.

Таблица 3.42 — Решающая матрица уровня 4 (для наглядности все значения увеличены в 1000 раз)

		Номер кластера (блока) мероприятий																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Номер направления	1	181		369	181				287											
	2		129			397	191	90	154						38					
	3							229	122		648									
	4			166	166	83			243	340										
	5		111	228	164		332			164										
	6		222		111					444					222					
	7								210						437		210	141		
	8										124	256	179					182	257	
	9										250	500	250							
	10								369						254					375
	11															132	132	190	272	272
	12																221		453	324

Абсолютные значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации стратегической цели НПП по пожаровзрывобезопасности представлены на рисунке 3.37.

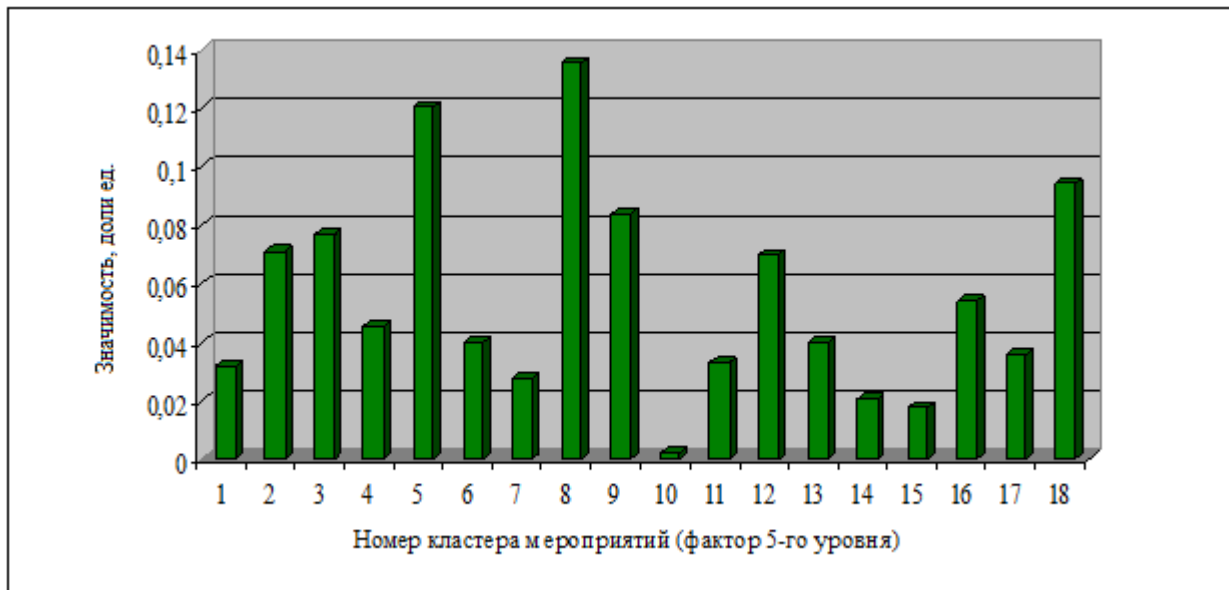


Рисунок 3.37 — Абсолютные значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации стратегической цели НПП по пожаровзрывобезопасности

Таким образом, в данном подразделе был осуществлен расчет матриц парных сравнений для промежуточных целей по таблице 3.11 для кластеров (блоков) мероприятий НПП по пожаровзрывобезопасности. В соответствии с предложенным вариантом оптимизационной задачи в общей постановке (см. (2.66)) для них были рассчитаны показатели согласованности матриц парных сравнений

значимостей кластеров (блоков) мероприятий НПП по пожаровзрывобезопасности. Абсолютные значимости кластеров (блоков) мероприятий для реализации стратегической цели НПП по пожаровзрывобезопасности будут учтены далее при расчете значимостей отдельных мероприятий для условно-расчетного предприятия ТЭК. Рассмотрим это подробнее.

### 3.5 Определение значимостей мероприятий (работ)

Перечень мероприятий (работ) содержится в таблице 3.43 с учетом запланированного и полностью выполненного финансирования.

Таблица 3.43 — Мероприятия НПП по пожаровзрывобезопасности

Номер мероприятия	Мероприятие (уровень б)	Номер кластера (блока)	Данные о финансировании		
			Объем нужного финансирования, млрд руб.	Номер источника финансирования	
				1	2
1	2	3	4	5	6
	<b>1. Диагностика неисправностей комплекса технических средств АСПВБ и выяснение вызвавших их причин</b>				
6.1	Поверка датчиков-газоанализаторов	1	0,5	1	5
6.2	Поверка системы оповещения о пожаре	1	0,5	1	5
6.3	Поверка системы предупреждения предпожарных режимов	1	0,5	1	5
6.4	Поверка системы останова технологического процесса	1	0,5	1	5
	<b>2. Систематизация видов неисправностей в АСПВБ и методов их устранения</b>				
6.5	Выявление износа клапанов давления	2	0,5	1	4
6.6	Анализ времени эксплуатации прокладок и уплотнителей в соединениях	2	0,5	1	4
6.7	Поверка манометров	2	0,5	1	4
6.8	Осмотр внешних частей оборудования, работающего с обогревом и под давлением	2	0,5	1	4
	<b>3. Проверка достоверности информации о состоянии технических средств АСПВБ, защита от помех и ее математическая обработка</b>				
6.9	Диагностика электрообессоливающих установок (ЭЛОУ)	3	0,5	1	
6.10	Диагностика цеха бензинов	3	0,5	1	
6.11	Диагностика битумной	3	0,5	1	
6.12	Диагностика висбрекинга и риформинга	3	0,5	1	
	<b>4. Сбор информации о состоянии технологического оборудования НПП, контроль его параметров</b>				
6.13	Проверка технологических трубопроводов	4	0,4	4	5
6.14	Проверка насосных станций	4	0,4	4	5
6.15	Проверка резервуарных парков	4	0,4	4	
6.16	Проверка промканализации	4	0,4	4	
6.17	Проверка емкостных аппаратов	4	0,4	4	



1	2	3	4	5	6
	<b>5. Учет и обработка данных по обеспечению установками пожарной автоматики, средствами пожаротушения, противопожарным оборудованием, пожарной техникой</b>				
6.18	Поставка установок пожарной автоматики (поставщик 1)	5	0,5	1	
6.19	Поставка установок пожарной автоматики (поставщик 2)	5	0,5	1	
6.20	Поставка установок пожарной автоматики (поставщик 3)	5	0,5	1	
6.21	Поставка диагностических систем АСУТП (поставщик 1)	5	0,5	1	
6.22	Поставка диагностических систем АСУТП (поставщик 2)	5	0,5	1	
6.23	Поставка диагностических систем АСУТП (поставщик 3)	5	0,5	1	
6.24	Поставка средств пожаротушения (поставщик 1)	5	0,5	1	
6.25	Поставка средств пожаротушения (поставщик 2)	5	0,5	1	
6.26	Поставка средств пожаротушения (поставщик 3)	5	0,5	1	
6.27	Поставка противопожарного оборудования (поставщик 1)	5	0,5	1	
6.28	Поставка противопожарного оборудования (поставщик 2)	5	0,5	1	
6.28	Поставка противопожарного оборудования (поставщик 3)	5	0,5	1	
6.30	Поставка пожарной техники (поставщик 1)	5	0,5	1	
6.31	Поставка пожарной техники (поставщик 2)	5	0,5	1	
6.32	Поставка пожарной техники (поставщик 3)	5	0,5	1	
	<b>6. Обработка статистических данных о нарушениях требований пожаровзрывобезопасности по зданиям, сооружениям и видам технологического оборудования</b>				
6.33	Статистика 1	6	0,5	1	
	<b>7. Обработка статистических данных об отказах и авариях технологического оборудования</b>				
6.34	Статистика 2	7	0,5	1	
6.35	Статистика 3	7	0,5	1	
	<b>8. Совершенствование инфраструктуры и процессов по эксплуатации диагностического оборудования</b>				
6.36	Техническая помощь в монтаже оборудования, пусконаладочные работы, испытание оборудования	8	0,4	5	
6.37	Обучение правилам эксплуатации и ремонта оборудования	8	0,4	5	
6.38	Гарантийное и послегарантийное обслуживание оборудования	8	0,4	5	
6.39	Ремонт установленного оборудования на месте эксплуатации и на заводе-изготовителе	8	0,4	5	
6.40	Специальные доработки поставленной пожарной автоматики и техники	8	0,4	5	
6.41	Разработка проектов оснащения управляющих систем кластеров безопасности ОЗ и центров управления подсистемами АСПВБ	8	0,4	5	
6.42	Проектирование, поставка, монтаж и пусконаладочные работы сетей передачи данных для АСПВБ и АСУТП на НПП на базе оборудования беспроводного широкополосного доступа	8	0,4	5	
6.43	Поставка запасных частей и агрегатов средств оповещения и пожарной автоматики	8	0,4	5	
	<b>9. Учет данных о наличии контрольных приборов по видам, периодичности их использования, сроках проверок</b>				
6.44	Учет приборов измерения давления	9	0,2	3	
6.45	Учет приборов измерения уровня жидкости	9	0,2	3	

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
6.46	Учет приборов измерения температуры	9	0,4	3	
6.47	Учет состояния иных измерительных приборов	9	0,4	3	
	<b>10. Работа с молодыми специалистами</b>				
6.48	Предоставление молодым специалистам социальных гарантий	10	0,06	6	
6.49	Выплата стипендий наиболее отличившимся молодым специалистам	10	0,05	6	
6.50	Восстановление практики базовых кафедр и привлечение к работе студентов, начиная с 4-го года обучения	10	0,15	3	
	<b>11. Совершенствование структуры персонала</b>				
6.51	Формирование кадрового резерва на предприятии	11	0,1	3	
6.52	Изучение кадрового потенциала предприятий-аналогов	11	0,08	1	
6.53	Оптимизация структуры персонала	11	0,12	1	
	<b>12. Совершенствование системы оплаты труда</b>				
6.54	Превышение размеров зарплат не менее чем на 20 % для соответствующих категорий работников в регионе	12	0,3	1	
6.55	Обеспечение не менее 80 % иногородних рабочих общежитием	12	0,2	1	
6.56	Социальные надбавки для молодых рабочих	12	0,2	1	
	<b>13. Совершенствование системы информирования ЛПР о неисправностях технических средств АСПВБ</b>				
6.57	Учет ошибок персонала в опасных ситуациях	13	0,15	6	
6.58	Учет своевременности оказания медицинской помощи	13	0,2	1	
	<b>14. Учет и обработка данных по экспертизе проектов зданий, сооружений, технологического оборудования и авторам экспертиз</b>				
6.59	Автоматизация процессов управления проведением экспертиз	14	0,5	1	
6.60	Автоматизация процессов учета гарантийного и постгарантийного обслуживания проектов зданий, сооружений, технологического оборудования	14	0,5	1	
6.61	Развитие автоматизированных процессов по экспертизе технологического оборудования, зданий и сооружений	14	0,4	4	
6.62	Систематизация данных об экспертах и их дальнейшее планирование	14	0,4	4	
	<b>15. Учет лиц, занимающихся профилактической работой</b>	15			
6.63	Установка автоматизированной блочно-модульной системы учета привлекаемых к профилактической работе лиц	15	0,4	4	
6.64	Учет проводимых инструктажей	15	0,4	4	
6.65	Автоматизация учета работы лиц с диагностическими приборами	15	0,4	4	
	<b>16. Учет сроков нормативного обследования состояния технологического оборудования</b>				
6.66	Автоматизация процессов учета сроков работы технологического оборудования	16	0,4	1	
6.67	Интеграция в производственный процесс создаваемого программного обеспечения	16	0,4	1	
6.68	Разработка программного обеспечения АСПВБ, информирующего ЛПР о сроках работы технологического оборудования в реальном времени	16	0,4	1	

1	2	3	4	5	6
6.69	Разработка дорожных карт по снижению отказов технологического оборудования с учетом «Индустрии 4.0»	16	0,4	1	
6.70	Совершенствование учета мероприятий по обследованию технологического оборудования и своевременному информированию о них ЛПП	16	0,4	1	
	<b>17. Изменение параметров контроля состояния пожаровзрывобезопасности и технологического оборудования</b>				
6.71	Внедрение перспективных технологий и оборудования с учетом импортозамещения	17	0,5	1	
6.72	Модернизация участков переработки нефти в бензин с внедрением прогрессивных материалов и технологий	17	0,5	1	
6.73	Модернизация и переоснащение участков производства СПГ с внедрением прогрессивных технологий с учетом импортозамещения	17	0,5	1	
6.74	Модернизация участка ЭЛОУ с заменой морально устаревшего оборудования на новое с учетом импортозамещения	17	0,5	1	
6.75	Реконструкция цеха подготовки сырья с применением современных систем управления процессами, прогрессивных материалов ванн и схем технологических процессов	17	0,5	1	
6.76	Применение новых малогорючих материалов на основе пластиков в продуктопроводах	17	0,5	1	
	<b>18. Разработка и внедрение методов снижения загрязнений окружающей среды и вероятностей возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций</b>				
6.77	Построение модели управления в области защиты окружающей среды на НПП	18	0,4	5	
6.78	Модернизация используемой для хранения и отработанных нефтематериалов инфраструктуры, ее кадровое обеспечение	18	0,4	5	
6.79	Автоматизация учета источников загрязнений и источников утечки горючих материалов	18	0,33	2	
6.80	Формирование эффективных механизмов вовлечения объектов интеллектуальной собственности в области защиты окружающей среды в хозяйственный оборот	18	0,4	1	
6.81	Проведение НИОКР для развития защитных мероприятий в области защиты окружающей среды	18	0,4	3	

В графах 4–6 таблицы 3.43 приведены данные по финансированию мероприятий НПП в соответствии с выбранной агрегатной целью — обеспечением пожаровзрывобезопасности на НПП. Содержащаяся в них информация потребуется в дальнейшем при решении оптимизационной задачи по формированию плана деятельности НПП по пожаровзрывобезопасности в соответствии с математической постановкой задачи, приведенной в п. 2.4 настоящего исследования.

Поскольку целевая и решающая матрицы имеют размерность  $18 \times 81$ , для последнего иерархического уровня они не приводятся. В этом нет особой необходимости, поскольку в данном случае все мероприятия связаны только с одним кластером, т. е. по последнему уровню иерархия — совершенная.

Для промежуточных целей 5-го уровня из таблицы 3.28 сформируем таблицы 3.44–3.60 с использованием значимых факторов из таблицы 3.43 и построим соответствующие диаграммы (рисунки 3.38–3.54).

Таблица 3.44 — Промежуточная цель 5.1 «Диагностика неисправностей комплекса технических средств АСПВБ и выяснение вызвавших их причин»

Номер работы	1	2	3	4
1	1	1,5	1	0,7
2		1	0,7	0,5
3			1	0,7
4				1

Значимые факторы:

- 1 — Поверка датчиков-газоанализаторов;
- 2 — Поверка системы оповещения о пожаре;
- 3 — Поверка системы предупреждения предпожарных режимов;
- 4 — Поверка системы останова технологического процесса.

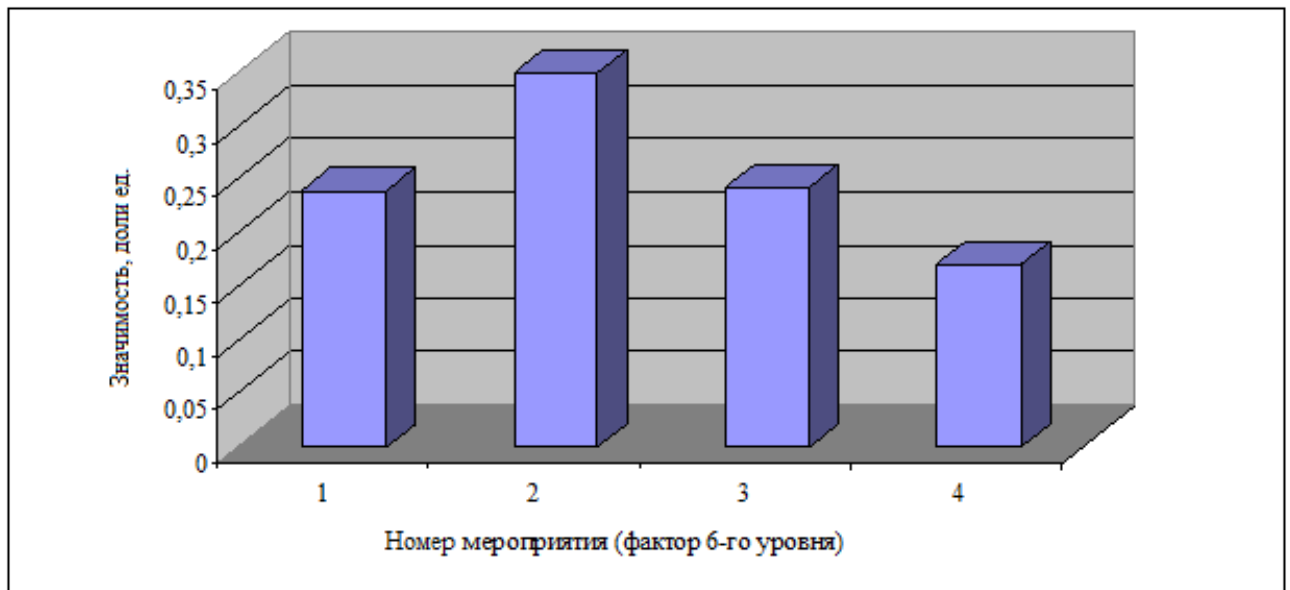


Рисунок 3.38 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Диагностика неисправностей комплекса технических средств АСПВБ и выяснение вызвавших их причин»

Таблица 3.45 — Промежуточная цель 5.2 «Систематизация видов неисправностей в АСПВБ и методов их устранения»

Номер работы	5	6	7	8
5	1	1	0,5	1,2
6		1	0,5	1,3
7			1	2,5
8				1

Значимые факторы:

**5** — Выявление износа клапанов давления;

**6** — Анализ времени эксплуатации прокладок и уплотнителей в соединениях;

**7** — Поверка манометров;

**8** — Осмотр внешних частей оборудования, работающего с обогревом и под давлением.

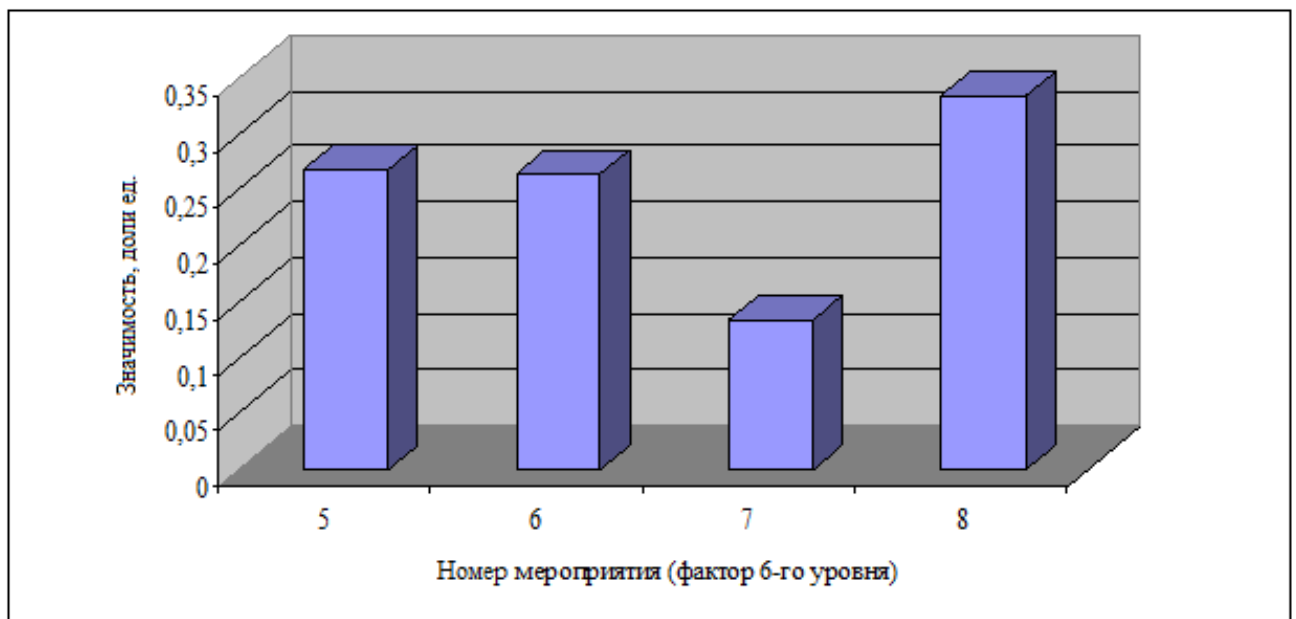


Рисунок 3.39 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Систематизация видов неисправностей в АСПВБ и методов их устранения»

Таблица 3.46 — Промежуточная цель 5.3 «Проверка достоверности информации о состоянии технических средств АСПВБ, защита от помех и ее математическая обработка»

Номер работы	9	10	11	12
9	1	0,7	1,5	1
10		1	2	1,5
11			1	0,7
12				1

Значимые факторы:

9 — Диагностика ЭЛОУ;

10 — Диагностика цеха бензинов;

11 — Диагностика битумной;

12 — Диагностика висбрекинга и риформинга.

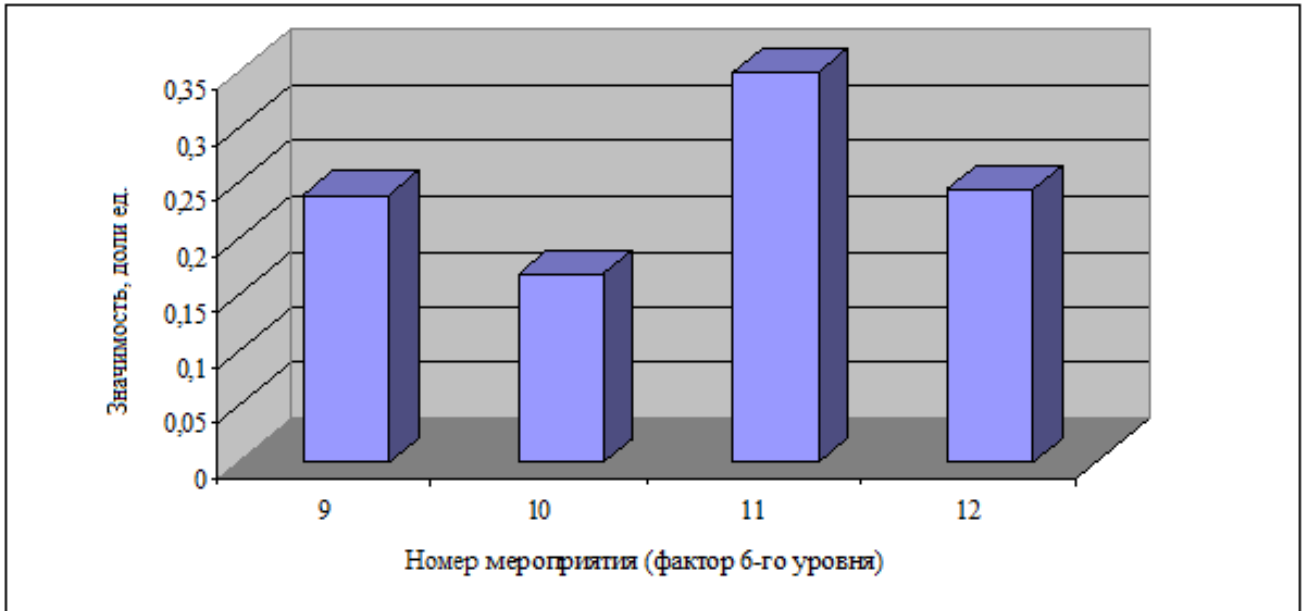


Рисунок 3.40 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Проверка достоверности информации о состоянии технических средств АСПВБ, защита от помех и ее математическая обработка»

Таблица 3.47 — Промежуточная цель 5.4 «Сбор информации о состоянии технологического оборудования НПП, контроль его параметров»

Номер работы	13	14	15	16	17
13	1	0,5	2	0,7	0,9
14		1	4	1,5	1,7
15			1	0,3	0,5
16				1	1,3
17					1

Значимые факторы:

13 — Проверка технологических трубопроводов;

14 — Проверка насосных станций;

15 — Проверка резервуарных парков;

16 — Проверка промканализации;

17 — Проверка емкостных аппаратов.

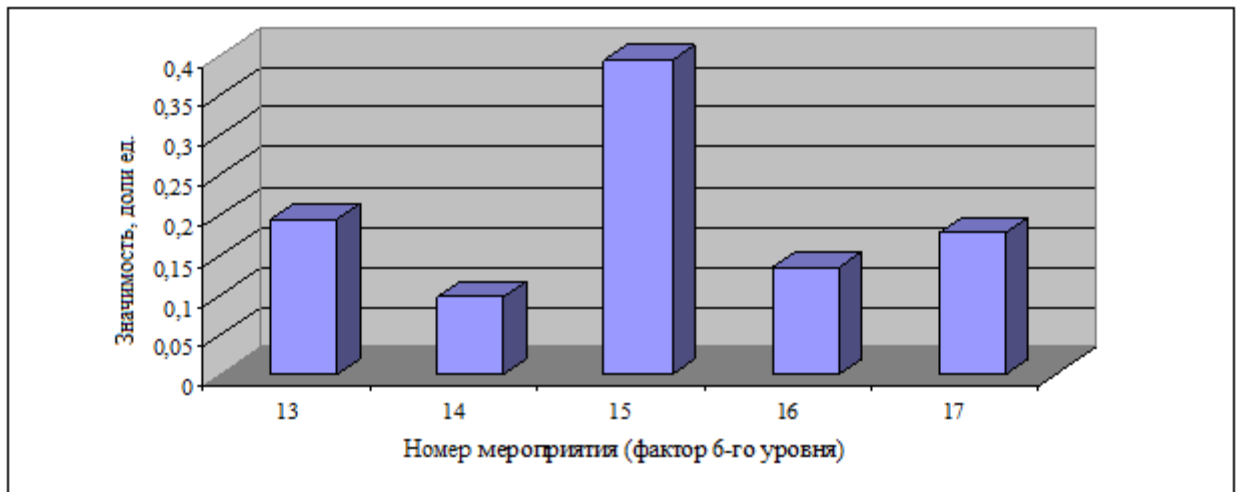


Рисунок 3.41 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Сбор информации о состоянии технологического оборудования НПЗ, контроль его параметров»

Таблица 3.48 — Промежуточная цель 5.5 «Учет и обработка данных по обеспечению установками пожарной автоматики, средствами пожаротушения, противопожарным оборудованием, пожарной техникой»

Номер работы	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
18	1	0,7	1	0,7	0,5	1,5	2	0,7	0,9	0,9	2,5	1	0,8	1	1,5
19		1	1,5	1	0,7	2	3	1	1,3	1,4	3	1,5	1,2	1,5	2
20			1	0,7	0,5	1,5	2	0,7	0,9	0,9	2,5	1	0,8	1	1,5
21				1	0,7	2	3	1	1,3	1,4	3	1,5	1,2	1,5	2
22					1	3	4	1,4	1,8	2	5	2	1,5	2	3
23						1	1,5	0,5	0,6	0,6	1,6	0,7	0,5	0,7	1
24							1	0,35	0,4	0,5	1,3	0,5	0,4	0,5	0,7
25								1	1,3	1,4	3	1,5	1,2	1,5	2
26									1	1	2,7	1,2	1	1	1,6
27										1	2,7	1,2	1	1	1,6
28											1	0,4	0,3	1	0,6
29												1	0,8	1	1,5
30													1	1	2
31														1	1,5
32															1

Значимые факторы:

- 18 — Поставка установок пожарной автоматики (поставщик 1);
- 19 — Поставка установок пожарной автоматики (поставщик 2);
- 20 — Поставка установок пожарной автоматики (поставщик 3);
- 21 — Поставка диагностических систем АСУТП (поставщик 1);

- 22 — Поставка диагностических систем АСУТП (поставщик 2);
- 23 — Поставка диагностических систем АСУТП (поставщик 3);
- 24 — Поставка средств пожаротушения (поставщик 1);
- 25 — Поставка средств пожаротушения (поставщик 2);
- 26 — Поставка средств пожаротушения (поставщик 3);
- 27 — Поставка противопожарного оборудования (поставщик 1);
- 28 — Поставка противопожарного оборудования (поставщик 2);
- 29 — Поставка противопожарного оборудования (поставщик 3);
- 30 — Поставка пожарной техники (поставщик 1);
- 31 — Поставка пожарной техники (поставщик 2);
- 32 — Поставка пожарной техники (поставщик 3).

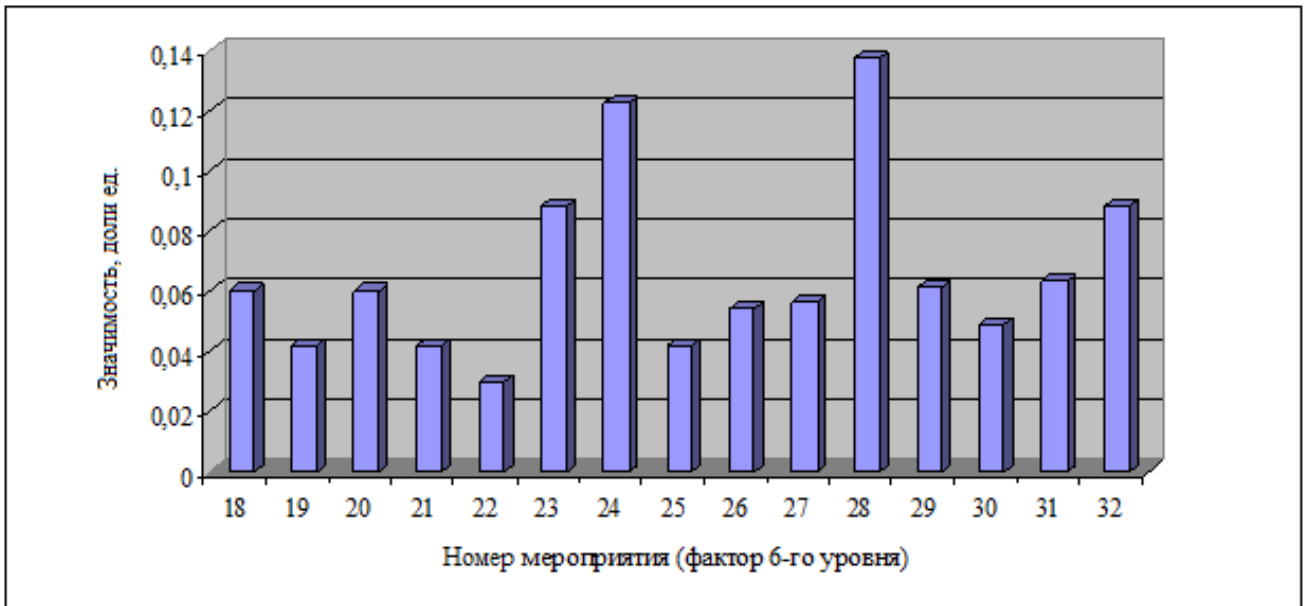


Рисунок 3.42 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Учет и обработка данных по обеспечению установками пожарной автоматики, средствами пожаротушения, противопожарным оборудованием, пожарной техникой»

С промежуточной целью 5.6 «Обработка статистических данных о нарушениях требований пожаровзрывобезопасности по зданиям, сооружениям и видам технологического оборудования» связано только одно мероприятие — Статистика 1 (по аналогии со Статистикой 2). Поэтому в указанном кластере относительная значимость этого мероприятия равна 1.



Таблица 3.49 — Промежуточная цель 5.7 «Обработка статистических данных об отказах и авариях технологического оборудования»

Номер работы	34	35
34	1	0,7
35		1

Значимые факторы:

34 — Статистика 2;

35 — Статистика 3.

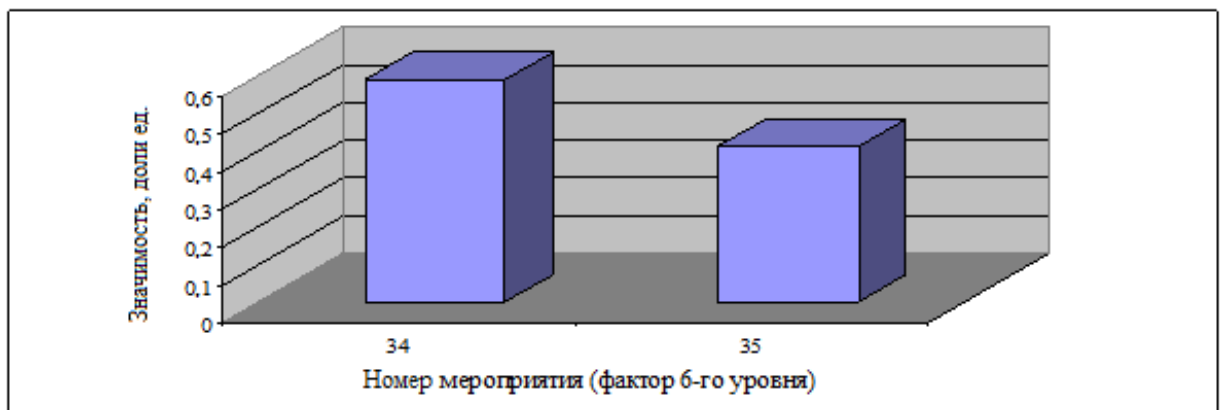


Рисунок 3.43 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Обработка статистических данных об отказах и авариях технологического оборудования»

Таблица 3.50 — Промежуточная цель 5.8 «Совершенствование инфраструктуры и процессов по эксплуатации диагностического оборудования»

Номер работы	36	37	38	39	40	41	42	43
36	1	1	2	3	1,5	1,5	1,5	0,7
37		1	2	3	1,5	1,5	1,5	0,7
38			1	1,5	0,7	0,7	0,7	0,4
39				1	0,5	0,5	0,5	0,2
40					1	1	1	0,5
41						1	1	0,5
42							1	0,5
43								1

Значимые факторы:

36 — Техническая помощь в монтаже оборудования, пусконаладочные работы, испытание оборудования;

37 — Обучение правилам эксплуатации и ремонта оборудования;

**38** — Гарантийное и послегарантийное обслуживание оборудования;

**39** — Ремонт установленного оборудования на месте эксплуатации и на заводе-изготовителе;

**40** — Специальные доработки поставленной пожарной автоматики и техники;

**41** — Разработка проектов оснащения управляющих систем кластеров безопасности ОЗ и центров управления подсистемами АСПВБ;

**42** — Проектирование, поставка, монтаж и пусконаладочные работы сетей передачи данных для АСПВБ и АСУТП на НПП на базе оборудования беспроводного широкополосного доступа;

**43** — Поставка запасных частей и агрегатов средств оповещения и пожарной автоматики.

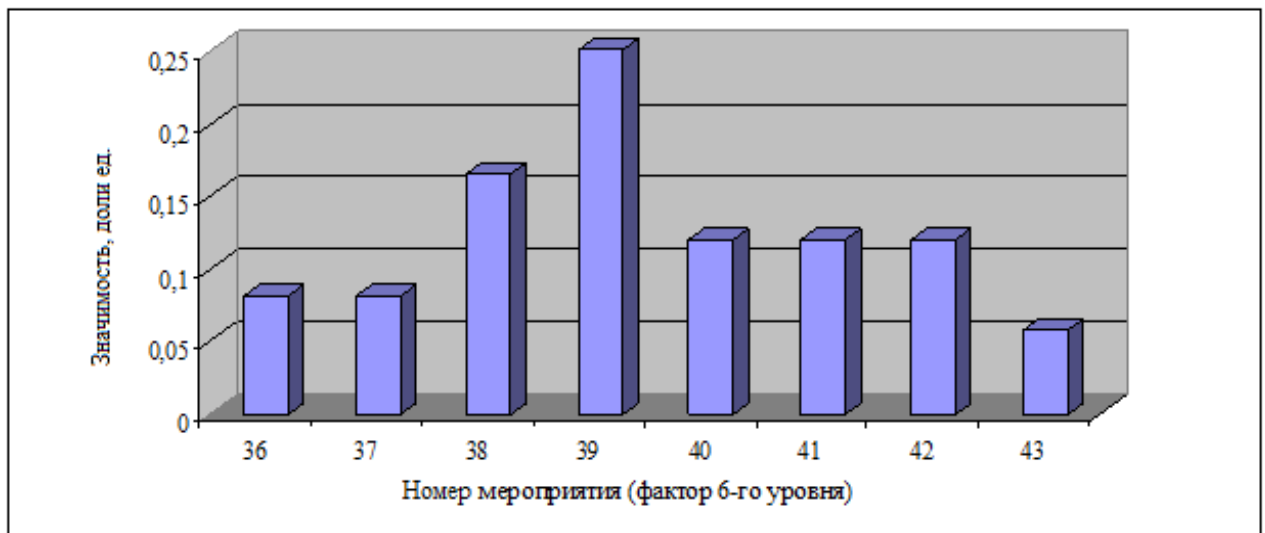


Рисунок 3.44 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Совершенствование инфраструктуры и процессов по эксплуатации диагностического оборудования»

Таблица 3.51 — Промежуточная цель 5.9 «Учет данных о наличии контрольных приборов по видам, периодичности их использования, сроках проверок»

Номер работы	44	45	46	47
44	1	0,5	1,5	2,5
45		1	3	5
46			1	1,7
47				1

Значимые факторы:

**44** — Учет приборов измерения давления;

**45** — Учет приборов измерения уровня жидкости;

**46** — Учет приборов измерения температуры;

**47** — Учет состояния иных измерительных приборов.

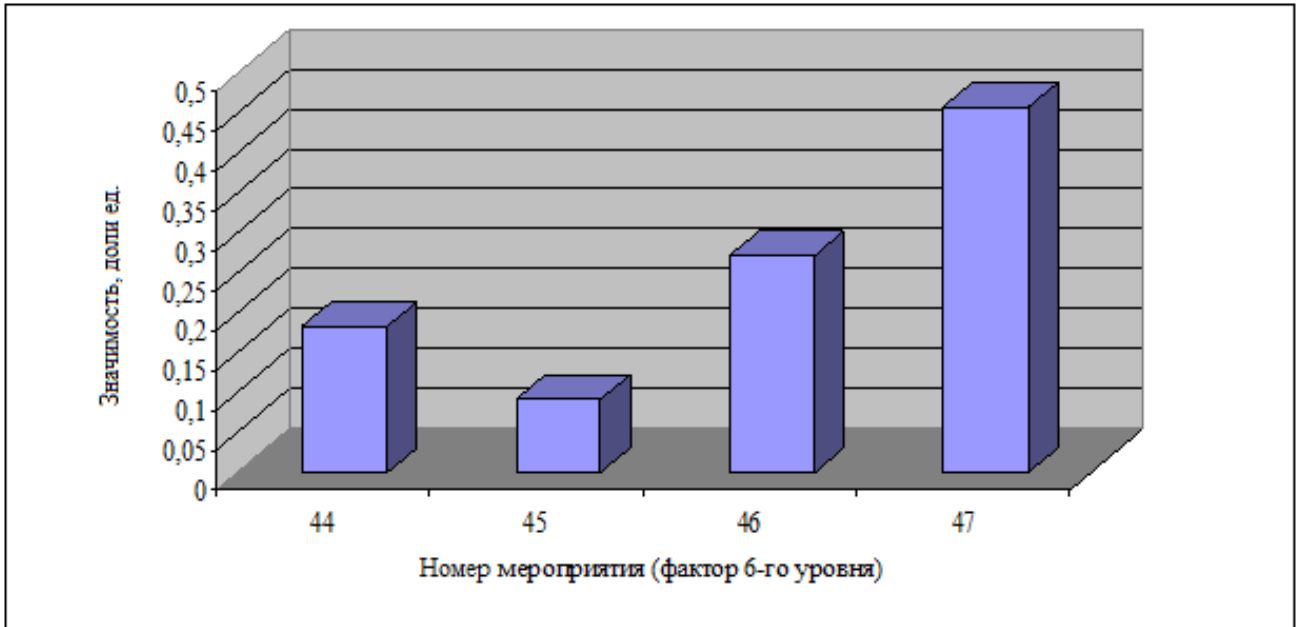


Рисунок 3.45 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Учет данных о наличии контрольных приборов по видам, периодичности их использования, сроках проверок»

Таблица 3.52 — Промежуточная цель 5.10 «Работа с молодыми специалистами»

Номер работы	48	49	50
48	1	0,5	0,5
49		1	1
50			1

Значимые факторы:

**48** — Предоставление молодым специалистам социальных гарантий;

**49** — Выплата стипендий наиболее отличившимся молодым специалистам;

**50** — Восстановление практики базовых кафедр и привлечение к работе студентов, начиная с 4-го года обучения.

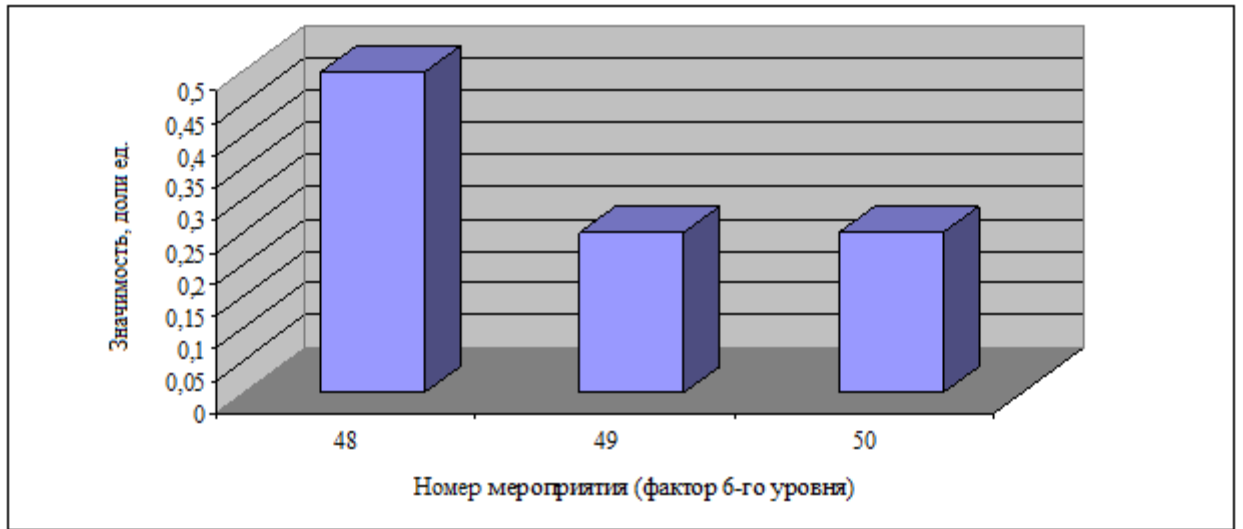


Рисунок 3.46 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Работа с молодыми специалистами»

Таблица 3.53 — Промежуточная цель 5.11 «Совершенствование структуры персонала»

Номер работы	51	52	53
51	1	1	2
52		1	1,5
53			1

Значимые факторы:

**51** — Формирование кадрового резерва на предприятии;

**52** — Изучение кадрового потенциала предприятий-аналогов;

**53** — Оптимизация структуры персонала.

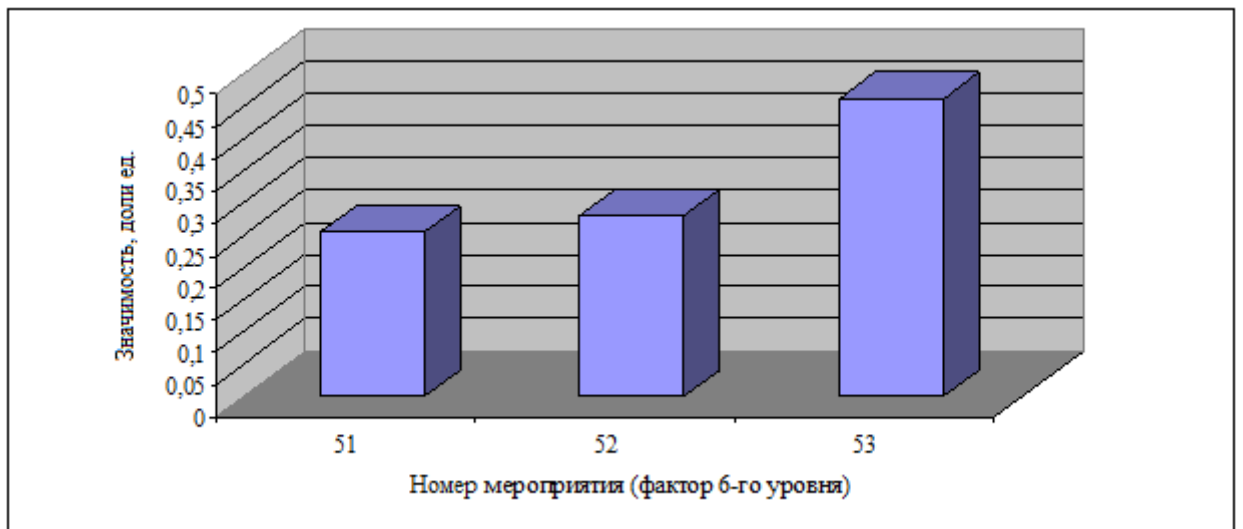


Рисунок 3.47 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Совершенствование структуры персонала»

Таблица 3.54 — Промежуточная цель 5.12 «Совершенствование системы оплаты труда»

Номер работы	54	55	56
54	1	1	0,3
55		1	0,3
56			1

Значимые факторы:

**54** — Превышение размеров зарплат не менее чем на 20 % для соответствующих категорий работников в регионе;

**55** — Обеспечение не менее 80 % иногородних рабочих общежитием;

**56** — Социальные надбавки для молодых рабочих.

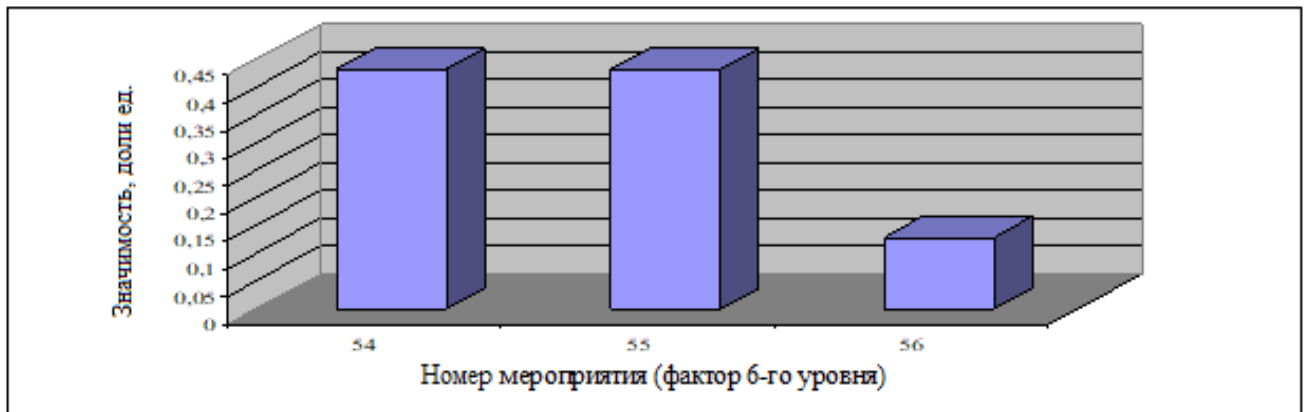


Рисунок 3.48 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Совершенствование системы оплаты труда»

Таблица 3.55 — Промежуточная цель 5.13 «Совершенствование системы информирования ЛПР о неисправностях технических средств АСПВБ»

Номер работы	57	58
57	1	1,5
58		1

Значимые факторы:

**57** — Учет ошибок персонала в опасных ситуациях;

**58** — Учет своевременности оказания медицинской помощи.

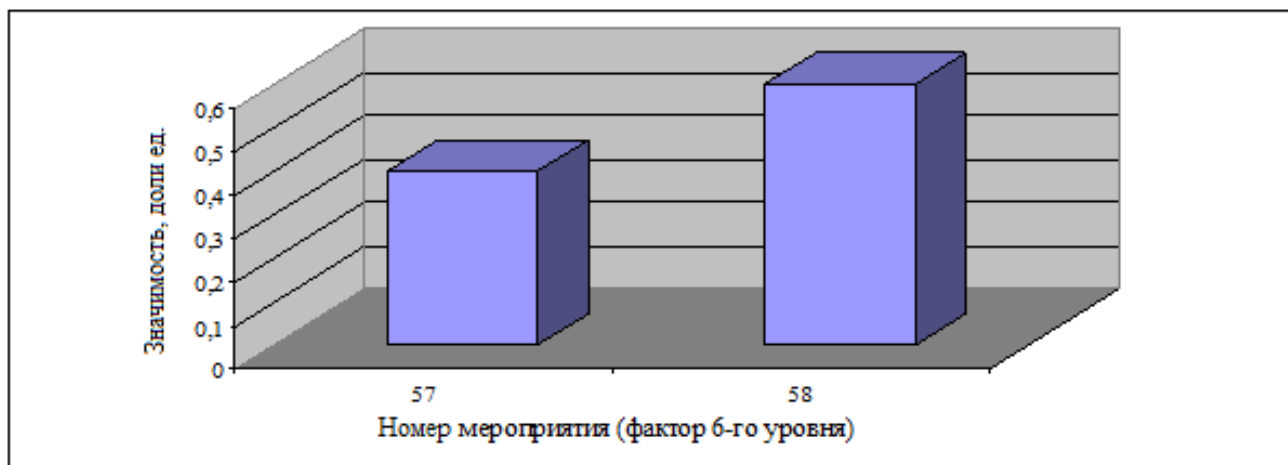


Рисунок 3.49 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Совершенствование системы информирования ЛПР о неисправностях технических средств АСПВБ»

Таблица 3.56 — Промежуточная цель 5.14 «Учет и обработка данных по экспертизе проектов зданий, сооружений, технологического оборудования и авторам экспертиз»

Номер работы	59	60	61	62
59	1	2	3	1
60		1	1,5	0,5
61			1	0,4
62				1

Значимые факторы:

**59** — Автоматизации процессов управления проведением экспертиз;

**60** — Автоматизации процессов учета гарантийного и постгарантийного обслуживания проектов зданий, сооружений, технологического оборудования;

**61** — Развитие автоматизированных процессов по экспертизе технологического оборудования, зданий и сооружений;

**62** — Систематизация данных об экспертах и их дальнейшее планирование.

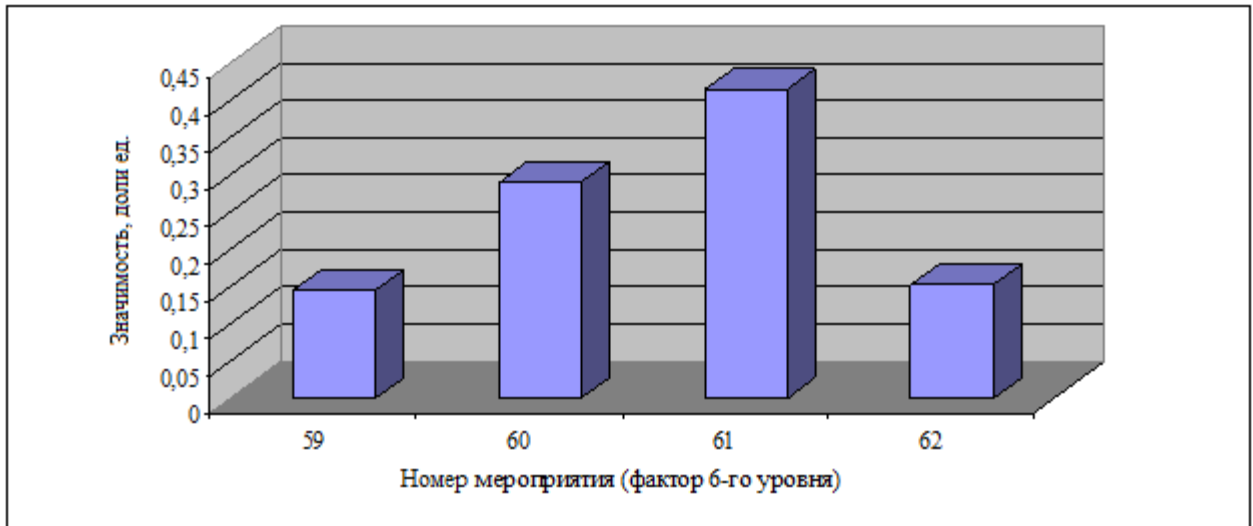


Рисунок 3.50 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Учет и обработка данных по экспертизе проектов зданий, сооружений, технологического оборудования и авторам экспертиз»

Таблица 3.57 — Промежуточная цель 5.15 «Учет лиц, занимающихся профилактической работой»

Номер работы	63	64	65
63	1	0,7	1,5
64		1	2
65			1

Значимые факторы:

**63** — Установка автоматизированной блочно-модульной системы учета привлекаемых к профилактической работе лиц;

**64** — Учет проводимых инструктажей;

**65** — Автоматизация учета работы лиц с диагностическими приборами.

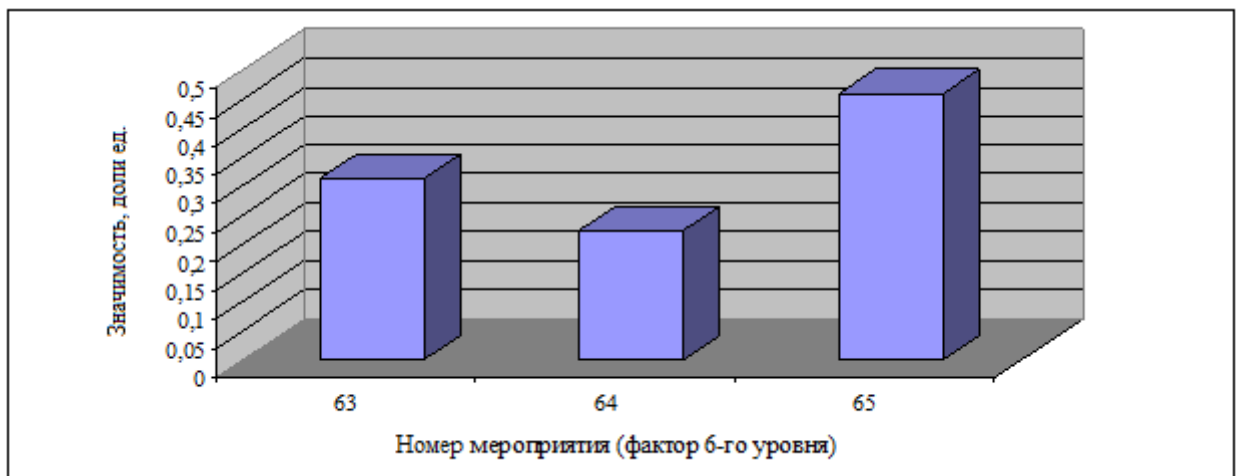


Рисунок 3.51 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Учет лиц, занимающихся профилактической работой»

Таблица 3.58 — Промежуточная цель 5.16 «Учет сроков нормативного обследования состояния технологического оборудования»

Номер работы	66	67	68	69	70
66	1	0,5	1	0,7	0,3
67		1	2	1,5	0,7
68			1	0,7	0,4
69				1	0,5
70					1

Значимые факторы:

**66** — Автоматизация процессов учета сроков работы технологического оборудования;

**67** — Интеграция в производственный процесс создаваемого программного обеспечения;

**68** — Разработка программного обеспечения АСПВБ, информирующего ЛПР о сроках работы технологического оборудования в реальном времени;

**69** — Разработка дорожных карт по снижению отказов технологического оборудования с учетом «Индустрии 4.0»;

**70** — Совершенствование учета мероприятий по обследованию технологического оборудования и своевременному информированию о них ЛПР.

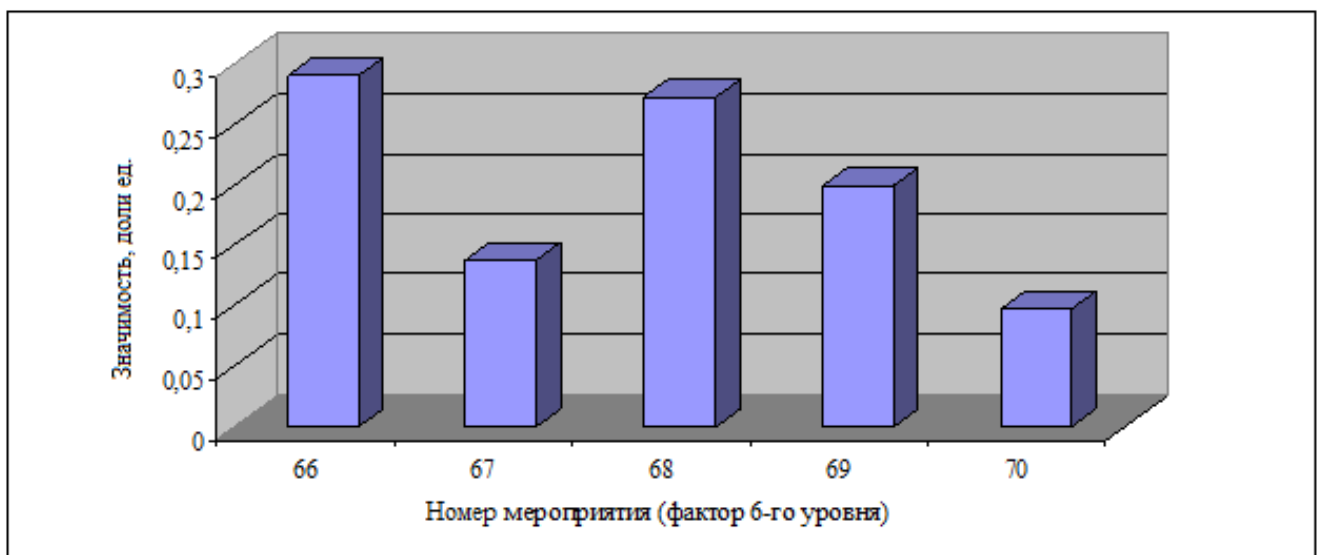


Рисунок 3.52 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Учет сроков нормативного обследования состояния технологического оборудования»



Таблица 3.59 — Промежуточная цель 5.17 «Изменение параметров контроля состояния пожаровзрывобезопасности и технологического оборудования»

Номер работы	71	72	73	74	75	76
71	1	1,5	1	1,5	2	2
72		1	0,7	1	1,4	1,5
73			1	1,5	2	2
74				1	1,5	1,4
75					1	1
76						1

Значимые факторы:

**71** — Внедрение перспективных технологий и оборудования с учетом импортозамещения;

**72** — Модернизация участков переработки нефти в бензин с внедрением прогрессивных материалов и технологий;

**73** — Модернизация и переоснащение участков производства СПГ с внедрением прогрессивных технологий с учетом импортозамещения;

**74** — Модернизация участка ЭЛОУ с заменой морально устаревшего оборудования на новое с учетом импортозамещения;

**75** — Реконструкция цеха подготовки сырья с применением современных систем управления процессами, прогрессивных материалов ванн и схем технологических процессов;

**76** — Применение новых малогорючих материалов на основе пластиков в продуктопроводах.

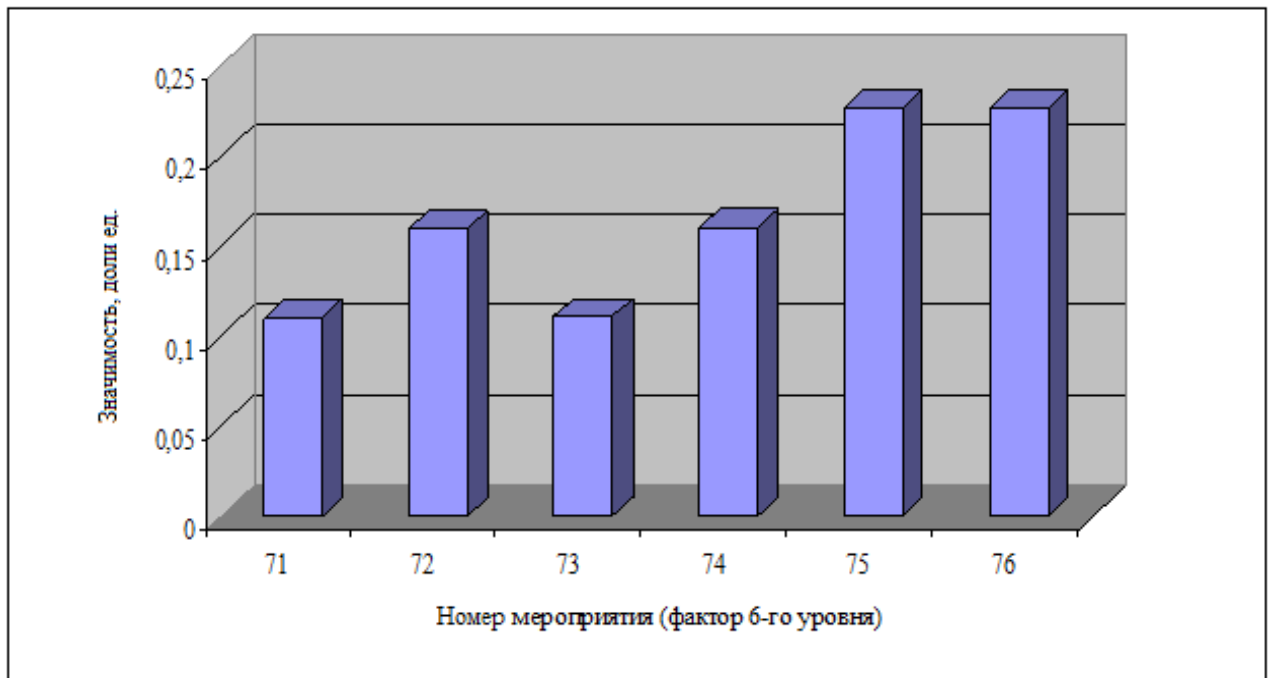


Рисунок 3.53 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Изменение параметров контроля состояния пожаровзрывобезопасности и технологического оборудования»

Таблица 3.60 — Промежуточная цель 5.18 «Разработка и внедрение методов снижения загрязнений окружающей среды и вероятностей возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций»

Номер работы	77	78	79	80	81
77	1	2	2,5	1	1
78		1	1,3	0,5	0,5
79			1	0,5	0,4
80				1	1
81					1

Значимые факторы:

**77** — Построение модели управления в области защиты окружающей среды на НПЗ;

**78** — Модернизация используемой для хранения и отработанных нефте-материалов инфраструктуры, ее кадровое обеспечение;

**79** — Автоматизация учета источников загрязнений и источников утечки горючих материалов;

**80** — Формирование эффективных механизмов вовлечения объектов интеллектуальной собственности в области защиты окружающей среды в хозяйственный оборот;

**81** — Проведение НИОКР для развития защитных мероприятий в области защиты окружающей среды.

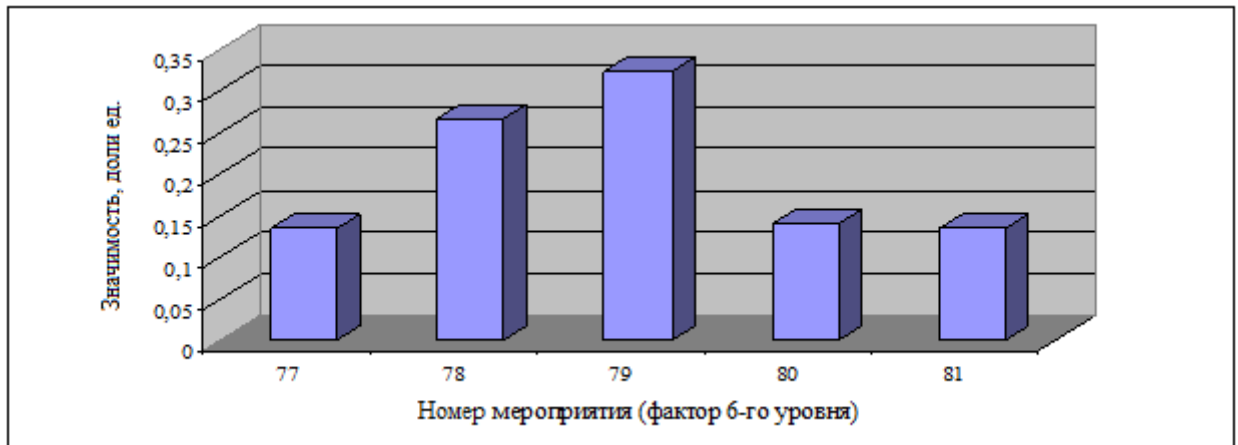


Рисунок 3.54 — Значимости мероприятий (работ) для реализации промежуточной цели «Разработка и внедрение методов снижения загрязнений окружающей среды и вероятностей возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций»



Рисунок 3.55 — Показатели согласованности матриц парных сравнений значимостей мероприятий (работ)

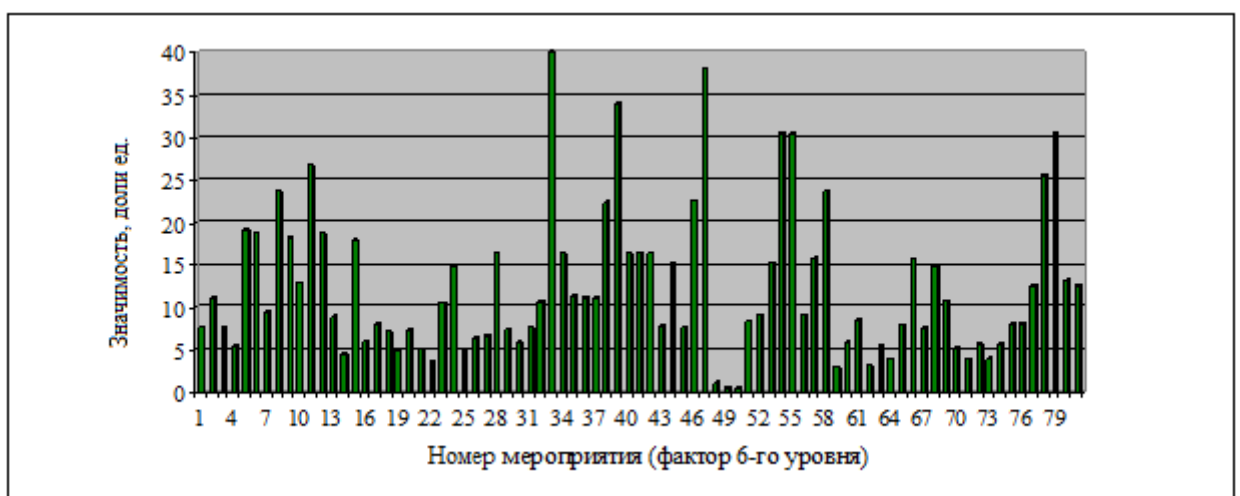


Рисунок 3.56 — Абсолютные значимости  $\times 1000$  мероприятий (работ) для реализации стратегической цели предприятия

Данные на диаграмме на рисунке 3.56 — конечный результат анализа иерархии целевых установок НПП в области пожаровзрывобезопасности.

Таким образом, в данном разделе были приведены расчеты и их результаты, позволяющие детально оценить значимость конкретных мероприятий НПП по обеспечению пожаровзрывобезопасности.

Материалы данного моделирования составляют технологию определения вклада каждого из них в решение общей задачи. Решение данной задачи в частной постановке может быть также применено для иных прикладных областей.

### **3.6 Выводы по главе 3**

1. В данной главе была приведена технология решения типовой оптимизационной задачи в общей постановке для условно-расчетного предприятия ТЭК. Задача решалась для цели «обеспечение на объекте ТЭК пожаровзрывобезопасности».

2. Все предложенные действия основаны на проводимых ранее исследованиях и выполнены в соответствии с решением поставленной задачи исследования в обобщенной постановке. Они позволяют определить значимости:

- среднесрочных задач при реализации стратегической цели условно-расчетного предприятия ТЭК по пожаровзрывобезопасности;
- основных направлений деятельности объекта ТЭК при реализации стратегической цели условно-расчетного предприятия ТЭК по пожаровзрывобезопасности;
- блоков (кластеров) мероприятий при реализации стратегической цели условно-расчетного предприятия ТЭК по пожаровзрывобезопасности;
- мероприятий по реализации стратегической цели условно-расчетного предприятия ТЭК по пожаровзрывобезопасности.

3. Рассчитанные значения значимостей мероприятий сведены в таблицы и могут использоваться в качестве основы для анализа ЛПП состояния дел на объекте ТЭК по пожаровзрывобезопасности.

4. Технология расчетов, разработанная в данной части исследования, может быть использована в составных частях АСПВБ: АС предотвращения пожаров и взрывов, АС пожаровзрывозащиты и АС общего назначения.

5 Разработанная технология является практическим воплощением теоретических обобщений, предложенных в главе 2. Проведенные в данной главе расчеты значимостей различных уровней задач и мероприятий для условно-расчетного предприятия ТЭК могут применяться как в отраслевом масштабе, так и для достижения иных долгосрочных целей объекта ТЭК.

## **ГЛАВА 4 Прикладные аспекты применения интеллектуальной технологии организационного управления эффективностью систем пожаровзрывобезопасности в особых условиях**

В предыдущих двух главах были описаны теоретические основы и практическое воплощение применения разработанных в исследовании методов стратегического планирования для повышения эффективности работы АСПВБ в условиях применения цифровых технологий и особенностей ситуации, связанной с финансовыми и технологическими ограничениями настоящего времени. Массовое применение в технологических процессах различных датчиков (часть указана в таблице 3.43) приводит к необходимости увеличить на несколько порядков число стабилизирующих мероприятий.

Помимо этого, ЛПР очень важно знать, в каком состоянии на самом деле находятся подотчетные ему участки. И в этом смысле информация о состоянии диагностического и иного оборудования, участвующего в поставке информации АСУТП первого уровня, требует тщательного анализа на достоверность.

Одним из способов улучшения качества такой информации может служить проводимый на объекте ТЭК на регулярной основе стратегический мониторинг состояния того или иного оборудования. Рассмотрим более детально, каким образом возможно его осуществление.

### **4.1 Мониторинг лицом, принимающим решения, деятельности объекта топливно-энергетического комплекса с помощью предложенных методов**

Когда на объекте ТЭК сформирован план действий для заданной стратегической цели на очередной период, «основной задачей ЛПР (и подчиненной ему группы аналитиков) становится мониторинг успешности его выполнения. Мониторинг по различным направлениям деятельности проводится практически с первых недель реализации очередного этапа стратегического плана и заканчивается в конце планового периода.

При мониторинге аналитики должны решать двоякую задачу [188–190, 246].

Во-первых, оценивать текущую степень реализуемости плановых мероприятий и степеней достижения промежуточных целей. Понятно, что информации только об уровнях проработки отдельных мероприятий (работ) будет недостаточно: реализация части из них идет по графику, части — с отставанием от него, а некоторых — с опережением. Кроме того, разные работы имеют различную значимость. Поэтому мониторинг уже на уровне кластеров (блоков) мероприятий должен представлять состояние не по отдельным работам, а по группам работ. Проблема еще больше усложняется для ЛПР, который оценивает складывающуюся ситуацию по успешности реализации типов задач и не может себе позволить из-за трудностей выполнения какой-то отдельной работы поднимать тревогу и принимать резкие системные решения. Он всегда должен помнить, что на общем фоне ситуация может оказаться вполне приемлемой.

Если передать смысл сказанного другими словами, то для текущей оценки положения на предприятии необходим не просто мониторинг, а стратегический мониторинг, при котором ситуация оценивается с точки зрения ее соответствия стратегическим целям и основным задачам предприятия.

Во-вторых, оценивая текущее состояние в разные моменты времени и учитывая его динамику, аналитики должны сформировать прогноз на момент окончания планового периода: только на этой основе можно приступить к формированию следующего плана на очередной среднесрочный период. Эта задача отличается от предыдущей, которую условно можно назвать фотографированием. Теперь нужно осуществить прогнозирование на окончание планового периода, оценить вероятности реализации заданных индикаторов по каждому включенному в план мероприятию, своевременно проинформировать руководителей всех уровней о наметившихся проблемах и рисках невыполнения плановых показателей.

Такой прогноз также должен быть стратегическим.

По результатам мониторинга руководители разных уровней в пределах своей компетенции принимают решения по маневрированию располагаемыми основными ресурсами» [234], после чего они докладывают о своих решениях ЛПР.

Если принимаемые ими решения не дадут необходимого эффекта, то выдвигается обращение к другим источникам с просьбой о помощи резервами. В частности, подобная практика обращения к соседним подразделениям распространена при получении информации об эскалации уровня поддержки пожарных бригад, осуществляющих тушение пожаров [246].

Рассмотрим, каким образом можно использовать предложенные в предыдущих главах методы оценки методов ССП для проведения данного вида деятельности.

#### **4.1.1 Использование обратного метода решающих матриц для теоретического обоснования мониторинга лицом, принимающим решения, в автоматизированной системе управления технологическими процессами**

Теоретические основы стратегического мониторинга выполнения комплекса мероприятий по заданному ЛПР направлению контроля могут быть определены с помощью обратного метода решающих матриц. Актуальность разработки подобного метода, как и других методов оценки реализуемости стратегического плана на объекте ТЭК, обусловлена необходимостью непрерывного мониторинга совокупности мероприятий в интересах повышения эффективности работы АСПВБ, эффективности оперативного управления на объекте ТЭК располагаемыми ресурсами, а также обоснованности получаемой ЛПР в АСУТП информации.

Понятно, что в идеальном случае, при отсутствии не учтенных на этапе планирования обстоятельств или их взаимной компенсации, реальное состояние проработки комплекса мероприятий должно совпадать с плановым. Однако в действительности почти всегда наблюдаются расхождения между реальными и плановыми состояниями. В связи с этим для своевременного предупреждения и последующего парирования возможных негативных последствий этих расхождений в общей схеме работы АСПВБ необходимо создать специальную подсистему мониторинга хода выполнения мероприятий с оценкой стратегических рисков их невыполнения. Причем, учитывая большое количество проводимых



мероприятий, «достоверно оценивать риски реализации совокупности мероприятий можно только интегрально по агрегатным показателям качества. Создаваемая подсистема будет не только использовать приведенный ниже метод, но и базироваться на широко применяемых положениях оценок различных видов рисков» [107, 108, 234, 247–251].

«Сначала на примере шестиуровневой иерархической схемы рассмотрим первую, наиболее простую задачу определения степеней достижения промежуточных целей по известным значениям степеней  $\xi_j$  реализации всех предусмотренных планом мероприятий (работ).

Установим степень реализуемости агрегатного показателя качества.

Интегральная степень завершенности  $\Omega_3$  всего комплекса  $n$  мероприятий будет определяться следующим образом» [234]:

$$\Omega_3 = \sum_{j=1}^n \beta_j \cdot \xi_j = \sum_{j=1}^n \beta_j \cdot \eta_j \cdot \zeta_j, \quad (4.1)$$

«где  $\beta_j$  — вклад реализации  $j$ -го мероприятия в достижение агрегатной цели в пределах горизонта планирования;

$\xi_j$  — текущая степень выполнения  $j$ -го мероприятия по отношению к максимально возможной, т. е. к 1 или 100 %;

$\eta_j$  — плановая степень выполнения  $j$ -го мероприятия по отношению к максимально возможной;

$\zeta_j$  — реальная (прогнозируемая) степень выполнения  $j$ -го мероприятия по отношению к плановой.

Теперь определим текущие степени реализуемости различных промежуточных целей» [234].

«Из приведенной выше математической постановки задачи исследования следует, что данные о значимостях мероприятий для соответствующих кластеров (блоков) мероприятий содержатся в решающей матрице  $UM$ :

$$UM = \begin{pmatrix} um_{11} & um_{12} & um_{13} & \dots & um_{1n} \\ um_{21} & um_{22} & um_{23} & \dots & um_{2n} \\ um_{31} & um_{32} & um_{33} & \dots & um_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ um_{f1} & um_{f2} & um_{f3} & \dots & um_{fn} \end{pmatrix}, \quad (4.2)$$

где  $f$  — количество кластеров (блоков) мероприятий.

По аналогии с агрегатным показателем обобщенная степень реализуемости некоторого кластера (блока), например кластера 1, имеет вид:

$$Kk_1 = \sum_{i=1}^n um_{1i} \cdot \xi_i, \quad (4.3)$$

где  $\xi_i$  — текущая степень выполнимости первого кластера мероприятий.

Если сделать формальную замену

$$\beta_j \longrightarrow um_{1j},$$

то приходим к задаче о степени реализуемости кластеров работ, аналогичной рассмотренной для агрегатного показателя.

Теперь заметим, что совокупность величин  $Kk_i$  можно представить в следующем виде:

$$Kk = \begin{pmatrix} Kk_1 \\ Kk_2 \\ \dots \\ Kk_f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} um_{11} & um_{12} & um_{13} & \dots & um_{1n} \\ um_{21} & um_{22} & um_{23} & \dots & um_{2n} \\ um_{31} & um_{32} & um_{33} & \dots & um_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ um_{f1} & um_{f2} & um_{f3} & \dots & um_{fn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \dots \\ \xi_n \end{pmatrix}. \quad (4.4)$$

Тогда становится понятным, как оценить степень реализуемости факторов следующего, более высокого системного уровня — направлений деятельности предприятия: для этого предварительно нужно решающую матрицу  $UM$  умножить на решающую матрицу  $WK$  [234]:

$$WK = \begin{pmatrix} wk_{11} & wk_{12} & wk_{13} & \dots & wk_{1f} \\ wk_{21} & wk_{22} & wk_{23} & \dots & wk_{2f} \\ wk_{31} & wk_{32} & wk_{33} & \dots & wk_{3f} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ wk_{m1} & wk_{m2} & wk_{m3} & \dots & wk_{mf} \end{pmatrix}, \quad (4.5)$$

«где  $m$  — количество направлений деятельности.

Тогда получим:

$$\Lambda = WK \times UM = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \lambda_{13} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \lambda_{23} & \dots & \lambda_{2n} \\ \lambda_{31} & \lambda_{32} & \lambda_{33} & \dots & \lambda_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \lambda_{m3} & \dots & \lambda_{mn} \end{pmatrix}. \quad (4.6)$$

Отсюда имеем

$$Ll = \begin{pmatrix} \Lambda_1 \\ \Lambda_2 \\ \dots \\ \Lambda_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \lambda_{13} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \lambda_{23} & \dots & \lambda_{2n} \\ \lambda_{31} & \lambda_{32} & \lambda_{33} & \dots & \lambda_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \lambda_{m3} & \dots & \lambda_{mn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \dots \\ \xi_n \end{pmatrix}. \quad (4.7)$$

Теперь проведем формальную замену

$$\beta_j \longrightarrow \lambda_{gj}, \quad g = 1, 2, \dots, m.$$

В этом случае снова приходим к задаче, которая была рассмотрена выше для агрегатного показателя. Таким образом можно определить ожидаемую степень любого направления деятельности объекта ТЭК, а не только ту, которая касается пожаровзрывобезопасности и его работы в особых условиях.

Далее, достаточно очевидно, что для определения ожидаемых степеней реализуемости среднесрочных задач объекта ТЭК следует умножить матрицу  $\Lambda$  на решающую матрицу  $ZN$ :

$$ZN = \begin{pmatrix} zn_{11} & zn_{12} & zn_{13} & \dots & zn_{1m} \\ zn_{21} & zn_{22} & zn_{23} & \dots & zn_{2m} \\ zn_{31} & zn_{32} & zn_{33} & \dots & zn_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ zn_{r1} & zn_{r2} & zn_{r3} & \dots & zn_{rm} \end{pmatrix}, \quad (4.8)$$

где  $r$  — количество задач на объекте ТЭК на направлении, в котором осуществляется мониторинг.

В результате такого умножения получаем матрицу  $\Delta$ :

$$\Delta = ZN \times \Lambda = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & \dots & v_{2n} \\ v_{31} & v_{32} & v_{33} & \dots & v_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{r1} & v_{r2} & v_{r3} & \dots & v_{rn} \end{pmatrix}, \quad (4.9)$$

при этом

$$Nn = \begin{pmatrix} Nn_1 \\ Nn_2 \\ \dots \\ Nn_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & \dots & v_{2n} \\ v_{31} & v_{32} & v_{33} & \dots & v_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{r1} & v_{r2} & v_{r3} & \dots & v_{rn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \dots \\ \xi_n \end{pmatrix}. \quad (4.10)$$

При формальной замене

$$\beta_j \xrightarrow{\text{blue arrow}} v_{gj}, \quad g = 1, 2, \dots, r$$

приходим к задаче, которая была рассмотрена выше, в главе 2, для агрегатного показателя. Так можно определить ожидаемую степень выполнения любых из множества различных направлений и задач объекта ТЭК.

Последним логическим шагом данного процесса для определения ожидаемых степеней реализуемости типов задач объекта ТЭК является умножение матрицы  $\Delta$  справа на решающую матрицу  $Yy$ :

$$Yy = \begin{pmatrix} Yy_{11} & Yy_{12} & Yy_{13} & \dots & Yy_{1r} \\ Yy_{21} & Yy_{22} & Yy_{23} & \dots & Yy_{2r} \\ Yy_{31} & Yy_{32} & Yy_{33} & \dots & Yy_{3r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Yy_{k1} & Yy_{k2} & Yy_{k3} & \dots & Yy_{kr} \end{pmatrix}, \quad (4.11)$$

где  $k$  — количество типов задач объекта ТЭК.

В результате получаем матрицу  $\Theta\omega$ :

$$\Theta\omega = Yy \times \Delta = \begin{pmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \mu_{13} & \dots & \mu_{1n} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \mu_{23} & \dots & \mu_{2n} \\ \mu_{31} & \mu_{32} & \mu_{33} & \dots & \mu_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{k1} & \mu_{k2} & \mu_{k3} & \dots & \mu_{kn} \end{pmatrix}, \quad (4.12)$$

для которой справедливо:

$$Mt = \begin{pmatrix} Mm_1 \\ Mm_2 \\ \dots \\ Mm_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \mu_{13} & \dots & \mu_{1n} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \mu_{23} & \dots & \mu_{2n} \\ \mu_{31} & \mu_{32} & \mu_{33} & \dots & \mu_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{k1} & \mu_{k2} & \mu_{k3} & \dots & \mu_{kn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \dots \\ \xi_n \end{pmatrix}. \quad (4.13)$$

Проведя опять формальную замену» [234]

$$\beta_j \longrightarrow \mu_{gj}, \quad g = 1, 2, \dots, k,$$

снова приходим к задаче, которая была рассмотрена выше для агрегатного показателя. Как уже было сказано, таким образом можно определить ожидаемую степень реализуемости любого типа задачи объекта ТЭК, имеющего систему управления и стремящегося оценить эффективность собственной деятельности путем проведения стратегического мониторинга методами ССП.

Из приведенных рассуждений видно, что все расчеты основываются на одной стандартной математической процедуре — последовательном перемножении решающих матриц. Применяя несложные операции матричной алгебры и подставляя в упомянутую процедуру нужные формальные параметры, можно определить ожидаемые уровни реализации не только агрегатной, но и всех промежуточных целей объекта ТЭК. Пользуясь правом первенства в названии, будем здесь и далее называть этот метод обратным методом решающих матриц. Алгоритм этого метода приведен на рисунке 4.1.

Данный метод может быть автоматизирован и применяться для проведения мониторинга в интересах ЛПР по различным направлениям. Наиболее очевидное направление связано с информированием ЛПР о надежности всех видов систем, входящих в АСУТП и АСПВБ объекта ТЭК (систем контроля технологических процессов, состояния всех датчиков в АСУТП и АСПВБ, АС КЗВ, АСПВЗ, АСППВ, АСОН).

Таким образом, в данном подразделе была впервые математически обоснована возможность использования обратного метода решающих матриц для проведения стратегического мониторинга на НПП по различным направлениям его деятельности. Указанный метод разработан впервые.

Наиболее значимым направлением такой деятельности ЛПР с точки зрения задач данного исследования является обеспечение пожаровзрывобезопасности на объекте ТЭК за счет повышения эффективности работы оборудования в АСУТП и действий персонала по его обслуживанию. Эта цель достигается применением методов стратегического планирования для информирования ЛПР о реальном состоянии всего контролируемого АСУТП оборудования.

Перейдем теперь от оценки степени завершенности мероприятий к прогнозированию ситуации для ЛПР в АСУТП по различным направлениям контроля.

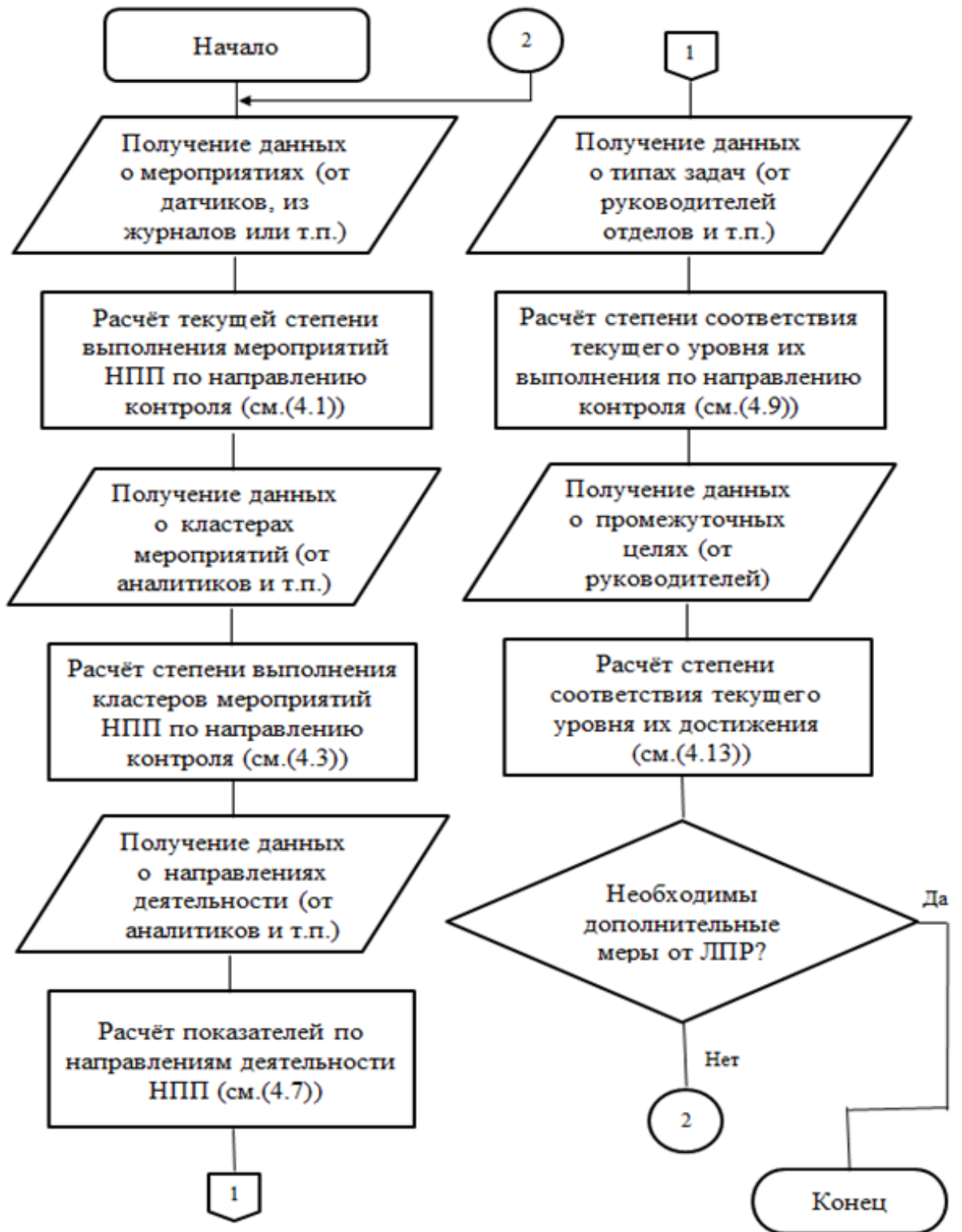


Рисунок 4.1 — Блок-схема алгоритма мониторинга в интересах ЛПР по различным направлениям в АСУТП по обратному методу решающих матриц

#### **4.1.2 Применение метода прогнозирования результатов комплекса мероприятий для оценки состояния лицом, принимающим решения, различных направлений деятельности**

«Для перехода от задачи мониторинга к задаче прогнозирования необходимо несколько видоизменить начальные формулировки и задачи, стоящие перед ЛПР. Часто постановка такой задачи формулируется так же, как и постановка задачи оценки стратегических рисков. Рассмотрение в ней начинается с прогноза значений агрегатного показателя качества для приведенной выше шестиуровневой иерархической схемы «от цели к мероприятию».

Математически задача интегральной оценки стратегических рисков может быть сформулирована в вероятностной постановке следующим образом:

- задана совокупность независимых случайных величин, определяющих уровни реализации частных показателей качества отдельных мероприятий;
- для каждой случайной величины установлены законы распределения;
- задана функциональная зависимость (в данном случае линейная), определяющая связь между совокупностью частных показателей эффективности отдельных мероприятий и агрегатным показателем качества деятельности предприятия (точнее его приращением в пределах горизонта планирования).

Требуется установить закон распределения и его основные параметры: математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение для комплексной случайной величины — агрегатного показателя эффективности деятельности объекта ТЭК по заданному направлению. По этому закону распределения следует оценить вероятность реализации различных значений показателя качества плана, вероятности достижения разных уровней проработки промежуточных целей: типов и видов задач, направлений деятельности, кластеров (блоков) мероприятий.

Методики оценки интегральной оценки эффективности и стратегических рисков основаны на результатах определения следующих параметров:

- вкладов  $\beta_i$  от реализации всех мероприятий в достижение агрегатной цели в пределах горизонта планирования;
- решающих матриц каждого уровня шестиуровневой задачи;

- экспертно-расчетных значений вероятностей реализации различных значений частного показателя эффективности для каждого конкретного мероприятия.

Расчетная схема определения величин  $\beta_i$  на основе анализа иерархической схемы представлена в главе 2. Необходимые сведения о теории вероятностей можно найти в работе [242].

Значения вероятностей реализации различных уровней эффективности каждого конкретного мероприятия на объекте ТЭК могут быть оценены экспертно-расчетными методами, в том числе методом парных сравнений. Для этого составляются обратно симметричные матрицы парных сравнений вероятностей реализации различных уровней каждого мероприятия, проводится их обработка и строятся гистограммы распределения различных значений показателя качества промежуточных целей. Фактически благодаря этому в иерархической схеме появляется дополнительный нижний уровень — уровень вероятностей реализации различных значений показателей эффективности отдельных мероприятий (рисунок 4.2)» [234].

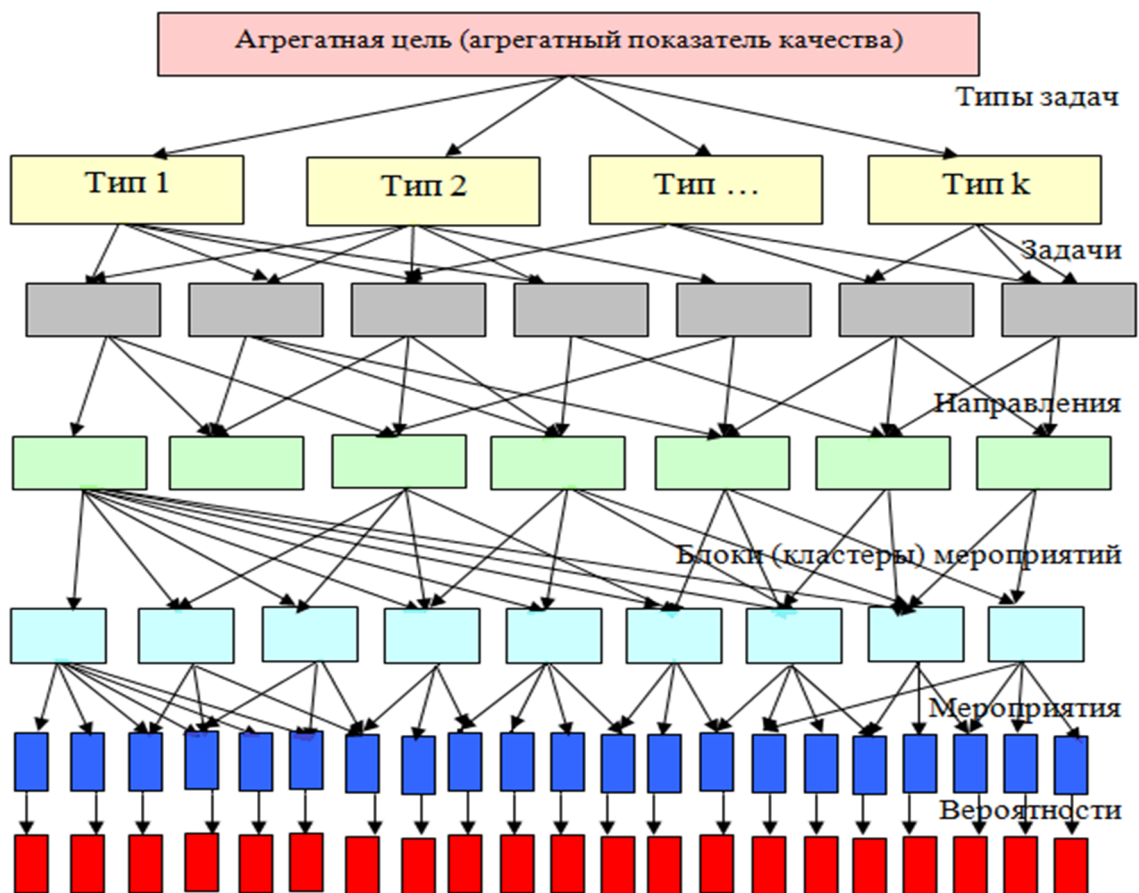


Рисунок 4.2 — Граф иерархии для прогнозирования



«Естественно, что факторы этого уровня однозначно связаны с мероприятиями, т.е. на этом уровне переплетений связей в иерархии не возникает.

Пример матрицы парных сравнений интервальных значений вероятности реализации различных значений частных показателей эффективности некоторого мероприятия представлен в таблице 4.1. Как и прежде, заполняются ячейки матрицы только над ее главной диагональю.

Шесть выбранных интервалов определяют диапазоны, в которых с некоторой вероятностью  $p_i$  может реализоваться значение частного показателя эффективности конкретного мероприятия. Элементы матрицы — экспертно оцениваемые отношения  $\rho_{ij} \approx p_j/p_i$ .» [234].

Таблица 4.1 — Матрица парных сравнений интервальных значений вероятности реализации показателей эффективности промежуточных целей

Интервал значений	0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1	1–1,2
0–0,2	1	3	6	9	5	0
0,2–0,4		1	2	3	1,5	0
0,4–0,6			1	1,5	1	0
0,6–0,8				1	0,6	0
0,8–1					1	0
1–1,2						1

«Для того чтобы в расчетной схеме теоретически представить возможность перевыполнения некоторых мероприятий, последние интервалы относительных значений частных показателей имеют значения больше 1. Однако в данном конкретном случае эксперты посчитали, что вероятности реализации значений показателей, превышающих плановые, равны нулю или, по крайней мере, пренебрежимо малы.

Пояснения к процедуре формирования матрицы подобных парных сравнений можно описать так.

Сначала, как обычно, все интервальные вероятности измеряются в масштабе интервальной вероятности получения к окончанию планового периода параметра эффективности рассматриваемого мероприятия в диапазоне 0–0,2 от запланированного значения.

В данном примере при формировании матрицы парных сравнений эксперты посчитали, что вероятность реализации этого показателя в диапазоне 0,2–0,4 будет в 3 раза выше, чем в диапазоне 0–0,2, а в диапазоне 0,4–0,6 — в 6 раз выше и т. д. Эксперты также решили, что при складывающихся на предприятии условиях перевыполнение рассматриваемого мероприятия нереально.

Затем все указанные интервальные вероятности переоцениваются при новом масштабе — вероятности реализации показателя эффективности мероприятия в диапазоне 0,2–0,4 от запланированного значения. Таким образом, формируется 2-я строка матрицы парных сравнений.

Далее — очевидно.

Обработав эту матрицу по соотношению, аналогичному (2.52), можно получить экспертную оценку вероятностей  $p_k$  реализации относительных значений показателя качества некоторого мероприятия в различных диапазонах:

$$p_{jk} = \frac{\sqrt[k]{\prod_{s=1}^k \rho_{sj}}}{\sum_{r=1}^k \sqrt[k]{\{\prod_{s=1}^k \rho_{sr}\}}}, \quad (4.14)$$

где  $k$  — количество интервалов;

$\rho_{sj}, \rho_{sr}$  — элементы таблицы 4.1;  $s, j, r$  — номер строки и (или) столбца соответственно.

Эти данные графически представлены на рисунке 4.3 (где  $k$  равно 6, т. е. количеству рассматриваемых интервалов).

Такие экспертные результаты оценки вероятности реализации наиболее точные, так как они учитывают значительно больший объем содержащейся в матрице парных сравнений информации, чем обычные схемы ранжирования альтернатив.

Математическое ожидание  $m_j$  степени реализуемости рассматриваемого  $j$ -го мероприятия и дисперсия этой величины  $d_j$  определяются следующим образом» [234]:

$$m_j = \sum_{s=1}^k [p_{sj}(2k - 1)/10]; \quad (4.15)$$

$$d_j = \sum_{s=1}^k \{p_{sj}[(2k - 1)/10 - m_j]^2\}, \quad (4.16)$$



Если обработать эту матрицу по соотношению (4.14), то можно получить экспертную оценку вероятностей  $p_k$  реализации относительных значений показателя качества мероприятия 1 в различных диапазонах из интервала 0–1,2. Пример такой обработки графически представлен на рисунке 4.4. Значения  $m_j$  степени реализуемости рассматриваемого  $j$ -го мероприятия и дисперсия этой величины  $d_j$  определяются по формулам (4.15)–(4.16) при  $k = 12$ .

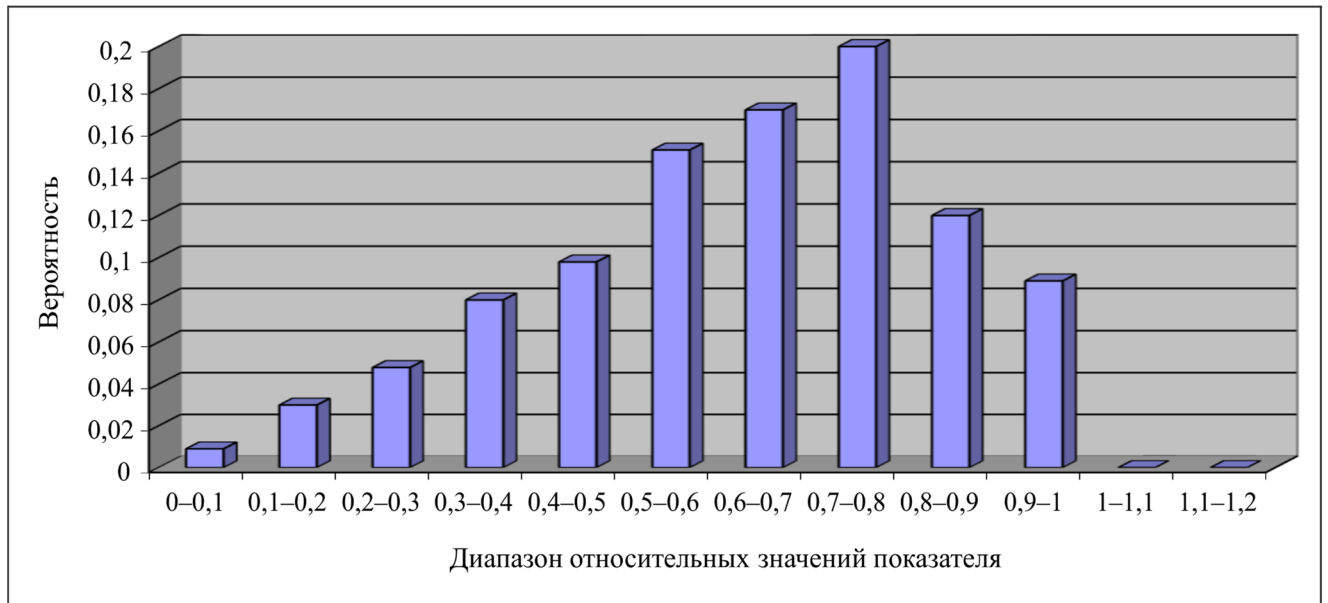


Рисунок 4.4 — Гистограмма распределения вероятности реализации относительных значений показателя качества для мероприятия 1

«На основе подобных гистограмм, сформированных для каждого мероприятия, может быть рассмотрен вопрос об определении вероятности реализации различных значений *агрегатного показателя* эффективности (качества) совокупности мероприятий, а также вероятностей реализации всех промежуточных целей: типов и видов задач, направлений деятельности, кластеров (блоков) мероприятий.

Интегральная степень завершенности  $\Omega_3$  всего комплекса  $n$  мероприятий будет определяться следующим образом:

$$\Omega_3 = \sum_{j=1}^{n'} \beta_j \xi_j, \quad (4.17)$$

где  $\beta_j$  — вклад реализации  $j$ -го мероприятия в достижение агрегатной цели в пределах горизонта планирования;

$\xi_j$  — прогнозируемая степень выполнимости  $j$ -го мероприятия, установленная по результатам мониторинга.

Следует заметить, что в данном случае  $n'$  — количество только *вошедших в план* мероприятий (в отличие от сходной формулы (4.1)). Это же относится и к кластерам (блокам) мероприятий, направлениям деятельности» [234], среднесрочным задачам и типам долгосрочных задач.

«Возможны два основных метода определения законов распределения случайной величины — агрегатного показателя эффективности (качества) деятельности  $W^{\text{эф}}$ : точный (в пределах допустимой статистической погрешности результата  $\varepsilon_{\text{разр}}$ ) и приближенный [188–190, 246].

Блок-схема алгоритма решения задачи определения интегрального стратегического риска реализации совокупности мероприятий статистическим методом представлена на рисунке 4.5.

Для представления значений агрегатного показателя эффективности  $W^{\text{эф}}$  как случайной величины следует определить количество разрядов  $R_{\text{разр}}$ . Выбирать  $R_{\text{разр}}$  следует следующим образом. Например, если значения  $W^{\text{эф}} \leq 1$  и они представляются с интервалом 0,05, то  $R_{\text{разр}} = 20$ . Для этого метода важным моментом является определение необходимого количества  $L_{\text{ст}}$  статистических испытаний, рассматриваемый интервал  $L_{\text{мин}}$  которого будет необходим для обеспечения точности  $\varepsilon_{\text{разр}}$  попаданий в него  $W^{\text{эф}}$ .

Положим  $\mu_{\text{разр}} > 1$  — коэффициент, определяющий разрешающую способность метода статистических испытаний: он характеризует минимальную вероятность попадания  $W^{\text{эф}}$  в разряд, которая совместима с заданной точностью ее определения. Иначе говоря, в результате применения метода статистических испытаний возможно определение вероятностей  $1/(R_{\text{разр}} \mu_{\text{разр}})$  с относительной точностью  $\varepsilon_{\text{разр}}$ .

Если вероятности попадания значений случайной величины — агрегатного показателя качества в различные интервалы подчинены закону редких событий (закону

Пуассона), то среднеквадратичное отклонение  $\rho_{\text{разр}}$  количества попаданий  $W^{\text{эф}}$  в любой из наименее значимых интервалов определяется следующим образом» [234]:

$$\rho_{\text{разр}} = \sqrt{\{L_{\min} (R_{\text{разр}} \mu_{\text{разр}})\}}. \quad (4.18)$$

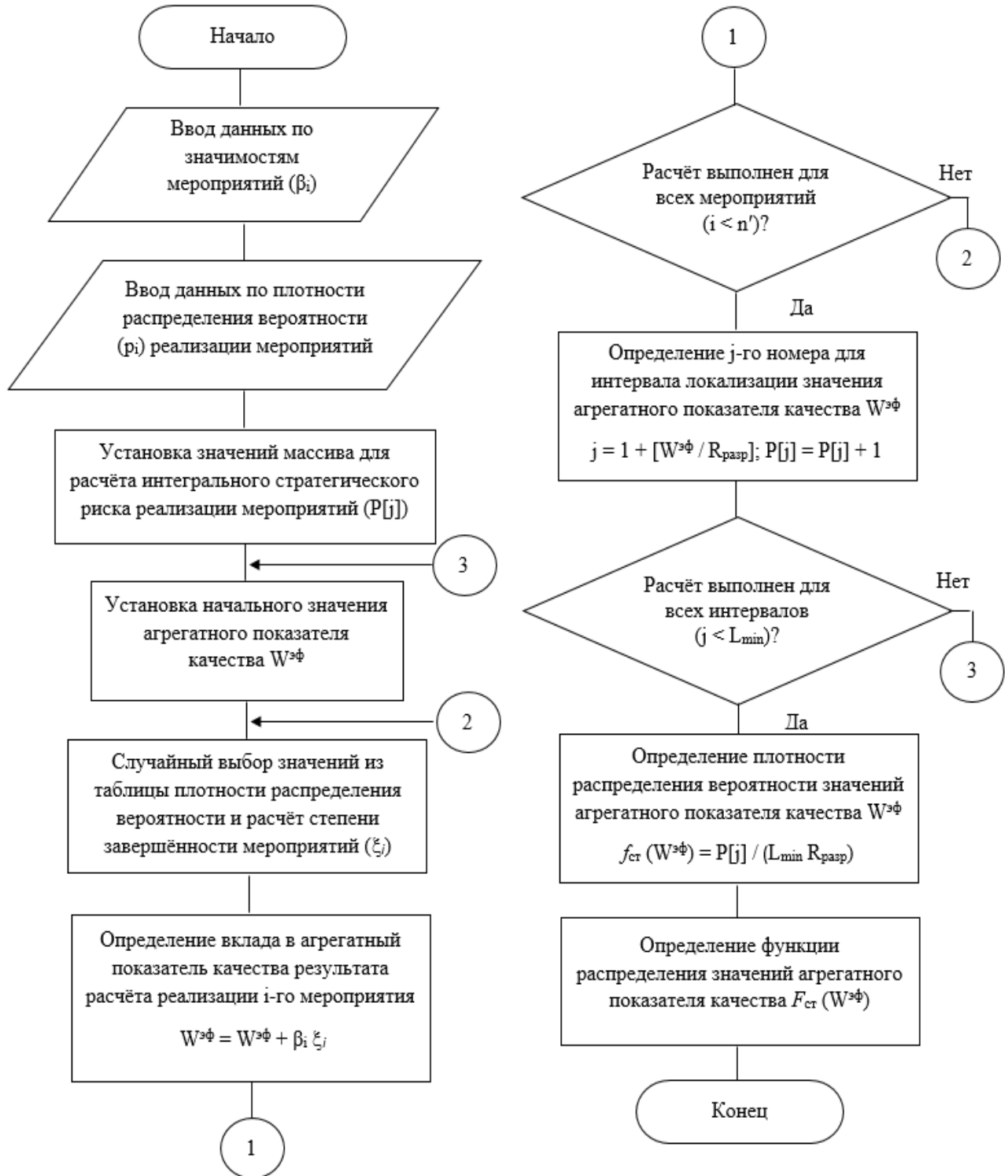


Рисунок 4.5 — Схема алгоритма решения задачи определения интегрального стратегического риска реализации совокупности мероприятий методом статистических испытаний

«Для обеспечения точности  $\varepsilon_{\text{разр}}$  определения относительного количества попаданий случайной величины  $W^{\text{эф}}$  в рассматриваемый интервал  $L_{\text{min}}$  она должна определяться исходя из следующего условия» [234]:

$$\rho_{\text{разр}} / \{L_{\text{min}} (R_{\text{разр}} \mu_{\text{разр}})\} = 1 / \sqrt{\{L_{\text{min}} (R_{\text{разр}} \mu_{\text{разр}})\}} = \varepsilon_{\text{разр}}. \quad (4.19)$$

Отсюда необходимое количество статистических испытаний

$$L_{\text{ст}} \geq L_{\text{min}} = 1 / \varepsilon_{\text{разр}}^2 (R_{\text{разр}} \mu_{\text{разр}}). \quad (4.20)$$

При  $R_{\text{разр}} = 20$ ,  $\mu_{\text{разр}} = 5$  (с относительной точностью 0,01 определяются вероятности реализации агрегатного показателя эффективности, которые в 5 раз меньше средних значений, т. е. порядка  $10^{-2}$ ) и  $\varepsilon_{\text{разр}} = 0,001$  получим  $L_{\text{ст}} \geq L_{\text{min}} = 10^4$ .

Таким образом, для решения задачи определения характеристик закона распределения значений агрегатного показателя качества деятельности экономической системы статистическим методом потребуется около 10 тысяч статистических испытаний. В каждом из них должны разыгрываться все «случайные величины — значения частных показателей качества отдельных мероприятий, и по ним должен определяться агрегатный показатель качества  $W^{\text{эф}}$ . Затем эти значения должны помещаться в один из  $R_{\text{разр}}$  интервалов для того, чтобы сформировать гистограмму распределения обобщенного показателя  $W^{\text{эф}}$  эффективности деятельности.

В результате реализации этого алгоритма определяется плотность  $f_{\text{ст}}(W^{\text{эф}})$  и функция  $F_{\text{ст}}(W^{\text{эф}})$  распределения агрегатного показателя  $W^{\text{эф}}$  эффективности деятельности по обеспечению ПБ, а также наиболее важные характеристики закона распределения этой случайной величины» [234] — математическое ожидание  $M^{\text{эф}}$ , второй начальный момент, дисперсия  $D^{\text{эф}}$  и среднеквадратичное отклонение  $\sigma^{\text{эф}}$ .

Возникает вопрос: зачем вводить дополнительный параметр  $\mu_{\text{разр}}$ , не проще ли считать его значение равным 1? Ответ такой: если считать  $\mu_{\text{разр}} = 1$ , то будет велика вероятность попадания установленного в некотором «статистическом

испытании значения показателя в соседние интервалы. Это может смазать результаты, поэтому использование значения  $\mu_{\text{разр}} > 1$  — это страховка, которая обеспечивает большую точность. Правда, за это придется расплачиваться увеличением требуемого количества  $L_{\text{ст}}$  статистических испытаний.

Большое требуемое количество  $L_{\text{ст}}$  статистических испытаний приводит к необходимости дополнительной разработки приближенных, но «быстрых» в реализации расчетных схем.

В основу приближенного метода решения задачи положена центральная предельная теорема теории вероятности, из которой следует, что при большом количестве независимых случайных величин закон распределения их суммы близок к нормальному.

В данном случае агрегатный показатель качества — линейная функция частных показателей отдельных мероприятий. Поэтому, если рассматривать его как случайную величину (случайность обусловлена вероятностным характером результативности мероприятий), то легко увидеть, что математическое ожидание  $M^{\text{эф}}$ , дисперсия  $D^{\text{эф}}$  и среднеквадратичное отклонение  $\sigma^{\text{эф}}$  нормального закона могут быть определены следующим образом» [234]:

$$M^{\text{эф}} = \sum_{j=1}^{n'} (\beta_j m_j); \quad (4.21)$$

$$D^{\text{эф}} = \sum_{j=1}^{n'} (\beta_j^2 m_j); \quad (4.22)$$

$$\sigma^{\text{эф}} = \sqrt{D^{\text{эф}}}, \quad (4.23)$$

где  $M^{\text{эф}}$  — это ожидаемое значение эффективности реализации всего комплекса включенных в план мероприятий;

$\beta_j$  — вклад реализации  $j$ -го мероприятия в достижение агрегатной цели в пределах горизонта планирования;

$m_j$  — математическое ожидание степени реализуемости рассматриваемого  $j$ -го мероприятия;

$D^{\text{эф}}$  — дисперсия этой величины.



В этом случае плотность  $f_{ст}$  функции распределения и функция  $F_{ст}$  распределения значений агрегатного показателя  $W^{эФ}$  могут быть представлены в виде [188–190, 242]:

$$f_{ст}(W^{эФ}) = \frac{1}{\sigma^{эФ} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ - (W^{эФ} - M^{эФ}) / (2\sigma^{эФ}{}^2) \right\}; \quad (4.24)$$

$$F_{ст}(W^{эФ}) = \frac{1}{2} \left\{ \Phi \left[ \frac{(W^{эФ} - M^{эФ})}{(\sqrt{2} \sigma^{эФ})} \right] + 1 \right\}, \quad (4.25)$$

где  $\Phi(x)$  — функция Лапласа (интеграл вероятности);

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt. \quad (4.25)$$

«Функция распределения  $F_{ст}(W^{эФ})$  определяет вероятность (т. е. риск) того, что значение агрегатного показателя качества не превысит значения  $W^{эФ}$ .

Таким образом, в рамках принятого приближения задача оценки эффективности комплекса мероприятий в плановом периоде решается полностью, но при этом остается вопрос о степени приближения. Иначе говоря, об обоснованности применения нормального закона распределения агрегатного показателя эффективности (качества).

На примере агрегатного показателя становится понятно, как оценивать стратегические риски для линейных целевых функций. По такой же схеме можно определять риски реализации блоков мероприятий (для этого в рассмотренных расчетных схемах нужно заменить  $\beta_i$  на  $um_{gj}$ ), направлений деятельности предприятия (замена  $\beta_i$  на  $\lambda_{gj}$ ), задач (замена  $\beta_i$  на  $v_{gj}$ ) и типов задач (замена  $\beta_i$  на  $\mu_{gj}$ ).

Эти задачи тоже можно решить двумя способами — статистическим и аналитическим. В последнем случае, если количество учитываемых мероприятий (работ) в кластере достаточно велико (большое количество отличных от нуля коэффициентов  $um_{gj}$ ,  $\lambda_{gj}$ ,  $v_{gj}$ ,  $\mu_{gj}$ ), то можно предположить, что соответствующие интегральные показатели распределены по нормальным законам. Однако если оно невелико, то придется применить статистический метод, поэтому выше ему было уделено особое внимание» [234].

Полученных данных достаточно для оценки интегральных стратегических рисков реализуемости всего запланированного комплекса мероприятий.

Для более полной характеристики структуры рисков реализации отдельных мероприятий (работ) может быть определена совокупность  $n$  величин, которые могут быть названы «дифференциальными рисками»:

$$\mathfrak{R}_i = 100 \beta_i (1 - m_i^{\text{изм}}), \quad (4.26)$$

где  $\mathfrak{R}_i$  — риск недостижения при проведении  $i$ -го мероприятия относительного значения показателя эффективности  $\beta_i$ ;

100 — масштабный множитель, введенный для удобства представления величин рисков;

$m_i^{\text{изм}}$  — математическое ожидание относительного значения показателя эффективности  $i$ -го мероприятия, измеренного в долях планового значения; если  $m_i^{\text{изм}} > 1$ , то риск отсутствует.

Чем больше *нереализованное* значение частного показателя качества и чем выше его значимость для успешности деятельности экономической системы, тем больше величина дифференциального риска  $\mathfrak{R}_i$ . Тем больше внимания необходимо уделить обеспечению максимально полной реализации  $i$ -го мероприятия на следующих этапах деятельности.

Заметим, что определение достигнутых или прогнозируемых степеней реализуемости промежуточных целей может быть использовано для оценки качеств руководителей различного ранга. Для этого можно, «например, сравнить степени реализуемости различных промежуточных целей со степенью реализуемости основной цели: в тех подразделениях организации (отделах, департаментах, дивизионах и т. п.), для которых величина этого отношения больше 1, руководители наиболее профессиональны».

Таким образом, в данном подразделе была рассмотрена «задача оценки стратегических рисков на основе прогнозирования значений агрегатного показателя качества для рассмотренной выше шестиуровневой иерархической схемы» «от цели к мероприятию» [234]. В такой постановке данный

математический объект рассматривается впервые. Применение описанного в подразделе метода позволяет ЛПР оценивать в АСУТП руководителей соответствующих направлений, а также персонал, занятый профилактическими работами. В результате его применения улучшается качество стабилизирующих мероприятий, а значит, повышается эффективность работы АСУТП.

Помимо этого, рассмотрение задачи ССП в данной постановке помогает ЛПР квалифицированно оценить готовность АСПВБ к решению задач пожаровзрывобезопасности на объекте ТЭК. Особенную актуальность ее решение приобретает в условиях применения «Индустрии 4.0», а также при наложении ограничений на финансирование и поставки продукции электронного машиностроения из-за рубежа. Например, неисправные, ограниченно годные к использованию или отсутствующие в принципе для поставки датчики АСУТП иностранного производства, имеющие свой ресурс эксплуатации, могут быть либо выведены из использования благодаря проведению оценки, либо применяться в других режимах. Конкретные условия задаются персоналом, проводящим профилактические работы или иные стабилизирующие мероприятия.

#### **4.2 Параметрический анализ среднесрочных бюджетных планов работы объекта топливно-энергетического комплекса по пожаровзрывобезопасности**

Рассмотрим теперь вопрос, который определяет установление основных закономерностей, присущих стратегическим планам. Наиболее важным аспектом в этом отношении для максимально четкого выявления этих закономерностей являются результаты анализа стратегического бюджетного планирования объекта ТЭК, так как благодаря ему осуществляется оплата запланированных мероприятий [188–190, 252, 253]. При достаточном финансировании риск невыполнения таких мероприятий снижается до минимальных значений. Именно поэтому финансовый аспект является наиболее значимым в анализе влияния на управление пожаровзрывобезопасностью ЛПР объекта ТЭК рисков невыполнения отдельных стабилизирующих мероприятий в АСУТП (и АСПВБ) после решения задачи оценки стратегических рисков.

Для концентрации внимания на основных аспектах параметрического анализа бюджетов специальные производственные функции для всех мероприятий выбраны одинаковыми. Это позволило исключить из рассмотрения эффекты, связанные с их различием. Параметры всех производственных мероприятий установлены в соответствии с рисунком 4.6.

Минимальная цена = 0 млн руб.

Полная цена = 0,5 млн руб.

№ п/п	Наименование параметра	Значение, отн. ед.
1	Стоимость основных этапов работ	0,6
2	Эффективность основных этапов работ	0,75
3	Стоимость обеспечивающих этапов работ	0,8
4	Эффективность обеспечивающих этапов работ	0,9

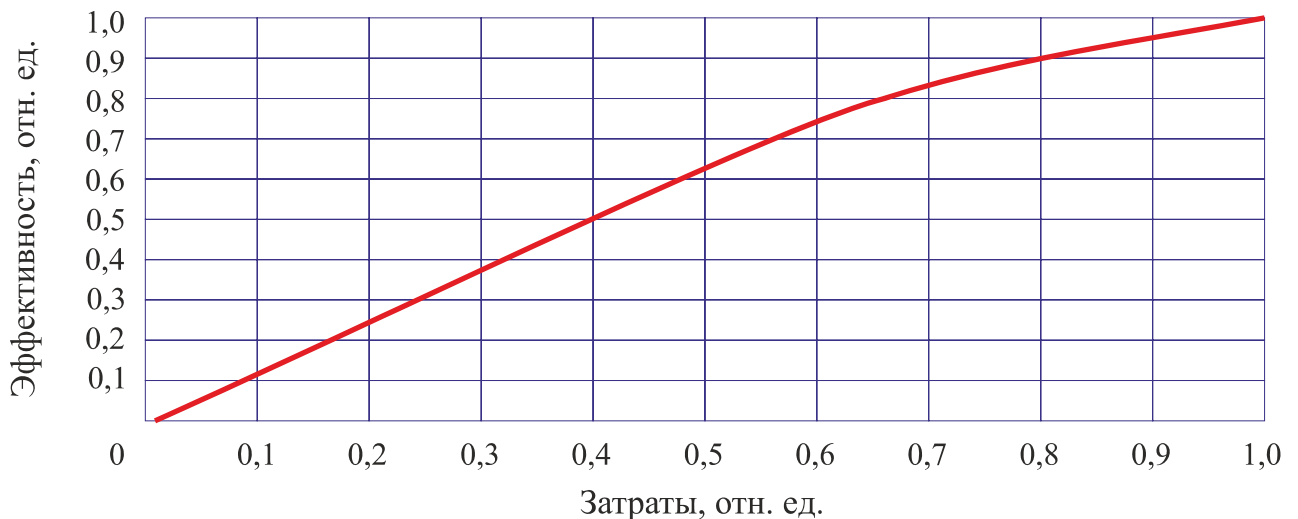


Рисунок 4.6 — Исходные данные по производственной функции мероприятия

Уровни максимального финансирования отдельных мероприятий (работ) не отличаются особым разнообразием: они представлены данными, приведенными в графе 4 таблицы 3.43. Номера источников финансирования также указаны в таблице 3.43, в графе 5. Для 10 мероприятий приведены номера возможных альтернативных источников финансирования (если для какого-либо мероприятия в графе 6 таблицы 3.43 он не указан, то считается, что это мероприятие может финансироваться только из одного источника). Другими словами, рассматривается один из самых простых вариантов финансирования, при котором

отдельные работы могут финансироваться только из двух источников финансирования. На практике может реализовываться более сложный случай, когда альтернативных источников может быть более двух и их число для каждого мероприятия может различаться.

Исходя из программы логики работы объектов ТЭК на рынке и перечня федеральных целевых программ, предусмотренных к финансированию [254], выберем несколько источников финансирования и проведем анализ бюджетов мероприятий. Допустим, что общее количество источников финансирования мероприятий равно 6. Рассматриваются три варианта финансирования работ (таблица 4.3). При этом не имеет значения, из каких источников будет профинансировано конкретное мероприятие (см. таблицу 3.43).

В первых двух вариантах в диапазоне 0–25 млрд руб. варьируется объем только первого источника, мощности остальных — постоянны. Для третьего варианта в диапазоне 0–30 млрд руб. варьируется общий объем финансирования всех работ при пропорциональном размере каждого источника; пропорции соответствуют процентам, указанным в графе 5 таблицы 4.3.

Таблица 4.3 — Объемы финансирования комплекса мероприятий

№ п/п	Источник финансирования мероприятий (работ)	Вариант 1, млрд руб.	Вариант 2, млрд руб.	Вариант 3, % общего объема (0–30 млрд руб.)
1	2	3	4	5
1	Средства предприятия и кредиты банков	0–25	0–25	65
2	ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы»	0,165	0,25	2
3	ФЦП «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014–2020 годы)»	0,9	1,4	7
4	ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»	2	3	12
5	ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах»	2	3	12
6	Средства региональных и муниципальных бюджетов	0,07	0,1	2

Дополнительно принимается, что в перечне предварительных мероприятий отсутствуют переходящие и исключительные работы, которые (при их наличии) обязательно должны быть включены в бюджетный план, а при его формировании не производится отбраковка малозначимых мероприятий.

Таким образом, исходные данные специально подобраны таким образом, чтобы максимально проявились те особенности, которые связаны только с различием значимостей различных мероприятий и особенностями оптимизационных процедур. Здесь уже ничего не упрощается: вклады различных мероприятий в обобщенную стратегическую цель, формализуемую агрегатным показателем качества, соответствуют данным рисунка 4.6.

Применение встроенного в АСУТП программно-инструментального средства бюджетного планирования позволяет ЛПР сформировать правильную и более точную оценку планов деятельности объекта ТЭК на различных направлениях для различных наборов исходных данных и условий планирования. Данное средство (выше оно упоминалось как ИАССП) будет рассмотрено в следующей главе.

Условия задачи таковы, что сначала целесообразно рассмотреть наиболее простой случай — случай полноценного финансирования всех включаемых в план мероприятий. При заданных условиях и использовании планов работ в соответствии с таблицей 3.43 зависимости величины агрегатного показателя, доли общего финансового ресурса  $S$  (по отношению к его максимально возможному значению), а также доли включенных в план мероприятий  $N$  от объема финансирования по вариантам 1 и 2 будут соответствовать графикам, представленным на рисунках 4.7 и 4.8. При этом общее количество работ, которые предполагается провести на условно-расчетном предприятии ТЭК, равно 81 (число условное).

При этом следует помнить, что для агрегатного показателя качества  $W$  используется масштаб нормированных значений, т. е. такой масштаб, при котором его величина равна 1, если в план включаются *все первоначально предполагаемые* к проведению мероприятия (работы).

В связи с тем что подобные случаи (включение в реализацию всех запланированных мероприятий) скорее исключение, чем правило, из приведенных

графиков (см. рисунки 4.7 и 4.8) можно сделать вывод, что обычно доля включенных в план мероприятий может быть значительно ниже 1.

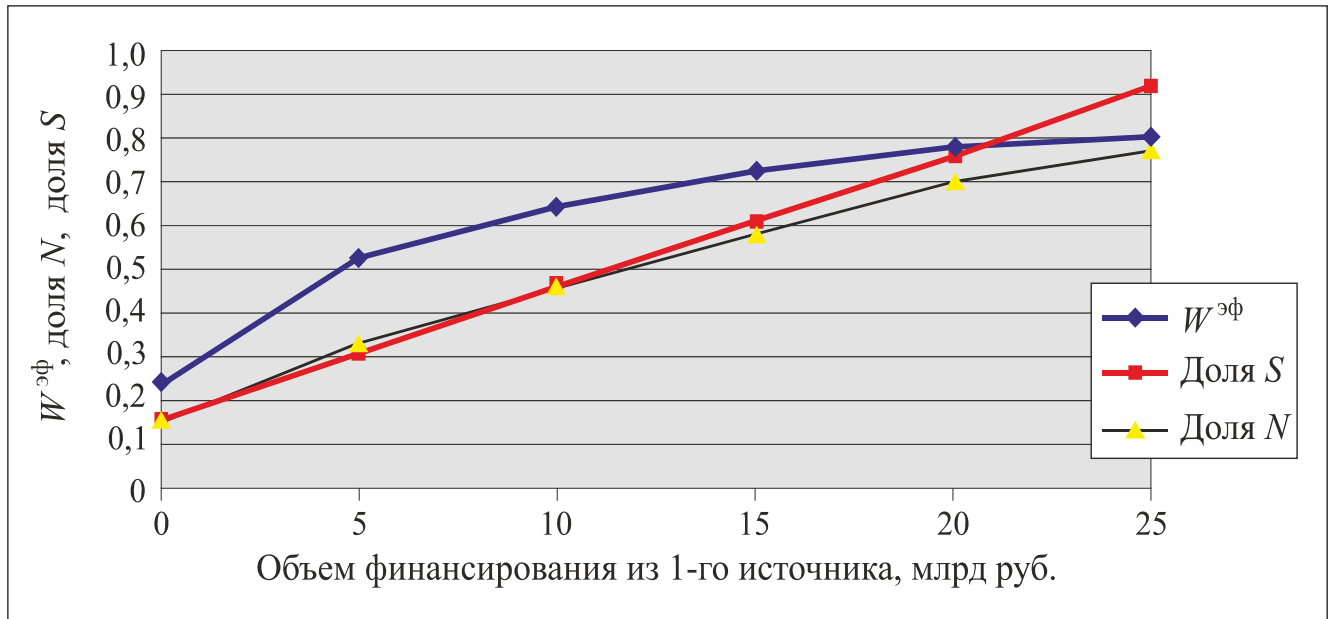


Рисунок 4.7 — Полноценное финансирование мероприятий по варианту 1

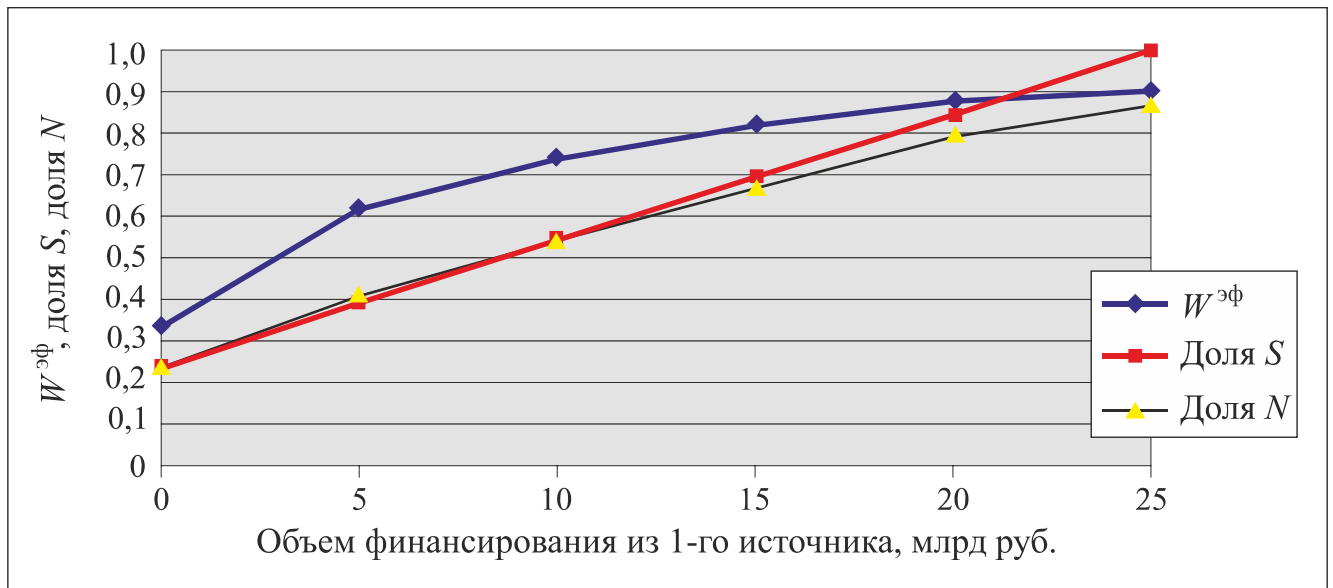


Рисунок 4.8 — Полноценное финансирование мероприятий по варианту 2

Обращает на себя внимание вогнутость функции  $W^{\text{эф}}(S)$ . Видно, что даже при относительно низких уровнях общего финансирования величина  $W^{\text{эф}}$  может быть весьма значительной. Например, если уровень финансирования всех мероприятий составляет половину максимально возможного, требуемого для их полноценного обеспечения (например, 32,94 млрд руб.), то  $W^{\text{эф}} = 0,65 \div 0,70$ . Это обусловлено тем,

что при дефиците финансового ресурса в план включается набор только тех мероприятий, которые обеспечивают максимальный вклад в конечный результат.

Вторым распространенным в практической деятельности случаем финансирования мероприятий объекта ТЭК является случай, при котором мероприятия выполняются только тогда, когда для них появляется финансирование. При этом следует отметить, что они выполняются полностью, а не частично. Это новые условия в рассматриваемой постановке. В этом случае общее количество включенных в план мероприятий в зависимости от объема финансирования из заданного (например, из первого) источника может быть представлено графиком на рисунке 4.9.

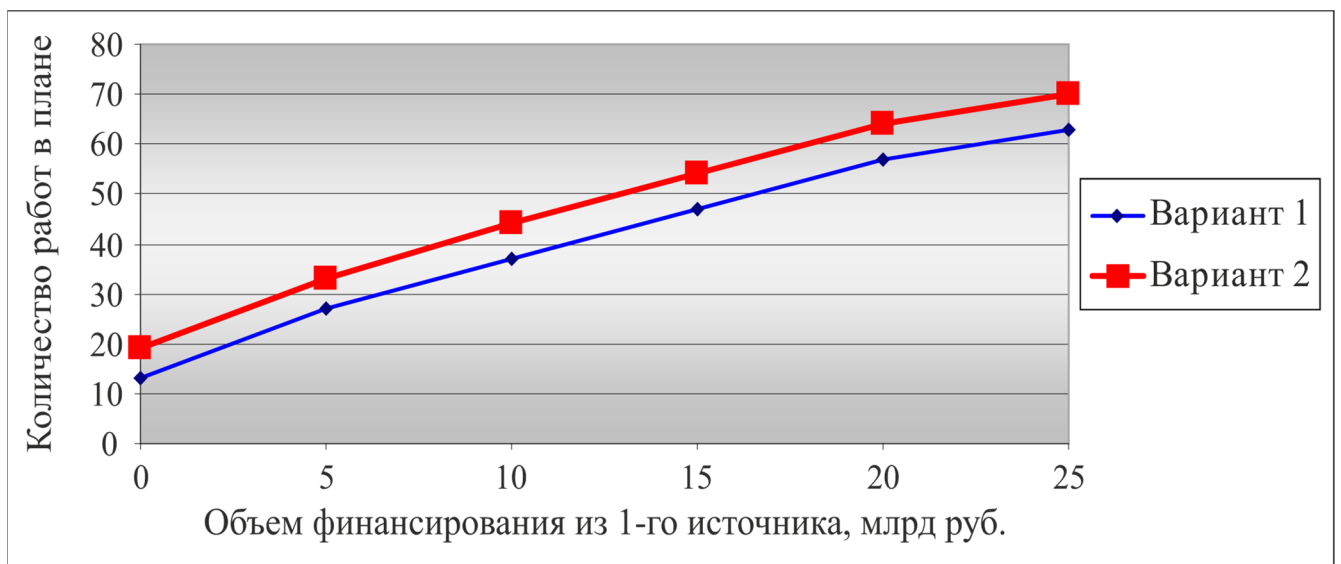


Рисунок 4.9 — Количество работ в плане при условии их полноценного финансирования

То, что для второго варианта оно оказалось выше, неудивительно: этот вариант менее жесткий, чем первый, так как для него объемы финансовых ресурсов в источниках, представленных в поз. 2–6 таблицы 4.3, больше.

Третий случай условий финансирования (рисунки 4.10 и 4.11) принципиально не отличается от рассмотренных выше: та же вогнутость  $W^{\Phi}(S)$  и ее опережающий рост по сравнению с долей включенных в план работ. Только в этом случае все графики будут проходить через начало координат.



Общим свойством рассмотренных случаев является монотонный рост доли включенных в план работ при увеличении объемов финансирования и вогнутый характер этой функции.

Переходим к рассмотрению случая, допускающего возможность частичного финансирования мероприятий. Как уже было пояснено выше, для него свойственно то, что мероприятия носят комплексный характер, а их общий эффект определяется при помощи производственных функций.

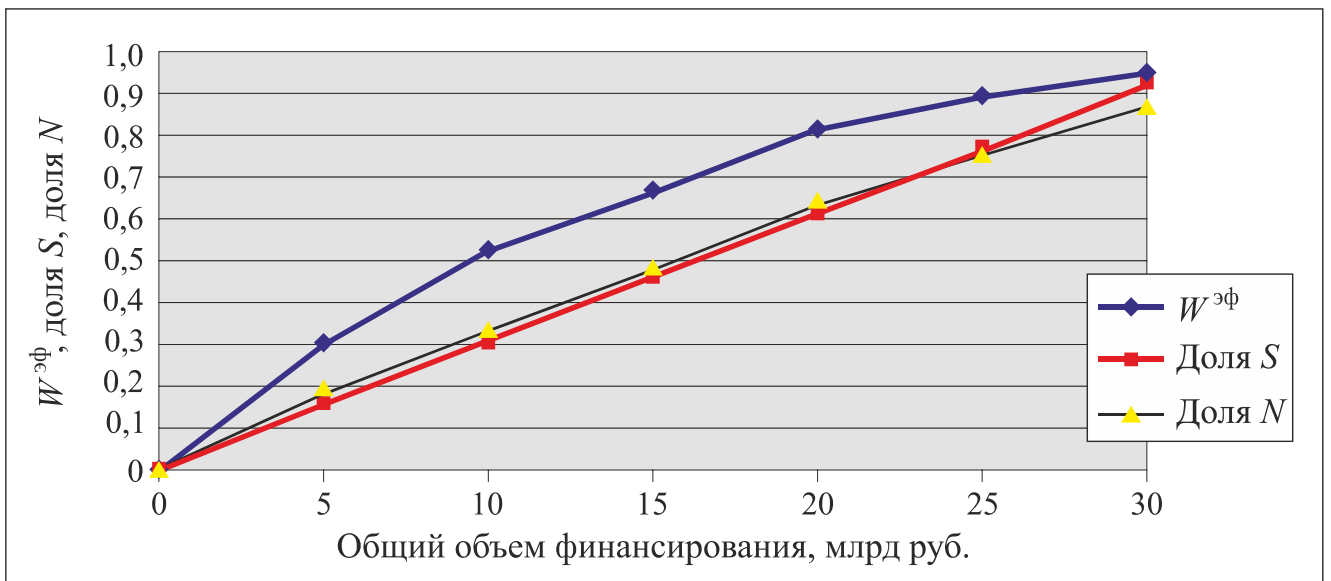


Рисунок 4.10 — Полноценное финансирование мероприятий по варианту 3

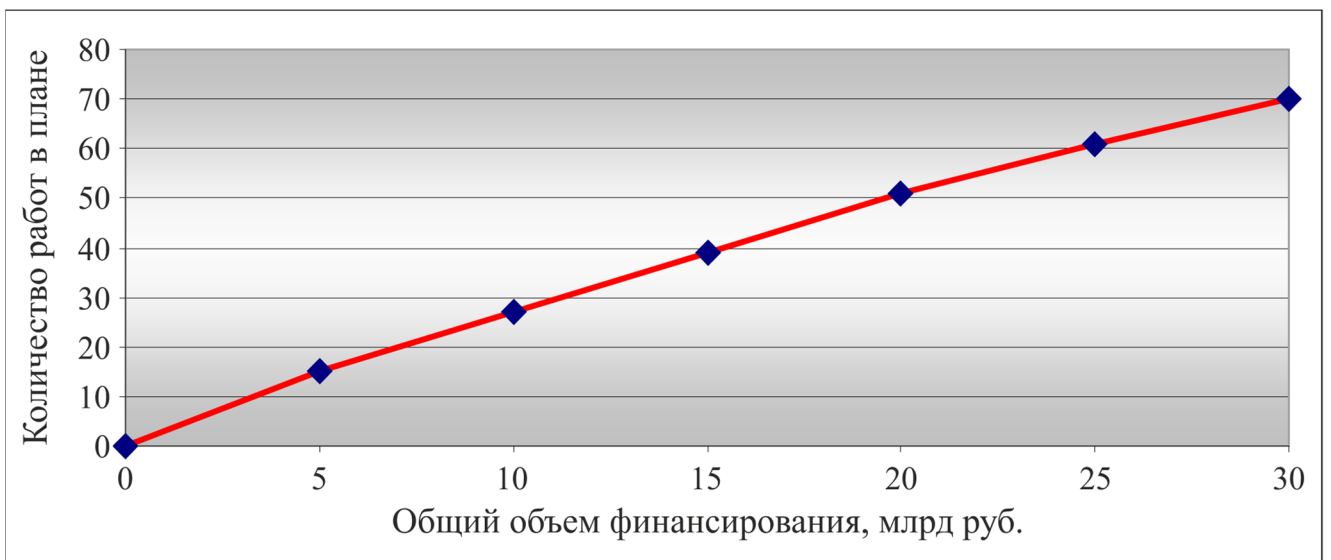


Рисунок 4.11 — Количество работ в плане при условии их полноценного финансирования по варианту 3

Для варианта 1 зависимости величины агрегатного показателя, доли общего финансового ресурса  $N$  (по отношению к максимально возможному значению) и доли включенных в план мероприятий  $S$  от всего количества предполагаемых к проведению работ представлены на рисунке 4.12.

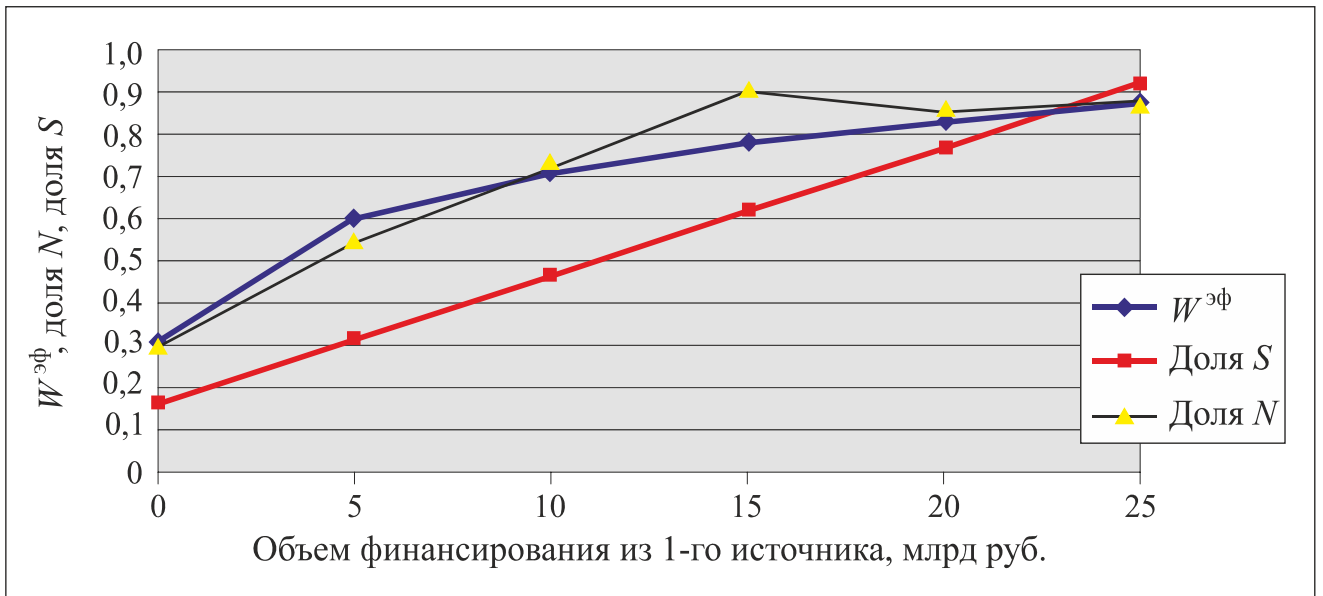


Рисунок 4.12 — Общий случай финансирования мероприятий по варианту 1

Зависимости общего количества включенных в план мероприятий, а также полноценно финансируемых мероприятий от объема финансирования приведены на рисунке 4.13.

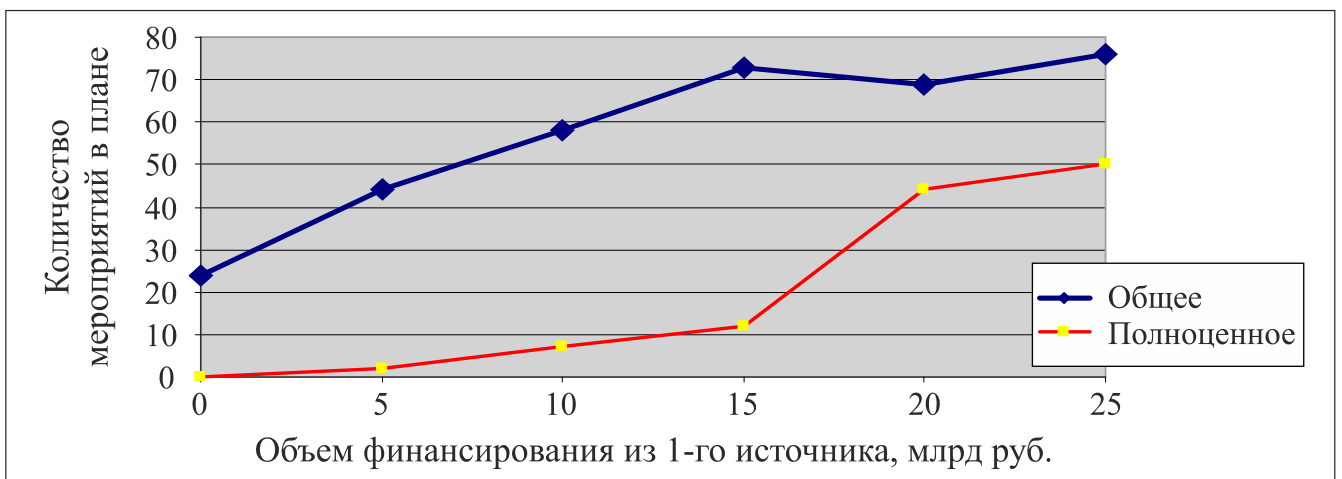


Рисунок 4.13 — Количество мероприятий в плане для общего случая финансирования по варианту 1

В этом случае обращает на себя внимание немонотонность изменения доли включенных в план мероприятий в зависимости от уровня финансирования:

сначала эта доля растет (что вполне естественно и ожидаемо), затем вдруг начинает снижаться, а потом опять увеличивается, приближаясь к естественному финальному значению, равному 1. Таким образом, характер ее зависимости от уровня финансирования отличается от того, который был зафиксирован при рассмотрении случая полноценного финансирования мероприятий.

Объясняется это следующим образом. Начиная с некоторого уровня общего финансирования, становится целесообразным повышать эффективность комплекса мероприятий не за счет включения дополнительных малозначимых мероприятий, а за счет дальнейшего повышения отдачи от уже включенных в план работ путем реализации их дополнительных этапов, предусматриваемых структурой производственной функции. В результате количество мероприятий в плане может начать сокращаться, что и наблюдается. Это не дефект алгоритма решения оптимизационной задачи, а одна из закономерностей рассматриваемого случая частичного финансирования мероприятий.

Данные для условий финансирования плана по вариантам 2 и 3 представлены на рисунках 4.14–4.17. В целом они похожи на рассмотренные выше.

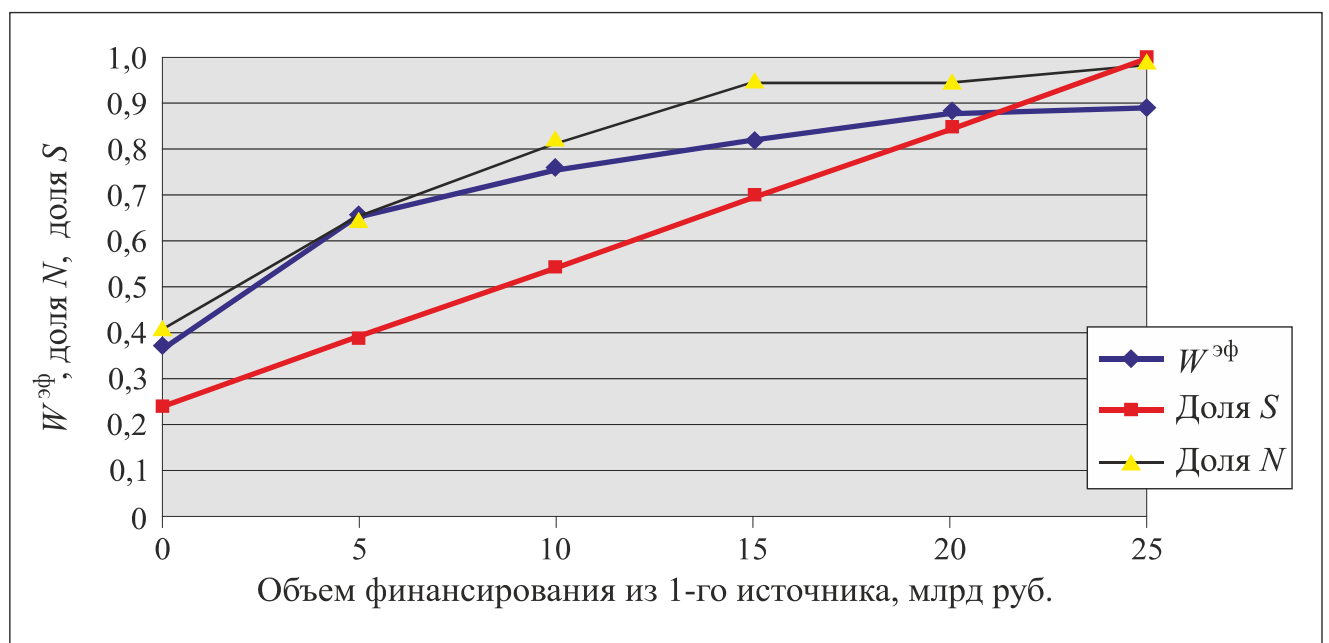


Рисунок 4.14 — Общий случай финансирования мероприятий по варианту 2

Отмеченные закономерности позволят операторам программно-инструментального средства в АСПВБ (или ЛПР в АСУТП) лучше ориентироваться

в особенностях формируемых вариантов планов. Это особенно важно на этапе их предварительной проработки, когда часто отсутствуют достоверные данные по располагаемым объемам финансирования из различных источников. Кроме того, это даст возможность ЛПР точнее оценить эффективность работы функционирования АСУТП.

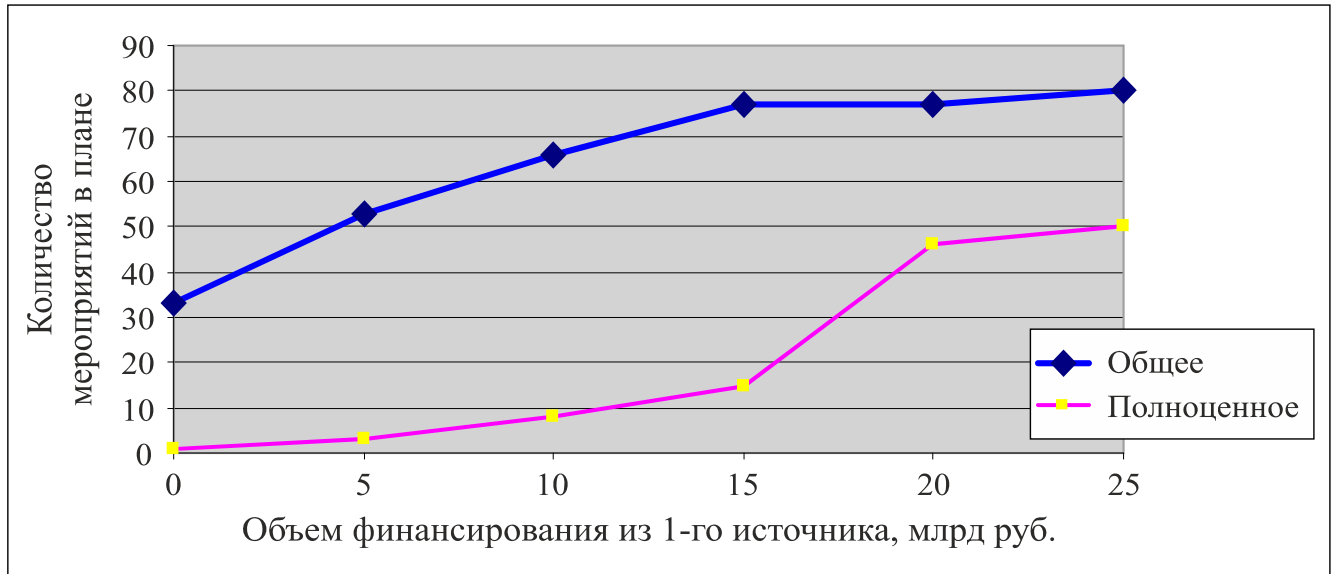


Рисунок 4.15 — Количество мероприятий в плане для общего случая финансирования по варианту 2

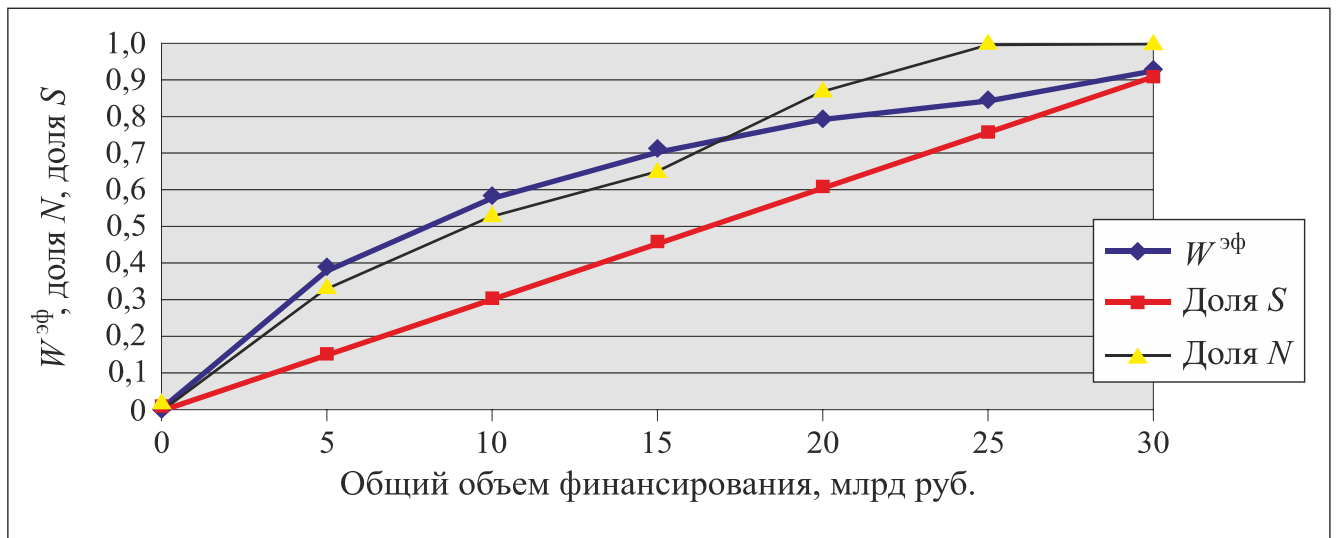


Рисунок 4.16 — Общий случай финансирования мероприятий по варианту 3

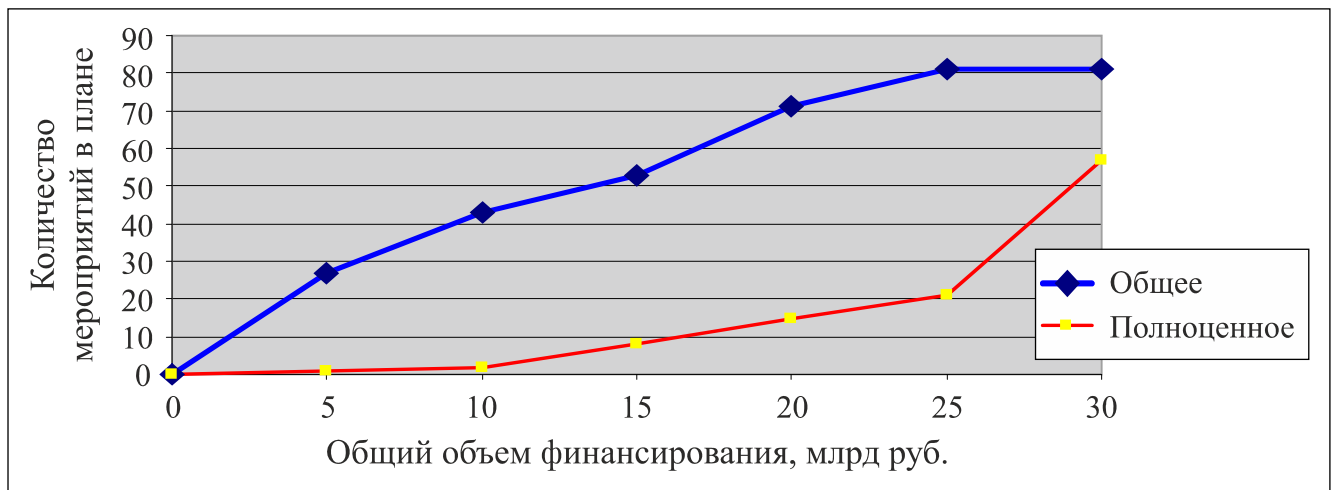


Рисунок 4.17 — Количество мероприятий в плане для общего случая финансирования по варианту 3

Таким образом, в данном подразделе в качестве примера применения разработанных в исследовании методов предложен параметрический анализ среднесрочных бюджетных планов работы объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности. В рассматриваемой постановке задача решалась впервые. Ее применение в качестве ИАССП в отдельных составных частях АСПВБ даст возможность ЛПР лучше представлять себе состояние всех обслуживающих технологический процесс систем. Следовательно, АСУТП объекта ТЭК будет функционировать эффективнее. Это достигается за счет того, что решения ЛПР будут более обоснованны и направлены на перераспределение подчиненных ему ресурсов в зависимости от выявленных на основании работы ИАССП недостатков в общей системе функционирования АСПВБ (и АСУТП).

#### 4.3 Оценка качества отраслевого планирования с помощью предложенных методов

Теперь рассмотрим еще один случай применения рассматриваемых методов для определения значимости отдельных мероприятий для достижения больших результатов. Выше уже отмечалось, что предложенные методы ССП могут быть использованы не только для анализа ЛПР на конкретном объекте ТЭК в рамках АСУТП состояния оборудования, а также состояния дел по проведению персоналом работ, необходимых для обеспечения пожаровзрывобезопасности.

Разработанные методы могут применяться для расчетов значимостей различных уровней задач и мероприятий в отраслевом масштабе. Проследим за тем, как это можно делать. Для примера возьмем одно из решений Правительства РФ в области обеспечения пожаровзрывобезопасности и далее зададим условные значимости промежуточных целей как параметров для дальнейшего расчета.

Проект Распоряжения Правительства РФ о применении газового огнегасящего состава «Инерген» на промышленных и военных объектах, в инженерно-технических сооружениях, хранилищах и на транспорте предусматривает внедрение ГОС «Инерген» на различных важных народнохозяйственных объектах, в том числе на объектах ТЭК. В соответствии с распоряжением можно сформулировать стратегическую агрегатную цель — применение ГОС «Инерген» на промышленных и военных объектах, в инженерно-технических сооружениях, хранилищах и на транспорте. Областью применения ГОС служит пожарное оборудование, размещаемое:

- в диспетчерских и пультовых;
- в пунктах управления;
- в помещениях телекоммуникаций, высокотехнологичного производственного оборудования с непрерывным производственным процессом;
- в серверных;
- в архивах и хранилищах;
- в производственных помещениях и бытовках;
- на складах;
- на транспорте;
- на военных объектах;
- в музеях;
- в кинотеатрах;
- в торгово-развлекательных центрах закрытого типа.

Рассматриваемые в исследовании объекты ТЭК являются промышленными объектами, а ГОС «Инерген» будет составной частью АСПВБ, точнее АСПВЗ. Кроме того, применение ГОС на масштабных, территориально разнесенных

объектах, на которых есть не только места производства и хранения продукции, но и канализационные стоки для нефтепродуктов, а также отстойники для горючих отходов, потребует масштабной работы персонала АСУТП по настройке первого уровня информирования (датчиков-газоанализаторов). Следовательно, в этом случае через пункты управления в АСУТП ЛПР будет планироваться, выполняться и контролироваться качество большого числа стабилизирующих мероприятий (профилактических работ, проверок оборудования, определения качества установки датчиков и т. п.).

В соответствии с применяемым в настоящем исследовании набором методов необходимо далее уточнить типы задач и задачи при достижении сформулированной выше цели. В данном случае типами задач служит организация работ по внедрению и применению ГОС в министерствах, федеральных агентствах и службах, государственных корпорациях: по одному типу задач на каждую организационную единицу. Задачами по достижению агрегатной цели могут служить дорожные карты по внедрению ГОС «Инерген» в каждой из отраслевых организационных единиц, а основными направлениями работ — этапы внедрения согласно разработанным дорожным картам. Блоками (кластерами) мероприятий можно считать шаги на каждом из этих этапов.

Исходя из этого, построим предположительную схему оценки достижения сформулированной выше цели с помощью разработанных методов для определения степени влияния и значимости отдельных мероприятий на ее достижение. Типы задач, как было сказано выше, относят нас к одному из министерств, ведомств, федеральных агентств и служб, государственных корпораций, в состав которых входят предприятия, где будет применяться ГОС. Это типовые отраслевые условия для решения оптимизационной задачи в указанной постановке.

Задачами для каждого из типов задач в выбранных условиях решения будут дорожные карты по реализации мероприятий по внедрению ГОС «Инерген», которые сами по себе являются планами достаточно высокого уровня. Так как задачи для каждого из типов задач по заданной цели в выбранных условиях

решения можно считать одинаковыми, начнем описание выбранного решения с уровня 4 — направлений деятельности (таблица 4.4).

Таблица 4.4 — Направления деятельности по плану применения ГОС «Инерген»

Номер направления	Направление деятельности (уровень 4)	Номер задачи
4.1	Подготовительный этап реализации проекта	1
4.2	Согласование и утверждение планов реализации проектов по направлениям	1
4.3	Контроль реализации проектов	1

Выбранная иерархия совершенная, и все направления деятельности связаны только с одной задачей — дорожной картой по внедрению ГОС «Инерген» в организационной структуре управления, под которой в данном подразделе будем подразумевать отраслевое руководство (министерства, ведомства, федеральных агентств или служб, государственных корпораций).

Для каждой структуры управления в соответствии с направлениями деятельности по достижению выбранной нами в условии задачи агрегатной цели необходимо установить блоки мероприятий. Будем считать, что такие блоки мероприятий установлены нами в таблице 4.5. Для простоты дальнейшего решения оптимизационной задачи нами выбрана совершенная иерархия, для которой все блоки мероприятий связаны только с одним направлением деятельности организационной структуры управления по данной агрегатной цели. Будем здесь и далее для краткости называть ее планом внедрения ГОС «Инерген».

Таблица 4.5 — Блоки мероприятий по плану применения ГОС «Инерген»

Номер блока мероприятия	Блок мероприятий (уровень 5)	Номер направления
5.1	Разработка информационного письма в организационной структуре о преимуществах ГОС «Инерген» при использовании его взамен существующих огнетушащих составов на подчиненных объектах	1
5.2	Формирование перечня предприятий и объектов, подлежащих первоочередному оснащению ГОС «Инерген»	1
5.3	Формирование рабочей группы по подготовке распоряжения организационной структуры управления о приоритетном использовании ГОС «Инерген» на подчиненных объектах	1



Номер блока мероприятия	Блок мероприятий (уровень 5)	Номер направления
5.4	Подготовка проекта распоряжения организационной структуры управления о порядке применения ГОС «Инерген» на подчиненных объектах	1
5.5	Разработка поэтапного плана импортозамещения отдельных конструкций, узлов, агрегатов, систем автоматики и управления модулей ГОС «Инерген» для организационной структуры управления	1
5.6	Получение экспертных заключений и сертификатов на модули пожаротушения ГОС «Инерген» (в том числе произведенные по программе импортозамещения) в соответствии с требованиями нормативной документации в области пожарной безопасности	2
5.7	Внедрение модулей пожаротушения ГОС «Инерген» в Типовые стандарты предприятий	2
5.8	Включение обязательным условием ГОС «Инерген» в раздел <i>Системы пожаротушения</i> проектной документации на вновь возводимые, модернизируемые и реконструируемые объекты	2
5.9	Разработка типовых проектов с использованием ГОС «Инерген» в системе пожаротушения объектов	2
5.10	Обеспечение технической поддержки реализации пилотных проектов по установке систем пожаротушения с использованием ГОС «Инерген» на подчиненных объектах	3
5.11	Осуществление контроля за реализацией проектов с использованием ГОС «Инерген» на подчиненных объектах	3
5.12	Организация обучения персонала и обслуживания модулей пожаротушения ГОС «Инерген»	3

Теперь для блоков мероприятий необходимо сформировать таблицу мероприятий, которые должны проводиться в соответствии с планом внедрения ГОС «Инерген». Такая таблица приведена ниже (таблица 4.6).

Таблица 4.6 — Мероприятия по плану применения ГОС «Инерген»

Номер мероприятия	МЕРОПРИЯТИЕ (уровень 6)	Номер кластера (блока)
1	2	3
	<b>1 Разработка информационного письма в организационной структуре о преимуществах ГОС «Инерген» при использовании его взамен существующих огнетушащих составов на подчиненных объектах</b>	
6.1	Запрос дополнительной информации о ГОС «Инерген»	1
6.2	Демонстрация ГОС «Инерген» в действии	1
6.3	Предоставление сертификатов, референт-листа	1
6.4	Решение руководителя организационной структуры управления о возможности применения ГОС «Инерген» на подчиненных объектах	1

1	2	3
	<b>2 Формирование перечня предприятий и объектов, подлежащих первоочередному оснащению ГОС «Инерген»</b>	
6.5	Предоставление полной информации по объектам	2
6.6	Согласование перечня объектов внутри организационной структуры управления	2
6.7	Представление использующим ГОС «Инерген» объектом его преимуществ перед другими огнетушащими составами	2
6.8	Утверждение перечня объектов первоочередного внедрения	2
	<b>3 Формирование рабочей группы по подготовке распоряжения организационной структуры управления о приоритетном использовании ГОС «Инерген» на подчиненных объектах</b>	
6.9	Индивидуальная работа со специалистами	3
6.10	Отбор кандидатов в широкий список	3
6.11	Формирование предварительного списка и его согласование с вышестоящими органами и руководителями подчиненных объектов	3
6.12	Формирование окончательного списка членов сформированной группы с распределением зон ответственности	3
	<b>4 Подготовка проекта распоряжения организационной структуры управления о порядке применения ГОС «Инерген» на подчиненных объектах</b>	
6.13	Проведение заседания сформированной рабочей группы в расширенном составе. Формирование плана-графика на подготовку распоряжения	4
6.14	Подготовка проекта распоряжения	4
6.15	Согласование проекта распоряжения	4
6.16	Учет изменений и поправок	4
6.17	Утверждение распоряжения руководством организационной структуры управления	4
	<b>5 Разработка поэтапного плана импортозамещения отдельных конструкций, узлов, агрегатов, систем автоматики и управления модулей ГОС «Инерген» для организационной структуры управления</b>	
6.18	Определение приоритетных позиций в противопожарном оборудовании ГОС «Инерген» по импортозамещению	5
6.19	Выбор производителей	5
6.20	Согласование технических условий для оборудования	5
6.21	Согласование стоимости заказываемого оборудования	5
6.22	План проведения сертификации	5
6.23	План развития производственной базы	5
	<b>6. Получение экспертных заключений и сертификатов на модули пожаротушения ГОС «Инерген» (в том числе произведенные по программе импортозамещения) в соответствии с требованиями нормативной документации в области пожарной безопасности</b>	
6.24	Определение головных органов сертификации, утверждающих заключения экспертов	6
6.25	Определение списка испытательных лабораторий	6

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
6.26	Определение методик и параметров сертификации	6
6.27	Подготовка, согласование и утверждение нормативного документа, определяющего порядок получения сертификатов	6
6.28	Определение порядка получения отечественных сертификатов зарубежными производителями узлов, агрегатов, модулей и запасных частей	6
6.28	Определение параметров совместного применения узлов, агрегатов, модулей и запасных частей системы пожаротушения ГОС «Инерген», выпущенных отечественными и зарубежными производителями, которые указываются при сертификации	6
6.30	Определение официального списка поставщиков сертифицированных узлов, агрегатов, модулей и запасных частей	6
	<b>7 Внедрение модулей пожаротушения ГОС «Инерген» в Типовые стандарты предприятий</b>	
6.31	Составление, согласование и утверждение плана-графика внедрения	7
6.32	Осуществление мониторинга в части, касающейся применения различных ГОС на действующих объектах	7
6.33	Изучение возможных особенностей применения нормативных документов по пожарной безопасности в различных подведомственных структурах	7
6.34	Получение экспертных заключений о применении ГОС и нормативных документов	7
6.35	Подготовка нормативного документа для включения его в качестве обязательного приложения в Типовой стандарт предприятий	7
6.36	Выбор предприятия или организации для пилотного тестирования подготовленного документа	7
6.37	Проведение мониторинга применения подготовленного документа на выбранном предприятии или в организации	7
6.38	Доработка документа с учетом опыта его применения и его окончательное утверждение	7
	<b>8 Включение обязательным условием ГОС «Инерген» в раздел системы пожаротушения проектной документации на вновь возводимые, модернизируемые и реконструируемые объекты</b>	
6.39	Составление перечня действующих объектов, подлежащих модернизации с учетом применения ГОС «Инерген»	8
6.40	Анализ действующей нормативной базы по применению различных ГОС	8
6.41	Анализ действующей нормативной документации на предприятиях или в организациях, требующих применения ГОС в соответствии с условиями их работы	8
6.42	Подготовка рабочих проектов модернизации с обязательным включением ГОС «Инерген»	8
6.43	Согласование технических заданий на модернизацию и технических условий применения ГОС в различных подведомственных структурах	8
6.44	Согласование планов подготовки к применению ГОС «Инерген» на предприятиях или в организациях в соответствии с условиями их работы	9

1	2	3
	<b>9 Разработка типовых проектов с использованием ГОС «Инерген» в системе пожаротушения объектов</b>	
6.45	Анализ действующей нормативной базы, позволяющей разработать типовой проект использования ГОС	9
6.46	Подготовка проекта документа о применении ГОС «Инерген» на предприятиях или в организациях	9
6.47	Пилотное тестирование документа на выбранном объекте	9
6.48	Доработка типового проекта с учетом опыта его применения и его окончательное утверждение	9
	<b>10 Обеспечение технической поддержки реализации пилотных проектов по установке систем пожаротушения с использованием ГОС «Инерген» на подчиненных объектах</b>	
6.49	Выбор объектов для пилотного тестирования	10
6.50	Составление плана-графика технической поддержки пилотного проекта	10
	<b>11 Осуществление контроля за реализацией проектов с использованием ГОС «Инерген» на подчиненных объектах</b>	
6.51	Составление общего перечня объектов контроля	11
6.52	Составление плана-графика реализации проектов внедрения на подчиненных объектах	11
6.53	Определение порядка и сроков проведения профилактических и иных работ для поддержания системы пожаротушения ГОС «Инерген» в работоспособном состоянии	11
	<b>12 Организация обучения персонала и обслуживания модулей пожаротушения ГОС «Инерген»</b>	
6.54	Выбор объектов производственной базы обучения	12
6.55	Подготовка учебных программ	12
6.56	Обеспечение процесса обучения материальными и людскими ресурсами	12
6.57	Обеспечение учебных рабочих мест и мест прикрепления обучаемых	12
6.58	Проведение обучения и выдача документов об окончании	12

Поскольку целевая и решающая матрицы имеют размерность 12×58, для последнего иерархического уровня они не приводятся. В этом нет необходимости, так как в данном случае все мероприятия связаны только с одним кластером. По этому уровню иерархия — совершенная. Целевая матрица кластеров (блоков) мероприятий по плану применения ГОС «Инерген» приведена в таблице 4.7.

Таблица 4.7 — Целевая матрица кластеров (блоков) мероприятий по плану применения ГОС «Инерген»

		Номер кластера (блока) мероприятий		
		1	2	3
Номер направления деятельности	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			

Далее проводится расчет значимостей отдельных мероприятий для определения значений агрегатного показателя качества в рассматриваемой иерархической схеме «от цели к мероприятию». Подробное описание данного процесса представлено в главе 3. Ввиду большого объема этих описаний в данной части исследования они не приводятся.

Получаемая в результате оценка может быть рассчитана с помощью ИАССП. Большая часть полученной информации об оценке может быть использована на объектах ТЭК для корректировки планов пожаровзрывобезопасности. Это позволит ЛПР, в частности, купировать организационные невязки мероприятий (накладки, повторы и т. п.), которые могут негативно сказаться на производственных процессах объектов ТЭК и на работе АСУТП.

Таким образом, в данном подразделе впервые рассмотрена задача оценки значимости отдельных мероприятий для достижения некоторой поставленной цели по пожаровзрывобезопасности в отраслевом масштабе. В качестве примера для этого выбрана программа реализации распоряжения Правительства РФ по внедрению применения ГОС «Инерген», содержащая дорожную карту данного процесса. Предложенные в исследовании методы ССП как для объекта ТЭК, так и для отрасли в целом позволяют ответственным за выполнение задачи ЛПР

контролировать ход выполнения целевого решения. При этом возможна увязка мероприятий отраслевого уровня с мероприятиями уровня объектов ТЭК. Такая увязка в рамках АСУТП даст возможность ЛПР не только более четко понимать состояние оборудования для пожаротушения и состояние дел по проведению персоналом необходимых для обеспечения пожаровзрывобезопасности работ, но и исключить возможные конфликты организационного плана, которые могут возникать при реализации подобных решений.

Помимо этого, очевидно, что предложенный метод оценки эффективности качества отраслевого планирования может применяться как для оценок различных целевых программ — действующих и ранее разработанных программ развития крупных систем<sup>3</sup> [143, 150, 213, 255–264], так и для доработки фундаментальных предложений в этой области [210, 264, 265].

#### **4.4 Рекомендации по применению предложенных методов для обеспечения пожаровзрывобезопасности**

Для прояснения характера применения разработанных в исследовании методов ССП в целях обеспечения на объектах ТЭК пожаровзрывобезопасности обратимся вновь к работе [16], в которой детально и подробно описана структура АСПВБ. Прежде всего, цитируя данный источник, сформулируем направления, в соответствии с которыми ЛПР должен будет осуществлять оценку соответствующих мероприятий, применяя описанные методы.

Итак, согласно [16] для предотвращения образования взрывоопасной среды необходим контроль через системы информирования первого уровня АСУТП за поддержанием безопасной концентрации горючих газов и паров в среде объекта ТЭК, в том числе путем применения кондиционирования и вентиляции на технологическом оборудовании и в помещениях его подобъектов. Кроме того, необходим контроль за выбросами в атмосферу горючих газов и паров в местах открытых поверхностей очистных сооружений (см. таблицу 1.1).

---

<sup>3</sup> План строительства и развития сил и средств МЧС России на 2011–2015 гг. (Указ Президента Российской Федерации от 09 января 2012 г. № 14731).

Для предотвращения образования горючей среды ЛПР необходима информация о применении устройств защиты технологического оборудования с горючими веществами от повреждений и аварий, а также отключающих, отсекающих и других противоаварийных устройств. Кроме того, нужна наиболее полная (более детальная, чем дают современные техника и технологии) информация о технологических процессах, связанных с обращением горючих веществ на производстве.

Для предотвращения образования в этих средах источников зажигания, в случае если горючая или взрывоопасная среда все же образовалась, ЛПР необходим контроль температуры нагрева поверхностей машин, механизмов, оборудования и устройств, которые могут войти в контакт с ними, а также контроль выполнения строительных норм, правил и стандартов. Их выполнение особенно важно для тех сооружений объекта ТЭК, которые участвуют в технологических и очистных процессах.

При использовании данных направлений в деятельности ЛПР применение методов стратегического планирования, рассмотренных в главе 3 (см. таблицу 3.11), в ИАССП, входящей в АСПВБ в качестве подсистемы, позволит ЛПР получить их точные количественные оценки. Благодаря этому у ЛПР появится возможность изменить характер применения ресурсов объекта ТЭК в то время и с тем эффектом, который будет необходим для достижения целей обеспечения пожаровзрывобезопасности. Например, с помощью ИАССП можно рассчитать конкретные сроки и ресурс применяемых для оповещения датчиков, включая вероятности их выхода из строя и необходимую погрешность измерения параметров среды в зоне их ответственности. Таким образом, ИАССП логично применять в АСППВ в качестве составной части для повышения эффективности работы АСУТП в целом (и АСПВБ в частности) за счет улучшения качества управления ЛПР.

Помимо этого, следует обратить внимание на применение ИАССП в составе АСПВЗ. Согласно [16] в ее составе должны быть реализованы автоматические системы локализации и подавления взрывов, установок пожарной сигнализации и

пожаротушения. Для них необходимо применение большого количества датчиков информации первого уровня АСУТП, что особенно актуально при внедрении на объектах ТЭК процессов «Индустрии 4.0». ЛПР должен знать, в каком состоянии находится это оборудование, получая информацию о нем в реальном времени, а также быстро проводить аналитические процедуры в отношении изменения состояния оборудования, привлекая для этого людей и технику. Следовательно, для этих целей нужно использовать ИАССП в качестве подсистемы АСПВЗ, помогающей ЛПР принимать необходимые решения по различным направлениям управления.

Такую же роль ИАССП может выполнять и по отношению к оборудованию оповещения и сигнализации о пожаре в его начальной стадии и эвакуации людей. Точное знание о состоянии и исправности датчиков и иных устройств, проводившихся на них стабилизирующих мероприятиях, а также иные данные по состоянию информации первого уровня и состоянию действий персонала в АСУТП даст ЛПР возможность принимать более обоснованные решения. Особенно актуальным данное направление становится в связи с появлением особых условий, характеризующихся снижением возможностей по закупке новых образцов данного оборудования и, как следствие, невозможностью по ряду направлений его правильного обслуживания.

Следует также отметить, что в системе организационно-технических мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности на объекте ТЭК необходимо применение «средств автоматической и автоматизированной защиты технологического оборудования... от несанкционированных ошибочных действий персонала и техногенного терроризма, которые могут явиться причинами пожаров и взрывов» [16]. Указанные здесь средства используют в своей работе датчики информирования автоматики о возникающих событиях на объекте ТЭК. ЛПР необходимо иметь информацию об их состоянии и знать о том, какие действия персонала АСУТП следует проводить в отношении данной группы оборудования.

Для использования сформулированных в данном подразделе рекомендаций в конкретных условиях (на объекте ТЭК) в качестве прототипа программного



средства, выполняющего роль ИАССП, целесообразно применять разработанный при проведении исследований программный комплекс для решения задач стратегического планирования на предприятии [266], на который получено свидетельство Роспатента о государственной регистрации программ. «Указанный комплекс нашел свое применение в АО «Московский газоперерабатывающий завод» [267]. Ряд положений по применению разработанных в диссертации методов стратегического планирования в ИАССП при автоматизации управления объектами ТЭК описан в цикле статей и монографии [268–273].

Таким образом, применение методов ССП в АСПВБ на реальных (а не условно-расчетных) объектах ТЭК логично дополняет уже применяемые в настоящее время средства контроля ЛПР пожарной обстановки на объекте ТЭК. Это означает, что разработанные в исследовании методы актуальны для применения в составных частях АСПВБ — АСППВ, АСПВЗ, АСОН.

#### **4.5 Выводы по главе 4**

1. В данной главе была впервые математически обоснована возможность использования обратного метода решающих матриц для проведения стратегического мониторинга на объекте ТЭК по различным направлениям его деятельности. Указанный метод разработан впервые.

2. Наиболее значимым направлением деятельности ЛПР с точки зрения обеспечения пожаровзрывобезопасности объектов ТЭК является повышение эффективности работы оборудования в АСУТП и качества действий персонала по его обслуживанию. Эта цель достигается применением методов ССП для информирования ЛПР о реальном состоянии всего контролируемого АСУТП оборудования. Для реализации таких задач был предложен алгоритм мониторинга в интересах ЛПР по различным направлениям в АСУТП по обратному методу решающих матриц.

3. В данной главе впервые было предложено решение задачи оценки стратегических рисков на объекте ТЭК на основе прогноза значений агрегатного показателя качества для рассмотренной выше шестиуровневой иерархической

схемы «от цели к мероприятию». Применение построенного на основе предложенного решения метода позволяет ЛПР оценивать в АСУТП руководителей соответствующих направлений, а также персонал, занятый профилактическими работами. Результатом его применения становится лучшее качество стабилизирующих мероприятий, а значит, более высокая эффективность работы АСУТП.

4. Рассмотрение задачи ССП в предложенной постановке помогает ЛПР квалифицированно и научно обоснованно оценивать готовность АСПВБ к решению задач по пожаровзрывобезопасности объекта ТЭК. Особую актуальность ее решение приобретает в условиях применения «Индустрии 4.0» и при наложении ограничений на финансирование и поставки продукции электронного машиностроения из-за рубежа. Например, неисправные, ограниченно годные к использованию или отсутствующие в принципе для поставки датчики АСУТП иностранного производства, имеющие свой ресурс эксплуатации, могут быть либо исключены из использования благодаря проведению оценки, либо использоваться в других режимах. Конкретные условия задаются персоналом, проводящим профилактические работы или иные стабилизирующие мероприятия.

5. В главе предложен метод параметрического анализа среднесрочных бюджетных планов работы объекта ТЭК по пожаровзрывобезопасности. В рассматриваемой постановке эта задача решена впервые. Ее применение в качестве ИАССП в отдельных составных частях АСПВБ позволяет ЛПР лучше представлять себе состояние всех обслуживающих технологический процесс систем. Следовательно, получаемая с помощью ИАССП информация дает возможность АСУТП функционировать более эффективно. Это происходит за счет того, что решения ЛПР при применении разработанных методов в АСПВБ будут более обоснованными. Они будут направлены на перераспределение подчиненных ему ресурсов в зависимости от выявленных на основании работы ИАССП недостатков в общей системе функционирования АСПВБ.

6. В главе впервые рассмотрена задача оценки значимости отдельных мероприятий для достижения некоторой поставленной цели по пожаровзрывобезопасности в отраслевом масштабе. В качестве примера для этого выбрана программа реализации распоряжения Правительства РФ по внедрению применения ГОС «Инерген», содержащая дорожную карту данного процесса.

Предложенные в исследовании методы ССП как для условно-расчетного предприятия ТЭК, так и для отрасли в целом позволят ответственным за выполнение задачи ЛПР контролировать ход выполнения целевого решения. При этом возможна увязка мероприятий отраслевого уровня с мероприятиями уровня объекта ТЭК. Такая увязка в рамках АСУТП даст возможность ЛПР не только более четко понимать состояние оборудования для пожаротушения и состояние дел по проведению необходимых для обеспечения пожаровзрывобезопасности работ персоналом, но и исключить возможные конфликты организационного плана, которые могут возникать при реализации подобных решений.

7. Применение предложенных в исследовании методов ССП в АСПВБ на реальных предприятиях ТЭК логично дополняет уже применяемые в настоящее время средства контроля ЛПР пожарной обстановки на НПП. Это означает, что разработанные в исследовании методы актуальны к применению в составных частях АСПВБ — АСППВ, АСПВЗ, АСОН.

## **ГЛАВА 5 Оценка практической реализуемости интеллектуальной технологии организационного управления пожаровзрывобезопасностью**

Варианты применения различных методов оценки эффективности работы автоматизированных систем широко рассмотрены в технической литературе. Многие из них основаны на математических подходах [134, 274, 275]. В последнее время для разработки методов оценки их эффективности актуальным стал подход, связанный с искусственным интеллектом, в частности с машинным обучением [275, 276]. Тем не менее, несмотря на универсальность разработанных в диссертации методов, применяемых для организационного управления, в контексте данного исследования оценку реализуемости разработанной интеллектуальной технологии следует рассматривать исходя из рекомендаций как к отдельным подсистемам АСПВБ, так и к подразделениям пожарной охраны. Некоторые виды подобной интеграции уже рассматривались ранее [129], однако не в таком обобщающем контексте.

Для случая с подсистемами АСПВБ эффективность их применения следует оценивать исходя из качества предоставляемой ЛПР информации и времени функционирования ее составных элементов, что можно определить путем применения программных модулей, создаваемых на основе перспективных программных платформ и проводящих сред. А для случая с подразделениями пожарной охраны необходимо осуществлять модернизацию существующих форм работы пожарных подразделений с учетом разработки для них мобильных приложений на основе предложенных в диссертации методов.

Эффективность сложных систем пожаровзрывобезопасности на объекте ТЭК в целом и его отдельных объектов в частности связана всегда с эффективностью процессов обеспечения безопасности жизни и здоровья людей, а также сохранностью их материальных ценностей. Определяющим фактором при оценке эффективности является оценка возможных (но не случившихся) людских потерь и материального ущерба. Достижение этой задачи за счет автоматизированного выполнения функций стратегического планирования помогает избежать

чрезмерного ущерба и потерь и не требует продолжительных специфических исследований на специальном вычислительном оборудовании. Задачи, применяемые в АСПВБ при использовании программ ИАССП, помогают ЛПР в реальном времени получать нужную для предотвращения определенных рисков информацию.

Следует отметить также, что информационное наполнение ИАССП может быть связано не только с пожаровзрывобезопасностью, но и с другими направлениями деятельности ЛПР. Это делает разработанный комплекс программ, описанный в главе 4, универсальным средством оценки различных направлений деятельности.

«Качественно изменение эффективности АСПВБ при применении методов ССП можно оценить существенным снижением нагрузки на ЛПР в аспектах аналитики в процессе оперативного управления ситуацией на объекте ТЭК. Количественно такая оценка может быть получена исходя из зафиксированного количества предотвращенных опасных ситуаций на основе расчетных показателей ИАССП. Помимо этого, указанный инструментарий позволяет ЛПР в реальном времени оценивать перспективы обнаружения опасных ситуаций до их фактического возникновения. Локализация и подавление взрывов, тушение пожаров, эвакуация людей из горящих зданий, а также иные функции ЛПР в контексте пожаровзрывобезопасности в этом случае становятся функциями, параметрами которых являются результаты работы ИАССП.

Давно известно, что АС улучшают организацию любой деятельности. Не являются исключением и подразделения пожарной охраны объекта ТЭК, персонал АСУТП, выполняющий функции по борьбе с пожарами и взрывами. Команды на применение соответствующих средств поступают с пульта управления ЛПР на основе полного анализа информации, получаемой от датчиков АСУТП и АСПВБ, а также от технологического оборудования объектов. Таким образом, применение ИАССП обеспечивает ЛПР возможность принятия более обоснованных решений по всему спектру его ответственности, включая ликвидацию опасных ситуаций на объекте ТЭК с учетом прогнозирования их развития» [16].

Постоянный автоматизированный мониторинг ЛПР состояния технологического оборудования объекта ТЭК и технических средств АСПВБ (а также любой другой организационной единицы) повышает эффективность их функционирования. Помимо этого, сокращаются сроки простоя оборудования, так как поиск неисправностей с помощью АСПВБ дает ЛПР возможность контролировать действия персонала. Следствием применения ИАССП является более качественное обеспечение пожаровзрывобезопасности на объекте ТЭК. Кроме того, использование ИАССП в АСПВБ позволяет сократить время проверки персоналом АСУТП оборудования, используемого в АСУТП для информирования на первом уровне, что высвобождает скрытые резервы человеческого фактора и повышает его готовность к действиям в сложных ситуациях.

### **5.1 Рекомендации по применению разработанной технологии в отдельных подсистемах автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетических комплексов и анализ предложений по развитию средств поддержки управления**

Как правило, проектные показатели эффективности работы вводятся в АСПВБ для обеспечения гарантированного пожаротушения на объекте ТЭК с учетом резервирования всего используемого оборудования. Для этого необходимо резервирование как основных элементов пожарной техники (пожарные насосы, резервуары с огнетушащими веществами, подводящие и питающие трубопроводы), так и элементов автоматики и обеспечивающих работу АСПВБ систем (датчиков, узлов управления, цепей электропитания, каналов передачи информации и т. д.).

Такое резервирование — процесс дорогостоящий, но пожарная и иная безопасность требует значительных расходов. Контроль расходов можно осуществлять синхронизацией входящих в него мероприятий с остальными важными группами мероприятий на объекте ТЭК: бюджетным планированием, планированием мероприятий по предотвращению пожаров, осуществлением ремонтных и профилактических работ в АСУТП, мониторингом окружающей среды и т. п. Взаимная увязка всех перечисленных направлений, называемых выше

типами задач, невозможна без научно обоснованной теоретической базы, которую предоставляют методы ССП.

### **5.1.1 Рекомендации по применению методов технологии в системах пожаротушения в качестве инструмента моделирования для принятия решений лицом, принимающим решения**

Общие задачи в системе пожаротушения, составной части АСПВБ [16], должны гармонизировать с частными, непосредственно выполняемыми при тушении пожаров. Многие методики оценки ПБ [248, 250, 277, 278] и применения пожарных подразделений [279–281] носят характер оценок «высокого» уровня. Обеспечение защиты информации на этом уровне при проведении мероприятий пожарной и комплексной безопасности, оценка эффективности проводимых в АСПВБ мероприятий, а также их мониторинг позволяют выполнять разработанные в ходе исследования модули и программы [282–284]. Реализация конкретных мер пожаротушения лежит на более «низком», но не менее значимом уровне.

В этом смысле, чтобы обеспечить для заданного пространственно распределенного ОЗ нужную продолжительность выпуска огнетушащего вещества при загорании, целесообразно определить назначение последнего и степень пожарной опасности защищаемых помещений и только после этого дифференцированно осуществлять контроль с рабочего места ЛПР за протеканием процесса тушения. При этом процесс пуска должен выполняться автоматически системой пожарной сигнализации. В этом случае функционирование системы пожаротушения на каждом из ОЗ объекта ТЭК будет осуществляться автоматически по сигналам от системы сигнализации или с помощью автоматизированных команд персонала объекта под руководством ЛПР.

Для определения необходимых пожарных ресурсов на объекте ТЭК ЛПР необходимо проводить постоянный мониторинг готовности противопожарных систем к немедленному применению. Для этого следует в автоматизированном режиме с использованием планов работ выполнять расчет минимально возможного и оптимального резервов огнетушащего вещества с учетом финансовых

возможностей. На основании данных о запасах и состоянии огнетушащего вещества по команде ЛПР может быть составлен новый план работы по подготовке пожарных систем, в который следует включить анализ готовности различных партий огнетушащего вещества к применению, анализ состояния оборудования резервуаров с огнетушащим веществом, характеристики огнетушащего состава (давление для газообразного состава, химический состав для жидкостного, время нахождения в резервуаре с учетом времени перезарядки и т. п.). Для этого следует использовать в составе ИАССП программы по формированию планов мероприятий по обеспечению пожарной и комплексной безопасности на объектах ТЭК, а также по оценке их эффективности, разработанные в ходе работы над диссертацией [285–287].

Эта информация необходима ЛПР для составления новых планов работы персонала АСУТП и АСПВБ. Помимо огнетушащего состава, необходим мониторинг датчиков, от которых ЛПР получает данную информацию. Наличие такой информации помогает ЛПР так изменять планы работ, чтобы снизить число ложных срабатываний исполнительных механизмов АСПВБ. Кроме того, мониторинг оборудования АСПВБ позволяет стабилизировать питающие напряжения в системе электропитания датчиков в конкретных местах ОЗ, а также улучшить помехозащищенность устройств управления ими (см. п. 2.1.1.2).

Реализация большого числа направлений анализа для ЛПР в условиях применения технологий «Индустрии 4.0» невозможна без средств информационно-аналитического обеспечения и ПО, разработанного на основе методов ССП. Разработка планов, их динамическая оценка и контроль их исполнения в полуавтоматическом режиме благодаря использованию ИАССП дают ЛПР существенные преимущества в управлении ситуацией на объекте ТЭК, так как это не только обеспечивает его точными данными о состоянии большого числа подсистем АСПВБ, но и позволяет ему управлять ситуацией гораздо быстрее.

За счет применения ИАССП можно обеспечить также повышение быстродействия исполнительных механизмов АСПВБ. Такой эффект, как было сказано выше, достигается за счет снижения оперативного времени передачи ЛПР



и обработки им нужной информации о состоянии оборудования, что способствует повышению скорости принятия им решений. В этом случае повышение быстродействия механизмов происходит благодаря повышению быстродействия управляющих систем (см. рисунки 1.7 и 1.9).

Для сохранения частичной работоспособности систем пожаротушения при полном их обесточивании ЛПР должен получать оперативную информацию о системах их резервного питания, необходимого для их срабатывания. Оборудование систем пожаротушения на объектах ТЭК всегда является рассредоточенным, и поэтому на каждом из ОЗ дополнительные источники электропитания будут изолированы или частично изолированы друг от друга. При таком вынужденном обустройстве каждого в отдельности ОЗ для поддержания приемлемого уровня безопасности на объекте ТЭК ЛПР необходим анализ оперативной информации о состоянии систем резервного электропитания на всех ОЗ объекта. Излишне говорить, что такой анализ следует проводить в полуавтоматическом режиме, предоставляя ЛПР только возможность своевременного указания на устранение выявленных ИАССП недостатков на данном направлении контроля.

Для того чтобы обеспечить работоспособность в аварийных режимах системы пожаротушения, ЛПР необходимо иметь инструмент моделирования расчетных аварий. Для этого в ИАССП следует предусмотреть отдельный модуль для снабжения ЛПР необходимой информацией. С учетом внедрения на современных объектах ТЭК «Индустрии 4.0» с большим количеством датчиков такая задача становится вполне решаемой. Одним из направлений испытаний расчетной модели данного модуля ИАССП может стать моделирование поведения исполнительных механизмов системы пожаротушения при максимальном или ином расчетном землетрясении. Для этого следует оснастить реальные средства пожаротушения и элементы их включения датчиками сигнализации об их срабатывании, включив их в общий комплект оборудования АСПВБ. Это позволит точнее выполнить моделирование в цифровых двойниках объектов ТЭК. Ряд задач

по моделированию оценке влияния на ПБ в цифровых двойниках реализованы в [288].

Для определения готовности к работе локальных устройств пожаротушения, включающих в себя самогерметизирующиеся и самоизолирующиеся при повышении внутренней температуры шкафы, необходим дополнительный класс датчиков АСПВБ. Так как эти шкафы должны функционировать в автоматическом, автоматизированном, дистанционном и по месту работы режимах, ЛПР должен представлять себе, насколько окончное оборудование таких систем готово к тушению пожаров. Для этого в ИАССП необходимо предусмотреть самостоятельный расчетный модуль, в котором можно будет рассчитать как саму готовность оборудования, так и план мероприятий по его обслуживанию и т. п. Помимо этого, ЛПР необходимо иметь информацию о доступности управления локальными устройствами пожаротушения, для чего им, возможно, должны быть запланировано создание дополнительных линий связи. Следует заметить, что предложенное выше ПО ИАССП уже в основном выполняет указанную задачу.

Так как локальные устройства пожаротушения функционируют не только непосредственно на ОЗ, но и в системах вентиляции, и в воздуховодах, состояние датчиков внутри этих систем в конкретных местах должно быть объектом расчета и моделирования отдельного модуля ИАССП. Не мешая их работе в автономном (по срабатыванию специальных датчиков) или автоматизированном (по командам оператора и сигналам системы пожарной сигнализации) режимах, модуль ИАССП должен собрать необходимую информацию и, обобщив ее, выдать ЛПР данные о его действиях. Обычно это план по проведению стабилизирующих мероприятий на данном направлении.

Для анализа состояния системы пожаротушения на объекте ТЭК в целом и на его отдельных ОЗ ЛПР должен знать о том, насколько локальные устройства пожаротушения способны предотвратить опасную ситуацию. Одним из направлений моделирования может быть расчет срабатывания заслонок систем вентиляции. Так как их срабатывание должно происходить автоматически при повышении температуры или по командам оператора АСПТ и сигналам системы

пожарной сигнализации, следует проводить моделирование в ИАССП средств обнаружения пожара, средств обработки информации для них, а также средств принятия решений о пожаротушении. При этом следует помнить, что управление заслонками в воздуховодах осуществляется контроллерами, о состоянии которых также необходимо информировать ЛПР. Планы стабилизирующих мероприятий для контроллеров заслонок представляют собой отдельную составную часть моделирующей части ИАССП.

Для моделирования состояния технических средств активного пожаротушения на базе установок газового, порошкового, водяного и пенного пожаротушения ЛПР также необходимо иметь отдельный программный инструмент. В нем следует предусмотреть не только вариативность используемых видов огнетушащего вещества, но и планы по их закупке и «загрузке» в соответствующие емкости. Как правило, применение отдельно взятого вида такого вещества обосновывается официальными документами поставщика соответствующего оборудования. Однако в особых условиях не исключена вероятность применения на отдельных направлениях вида огнетушащего вещества, отличающегося от рекомендованного производителем, что должно быть обосновано расчетами для ЛПР, а их может сделать только соответствующий модуль ИАССП. Проведение подобных расчетов необходимо увязать с общеотраслевыми планами применения огнетушащих составов, а также с перспективными планами проведения НИОКР по данным направлениям. Такую привязку невозможно выполнить без использования методов ССП.

Для моделирования в интересах ЛПР успешного применения системы пожаротушения и формирования оперативных планов мероприятий по повышению его эффективности в ИАССП следует предусмотреть модуль расчета оценки групп защищаемых помещений по степени опасности развития пожара в соответствии с [289]. Помимо этого, целесообразно, используя этот же источник, информировать ЛПР в рамках проводимого моделирования ИАССП об интенсивности орошения для каждой из групп помещений, задаваемых оператором АСПВБ.

При создании инструмента моделирования следует учесть, что:

- водяное пожаротушение в кабельных помещениях (полуэтажах) должно вестись оросителями, образующими струи с диаметром капель не более 100 мкм;
- площадь для определения расхода воды или раствора пенообразователя, защищаемая одним оросителем, и расстояние между оросителями должны соответствовать требованиям [289] (см. табл. 1–3);
- минимальный расход огнетушащего вещества при тушении по поверхности должен соответствовать требованиям, указанным в [289];
- расчетная продолжительность работы установок водопенного пожаротушения должна быть не менее требуемых в [289].

Как уже было отмечено выше, запас огнетушащего вещества на объекте ТЭК должен быть достаточным для тушения любых пожаров. Чтобы у ЛПР в этом не было сомнений, необходимо проведение оценки его запасов в реальном масштабе времени. В частности, для этого уместно применять требования [289] (пп. 7.11.3, 7.11.4, 8.23), соответствие которым позволит ЛПР быть уверенным в том, что мероприятия по тушению пожаров на объектах ТЭК будут выполнены своевременно и в полном объеме.

Применение установок водопенного пожаротушения на объекте ТЭК должно быть обеспечено необходимым количеством воды. Для этого в ИАССП необходимо предусмотреть расчет и планирование мероприятий по водоснабжению ОЗ. Данный раздел моделирования в ИАССП следует вести также исходя из требований [289].

Еще одним важным элементом моделирования в ИАССП должны стать узлы управления (клапаны, электроздвижки и устройства ручного пуска — дистанционного и по месту расположения насосов), благодаря которым возможно осуществление мероприятий по тушению пожаров персоналом АСПВБ на местах. Тушение пожаров персоналом на местах должно быть спроектировано и смоделировано в ИАССП в целях предоставления ЛПР информации о достаточности мер данного характера. Для полноценного моделирования в ИАССП

процессов, связанных с ручными операциями при тушении пожаров, следует учитывать требования, сформулированные в [289–291].

Состояние и оборудование помещений для персонала АСПВБ, несущего круглосуточное дежурство на объектах ТЭК (диспетчерские, пожарные посты), необходимо также оценивать в ИАССП с учетом требований [289, 291]. Такое моделирование даст возможность ЛПР реально оценивать возможности персонала всего объекта в реальном режиме времени.

Таким образом, применение методов ССП в ИАССП как средства поддержки управления ЛПР в АСУТП и АСПВБ на объекте ТЭК позволит существенно улучшить информирование ЛПР о реальном положении дел в системе пожаротушения. Применение описанных инструментов моделирования, основанных на этих методах, особенно актуально в особых условиях и при использовании достижений управления предприятием в «Индустрии 4.0».

### **5.1.2 Рекомендации по применению методов технологии в автоматизированной системе предотвращения пожаров и взрывов в качестве инструмента моделирования для принятия решений лицом, принимающим решения**

Проведение профилактических мероприятий по предотвращению взрывов газо-, паро- и пылевоздушных смесей — одна из главных задач ЛПР на объектах ТЭК. Существующие механизмы предотвращения таких событий не могут исключить опасность их возникновения, поэтому зачастую для их предотвращения в технологическом оборудовании и производственных помещениях необходимо применять активные системы взрывозащиты. Работа подобных систем основана на локализации имеющихся проблемных точек, в которых возможно возникновение взрывного горения. Как правило, выявление таких событий происходит благодаря работе высокочувствительных датчиков, фиксирующих очаги взрывного горения в начальный момент его возникновения. Некоторые проблемы в их работе с учетом особых условий обсуждались в главе 1 (п. 1.4). Если начальная фаза данного процесса зарегистрирована датчиком в каком-

либо помещении, то сам процесс горения может уже не представлять той опасности для находящихся в нем людей и оборудования, которую он представлял бы в случае отсутствия регистрации.

Ввиду скоротечности процессов взрывного горения большая часть действий АСППВ должна выполняться автоматически. Очевидно, что оценку работы АСППВ при реальных событиях провести невозможно. Следовательно, ЛПР нужен инструмент моделирования ситуации для тестирования оборудования, учитывающий как реальную обстановку с датчиками на ОЗ, так и состояние среды в окрестности их работы (см. п. 2.1.1.3). Автоматические действия оборудования АСППВ, направленные на воздействие на возможные очаги взрывного горения в целях их локализации и подавления, должны быть тщательно спланированы и отработаны с помощью предложенного алгоритма. Для моделирования таких действий АСПВБ в ИАССП для ЛПР необходимо предусмотреть отдельный программный инструмент, который поможет удостовериться в том, что автоматика будет успешно противодействовать взрывному горению.

Как правило, в реальных условиях локализация взрывов внутри технологических аппаратов осуществляется путем их принудительной разгерметизации и сброса избыточного давления, а также отсечения пламени в транспортных коммуникациях и блокирования аварийных аппаратов. Моделируя данную ситуацию с помощью ИАССП, ЛПР может достаточно точно прогнозировать все необходимые мероприятия по каждому ОЗ на территориально распределенном объекте ТЭК. Такое моделирование является для него единственным источником информации, так как расчеты в условиях реальных ситуаций могут обойтись слишком дорого.

При разработке модуля ИАССП следует учитывать, что система взрывозащиты имеет иерархическую структуру с территориальным рассредоточением технических средств и оборудования на объектах ТЭК. Она состоит из следующих подсистем [292]:

– «устройства разгерметизации, отсечения пламени и блокирования аварийного технологического оборудования;

- устройства подавления взрывов;
- системы сигнализации и контроля;
- системы трубопроводов с выпускными насадками (распылителями) для транспортировки огнетушащего вещества и выпуска его в защищаемый объем;
- системы хранения и подачи огнетушащего вещества;
- системы управления устройствами локализации и подавления взрывов».

Согласно [292] вспомогательными функциями этой системы являются:

- «диагностика комплекса технических средств АСППВ и выяснение причин, вызвавших изменения состояний этих средств;
- автоматическая реконфигурация АСППВ при возникновении неисправностей;
- систематизация видов неисправностей в АСППВ и методов их устранения».

Оперативному персоналу АСУТП и ЛПР информация передается в удобном для принятия решений виде. Она включает в себя данные по входным устройствам и их защите от коротких замыканий, высоких напряжений и других опасных факторов. При этом ЛПР необходимо учитывать при планировании мероприятий по подготовке системы к предотвращению опасных ситуаций взаимозаменяемость одноименных устройств, что позволит серьезно сократить затраты на обслуживание.

В АСППВ должны фиксироваться любые нарушения в работе оборудования информирования первого уровня. При этом они не должны приводить к выдаче ложных команд операторами и автоматикой.

Для оценки привлекаемых в процессе возможного тушения сил и средств необходимы данные по состоянию технологического оборудования и контролю его параметров, характеризующих противопожарное и противовзрывное состояние ОЗ объекта ТЭК.

Для получения от ИАССП оценки ситуаций о предотвращении взрывов ЛПР необходимы:

- информация о состоянии технологического оборудования ОЗ объекта ТЭК, контроль их параметров, связанных с взрывным горением;
- информация о состоянии датчиков АСППВ, информация от датчиков, информация об их поверке и обслуживании, информация об оценке ее достоверности;
- защита полученной информации от различного рода помех, в том числе от искажений при различных несанкционированных воздействиях, включая исчезновение и восстановление питания;
- математическое моделирование возможных опасных ситуаций, в том числе автоматизированная диагностика функционирования АСППВ;
- обоснованный анализ временных изменений параметров при контроле технологического оборудования;
- моделирование формирования сигналов об отклонениях параметров технологического оборудования от установок;
- планирование мероприятий по обеспечению цикличности сбора данной информации с возможностью изменения времени цикла в определенных интервалах;
- постановка задач для оперативного персонала АСУТП и операторов АСПВБ на оповещение при возникновении предпожарных взрывоопасных ситуаций и их ликвидацию.

Последняя из перечисленных целей необходима для получения информации о состоянии ОЗ и среды вокруг них на объекте ТЭК на дисплеях, приборах обобщенной мнемосхемы и информационных табло, а также в виде документов и редактируемых видеogramм.

«Техническими средствами информационной подсистемы на первом уровне информирования в АСППВ являются все первичные преобразователи АСУТП, нормирующие преобразователи, распределители сигналов, вычислительные устройства и устройства распределения, хранения и передачи информации, а также линии связи. При этом информация от первичных преобразователей, как правило, поступает преимущественно в виде унифицированных сигналов» [293]. К ним



можно отнести и датчики АСУТП, рассмотренные выше (см. пп. 2.1.1.1–2.1.1.5). Очень важно, чтобы вновь поступающие от оборудования сигналы воспринимались иначе, чем сигналы, полученные ранее и подтвержденные персоналом АСУТП. Проверкой этого может заниматься отдельный модуль ИАССП, замыкающий на себя выходы сигнального оборудования и выдающий ЛПР общую картину по сигнализации АСУТП с рекомендациями по ее улучшению.

Кроме того, учитывая подобный характер получения информации ЛПР и операторами АСУТП на третьем уровне информационного контура, в ИАССП необходимо предусмотреть модуль, связанный со статистической оценкой возникающих сложных ситуаций. Использование его ЛПР для оперативной оценки статистики происшествий позволит ему лучше планировать необходимые действия по предотвращению пожаров или взрывов.

Меры по обеспечению необходимой аппаратной и программной диагностики оборудования информирования АСПВБ первого уровня для повышения его надежности и достоверности получаемой от него информации уже рассматривались выше. Полученная информация используется в составе информационной подсистемы АСППВ. «В ее состав включают устройства питания электроэнергией первичных преобразователей, а также имитаторы сигналов и проверочные устройства, позволяющие проводить не нарушающие функционирование подсистемы тестовые проверки работоспособности отдельных устройств и каналов измерения и передачи информации» [293]. Планирование стабилизирующих мероприятий для этой части оборудования ЛПР желательно проводить в автоматизированном режиме. Выдаваемая по запросу ЛПР к ИАССП информация о состоянии данной части оборудования АСППВ и проводимых для нее стабилизирующих мероприятиях может также серьезно сократить время устранения возможных неполадок в АСППВ, обеспечив ее более эффективную работу.

С учетом широкого применения на современных объектах ТЭК технологий BigData вся перечисленная совокупность сигналов будет служить входным массивом данных для модуля ИАССП, выполняющего по запросу ЛПР анализ

ситуации о состоянии оборудования первого уровня информирования в АСУТП. Данный модуль будет также предоставлять ЛПР рекомендации по планированию соответствующих стабилизирующих мероприятий, снижающих риск нарушений в работе данного звена АСУТП.

Мероприятия, проведение которых необходимо планировать по результатам работы данного модуля ИАССП, примерно следующие:

- информирование операторов АСППВ и персонала АСУТП о неисправностях технических средств на объекте ТЭК в целом и на отдельных ОЗ;
- информирование операторов АСППВ и персонала АСУТП о результатах автодиагностики датчиков АСУТП;
- информирование операторов АСППВ и персонала АСУТП о результатах мониторинга неисправностей технических средств АСППВ;
- комплексный коллективный анализ результатов информирования и автоматизированное предоставление ЛПР альтернатив по принятию решений на выбор программы действий в сложных ситуациях;
- обоснованный выбор ЛПР программы действий по предотвращению аварийных предожарных и взрывоопасных ситуаций на объекте ТЭК;
- выполнение последующего контроля за выполнением выбранных программ действий и управление изменениями в них;
- программы действий для операторов АСПВБ по формированию и передаче сигналов устройствам превентивной защиты от пожаров и взрывов.

Интеграция описанных модулей ИАССП в программное и информационное обеспечение АСПВБ должна предусматривать возможность выполнения как всего их комплекса в виде единой программы, так и ее частей, задаваемых операторами АСУТП и ЛПР. При этом часть модулей ИАССП может быть интегрирована со средствами автоматического управления оборудованием АСППВ. Так как срабатывание этих устройств всегда сопровождается выдачей оперативному персоналу АСУТП и ЛПР информации о причинах, вызвавших срабатывание, уместно автоматически запускать те части ИАССП, которые будут оперативно учитывать новые статистические данные об инцидентах.

Следует также заметить, что любые характеристики средств обнаружения предожарных и взрывоопасных ситуаций и характеристики оборудования АСУТП на объекте ТЭК должны иметь одинаковый формат для обработки. Это позволит без труда перенастраивать информационную и программную части АСПВБ в случае появления нового оборудования или ОЗ. При использовании на объекте ТЭК средств «Индустрии 4.0» данное требование обычно выполняется, но для их предыдущих поколений этот вопрос имеет гораздо большее значение. Проведение мониторинга форматов выдаваемой датчиками АСУТП информации может быть одной из задач ИАССП по планированию мероприятий ЛПР.

Мониторинг ЛПР средств информирования первого уровня в АСУТП позволяет получать информацию о контролируемых параметрах в объеме, достаточном для идентификации предожарного и взрывоопасного режимов. Их обработка в ИАССП с помощью технологий BigData обеспечит операторам АСПВБ возможность контролировать работоспособность средств обнаружения указанных режимов с учетом статистики. Получение данных от оборудования информирования первого уровня и выдача информации о них операторам АСПВБ с перерасчетом в ИАССП может выполняться как периодически (по запросам ЛПР или программ АСПВБ), так и при превышении заданных значений ключевых параметров.

Общий массив информации об инцидентах срабатывания, обработанный с помощью технологий BigData, обеспечит ЛПР необходимую достоверность информации в АСПВБ.

В целях более тщательного мониторинга оборудования объекта ТЭК и АСУТП в аварийном и предаварийном режимах периодичность опроса датчиков информирования первого уровня в АСУТП следует моделировать так, чтобы инерционность измерительных устройств средств обнаружения предожарных и взрывоопасных режимов не мешала ЛПР делать необходимые выводы о достаточности принятых мер. В связи с этим проектные показатели эффективности работы этих средств рассчитываются с учетом не только требований приоритета по резервированию оборудования систем пожарной сигнализации, но и минимально

возможных интервалов измерения, определяемых инерционностью составных частей. Такой учет в случае применения технологий «Индустрии 4.0» накладывает новые требования на модули ИАССП в составе АСПВБ. Так, при использовании структуры средств обнаружения в виде чувствительного элемента и устройства преобразования и логической обработки (см. рисунок 2.9), смонтированных в виде единого чипа, опрос таких устройств и расчет статистики для ЛПР необходимо вести в интервалах аналоговых параметров. В таком случае устройство передачи информации будет гарантированно передавать необходимые параметры на управляющее устройство кластера защиты (см. п. 2.1.1.2) и далее операторам АСУТП.

«Для уверенности ЛПР в достоверности информации АСУТП, получаемой от датчиков, их управляющая часть, как и средства предотвращения предпожарных и взрывоопасных ситуаций, работающие в автоматизированном режиме, должны иметь показатели эффективности работы не ниже, чем у АСПВБ в целом» [293]. С этой целью модуль обработки статистической информации ИАССП, используя технологии BigData, должен предоставлять ЛПР данные о проведенных и планируемых необходимых мероприятиях (в виде планов работ) по обеспечению их устойчивой работы.

Таким образом, применение методов ССП в ИАССП в сочетании с технологиями BigData как средства поддержки управления ЛПР объекта ТЭК позволит существенно повысить эффективность управления в целях предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов. Статистическая обработка инцидентов и планирование мероприятий по их снижению (независимо от того, ложные это или реальные срабатывания) дадут ЛПР инструмент мониторинга, позволяющий грамотно влиять на любую опасную ситуацию.

Для системного внедрения в практику работы ЛПР объекта ТЭК приводимых выше рекомендаций по применению методов стратегического планирования целесообразно проработать вопрос о создании экспертной системы, содержащей лучшие результаты практики их внедрения. Для решения этого вопроса следует использовать как опыт применения методов поддержки принятия решений [294], так и опыт разработки экспертных систем [295, 296].

## **5.2 Модели и алгоритмы подсистемы математического обеспечения автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности для оценки и прогнозирования готовности пожарных сил и средств объектов топливно-энергетических комплексов в особых условиях на основе методов стратегического планирования**

### **5.2.1 Определение готовности к использованию оборудования автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности первого уровня условно-расчетных объектов топливно-энергетических комплексов в особых условиях**

«В связи с сокращением в последнее время из-за санкций поставок на объекты ТЭК импортного оборудования для АСПВБ выявление его наиболее значимых элементов, предназначенных для информирования ЛПР, приобретает максимальное значение. Выше было предложено называть подобную ситуацию с обеспечением оборудованием информирования первого уровня АСУТП объектов ТЭК особыми условиями.

В случае невозможности проведения отдельных запланированных мероприятий из-за особых условий целесообразно разрабатывать новые модели обеспечения ПБ на объектах ТЭК, меняя, например, характер передачи информации внутри объекта или точки монтажа датчиков и извещателей. Хотя последнее представляется не слишком целесообразным, так как может привести к нарушению общей схемы оповещения при пожарах и взрывах» [21].

«Для моделирования степени важности отдельных мероприятий при проведении оценок готовности оборудования АСПВБ первого уровня целесообразно использовать методы ССП. Стержневым элементом такого подхода является граф стратегического планирования, основанный на иерархии целей, задач, направлений, мероприятий и т. п. (см. рисунок 2.23). Его анализ при проведении оценок готовности оборудования АСПВБ первого уровня является основным методом, который следует использовать ЛПР для достижения нужной цели.

Построим на основе иерархии планов реализации планов по обслуживанию, ремонту и замене указанного оборудования аналогичный граф» [21] и назовем его графом стратегического планирования для оценки готовности оборудования

АСПВБ первого уровня объекта ТЭК (рисунок 5.1). «Целью ЛПР и показателем качества для всей группы указанных мероприятий будет оценка ЛПР автоматизированным образом готовности оборудования АСПВБ» [21].

Типами задач в этом случае могут быть: оценка количества оборудования, для «которого не наступил срок поверки; оценка числа датчиков, обслуживание которых выполнено в соответствии с регламентом эксплуатации; оценка количества оборудования, требующего ремонта, и т. п. Исходя из типов задач формируется перечень задач по типам и составляются планы по их реализации» [21].

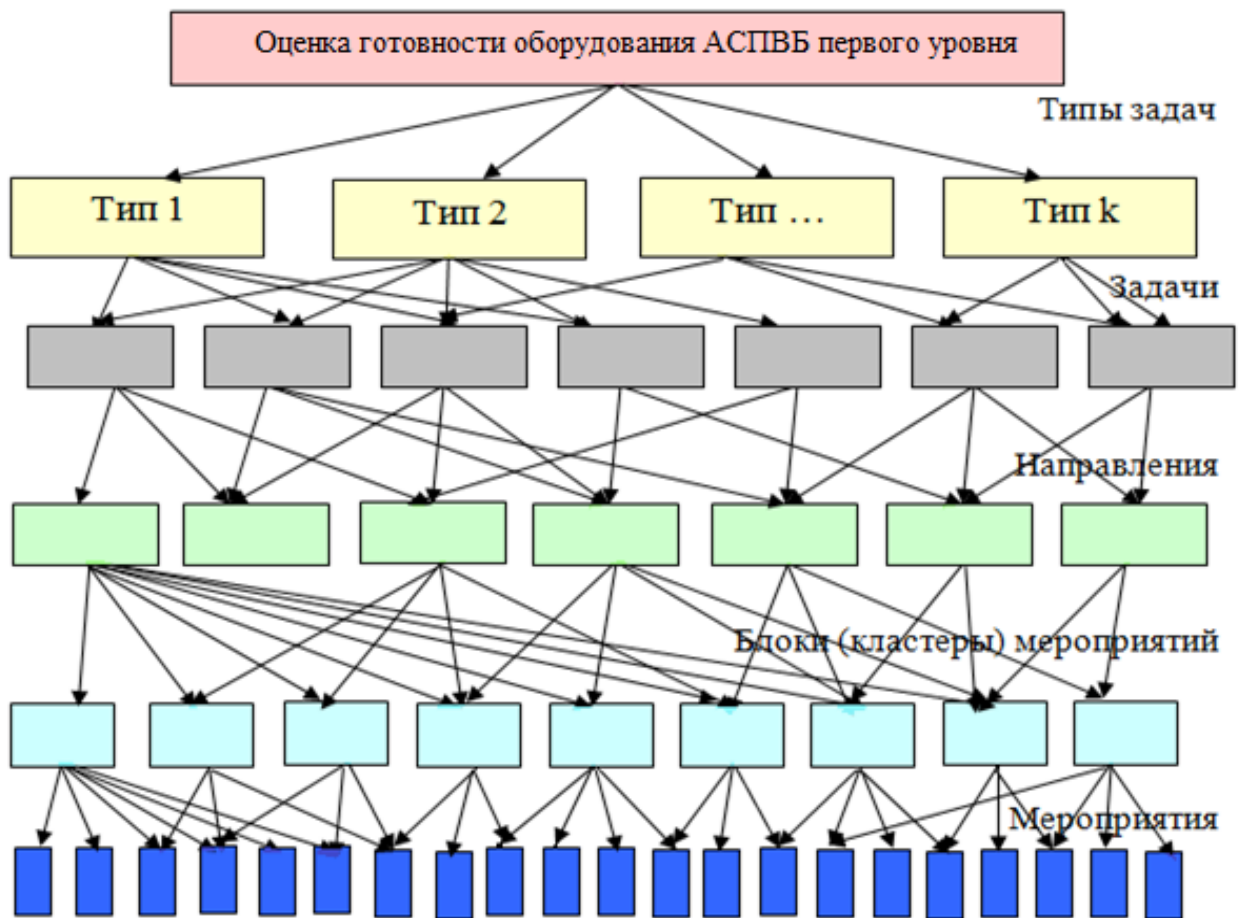


Рисунок 5.1 — Шестиуровневый граф стратегического планирования для оценки готовности оборудования АСПВБ первого уровня объекта ТЭК

«Максимальной готовностью оборудования АСПВБ следует считать такое его состояние, при котором любая возникшая опасная или потенциально опасная ситуация будет устранена до возникновения опасных последствий для объекта ТЭК. Для этого в распоряжении ЛПР должны находиться ресурсы по приведению оборудования информирования АСУТП первого уровня в требуемое состояние.

Проверки и плановые мероприятия по восстанавливающим процедурам для него могут моделироваться по-разному.

Если использовать для этого метод последовательных приближений [297], то можно рассматривать для определения готовности оборудования в АСПВБ как минимум две задачи математического программирования. Первая из них — задача линейного программирования, для которой используется одно ограничение. Основная мысль — найти максимум аддитивной целевой функции  $\psi(x_3)$  для параметров готовности» [21], значения которых могут определяться планами ремонта, обслуживания, восстановления или замены «источников информации первого уровня АСПВБ при ограничении на заданный вид ресурса  $b$  в связи с особыми условиями. При этом будет определен общий интегральный показатель готовности для всего искомого оборудования АСПВБ.

В такой постановке задача выглядит так:

$$\psi(x_3) = \max_{\psi} \psi(x) = \max_{\Sigma} \{ \sum_{i=1}^u \alpha_i x_i \} ; \quad (5.1)$$

$$g(x) = \sum_{i=1}^n \beta_i x_i , \quad (5.2)$$

где  $x_3$  — значение вектора, при котором целевая функция  $\psi(x)$  принимает максимальное значение;

$x$  — вектор независимых параметров (плановых работ по приведению источников информации первого уровня АСПВБ в «правильное» состояние);

$$x = \{x_1, x_2, \dots, x_u\}; \quad (5.3)$$

$u$  — число единиц необходимого оборудования;

$\alpha_i \geq 0 \forall i = 1, \dots, u$  — коэффициенты важности элементов в цели; определяются в соответствии с построенной решающей матрицей для выбранной в графе стратегического планирования иерархии (см. рисунок 5.1);

$$g(x) \leq b, b > 0; \quad (5.4)$$

$b$  — предельно допустимая величина некоторого ресурса с учетом особых условий;

$n$  — общее число мероприятий, проводимых в соответствии с планами (в общем случае  $u$  и  $n$  не равны, так как в соответствии с графом

стратегического планирования для его уровней, которые выше нижнего, также следует предусматривать значимость; не равны они будут и в случае, если запланированные мероприятия будут проведены не в полной мере);

$\beta_{\gg i} > 0 \forall i = 1, \dots, n$  — коэффициенты интенсивности использования ресурсов при проведении работ в соответствии с планами.

При этом

$$\sum_{i=1}^u \alpha_i = 1; \quad (5.5)$$

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 1. \quad (5.6)$$

Условие (5.2) регулирует загрузку персонала, наличие финансовых или материальных средств с учетом (5.6) в соответствии с деревом мероприятий, описываемым в планах. При этом считается, что при их реализации ЛПП стремится к достижению поставленной на определенном направлении агрегатной цели (см. рисунок 5.1), в данном случае максимальной готовности оборудования АСПВБ в особых условиях.

Максимальная эффективность деятельности в соответствии с планами при решении такой задачи (см. (5.1)–(5.4)) реализуется при равенстве левой и правой частей условия (5.4). В противном случае при достижении максимума  $\psi(x)$  будет остаток ресурса, а это дает возможность получать новые приращения любой компоненты  $x_i$  [21], для которой  $\alpha_i > 0$ , и приращение целевой функции (5.1), что не укладывается в изначальную формулировку задачи.

«Если получить из (5.2)  $x_i$  и учесть, что для некоторого значения  $k$  отношение  $(\alpha_k/\beta_k)$  примет наибольшее значение по сравнению с остальными значениями  $(\alpha_i/\beta_i)$ , то целевая функция  $\psi(x)$  и условия примут такой вид:

$$\psi(x) = \left(\alpha_k/\beta_k\right)b + \sum_{i=1}^u \beta_i \left\{ \left(\alpha_i/\beta_i\right) - \left(\alpha_k/\beta_k\right) \right\} x_i; \quad (5.7)$$

$$\beta_i \left\{ \left(\alpha_i/\beta_i\right) - \left(\alpha_k/\beta_k\right) \right\} \leq 0. \quad (5.8)$$

В этом случае решается задача линейного программирования на безусловный экстремум, потому что для всех  $i \neq k$  значение  $x_i$  должно быть равно нулю.



Это следует из нового условия (5.8). В соответствии с ним при всех  $x_i > 0$  для  $\forall i \neq k$  значения  $\psi(x)$  будут меньше максимального» [21].

Из этого следует вывод, что «ресурс  $b$  необходимо направлять на проведение только одного мероприятия, т. е. на увеличение одного параметра вектора (5.3)» [21]. Это справедливо для любых, а не только неотрицательных значений  $\alpha_i$  в случае наличия среди них хотя бы одного положительного.

«Во втором варианте задачи, когда  $\psi(x)$  нелинейна и представляет собой вогнутую функцию, а ограничение линейно, функцию поиска критерия для максимальной эффективности можно записать как

$$\psi(x_3) = \max_x \psi(x) \quad (5.9)$$

с теми же ограничениями (см. (2) и (4)):

$$\begin{cases} g(x) = \sum_{i=1}^n \beta_i x_i; \\ g(x) \leq b, b > 0, \end{cases} \quad (5.10)$$

где  $n$  — общее число плановых мероприятий.

Решение этой задачи, так же как и предыдущей, находится на границе, определяемой ограничениями (5.10). Обычно класс данных задач принято решать методом Лагранжа [298], но в данном случае уместно другое решение поставленной задачи.

Предположим, что, разбив ресурс  $b$  на части  $\Delta b$ , соответствующие его использованию в отдельных мероприятиях, можно распределить их последовательно. При этом время использования каждой толики ресурса не будет иметь принципиального значения, как и порядок использования указанных составных частей. Тогда на небольших участках, соответствующих  $\Delta b$ , задачу в нелинейной постановке можно решать как линейную.

По аналогии с ней нам необходимо найти такое значение  $\psi(x)$ , для которого частная производная по одному из параметров» [21] (см. (5.3)) максимальна с учетом умножения на коэффициент  $1/\beta_k$ . Тогда, выбрав мероприятие  $x_k$ , использующее ресурс так, что

$$\exists k, \frac{\partial \psi(x)}{\partial x_k} = \max_{x_i} \frac{\partial \psi(x)}{\partial x_i}, \quad (5.11)$$

«функцию (5.9) следует переписать:

$$\psi(x) = \psi \left( x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, b/\beta_k - \sum_{i \neq k}^n \left( \beta_i / \beta_k \right) \cdot x_{k+1}, \dots, x_n \right). \quad (5.12)$$

Следовательно, приращение функции  $\psi(x)$  можно определить так:

$$d\psi(x) = \left( \Delta b / \beta_k \cdot \frac{d\psi}{dx_k} - \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{d\psi}{dx_i} - \left( \beta_i / \beta_k \right) \frac{d\psi}{dx_k} \right\} dx_i \right), \quad (5.13)$$

или

$$d\psi(x) = \left( \Delta b / \beta_k \cdot \frac{d\psi}{dx_k} - \sum_{i=1}^n \beta_i \left\{ \beta_k^{-1} \cdot \frac{d\psi}{dx_i} - \beta_k^{-1} \cdot \frac{d\psi}{dx_k} \right\} dx_i \right) \quad (5.14)$$

в случае

$$k = \text{Arg} \left\{ \max_i \left( \beta_i^{-1} \cdot \frac{d\psi}{dx_i} \right) \right\}, \quad (5.15)$$

Исходя из того что все величины в (5.13) или (5.14) под знаком суммы не положительны, при распределении  $\Delta b$  можем считать, как и в предыдущей постановке, что оптимальное решение в этом случае состоит в использовании всего ресурса  $\Delta b$  только для одного  $k$ -го мероприятия.

Последовательно решая данную задачу для различных  $\Delta b$ , можно увидеть, что в каждом случае решения будет найдено значение  $\max_x \psi(x)$  для различных мероприятий. А вывод о необходимости использования всего ресурса  $\Delta b$  на  $k$ -е мероприятие говорит лишь о том, что его не следует расплывать на несколько мероприятий.

Следует заметить, что в случае решения задачи по определению готовности оборудования АСПВБ в данной постановке (см. (5.13)) восстановительные мероприятия, предусмотренные планами, будут проводиться так, что сам вектор (5.3) будет меняться. В нем будет меняться и число, и характер мероприятий. Это связано с тем, что для каждого  $x_k$  будет находить свое мероприятие, а для остальных  $x_k$  из (5.3) расчет будет выполняться на следующем шаге распределения  $\Delta b$ . В этом случае для каждого шага при использовании части ресурса  $\Delta b$  следует предусматривать свой вектор мероприятий:

$$x^t = \{x^t_1, x^t_2, \dots, x^t_n\}, \quad (5.16)$$

а также свой вектор интенсивности их проведения:

$$\beta^t = \{\beta_{1}^t, \beta_{2}^t, \dots, \beta_{n}^t\}. \quad (5.17)$$

Тогда, принимая, что всего будет распределено  $T$  порций ресурса, где

$$T = b/\Delta b, \quad (5.18)$$

можно записать следующую формулу интегральной готовности оборудования АСПВБ для  $T$  восстановительных мероприятий, для которых возможно использование ресурса  $b$ , причем его части  $\Delta b$  хватит для полного проведения указанных мероприятий:

$$d\psi^t(x_3) = \Delta b \sum_{t=1}^T \beta_k^t{}^{-1} \cdot \frac{d\psi}{\partial x_k^t}, \quad (5.19)$$

где  $t$  — номер шага;

$t_k$  — индекс  $k$ -го мероприятия из плана, для которого целевая функция на  $t$ -м шаге принимает максимальное значение.

Решение задачи в двух различных постановках с одним ограничением показывает, как можно, используя последовательные приращения значения ресурса, ограниченного за счет особых условий, оценить эффективность запланированных мероприятий по восстановлению оборудования АСПВБ. При этом планирование мероприятий и оценка их значимости выполняются с учетом иерархии, получаемой в результате стратегического планирования» [21].

«Приводимые в данной части исследования преобразования могут быть легко использованы в случае разделения данного оборудования на классы и подклассы» [21], а также при изменении характера ограничений или при нескольких ограничениях. Такое масштабирование позволит создать удобный алгоритм поддержки управления ЛПР в АСПВБ, что в свою очередь при наличии особых условий даст возможность поддерживать ПБ объекта ТЭК на должном уровне.

Таким образом, применение в модулях ИАССП подсистем АСПВБ объектов ТЭК описанной модели определения готовности к использованию «оборудования АСПВБ первого уровня в особых условиях дало возможность получить новое средство поддержки управления в АСПВБ» [21].

### **5.2.2 Модель оценки эффективности по приведению в готовность оборудования автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетических комплексов в особых условиях**

Одной из подсистем АСПВБ является система математического обеспечения, которая содержит модели и алгоритмы поддержки управления ЛПР на объекте ТЭК в реальном времени. Благодаря их применению внутри АСПВБ, ЛПР может судить о готовности и эффективности работы встроенных средств информирования первого уровня, таких как средства пожарной автоматики, датчики состояния среды, газовые и пожарные извещатели и т. п.

Как уже говорилось выше, основной проблемой их применения в настоящее время является зависимость отраслей ТЭК России от иностранных производителей оборудования. Состояние их готовности в АСПВБ определяется правильным применением регламентных процедур, устанавливаемых, как правило, производителями соответствующего оборудования. Зачастую без их применения уровень доверия к показателям его работы снижается.

В связи с этим для надежной работы АСПВБ необходимо проведение плановых мероприятий по определению состояния оборудования информирования первого уровня и его приведению в готовность в опасных ситуациях. Важным также является отслеживание характера проведения этих мероприятий в соответствии с запланированным графиком. Модели и алгоритмы для него являются компонентами подсистемы математического обеспечения АСПВБ.

Так как проведение восстановительных мероприятий в соответствии с запланированным графиком ремонтными бригадами объектов ТЭК, обслуживающими эти объекты компаниями или производителями оборудования в последнее время становится затруднительным из-за введенных против РФ санкций (но обеспечение ПБ на объекте ТЭК остается одной из важнейших задач ЛПР), необходимо выстраивать такие модели оценки при определении готовности оборудования АСПВБ, которые бы позволили даже в особых условиях обеспечить его эффективную работу.

Будем считать, что в особых условиях объект ТЭК уже обеспечен необходимым оборудованием информирования первого уровня АСУТП: оно смонтировано, работает исправно, и необходимо только обеспечить его готовность исходя из имеющихся финансовых и материальных средств объекта. Будем также считать обеспечение готовности указанного оборудования стратегической целью ЛПР в рамках поставленной задачи. Разнородность действий по его обслуживанию и ремонту будем считать минимальной.

За критерий оценки будем принимать суммарное значение вкладов в итоговую агрегатную стратегическую цель всех выполненных запланированных мероприятий. При этом согласно правилам нормирования следует считать, что при выполнении всех запланированных сервисных и иных мероприятий, когда оборудование готово к работе на 100 %, значение агрегатного показателя качества равно 1. Однако в особых условиях такое состояние будет недостижимо, и итоговый показатель будет меньше 1.

Согласно описанной выше методике использования ССП (см. главу 3) для определения влияния на общую агрегатную цель необходимы: граф стратегического планирования, основанный на иерархии целей и задач, а также решающая матрица, содержащая реальные нормированные величины этого влияния для рассматриваемых мероприятий. Анализ этих объектов позволяет детально прояснить, насколько готово то или иное оборудование АСПВБ и что нужно предпринять ЛПР, чтобы его готовность повысилась.

Для оценки готовности оборудования АСПВБ на объекте ТЭК нам понадобится граф стратегического планирования оценки готовности оборудования АСПВБ для объекта ТЭК (рисунок 5.2), аналогичный приведенному на рисунке 5.1. Как и все графы подобного типа, он содержит прежде всего агрегатную цель, которая задается исходя из поставленной задачи анализа. На основе иерархии планов восстановительных процедур для каждого из уровней такого графа строятся обратно симметричные матрицы оценок влияния и решающие матрицы с итоговым расчетом влияния.

Исходя из этого выполняется ранжирование работ и определяется ранг мероприятий при достижении соответствующих целей. Такое ранжирование помогает впоследствии ЛПП обоснованно распределять ресурсы как в обычных, так и в особых условиях.

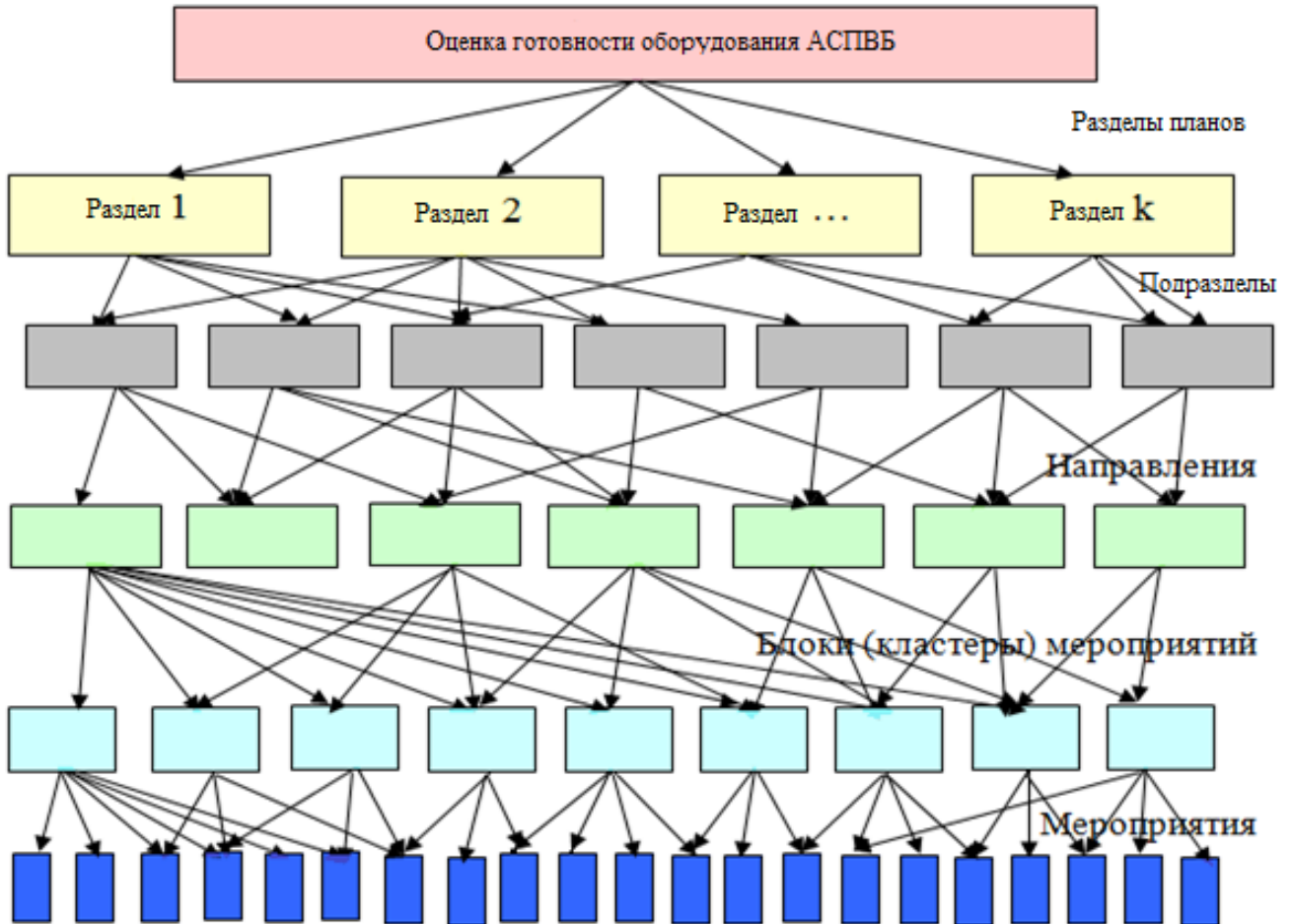


Рисунок 5.2 — Граф стратегического планирования ЛПП мероприятий приведения в готовность оборудования АСПВБ для объекта ТЭК

Рассмотрим мероприятия 6-го уровня (см. рисунок 5.2) в качестве базового множества в выстраиваемой модели. В соответствии с тем что в нашей модели необходимо учесть наличие особых условий, будем различать общее количество мероприятий  $x^{\text{общ}}$ , необходимых для приведения в готовность пожарного оборудования рассматриваемой подсистемы АСПВБ, и количество мероприятий  $x^{\text{рес}}$ , которые можно провести на объекте ТЭК в соответствии с имеющимися ресурсами:

$$x^{\text{общ}} = \{x^{\text{общ}}_1, x^{\text{общ}}_2, \dots, x^{\text{общ}}_N\}; \quad (5.20)$$

$$x^{\text{рес}} = \{x^{\text{рес}}_1, x^{\text{рес}}_2, \dots, x^{\text{рес}}_n\}, \quad (5.21)$$

где  $N$  — общее количество необходимых мероприятий;

$n$  — количество мероприятий, которые можно провести на объекте ТЭК в соответствии имеющимися ресурсами (реально проводимые мероприятия).

При этом  $x^{\text{рес}} \subset x^{\text{общ}}$  ( $n \subset N$ ). Значениями этих множеств могут быть как математические величины, принимающие числовые значения, так и не являющиеся цифровыми текстовыми фразами. В отдельных случаях их можно считать предикатами.

Будем рассматривать только случаи, когда значениями указанных множеств являются числа или предикаты. В этом случае для  $x^{\text{общ}}_i$  уместна такая трактовка:

$$x^{\text{общ}}_i = \begin{cases} x^{\text{рес}}_i, & \text{ресурс есть} \\ 0, & \text{ресурса нет} \end{cases}, \quad (5.22)$$

и, соответственно, одним из вариантов записи (5.20) может быть формула

$$x^{\text{общ}} = \{x^{\text{рес}}_1, \dots, 0, x^{\text{рес}}_2, \dots, 0, \dots, x^{\text{рес}}_n, 0\}. \quad (5.23)$$

При этом порядок нулей и значащих элементов множества может быть различным. В отдельных случаях можно считать значащие  $x^{\text{рес}}_i$  равными 1. Тогда, умножая на этот вектор вектора с содержательными значениями той же размерности, можно получить искомые значения показателей эффективности по различным направлениям.

При проведении работ согласно планам персонал может выполнять их с определенной интенсивностью. В рассматриваемой постановке ее также можно представить в виде пары множеств:

$$\beta^{\text{общ}} = \{\beta^{\text{общ}}_1, \beta^{\text{общ}}_2, \dots, \beta^{\text{общ}}_N\}; \quad (5.24)$$

$$\beta^{\text{рес}} = \{\beta^{\text{рес}}_1, \beta^{\text{рес}}_2, \dots, \beta^{\text{рес}}_n\}, \quad (5.25)$$

для которых также справедливо условие  $\beta^{\text{рес}} \subset \beta^{\text{общ}}$  ( $n \subset N$ ) и выполняется (5.22):

$$\beta^{\text{общ}} = \{\beta^{\text{рес}}_1, \dots, 0, \beta^{\text{рес}}_2, \dots, 0, \dots, \beta^{\text{рес}}_n, 0\}. \quad (5.26)$$

В общем случае интенсивность работ на оборудовании АСПВБ для обеспечения его готовности есть функция нескольких переменных, поэтому  $\beta^{\text{общ}}$  следует рассматривать как

$$\beta^{\text{общ}}_i = f_i(A, B, I, T', F, C), \quad (5.27)$$

где  $A$  — множество запланированных мероприятий на оборудовании;

$B$  — множество имеющихся ресурсов для оборудования (запасные части или целые агрегаты);

$I$  — множество имеющихся у персонала инструментов и приборов;

$T'$  — множество резервов запланированного производственного времени для проведения данного вида работ, которым располагает персонал;

$F$  — множество имеющихся запланированных финансовых ресурсов;

$C$  — множество других факторов, оказывающих влияние на проведение запланированных работ.

В данной части исследования рассмотрим только ресурсную зависимость интенсивности запланированных работ. Иными словами, функция (5.27) будет функцией только одного аргумента — ресурса  $B$ .

Очевидно, что все ресурсы, используемые при проведении работ, можно представить множеством

$$B = \{B_1, B_2, \dots, B_{u'}\}, \quad (5.28)$$

где  $u'$  — число типов ресурсов;

$B_i$  — объем в числовых единицах ресурса заданного типа, которым располагает персонал объекта ТЭК.

Так как построение модели в данной постановке инвариантно по отношению к типу ресурсов и для каждого из типов ресурсов в множестве (5.28) задача будет решаться одинаково, здесь и далее будем рассматривать отдельный тип ресурса этого множества как целый ресурс  $B$ . Тогда можно говорить, что при проведении работ в АСПВБ согласно стратегической цели обеспечения готовности оборудования информирования первого уровня ресурс может распределяться с разной интенсивностью между различными работами. В простейшем случае, когда



важность каждой из запланированных  $n$  работ одинакова и на каждую из них требуется одинаковое количество ресурса, можно говорить, что расход ресурса  $\Delta b_i$  на отдельную работу составит:

$$\Delta b_i = \frac{B}{n}. \quad (5.29)$$

При этом потребное количество ресурса (количество ресурса, необходимое для приведения в готовность или для полного выполнения мероприятия согласно плану) задается множеством

$$b^{\text{потр}} = \{b^{\text{потр}}_1, b^{\text{потр}}_2, \dots, b^{\text{потр}}_N\}, \quad (5.30)$$

где  $b^{\text{потр}}_i$  — потребное количество ресурса  $B$  для  $i$ -го элемента оборудования при проведении для него мероприятия. И при этом

$$\sum_{i=1}^n b^{\text{потр}}_i = B. \quad (5.31)$$

Кроме условия (5.31), для  $b^{\text{потр}}$  необходимо также условие

$$\forall i, i = 1, \dots, n : b^{\text{потр}}_i \geq 0, \quad (5.32)$$

так как для всех элементов оборудования либо уже прошли запланированные процедуры и потребный ресурс не требуется, либо для их проведения необходимо использовать  $b^{\text{потр}}_i$  единиц ресурса  $B$ .

Учитывая приведенные выше для формул (5.20)–(5.23) определения, можно утверждать, что формула (5.30) является аналогом формул (5.20) и (5.23) для случая ресурсного обеспечения запланированных мероприятий (наличия и расходования ресурсов для оборудования АСПВБ для обеспечения его готовности).

Выражение для интенсивности использования ресурса  $B$  в нормированном виде выглядит как

$$\sum_{i=1}^n \beta^{\text{рес}}_{hi} = \sum_{i=1}^N \beta^{\text{общ}}_{hi} = 1, \quad (5.33)$$

где  $\beta^{\text{рес}}_{hi}$  — нормированная интенсивность расходования ресурса  $B$  на  $i$ -е мероприятие, определяемая из (5.25) как

$$\beta^{\text{рес}}_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \beta^{\text{рес}}_i ; \beta^{\text{рес}}_{hi} = \beta^{\text{рес}}_i / \beta^{\text{рес}}_{\Sigma}. \quad (5.34)$$

Принимая во внимание изначальный характер постановки задачи, когда мероприятие или блок мероприятий, направленные на приведение в готовность

оборудования АСПВБ первого уровня, выполняются в виде последовательности шагов, можно говорить, что интенсивность их проведения по отношению к ресурсу  $B$  носит исключительно дискретный характер. Иными словами, дискретны как сама функция интенсивности, так и ее аргумент.

Поскольку интенсивность приведения в готовность оборудования АСПВБ для обеспечения его полной готовности представляет собой производную по одной из переменных — времени проведения мероприятий или мероприятиям, проводимым с учетом количества используемых в них ресурсов, для получения характеризующей ее формулы необходимы частные производные по одному из этих аргументов. Они могут рассматриваться как непрерывные аналоги дискретного процесса и выглядеть как

$$\beta_{i}^{\text{рес}} = \frac{\partial \Delta b_i}{\partial a_i}; \quad \beta_{i}^{\text{рес}} = \frac{\partial \Delta b_i}{\partial t_i}, \quad (5.35)$$

где  $a_i$  — проводимые для  $i$ -й единицы оборудования АСПВБ мероприятия;  
 $t_i$  — время проведения каждого отдельного мероприятия для  $i$ -й единицы оборудования АСПВБ.

Фактически (5.35) показывает «скорость» расходования ресурса  $B$  для  $i$ -й единицы оборудования АСПВБ. Доля ресурса  $B$ , расходуемая на  $i$ -ю единицу оборудования АСПВБ, введенная в (5.28), последовательно и дискретно расходуется на проведение запланированных мероприятий.

В реальной жизни формула (5.29) может быть неактуальна, так как на различные виды оборудования может расходоваться различное количество ресурса  $B$ . Однако если полагать, что в данной постановке имеем дело с набором классов оборудования с одинаковым внутри каждого класса набором элементов по типу и количеству ресурса  $b^{\text{потр}}_i$ , то для каждого из элементов внутри выбранного класса условие (5.29) будет выполняться. Тогда мы можем решать задачу для отдельного класса оборудования, повторяя процесс решения впоследствии для каждого из них при других исходных данных.

Для оценки готовности заданного класса оборудования введем двоичную функцию готовности для  $i$ -й единицы оборудования АСПВБ:

$$f_{\text{эл } i}^{\text{гот}} = \begin{cases} 1, & b_i^{\text{потр}} \geq \Delta b_i \\ 0, & b_i^{\text{потр}} < \Delta b_i \end{cases} \quad (5.36)$$

Трактовка (5.36) такова: если потребное количество ресурса  $B$ , необходимое для приведения в готовность  $i$ -й единицы оборудования АСПВБ значение  $b_i^{\text{потр}}$  равно или превышает распределенное (или запланированное мероприятие) для нее количество ресурса  $\Delta b_i$ , то соответствующая единица данного оборудования в ходе проведения плановых работ будет готова к работе, а в противном случае — не готова. Учитывая количество классов оборудования, для которых справедливо условие (5.29), можно говорить, что агрегатная функция готовности оборудования информирования АСПВБ первого уровня (датчиков пожарной сигнализации и т. п.)  $f^{\text{гот}}$  будет определяться как множество

$$f^{\text{гот}} = \{f_{\text{гот } 1}^{\text{гот}}, f_{\text{гот } 2}^{\text{гот}}, \dots, f_{L_{\text{кл}}}^{\text{гот}}\}, \quad (5.37)$$

где  $f_i^{\text{гот}}$  — интегральная функция готовности оборудования  $i$ -го класса;

$L_{\text{кл}}$  — количество классов оборудования.

В отдельных случаях, когда работа по восстановлению ресурсов на складах ведется систематически и на склады ресурсы, которые будут использоваться в АСПВБ, поступают в течение времени, которым можно пренебречь, количество классов оборудования  $L_{\text{кл}}$  и количество типов ресурсов  $u$  могут совпадать. В более общем случае  $L_{\text{кл}} < u$ .

При этом, если

$$D' = \{d'_1, d'_2, \dots, d'_{L_{\text{кл}}}\}, \quad (5.38)$$

где  $d'_i$  — число единиц оборудования  $i$ -го класса, то

$$\sum_{i=1}^{L_{\text{кл}}} d'_i = N. \quad (5.39)$$

Элементы множества (5.37) следует определить как

$$f_i^{\text{гот}} = \sum_{j=1}^{d'_i} f_{ij}^{\text{гот}}, \quad (5.40)$$

где  $f_{ij}^{\text{гот}}$  — функция готовности  $j$ -го элемента  $i$ -го класса (см. (5.36)).

Показателем качества в готовности к применению оборудования  $i$ -го класса в АСПВБ на объекте ТЭК может служить отношение

$$\gamma^{\text{кач}}_i = f^{\text{гот}}_i / d'_i. \quad (5.41)$$

Соответственно, агрегатный показатель готовности оборудования АСПВБ при проведении запланированных мероприятий будет представлять собой множество, состоящее из показателей качества оборудования по классам:

$$\gamma^{\text{кач}} = \{\gamma^{\text{кач}}_1, \gamma^{\text{кач}}_2, \dots, \gamma^{\text{кач}}_{L_{\text{кл}}}\}. \quad (5.42)$$

Однако применение данной модели возможно без наличия ограничений, связанных с особыми условиями. Для их учета необходимо помнить, что при наличии таких условий ресурсы всех классов ограничены. Уточнение модели для данного случая расхода ресурса на  $i$ -е мероприятие потребует учесть для всех мероприятий коэффициент их важности, который необходимо определять из решающей матрицы.

Тогда, приняв, что множество запланированных мероприятий на оборудовании есть (5.20), можно определить множество

$$A = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N\}, \quad (5.43)$$

где  $\alpha_i$  — коэффициент важности мероприятия для  $i$ -й единицы оборудования АСПВБ. При этом для всех  $\alpha_i$

$$\sum_{i=1}^N \alpha_i = 1. \quad (5.44)$$

Как правило, для определения последовательности выполнения этих мероприятий необходимо преобразовать множество (5.43) в множество

$$A^{\text{уп}} = \{\alpha^{\text{уп}}_1, \alpha^{\text{уп}}_2, \dots, \alpha^{\text{уп}}_N\}, \forall \alpha^{\text{уп}}_i, \alpha^{\text{уп}}_{i-1}: \alpha^{\text{уп}}_i > \alpha^{\text{уп}}_{i-1}. \quad (5.45)$$

При этом следует учитывать, что коэффициенты  $\alpha^{\text{уп}}_i$  для всех элементов множества (5.45) относятся в общем случае к различным классам оборудования. Получив множество (5.45), следует определить, какие работы можно выполнить исходя из количества типов имеющихся ресурсов (см. (5.28)).

Для этого, прежде чем расходовать ресурс типа  $B_j$ , следует установить:

- для какого класса оборудования предназначен данный ресурс;
- есть ли среди первоочередных мероприятий (см. (5.45)) те, которые обеспечивают готовность оборудования данного класса;

– достаточно ли типа ресурса  $B_j \Rightarrow \forall k: b^{\text{потр}}_{kj} \geq \Delta b_{kj}$  для проведения всех запланированных мероприятий для  $j$ -го класса оборудования; если недостаточно, то:

- а) какие из мероприятий наиболее важны для  $j$ -го класса оборудования;
- б) каков порядок их проведения в соответствии с множеством коэффициентов важности (5.45).

Затем следует провести запланированные первоочередные мероприятия для данного и других классов оборудования в соответствии с множеством коэффициентов важности (5.45). При этом значение  $B_j$  уменьшится на  $b^{\text{потр}}_j$ .

Учитывая, что оборудование разбито на классы, внутри каждого из них будет существовать множество важностей мероприятий. Это обусловлено прежде всего тем, что в АСПВБ имеются наиболее критичные участки, обеспечение ПБ которых наиболее важно. Следовательно, (5.43) в рамках рассматриваемой постановки следует рассматривать как

$$A = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{L_{\text{кл}}}\}, \quad (5.46)$$

где  $\xi_j$  — множество коэффициентов важности мероприятий для  $j$ -го класса оборудования;

$$\xi_j = \{\alpha_{j1}, \alpha_{j2}, \dots, \alpha_{jd_i}\}. \quad (5.47)$$

При этом для каждого  $\xi_j$

$$\xi_j^{\text{уп}} = \{\alpha^{\text{уп}}_{j1}, \alpha^{\text{уп}}_{j2}, \dots, \alpha^{\text{уп}}_{jd_i}\}, \forall \alpha^{\text{уп}}_{ji}, \alpha^{\text{уп}}_{j(i-1)}: \alpha^{\text{уп}}_{ji} > \alpha^{\text{уп}}_{j(i-1)}. \quad (5.48)$$

Дополнительное ранжирование мероприятий внутри классов необходимо для того, чтобы определить, можно ли его провести в принципе исходя из количества ресурса соответствующего типа.

Обобщая все сказанное выше, следует предложить следующий алгоритм для работы ПО АСПВБ в целях поддержки управления ЛПР состоянием готовности пожарного оборудования АСПВБ, предназначенного для оповещения на объектах ТЭК в особых условиях (рисунок 5.3).

Применение данного алгоритма позволит переписать (5.40) в виде

$$w^{\text{гот}}_i = \sum_{j=1}^{d_i} \alpha_{ij} \cdot f^{\text{гот}}_{ij}, \quad (5.49)$$

где  $w^{\text{гот}}_i$  — интегральный показатель эффективности использования ресурсов для обеспечения готовности оборудования  $i$ -го класса с учетом ранжирования мероприятий.

Собранные вместе интегральные показатели эффективности по типам ресурсов, рассчитанные по (5.49), представляют собой вектор оценки эффективности по приведению в готовность оборудования АСПВБ:

$$W^{\text{гот}} = \{w^{\text{гот}}_1, w^{\text{гот}}_2, \dots, w^{\text{гот}}_{L_{\text{кл}}}\}. \quad (5.50)$$

Набор интегральных показателей по типам ресурсов может быть использован ЛПР в деятельности по корректировке управления мероприятиями по обеспечению ПБ. Применение в математическом и программном обеспечении АСПВБ методов стратегического планирования позволяет ЛПР точнее определять мероприятия по обеспечению ПБ в особых условиях.

На основе приводимой в данном подразделе модели и на основе модели предыдущего подраздела (п. 5.2.1) были разработаны программы [299] и [300], на которые были получены свидетельства Роспатента о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Таким образом, в данной части исследования были предложены математическая модель и алгоритм поддержки управления по оценке эффективности мероприятий по приведению в готовность оборудования АСПВБ. Они позволяют обеспечить одну из важнейших задач ЛПР — надежную плановую работу по проведению восстановительных мероприятий на указанном оборудовании АСПВБ в соответствии с графиком ремонтными бригадами объектов ТЭК. Предложенные подходы, основанные на применении методов ССП для поддержки управления в реальном времени, целесообразно использовать в системе математического обеспечения АСПВБ на объекте ТЭК.

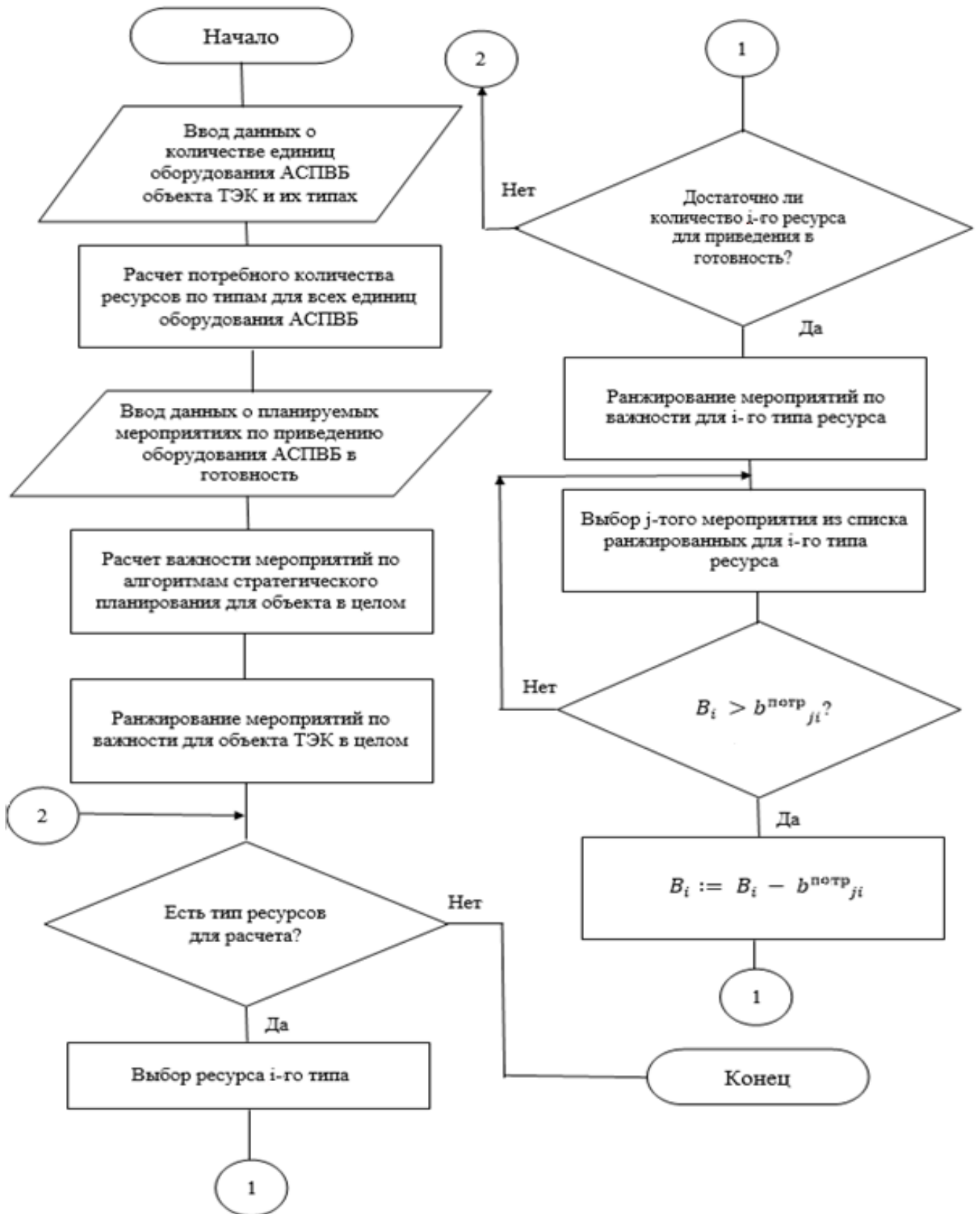


Рисунок 5.3 — Алгоритм поддержки управления ЛПР по оценке эффективности мероприятий по приведению в готовность оборудования АСПВБ

### **5.2.3 Прогнозирование готовности пожарных сил и средств автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетических комплексов в особых условиях**

Функционирование условно-расчетных объектов ТЭК в особых условиях проходит в условиях непрерывного оборота пожароопасных веществ, используемых в качестве сырья, продуктов переработки и побочных продуктов производства. АСППВ предназначается «для автоматизированного управления профилактическими противопожарными работами, автоматизированного решения задач по предотвращению предпожарных и взрывоопасных режимов, включая автоматизированное управление экологическим мониторингом» [16, с. 130]. В рамках работы данной подсистемы АСПВБ необходимо тщательное планирование, при этом «следует постоянно учитывать текущий уровень готовности пожарных сил и средств на объектах ТЭК, исходя из времени их работы, актуальности выдаваемой ими информации, финансирования мероприятий по поверкам и т. п.» [23].

Мероприятия прогнозирования готовности пожарных сил и средств на объектах ТЭК имеют свою «долю» вклада в «общее дело». «Поэтому модели, описывающие динамику изменений их готовности для заданного объекта ТЭК, следует выстраивать не только на основе рассмотрения переходов между различными состояниями моделируемой системы, но и с учетом вклада каждого из переходов в общий уровень готовности. Для этого следует прежде всего рассматривать возможные состояния готовности пожарных сил и средств объектов ТЭК, исходя из различий по степени их готовности, устанавливаемых в результате проведения их мониторинга» [23] (п. 4.1.1). В данной части исследования будем рассматривать под понятием «система» систему пожарных сил и средств объекта ТЭК.

«Известно, что при функционировании в заданных условиях оцениваемая система (система, в которой осуществляются мероприятия и мониторинг) совершает переходы между отдельными состояниями, которые можно охарактеризовать как «прямые» и «обратные».



При этом «прямые» переходы вызваны возникновением и выявлением неисправностей в системе пожарных сил и средств объекта ТЭК в ходе их эксплуатации [19], а «обратные» являются следствием проведенных восстановительных мероприятий. Определение алгоритма расстановки приоритетов в очередности таких мероприятий при существующих ограничениях людских и финансовых ресурсов является одним из элементов встраиваемого в средства поддержки управления АСПВБ модуля ИАССП. Его применение будет основано на учете интенсивности восстановления пожарных сил и средств при условии их нахождения в заданном состоянии готовности и учете интенсивности событий выявления среди них неготовых единиц, которые могут впоследствии привести к пожарам и взрывам.

Для количественного описания в системе переходов следует использовать различные факторы оценки, связанные с факторами эксплуатации (типы сил и средств, срок эксплуатации, климатические и иные условия применения, агрессивность среды и т. п.). Учитывая, что отдельные возможные состояния рассматриваемой системы поддаются перечислению, а переходы между ними происходят мгновенно, моделируемый процесс переходов можно рассматривать как случайный процесс с дискретными состояниями. А так как моменты переходов из одного состояния в другое случайны, динамику изменения готовности пожарных сил и средств на объекте ТЭК с применением стратегического планирования удобно проводить еще и с непрерывным временем.

Если принять, что данный процесс является марковским, то анализ работы системы можно существенно упростить. При этом известно, что такие процессы являются случайными, без последствий. Иными словами, для любого момента времени вероятностные характеристики процесса в системе в заданный момент времени зависят только от состояния этого процесса в данный момент и не зависят от времени, когда система оказалась в этом состоянии.

Обычно вероятность искомой степени готовности пожарных сил и средств объекта ТЭК в любой рассматриваемый промежуток времени не зависит от степени

их готовности в прошлом. Следовательно, вероятностное моделирование такой системы можно вести с использованием марковской модели.

Дискретные состояния рассматриваемой системы определяются рядом критериев, отражающих события, связанные с потенциальным, выявленным в результате мониторинга отказом единицы пожарного оборудования или его восстановлением ремонтной бригадой. Для простоты на первом этапе можно пренебречь вероятностью одновременного выявления и ремонта двух и более единиц оборудования. Тогда переход в новое состояние при функционировании модели будет связан с условным «отказом» и безусловным восстановлением данной единицы, а определить наличие того или иного состояния системы можно будет по заданным значениям выбранных критериев оценки.

Рассчитаем количественные оценки, учитывая, что нам важен не только сам факт возникновения события, ведущего к восстановлению единицы пожарных сил и средств, но и его порядок. Тогда число возможных состояний  $A_n^k$  для одной единицы оборудования, имеющей  $n$  состояний, системы может определяться как число размещений для  $n$  его исправных состояний и  $k$  выявленных:

$$A_n^k = \frac{n!}{(n-k)!}, \quad (5.51)$$

а общее число состояний — исходя из количества единиц оборудования  $N_s$ :

$$N_s = \sum_{k=1}^n \frac{n!}{(n-k)!}. \quad (5.52)$$

В тех случаях, когда порядок восстановления не имеет принципиального значения, вместо размещений можно использовать сочетания. Тогда количество состояний оборудования  $C_n^k$  при обнаружении его состояний, которые могут привести к опасным последствиям, будет определяться как

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}, \quad (5.53)$$

а общее число этих состояний для заданной  $i$ -й единицы оборудования — как

$$N_s^i = \sum_{k=1}^n \frac{n!}{k!(n-k)!}. \quad (5.54)$$

При подобном упрощении число состояний для  $i$ -й единицы оборудования в графе динамики готовности пожарных сил и средств будет определяться как  $k!$ ,

исходя из количества возможных угроз при выявленных нарушениях обслуживания или восстановления.

Каждый объект ТЭК включает в себя большое количество территориально разнесенных объектов, которые имеют свои средства оповещения о пожаре — датчики АСПВБ первого уровня информирования, замыкаемые на концентраторы и контроллеры пожарной автоматики. Эти подобъекты (участки территории, здания, сооружения и их группы, цеха, колонны, резервуары, хранилища и т. п.) имеют свою иерархию. Соответственно, можно считать, что за единицу оборудования пожарных сил и средств можно принять все датчики и контроллеры в заданной зоне, считая, что их состояния (исправен — не исправен, проверен — не проверен и т. д.) будут различными состояниями более крупной единицы (ОЗ) (см. п. 2.1.1.2).

При проведении мониторинга в соответствии с методами стратегического планирования определяется итоговое заключение о готовности тех или иных частей объекта ТЭК (в соответствии с их иерархией). Результатом данного процесса будет выявление в графе стратегического планирования уязвимостей обеспечения ПБ. Изначально они и будут являться теми состояниями, которые следует учитывать в (5.54) для каждого из них. В этом случае будем иметь укрупненные состояния, которые необходимо будет учитывать при расчете агрегатного показателя готовности пожарных сил и средств объекта ТЭК.

В случае применения указанной схемы поддержки управления для определения общего числа состояний в графе моделирования динамики готовности пожарных сил и средств всего объекта ТЭК необходимо сложить данные из (5.54) для всех единиц оборудования» [23]:

$$Z_s = \sum_{i=1}^{N_{об}} \sum_{k=1}^{n^i} \frac{n^i!}{k!(n^i-k)!}, \quad (5.55)$$

где  $Z_s$  — общее число состояний единиц оборудования на объекте ТЭК при определении их готовности;

$n^i$  — число состояний готовности для  $i$ -й единицы оборудования;

$N_{об}$  — общее число единиц оборудования.

В то же время, поскольку в реальных условиях число подобных состояний в графе динамики готовности слишком велико, удобно рассматривать построение такого графа в соответствии с иерархией объекта ТЭК для его отдельных частей. «Так, например, в цеху, где используется 6 условных единиц оборудования (2 колонны, 2 резервуара с сырьем и 2 накопителя продукции), степень их готовности может определяться исходя из количества выбранных для данного подобъекта выявляемых состояний. Если принять, что каждая из перечисленных составных частей имеет агрегированный показатель готовности, заданный булевой функцией (причем каждый тип оборудования имеет совмещенный с ним контроллер второго уровня АСУТП), тогда имеем для них 12 условных состояний, которые могут быть выявлены в ходе мониторинга. Кроме того, блок управления состоянием для каждой единицы оборудования (колонн, резервуаров или накопителей) также может быть неисправным или исправным.

Если же рассматривать случай, когда неисправны три единицы данного оборудования из шести заданных, то для данного подобъекта можно говорить о 20 возможных состояниях в графе динамики готовности пожарных сил и средств (см. формулу (5.53)). В этом случае расчет числа состояний и переходов между ними следует вести, по-другому интерпретируя объекты графа стратегического планирования, для которых ведется расчет» (рисунок 5.4) [23]. Его следует строить с учетом предложений по управлению крупным предприятием [301].

«Пример графа стратегического планирования, построенного по аналогии с приведенными выше, показывает, каким образом возможна декомпозиция задач мониторинга готовности пожарных сил и средств на объектах ТЭК. Вершины приводимого графа на третьем уровне намеренно показаны связанными с вершинами второго уровня так, что ряд вершин третьего уровня связаны с несколькими вершинами второго уровня. Это, очевидно, объясняется тем, что отдельные звенья пожарных сил и средств, которые применяются в реальных условиях на объектах ТЭК, могут иметь скоммутированные органы управления или информирования второго уровня АСПВБ на различных подобъектах объекта ТЭК. Например, отдельные элементы (наборы датчиков), установленные на накопитель

продукции, замыкаются на коммутаторы первого и второго участков. На рисунке 5.5 показано, как это можно осуществить. Черными точками показаны датчики (извещатели первого уровня АСУТП) и приборы пожарно-контрольные (ПКП). При этом установленные на различных участках ПКП контролируют отдельные части резервуара» [23].

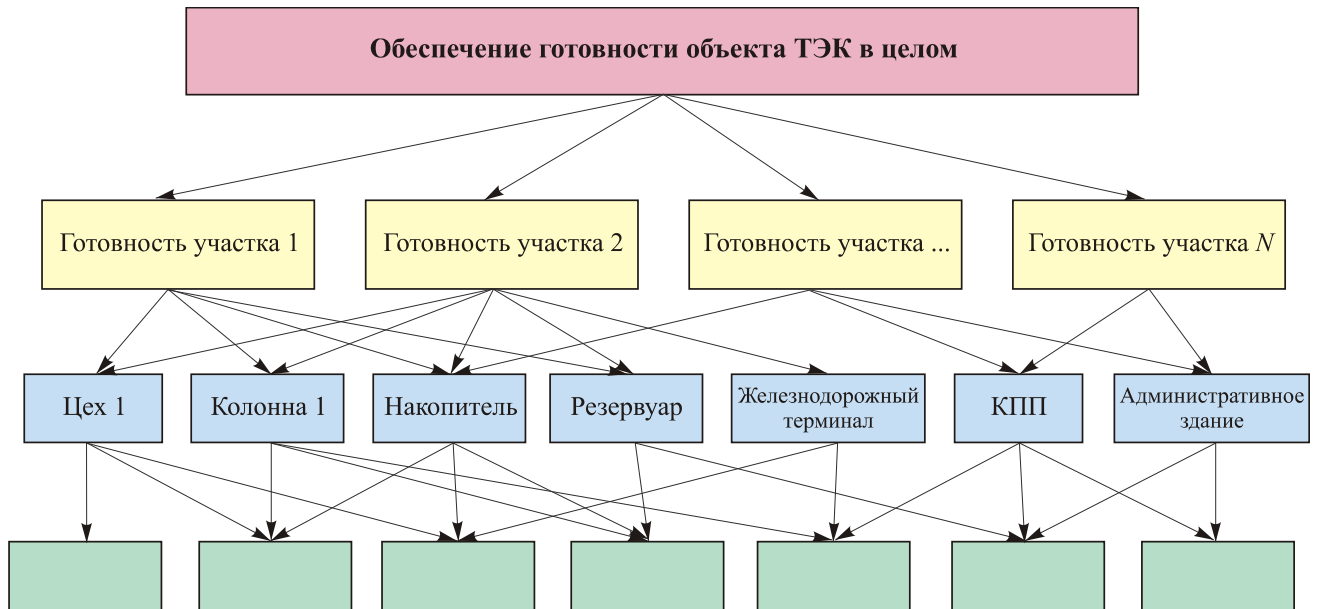


Рисунок 5.4 — Пример графа стратегического планирования в иерархии мониторинга готовности пожарных сил и средств на объекте ТЭК

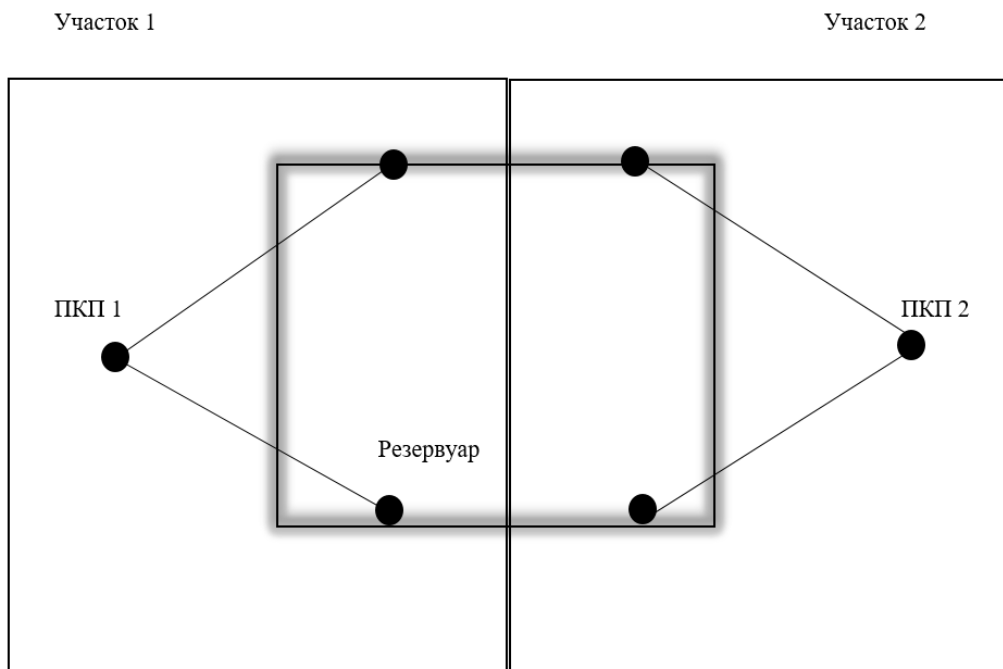


Рисунок 5.5 — Вариант размещения пожарных сил и средств на подобъекте ТЭК

«Учитывая, что факты выявления неготовности или иных причин, которые могут привести к опасным ситуациям или пожарам, при эксплуатации установленных на объекте ТЭК сил и средств не всегда имеют последствия, которые приводят к реальным пожарам и взрывам, далее по тексту будем называть их неблагоприятными событиями. Для описания характера динамики устранения возможных последствий таких событий понадобится зафиксировать определенный уровень агрегации для пожарных сил и средств, выбранных для обработки в системе поддержки управления АСПВБ, приняв все применяемые для данного подобъекта ТЭК пожарные силы и средства за агрегированную единицу оборудования соответствующего уровня.

Тогда, применяя на каждом из уровней к каждому из подобъектов объекта ТЭК граф стратегического планирования (см. рисунок 5.4), можно получить агрегированный показатель готовности пожарных сил и средств на объекте ТЭК для каждого подобъекта ( $i$ -й агрегированной единицы оборудования — цеха, колонны, накопителя и т. п.). Для этого необходимо ввести функцию  $\gamma^и_i$  интенсивности потока неблагоприятных событий, выявляемых в ходе мониторинга для  $i$ -й агрегированной единицы оборудования» [23]:

$$\gamma^и_i = (R^{об}_i, T^{об}_i, W^{об}_i, C^{об}_i), \quad (5.56)$$

где  $R^{об}_i$  — тип используемых ПКП или иных единиц оборудования;

$T^{об}_i$  — срок реальной эксплуатации агрегированной единицы оборудования (помимо этого, в сроках могут отдельно отмечаться сроки до наступления даты очередной поверки, до окончания срока эксплуатации и т. п.);

$W^{об}_i$  — производственные условия эксплуатации (актуально для участков объекта ТЭК с агрессивной средой, сокращающей сроки службы агрегированных единиц оборудования);

$C^{об}_i$  — климатические условия в районе эксплуатации.

«Так как мониторинг пожарных сил и средств на объекте ТЭК представляет собой поток дискретных во времени событий, будем считать функцию  $\gamma^и_i$  дискретной случайной величиной со своей функцией распределения. При этом

каждое выявленное неблагоприятное событие становится для графа динамики готовности пожарных сил и средств прямым переводом его в новое состояние, а работа ремонтных бригад объекта ТЭК по устранению этих событий в соответствии с иерархическим планом, определенным графом стратегического планирования, — обратным переходом. Интенсивность потока событий восстановления готовности определяется состоянием ремонтных бригад или соглашениями об уровне сервиса (в случае использования аутсорсинговых компаний).

Если говорить об общем количестве пожарных сил и средств на объекте ТЭК, требующих ремонта, то следует также определить приоритеты, в соответствии с которыми он будет проходить. Будем при этом основываться на агрегированных единицах оборудования при их расстановке.

Тогда для  $i$ -й агрегированной единицы пожарного оборудования (см. п. 2.1.1.2) необходима проверка наличия в очереди на ремонт другой сходной единицы, которую следует восстановить более ускоренными темпами. Их попарное сравнение даст возможность установить приоритет очередности при их обслуживании или ремонте. После каждой такой операции следует проверять, все ли агрегированные единицы пожарных сил и средств, которым необходимы обслуживание или ремонт, учтены, и только после этого следует приступать к расчетам для следующей единицы.

Когда будут обработаны все единицы, следует выбрать агрегированную единицу пожарного оборудования с максимальным приоритетом. Для данной  $i$ -й единицы оборудования будут выполнены восстановительные действия, при этом производительность персонала можно принять равной  $\mu_i$ .

В этом случае интенсивность потока событий восстановления для каждой из агрегированных единиц пожарного оборудования на заданном уровне иерархии можно задать так» [23]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{i/ij} = \mu_i \Pi_j^i \\ \mu_{i/ijk} = \mu_i \Pi_{jk}^i \\ \mu_{i/ijkl} = \mu_i \Pi_{jkl}^i \\ \dots \\ \mu_{i/i\dots z} = \mu_i \Pi_{j\dots z}^i \end{array} \right. , \quad (5.57)$$

где  $\Pi_{jkl}^i$  — приоритет ремонта  $i$ -й агрегированной единицы пожарного оборудования в приоритете перед  $j$ -й,  $k$ -й и  $l$ -й единицами.

«Предполагается, что всего на заданном уровне рассматривается  $(z - i)$  агрегированных единиц, поэтому последнее уравнение написано для случая, когда на рассматриваемом уровне имеются от  $i$  до  $z$  агрегированных единиц оборудования, подлежащих восстановлению. Конкретное состояние, определяющее готовность агрегированных единиц пожарных сил и средств объекта ТЭК на заданном уровне иерархии, заданной графом стратегического планирования, можно записать как вектор состояния. При этом его размерность следует определять исходя из числа всех дискретных состояний, в которых может находиться система на рассматриваемом уровне иерархии (число строк в системе уравнений (5.57) плюс 1).

На третьем уровне иерархии в методике прогнозирования готовности пожарных сил и средств на объекте ТЭК в целом (см. рисунок 5.4) можно использовать формулы, которые затем могут применяться многократно, например в соответствии с планами восстановления готовности пожарных единиц как при их агрегировании (укрупнении), так и при их детализации (движение вниз по уровням). Вероятность пребывания в каждом из рассматриваемых состояний (для 3-го уровня и  $i$ -го состояния  $P^{(3)}_{\text{общ } i}$ ) даст, например, такую формулу:

$$P^{(3)}_{\text{общ } i} = (P^{(3)}_0, P^{(3)}_i, P^{(3)}_{ij}, P^{(3)}_{ijk}, \dots, P^{(3)}_{ij\dots z}), \quad (5.58)$$

где  $P^{(3)}_0$  — состояние 3-го уровня, при котором все агрегированные единицы исправны;

$P^{(3)}_i, P^{(3)}_{ij}, P^{(3)}_{ijk}, \dots, P^{(3)}_{ij\dots z}$  — вероятности того, что от одной до  $z$  агрегированных единиц на данном уровне будут требовать восстановительных действий.



Если учитывать зависимость всех составляющих (5.58) от времени, то

$$P^{(3)}_{\text{общ}i}(t) = (P^{(3)}_0(t), P^{(3)}_i(t), P^{(3)}_{ij}(t), P^{(3)}_{ijk}(t), \dots, P^{(3)}_{ij\dots z}(t)). \quad (5.59)$$

Соответственно, начальное состояние определяется как

$$P^{(3)}_{\text{общ}i}(0) = (P^{(3)}_0(0), P^{(3)}_i(0), P^{(3)}_{ij}(0), P^{(3)}_{ijk}(0), \dots, P^{(3)}_{ij\dots z}(0)). \quad (5.60)$$

Тогда для 3-го уровня агрегированных единиц пожарного оборудования готовность пожарных сил и средств соответствующего подобъекта ТЭК может задаваться уравнениями Колмогорова следующего вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP^{(3)}_0}{dt} = -P^{(3)}_0 \sum_{i=1}^z \gamma^{n(3)}_i + \sum_{i=1}^z P^{(3)}_i \mu_i; \\ \frac{dP^{(3)}_i}{dt} = -P^{(3)}_0 \gamma^{n(3)}_i + \sum_{j=1, i \neq j}^z P^{(3)}_{ij} \mu_{\bar{i}j} - P^{(3)}_i \left( \mu_i + \sum_{j=1, i \neq j}^z \gamma^{n(3)}_j \right); \\ \frac{dP^{(3)}_{ij}}{dt} = P^{(3)}_i \gamma^{n(3)}_j + P^{(3)}_j \gamma^{n(3)}_i + \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq i, j}}^z P^{(3)}_{ijk} \mu_{\bar{i}jk} - P^{(3)}_{ij} \left( \mu_{\bar{i}j} + \mu_{\bar{j}i} + \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq i, j}}^z \gamma^{n(3)}_k \right); \\ \dots \\ \frac{dP^{(3)}_{ij\dots z}}{dt} = P^{(3)}_{j\dots z} \gamma^{n(3)}_i + P^{(3)}_{i\dots z} \gamma^{n(3)}_j + \dots + P^{(3)}_{i\dots z-1} \gamma^{n(3)}_z - P^{(3)}_{i\dots z-1} (\mu_{\bar{i}\dots z} + \mu_{\bar{j}\dots z} + \dots \\ \quad + \mu_{\bar{i}\dots z} + \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq i, j, \dots, z}}^z \gamma^{n(3)}_k); \\ P^{(3)}_0 + \sum_{i=1}^z P^{(3)}_i + \sum_{i=1}^z \sum_{j=1, i \neq j}^z P^{(3)}_{ij} + \dots + \sum_{i=1}^z \dots \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq i, j, \dots, z}}^z P^{(3)}_{i\dots z} + P^{(3)}_{1\dots z} = 1, \end{array} \right. \quad (5.61)$$

где  $\gamma^{n(3)}_i$  — функция интенсивности потока неблагоприятных событий, выявляемых в ходе мониторинга для  $i$ -й агрегированной единицы оборудования для 3-го уровня иерархии графа стратегического планирования.

Так как последнее уравнение в системе уравнений (5.61) отражает тот факт, что рассматриваемая система всегда находится в каком-либо из рассматриваемых состояний, косвенно его можно использовать и для определения вклада каждого из предполагаемых мероприятий восстановления в общий агрегатный показатель готовности пожарных единиц 3-го уровня. Последний удобно использовать для прогноза готовности пожарных сил и средств при управлении в АСУТП.

Учитывая, что при управлении мероприятиями по обеспечению ПБ на объекте ТЭК динамика определяется дискретными во времени проверками в ходе мониторинга готовности агрегатных единиц и их составляющих, в интересах упрощения расчета производные в левых частях уравнений можно приравнять нулю. В этом случае расчет будет вестись для мгновенных значений вероятностей событий, зафиксированных мониторингом. А вместо зависящих от времени вероятностей в правой их части следует использовать предельные значения последних. Это даст верхнюю оценку готовности» [23].

Таким образом, в данной части исследования рассмотрена модель прогнозирования готовности пожарных сил и средств АСПВБ условно-расчетных объектов ТЭК в особых условиях. «Приводимая модель может быть перенесена не только на любой из уровней объекта ТЭК, но и на более крупные объекты. С этой целью ее целесообразно применять в иерархических системах поддержки управления и принятия решений, декомпозируемых с помощью графов стратегического планирования. Автоматизированное применение таких расчетов в АСПВБ существенно улучшит качество управления мероприятиями пожарной безопасности и информирование ЛПР о реальном состоянии готовности пожарных сил и средств объектов ТЭК в особых условиях» [23].

### **5.3 Выводы по главе 5**

1. В данной главе предложены практические рекомендации по применению разработанной технологии в отдельных подсистемах АСПВБ объектов ТЭК и проанализированы предложения по развитию средств поддержки управления ими с учетом действующей нормативной базы по ПБ.

Установлено, что применение методов стратегического планирования в ИАССП как средства поддержки управления ЛПР в АСУТП и АСПВБ на объекте ТЭК позволит существенно улучшить информирование ЛПР о реальном положении дел в системе пожаротушения. Применение описанных инструментов

моделирования, основанных на методах стратегического планирования, особенно актуально в особых условиях и при использовании достижений управления предприятием в «Индустрии 4.0».

2. Применение методов стратегического планирования в ИАССП в сочетании с технологиями BigData как средства поддержки управления ЛПР на объектах ТЭК даст возможность существенно повысить эффективность управления в целях предотвращения на них предожарных и взрывоопасных режимов за счет более обоснованного принятия управленческих решений. Статистическая обработка инцидентов и планирование мероприятий по их снижению (независимо от того, ложные это или реальные срабатывания) дадут ЛПР инструмент мониторинга, позволяющий грамотно влиять на любую опасную ситуацию. С этой целью в данной главе были разработаны модели и алгоритмы для подсистемы математического обеспечения АСПВБ объектов ТЭК в особых условиях на основе методов стратегического планирования. Разработанные модели следует использовать для оценки и прогнозирования готовности пожарных сил и средств.

3. «Применение в модулях ИАССП подсистем АСПВБ объектов ТЭК модели определения готовности к использованию оборудования АСПВБ первого уровня в особых условиях дало возможность получить новое средство поддержки управления в АСПВБ. Приведенные в данной части исследования результаты могут быть легко использованы в случае разделения оборудования на классы и подклассы» [21], а также при изменении характера ограничений или при нескольких ограничениях. Такое масштабирование позволило создать удобный алгоритм поддержки управления ЛПР в АСПВБ, что в свою очередь при наличии особых условий даст возможность поддерживать ПБ объекта ТЭК на должном уровне.

4. В данной части исследования предложены математическая модель и алгоритм поддержки управления по оценке эффективности мероприятий по приведению в готовность оборудования АСПВБ. Они позволяют обеспечить одну из важнейших задач ЛПР — надежную плановую работу по проведению

восстановительных мероприятий на указанном оборудовании АСПВБ в соответствии с графиком ремонтными бригадами объектов ТЭК, несмотря на особые условия. Предложенные подходы, основанные на применении методов стратегического планирования для поддержки управления в реальном времени, целесообразно использовать в системе математического обеспечения АСПВБ на объекте ТЭК. Набор интегральных показателей по типам ресурсов может быть использован ЛПР в деятельности по корректировке управления мероприятиями по обеспечению ПБ. Использование в математическом и программном обеспечении АСПВБ методов стратегического планирования позволяет ЛПР проводить мероприятия по обеспечению ПБ в особых условиях с лучшей эффективностью.

5. Рассмотренная модель прогнозирования готовности пожарных сил и средств АСПВБ условно-расчетных объектов ТЭК в особых условиях дает возможность использовать ее не только на любом из уровней объекта ТЭК, но и на более крупных объектах. Ее целесообразно применять в иерархических системах поддержки управления и принятия решений, декомпозируемых с помощью графов стратегического планирования. Автоматизированное применение таких расчетов в АСПВБ существенно улучшает качество управления мероприятиями пожарной безопасности и информирование ЛПР о реальном состоянии готовности пожарных сил и средств объектов ТЭК в особых условиях. Это происходит благодаря возможности определения наиболее важных мероприятий в текущий момент из всех возможных мероприятий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, задачи исследования решены, поставленная цель достигнута. В диссертационной работе найдено решение научной проблемы, имеющей важное народнохозяйственное значение: путем разработки и внедрения интеллектуальной информационной технологии автоматизации организационного управления эффективностью автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности на объектах ТЭК удалось снизить совокупные затраты на планирование и реализацию противопожарных мероприятий более чем на 15 %.

Лично соискателем получены следующие основные результаты:

1. Впервые в отечественной науке введено понятие «особые условия» эксплуатации АСПВБ, характеризующее воздействие на них последствий экономических и политических санкций.

2. Обоснованы место и роль динамического режима планирования при формировании планов противопожарной защиты. Предложены варианты введения интегрального критерия оценки эффективности предлагаемых для защиты от пожаров и взрывов мероприятий и планов, применяемых на объектах топливно-энергетического комплекса в различных условиях.

3. Разработаны математические модели, используемые для создания планов по предотвращению и защите от пожаров и взрывов за счет формализации обоснования планирования противопожарных мероприятий на условно-расчетном предприятии топливно-энергетического комплекса.

4. Разработаны методы решения задач динамического планирования для повышения эффективности работы АСПВБ в особых условиях; метод получения агрегатного показателя эффективности работы АСПВБ с учетом особых условий; метод параметрического анализа среднесрочных бюджетных планов по пожаровзрывобезопасности в особых условиях; метод проведения стратегического мониторинга выполнения комплекса мероприятий по заданному направлению контроля; метод достижения заданного уровня эффективности для отраслевого планирования.

5. Разработанные методы практически реализованы в виде интеллектуальной информационной технологии организационного управления эффективностью автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объекта топливно-энергетического комплекса в особых условиях.

6. Предложены варианты использования разработанной технологии в работе подсистем автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности. Для этого разработаны:

- алгоритм оценки работы управляющей системы объекта защиты по модели с учетом координат;
- алгоритм оценки работы управляющей системы кластера системы безопасности объекта защиты по модели с учетом координат;
- алгоритм работы мониторинговой подсистемы автоматизированной системы управления технологическими процессами с учетом стабилизирующих процедур;
- алгоритмы оценки работы управляющих и мониторинговых подсистем автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности, которые включают в себя:
  - алгоритм поддержки управления по оценке эффективности мероприятий по приведению в готовность оборудования;
  - алгоритм мониторинга в интересах лица, принимающего решения, по различным направлениям по обратному методу решающих матриц;
  - алгоритм определения интегрального стратегического риска реализации совокупности мероприятий в автоматизированных системах пожаровзрывобезопасности объекта топливно-энергетического комплекса с помощью статистических испытаний;
  - алгоритмы повышения эффективности работы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объекта топливно-энергетического комплекса в особых условиях при различном характере финансирования мероприятий;

- алгоритм общего случая решения оптимизационной задачи повышения эффективности автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности в особых условиях.

7. Предложены варианты практического применения разработанных методов для поддержки управления подсистемами автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности на объектах топливно-энергетического комплекса в особых условиях. Предложены принципы доработки комплекса программных средств автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности за счет применения алгоритмов стратегического планирования в деятельности структур управления объектами топливно-энергетического комплекса. В этих целях:

- предложены рекомендации по применению методов стратегического планирования в системах пожаротушения и в автоматизированных системах предотвращения пожаров и взрывов в качестве инструмента моделирования для принятия решений;

- разработаны модели определения готовности к работе оборудования автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности первого уровня условно-расчетных объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях, оценки эффективности по приведению в готовность оборудования автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности условно-расчетных объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях, прогнозирования готовности пожарных сил и средств автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности условно-расчетных объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях.

8. Разработан прототип нового программно-аналитического средства с применением предложенных моделей и методов динамического планирования на объекте топливно-энергетического комплекса в особых условиях. Предложенный вариант доработки программного обеспечения автоматизированных систем управления технологическими процессами для решения задач формирования планов деятельности объекта топливно-энергетического комплекса по обеспечению комплексной безопасности с различным уровнем ресурсного обеспечения успешно

внедрен в практику объекта топливно-энергетического комплекса по перевозке газового конденсата, приписанного к производственному объединению, обеспечивающему работу комплекса сооружений «Северный поток-1».

9. Для практической реализации и внедрения в практику результатов исследования внесены предложения по доработке законов РФ от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в РФ», от 27 июля 2011 г. № 256-ФЗ «О безопасности объектов ТЭК», приказ МЧС России от 09 февраля 2016 г. № 50 «Об организации стратегического планирования, а также мониторинга и контроля реализации документов стратегического планирования в системе МЧС России».



**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

АС	— автоматизированная система
АС КЗВ	— автоматизированная система контроля загрязнения воздуха
АСОН	— автоматизированная система общего назначения
АСПВБ	— автоматизированная система пожаровзрывобезопасности
АСПВЗ	— автоматизированная система пожаровзрывозащиты
АСППВ	— автоматизированная система предотвращения пожаров и взрывов
АСУ	— автоматизированная система управления
АСУТП	— автоматизированная система управления технологическими процессами
ГОС	— газовый огнетушащий состав
ГРП	— гидроразрыв пласта
ЗИП	— запасные инструменты и приборы
ИАС	— информационно-аналитическая система
ИАССП	— информационно-аналитическая система стратегического планирования
ИВ (IoT)	— интернет вещей (Internet of Things)
ИИУС	— интегрированная информационно-управляющая система
ИТ	— информационные технологии
КТС	— комплекс технических средств
ЛПР	— лицо, принимающее решения
МПС	— метод парных сравнений
НИОКР	— научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
НПЗ	— нефтеперерабатывающий завод
НПП	— нефтеперерабатывающее производство
ОЗ	— объект защиты
ПБ	— пожарная безопасность
ПКП	— приборы контрольные пожарные

ПЛА	— план ликвидации аварий
ПЛАРН	— план ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов
ПО	— программное обеспечение
ППСПГ	— предприятие по переработке сжиженного природного газа
СВТ	— средства вычислительной техники
СПВБ	— система пожаровзрывобезопасности
СПГ	— сжиженный природный газ
ССП	— система стратегического планирования
ТЭК	— топливно-энергетический комплекс
ЭЛОУ	— электрообессоливающая установка

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году. – М. : ЗАО НТЦ ПБ, 2018. – 420 с. – Режим доступа: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/).
2. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 году. – М. : ЗАО НТЦ ПБ, 2017. – 396 с. – Режим доступа: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/).
3. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году. – М. : ЗАО НТЦ ПБ, 2019. – 410 с. – Режим доступа: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/).
4. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2019 году. – М. : ЗАО НТЦ ПБ, 2020. – 389 с. – Режим доступа: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/).
5. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2020 году. – М. : ЗАО НТЦ ПБ, 2021. – 369 с. – Режим доступа: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/).
6. Сводная статистика пожаров в Российской Федерации (по данным МЧС России). – Режим доступа: <https://www.wiki-fire.org/Сводная%20статистика%20пожаров%20в%20Российской%20Федерации.ashx>.
7. Технорабочий проект на автоматизированную систему управления технологическим процессом пожарной защиты ПО «Атоммаш» (АСУ ПЗ Атоммаш). – Ростов-на-Дону, 1979.
8. Модульные системы сигнализации утечки газа // *Gefahrl. Lad.* – 1989. – № 3. – С. 34.

9. Примак, А.В. Моделирование задач при проектировании систем контроля и управления качеством воздушной среды / А.В. Примак // Автоматизация контроля и прогнозирования загрязнения воздуха : материалы 4-й Всесоюзной конференции. – Киев: Наукова думка, 1985. – 89 с.
10. Примак, А.В. Перспективы системной автоматизации контроля, прогнозирования и регулирования загрязнения воздуха / А.В. Примак // Измерения, контроль, автоматизация. – 1980. – № 9. – С.70–75.
11. Ануфриев, В.И. Вопросы построения автоматизированных систем контроля промышленных выбросов с учетом особенностей производств ряда отраслей / В.И. Ануфриев // Автоматизация контроля и прогнозирования загрязнения воздуха: материалы 4-й Всесоюзной конференции Академии наук Украинской ССР. – Киев: Наукова думка, 1985. – 111 с.
12. Бабуров, В.П. Размещение автоматических пожарных извещателей с учетом степени перекрытия защищаемой площади / В.П. Бабуров, И.С. Колосов, Б.М. Пранов // Пожарная техника, тактика и автоматические установки пожаротушения: сб. науч. тр. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1989. – С. 118–125.
13. Палюх, В.Б. Программно-технический комплекс для диагностики непрерывных производств в условиях неопределенности / В.Б. Палюх // Программные продукты и системы. – 1994. – № 1. – С. 29–35.
14. Александров, В.А. Повышение эффективности автоматических систем управления технологическими процессами промышленных производств с обеспечением пожарной безопасности: дис. ... канд. техн. наук / В. А. Александров. – М., 1985. – 218 с.
15. ГОСТ 12.1.004–91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М. : Издательство стандартов, 1991. – 68 с.
16. Абросимов, А.А. Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств / А.А. Абросимов, Н.Г. Топольский, А.В. Федоров. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 239 с.
17. Самарин, И. В. Модель оценки обеспечения комплексной безопасности в АСУП в обычных условиях при помощи булевых извещателей на

сосредоточенном объекте защиты для построения автоматизированной системы интеллектуальной поддержки процессов управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса // Естественные и технические науки. – 2018. – № 10(124). – С. 154-161.

18. Самарин, И.В. Модель оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном объекте защиты в обычных условиях при помощи булевых извещателей в АСУП без учета координат для построения автоматизированной системы управления формированием плана мероприятий по защите объектов ТЭК // Естественные и технические науки. – 2018. – № 8 (122). – С. 180–186.

19. Топольский, Н.Г. Модель оценки обеспечения комплексной безопасности в АСУТП с применением диагностики пожарных извещателей для построения автоматизированной системы поддержки управления пожаровзрывобезопасностью / Н.Г. Топольский, И.В. Самарин, А.Ю. Строгонов // Пожаровзрывобезопасность. – 2018. – Т. 27. – № 11. – С. 15–22. – DOI 10.18322/PVB.2018.27.11.15-22.

20. Самарин, И.В. Модель оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном объекте защиты в обычных условиях при помощи булевых извещателей в АСУП с учетом координат для построения автоматизированной системы управления стратегическим планированием технологических процессов повышения живучести АСУ пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса // Естественные и технические науки. – 2018. – № 9(123). – С. 123–133.

21. Топольский, Н.Г. Методика оценки готовности к работе оборудования АСПВБ первого уровня информирования на объектах ТЭК в особых условиях / Н.Г. Топольский, И.В. Самарин, А.Ю. Строгонов // Пожаровзрывобезопасность. – 2019. – Т. 28. – № 1. – С. 35–46. – DOI 10.18322/PVB.2019.28.01.35-46.

22. Бутузов, С. Ю. Модель оценки эффективности приведения в готовность оборудования автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности / С.Ю. Бутузов, И. В. Самарин, А. Ю. Строгонов // Технологии техносферной безопасности. – 2019. – № 1(83). – С. 113-125.

23. Прус, Ю. В. Методика прогнозирования готовности единиц противопожарного оборудования АСУТП на предприятиях ТЭК / Ю.В. Прус, А.В. Крючков, И.В. Самарин, А.Ю. Строгонов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 3-2. – С. 96–103.
24. Иванов, Е.Н. Противопожарная защита открытых технологических установок / Е.Н. Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1986. – 288 с.
25. Маршалл, В. Основные опасности химических производств : пер. с англ. / В.Маршалл. – М.: Мир, 1989. – 672 с.
26. Статистика пожаров в России и мире. – Режим доступа: <https://poznar-net.com/pozhar/statistika-pozharov.html>.
27. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: стат. сб. / Под общ. ред. А.В. Матюшина. – М. : ВНИИПО, 2016. – 124 с.
28. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: стат. сб. / Под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М. : ВНИИПО, 2017. – 124 с.
29. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: стат. сб. / Под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М. : ВНИИПО, 2018. – 125 с.
30. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: стат. сб. / Под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М. : ВНИИПО, 2019. – 125 с.
31. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: стат. сб. / Под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М. : ВНИИПО, 2020. – 80 с.
32. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: стат. сб. / Под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М. : ВНИИПО, 2021. – 112 с.
33. Пожары и пожарная безопасность в 2007 году: стат. сб. / Под общ. ред. Н.П. Копылова. – М. : ВНИИПО, 2008. – 137 с.
34. Пожары и пожарная безопасность в 2008 году: стат. сб. / Под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2009. – 137 с.
35. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: стат. сб. / Под общ. ред. Н.П. Копылова. – М. : ВНИИПО, 2010. – 135 с.

36. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: стат. сб. / Под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2011. – 140 с.
37. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: стат. сб. / Под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2012. – 137 с.
38. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году: стат. сб. / Под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2013. – 137 с.
39. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: стат. сб. / Под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2014. – 137 с.
40. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: стат. сб. / Под общ. ред. А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2015. – 124 с.
41. Краснов, А.В. Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007–2016 гг. / А.В. Краснов, З.Х. Садыкова, Д.Ю. Пережогин, И.А. Мухин // Нефтегазовое дело. – 2017. – № 6. – С. 179–191.
42. Бакиров, И.К. Анализ пожаров в нефтегазовой отрасли и их воздействие на окружающую среду / И.К. Бакиров, А.Ф. Каспранова // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2017. – № 1(107). – С. 186–195.
43. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году. Статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2019. – 125 с.
44. Статистика пожаров. – Режим доступа: [https://vuzlit.ru/115716/statistika\\_pozharov](https://vuzlit.ru/115716/statistika_pozharov).
45. Статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли. – Режим доступа: [https://studwood.ru/2057368/bzhd/statistika\\_pozharov\\_obektah\\_neftegazovoy\\_otrasli](https://studwood.ru/2057368/bzhd/statistika_pozharov_obektah_neftegazovoy_otrasli).
46. Маскировка и скрытая установка аппаратуры охранно-пожарной сигнализации на объектах народного хозяйства и защита капитальных строительных конструкций: рекомендации. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1986.
47. Выбор и применение современных технических средств охранно-пожарной сигнализации (ТС ОПС) на объектах народного хозяйства: рекомендации. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1991.

48. Вихирев, А.А. Домофоны / А.А. Вихирев. – М.: Родол, 2004. – 64 с.
49. Иванов, И.В. Охрана периметров / И.В. Иванов. – М.: Радио и связь, 1997. – 100 с.
50. Петраков, А.В. Защита и охрана личности, собственности, информации: справ. пособие / А.В. Петраков. – М. : Радио и связь, 1997. – 318 с.
51. Интегрированные системы безопасности. – Режим доступа: [https://www.aamsystems.ru/resheniya/integrirrovannye\\_sistemy\\_bezopasnosti/](https://www.aamsystems.ru/resheniya/integrirrovannye_sistemy_bezopasnosti/).
52. Интегрированные системы безопасности: классификация, проектирование, оборудование. – Режим доступа: <http://fb.ru/article/255232/integrirrovannye-sistemyi-bezopasnosti-klassifikatsiya-proektirovanie-oborudovanie#image1316628>.
53. Интегрированные системы безопасности (ИСБ). – Режим доступа: <http://www.sigma-is.ru/integration.html>.
54. Интегрированная система безопасности: классификация защитных комплексов. – Режим доступа: <http://camafon.ru/sistemyi-bezopasnosti/integrirrovannye>.
55. Интегрированные системы безопасности (ИСБ). – Режим доступа: <http://www.trascon.ru/index.php?&submenu=3>.
56. Интегрированные СБ. – Режим доступа: <http://россб.рф/integrirrovanie-sb/>.
57. Интегрированные системы безопасности. – Режим доступа: [http://dts-d.ru/services/integrated\\_security\\_systems](http://dts-d.ru/services/integrated_security_systems).
58. Комплексная система безопасности периметра промышленного предприятия. – Режим доступа: <http://www.grdn.ru/integrated-solutions/complex1/>.
59. Современные технологии защиты и спасения / Под общ. ред. Р.Х. Цаликова; МЧС России. – М.: Деловой экспресс, 2007. – 288 с.
60. Федоров, А. В. Научные основы создания автоматизированной системы управления противопожарной защитой нефтеперерабатывающих производств : специальность 05.13.06 "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Федоров Андрей Владимирович. – Москва, 2000. – 392 с.



61. Охлопков, А. Нефтегазовые компании распробовали импортозамещение / А. Охлопков // Guide «Тюменский нефтегазовый форум». – Приложение № 169 от 18.09.2018. – С. 14–15. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3743355>.
62. Перспективы российской нефтедобычи: жизнь под санкциями. – Март 2018. – М.: Центр исследований в области энергетики бизнес-школы СКОЛКОВО (SEneC). – 44 с. – Режим доступа: <https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/research04-ru.pdf>.
63. Путину доложили цифры по импортозамещению, которые не смог сходу вспомнить Орешкин // Коммерсант. – 17.04.2019. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3946545>.
64. Баранник, А.Ю. О проблемах и перспективах импортозамещения в сфере технического обеспечения деятельности МЧС России / А.Ю. Баранник, В.В. Щеголькова, Ю.А. Онищенко, А.А. Архипенко // Технологии гражданской безопасности. – 2015. – Т. 12. – № 4 (46). – С. 24–27.
65. Маркетинговое исследование. Рынок противопожарного оборудования Российской Федерации / ООО «Профессиональные комплексные решения». – СПб., 2017. – 131 с.
66. Усиление защиты. Как растет рынок борьбы с огнем. – Режим доступа: [https://plus.rbc.ru/specials/pozharnaya\\_bezопасnost](https://plus.rbc.ru/specials/pozharnaya_bezопасnost).
67. Власова, М. Два в одном: для чего заводу нужен цифровой близнец / Мария Власова. – Режим доступа: [http://digital-russia.rbc.ru/article-page\\_11.html](http://digital-russia.rbc.ru/article-page_11.html).
68. Никоноров, А. Цифровой двойник / А. Никоноров, А. Шишмарев // Сибирская нефть. – 2017. – № 3/140. – С. 44–49.
69. Ударные волны и экстремальные состояния вещества / Под ред. В.Е. Фортова, Л.В. Альтшулера, Р.Ф. Трунина, А.И. Фунтикова. – М.: Наука, 2000. – 425 с.
70. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008. – № 87. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12158997/>.

71. ПриволжскНИПИнефть. Проектирование НПЗ. – Режим доступа: <http://neftegazproekt.com/proektirovanie-npz/>.
72. Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли // Дайджест «Нефтегаз». Совместный проект Национального нефтегазового форума и выставки «Нефтегаз». – 2017. – № 2. – С. 3–9.
73. Козловский, А. С чего начинается путь в цифровую реальность / А. Козловский // Дайджест «Нефтегаз». Совместный проект Национального нефтегазового форума и выставки «Нефтегаз». – 2017. – № 2. – С. 10–11.
74. Гайда, И. Разведка цифрой / И. Гайда // Дайджест «Нефтегаз». Совместный проект Национального нефтегазового форума и выставки «Нефтегаз». – 2017. – № 2. – С. 12–16.
75. Технологические установки переработки нефти в бензин. – Режим доступа: <http://nouprom-npz.ru/katalog-produktsii/ustanovki-pererabotki-nefti/>.
76. Digital twins – rise of the digital twin in Industrial IoT and Industry 4.0. – Режим доступа: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/digital-twins/>.
77. Цифровой Двойник в жизненном цикле устройств. – Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровой\\_двойник\\_\(Digital\\_Twin\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровой_двойник_(Digital_Twin)).
78. В деле цифровой трансформации Татнефть привлекает мировой опыт. – Режим доступа: <https://nangs.org/news/it/v-dele-tsifrovoj-transformatsii-tatneft-privlekaet-mirovoj-opyt>.
79. Повышение эффективности нефтегазодобычи посредством цифрового месторождения: отечественная интеграционная платформа AVIST. – Режим доступа: <https://iot.ru/promyshlennost/povyshenie-effektivnosti-neftegazodobychi-posredstvom-tsifrovogo-mestorozhdeniya-otechestvennaya-int>.
80. Абросимов, А.А. Улучшение экологической обстановки на Московском нефтеперерабатывающем заводе / А.А. Абросимов // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. – 1990. – № 10. – С. 74–91.

81. Абросимов, А.А. Экологические аспекты применения нефтепродуктов (тематический обзор) / А.А. Абросимов, А.А. Гуреев. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1997. – 92 с.
82. Абросимов, А. А. Исследование, разработка и внедрение методов повышения уровня экологической безопасности нефтеперерабатывающего производства: дис. ... д-ра техн. наук / А. А. Абросимов. – М., 1998. – 466 с.
83. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 94 с.
84. Временные указания по прогнозированию перемещения зон экстремально высокого загрязнения воздуха сильнодействующими ядовитыми веществами. – Л.: Госкомгидромет, 1987.
85. Марчук, Г. И. Методы математического моделирования в проблеме окружающей среды / Г.И. Марчук. – М.: Наука, 1982. – 30 с.
86. Буйков, М. В. Формирование и эволюция радиационного тумана и слоистой облачности в пограничном слое атмосферы / М. В. Буйков, В. И. Хворостьянов // Известия АН СССР. Серия: Физика атмосферы и океан. – 1977. – Т. 13. – № 4. – С. 356–370.
87. Хворостьянов, В. И. Двумерная нестационарная микрофизическая модель низких облаков и адекватно-радиационных туманов / В. И. Хворостьянов // Метеорология и гидрогеология. – 1982. – № 7. – С. 16–28.
88. Климовцов, В. М. Разработка методов и алгоритмов решения управленческой задачи определения сил и средств для тушения пожаров в крупном городе : специальность 05.13.10 "Управление в социальных и экономических системах" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Климовцов Василий Михайлович. – Москва, 2005. – 193 с.
89. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-1–2017. Оценка соответствия. Требования к органам, проводящим аудит и сертификацию систем менеджмента. Часть 1. Требования. – М.: Стандартиформ, 2017. – 46 с.
90. ГОСТ 12.1.018–93. ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования. – М. : Издательство стандартов, 1994. – 7 с.

91. ГОСТ 31610.10–2012/IEC 60079-10:2002. Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон. – М.: Стандартиформ, 2014. – 46 с.
92. ГОСТ Р 53323–2009. Огнепреградители и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2009. – 14 с.
93. ГОСТ 31565–2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. – М.: Стандартиформ, 2014. – 7 с.
94. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2013. – 186 с.
95. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2009. – 114 с.
96. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2013. – 29 с.
97. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2009. – 32 с.
98. Правила безопасности нефтегазоперерабатывающих производств: приказ Ростехнадзора от 29.03.2016 № 125. – СПб.: ДЕАН, 2017. – 77 с.
99. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (с изм. на 29.07.2018). – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9046058>.
100. Положение «О Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору»: Правительства РФ от 30.07.2004 № 401. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12136495/>.
101. Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных

производственных объектов: Постановление Госгортехнадзора России от 18.10.2002 № 61-А // Российская газета. – 2002. – № 231.

102. О спасательных воинских формированиях Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Указ Президента Российской Федерации от 30.09.2011 № 1265. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/55172238/>.

103. Организационно-методические указания по подготовке территориальных органов МЧС России, спасательных воинских формирований МЧС России, подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы, аварийно-спасательных и поисково-спасательных формирований, военизированных горноспасательных частей, подразделений Государственной инспекции по маломерным судам, образовательных организаций, научно-исследовательских и иных учреждений и организаций, находящихся в ведении МЧС России в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на 2017 год: утв. В. А. Пучковым 23.11.2016. – Режим доступа: [http://43.mchs.gov.ru/upload/site43/folder\\_page/002/938/508/OMU.pdf](http://43.mchs.gov.ru/upload/site43/folder_page/002/938/508/OMU.pdf).

104. О внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2014 г. № 656: Постановление Правительства Российской Федерации от 31.01.2015 № 84. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/70857472/>.

105. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. 27.12.2018). – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902111644>.

106. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года: Указ Президента РФ от 01.01.2018 № 2 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2018. – № 2. – С. 411. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556185311>.

107. ГОСТ Р 51897–2011 / Руководство ИСО 73:2009 Менеджмент риска. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2019. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200088035>.

108. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-1-2017. Оценка соответствия. Требования к органам, проводящим аудит и сертификацию систем менеджмента. Часть 1. Требования. – М.: Стандартиформ, 2017. – 46 с.

109. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 23.06.2016). – Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-21121994-n-68-fz-o/>.

110. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/10103955/>.

111. Топольский, Н. Г. Информационно-аналитическое обеспечение поддержки управления поисково-спасательными работами / Н. Г. Топольский, В. Л. Семиков, О. В. Яковлев, Ю. В. Прус, Д. С. Береснев // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4-1 (66). – С. 194–196.

112. Ляско, В. И. Стратегическое планирование развития предприятия : учеб. пособие для вузов / В. И. Ляско. – М.: Экзамен, 2005. – 288 с.

113. Ильин, А. И. Планирование на предприятии / А. И. Ильин. – Мн.: Новое знание, 2010. – 700 с. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6263398/>.

114. Анненков, В. И. Государственная служба: организация управленческой деятельности / В. И. Анненков, Н. Н. Барчан, А. В. Моисеев, Б. И. Киселев. – 2-е изд., стер. – М.: КноРус, 2011. – 256 с.

115. Бабич, Т. Н. Планирование на предприятии: учебник / Т.Н. Бабич, Ю.В. Вертакова. – М.: КноРус, 2018. – 344 с.

116. Киреев, В. Л. Финансовая политика фирмы: учеб. пособие / В. Л. Киреев. – М.: МИИТ, 2011. – 200 с.

117. Гавриленко, Т. Ю. Корпоративная экономика и финансы: учеб. пособие / Т. Ю. Гавриленко, О. В. Григоренко, Е. К. Ткаченко. – М.: Русайнс, 2016. – 120 с.

118. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства / Под ред. Н. Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1988. – 413 с.
119. Брушлинский, Н. Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы / Н. Н. Брушлинский. – М.: Стройиздат, 1981. – 96 с.
120. Брушлинский, Н. Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы / Н. Н. Брушлинский. – М.: МИПБ МВД РФ, 1998. – 255 с.
121. Брушлинский, Н. Н. Совершенствование организации и управления пожарной охраной / Н. Н. Брушлинский, А. К. Микеев, Г. С. Бозуков и др. – М.: Стройиздат, 1986. – 152 с.
122. Брушлинский, Н. Н. Проблемы обеспечения пожарной безопасности в мире на рубеже столетий / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов, П. Вагнер // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2000. – № 6. – С. 68–102.
123. Глуховенко, Ю. М. Методологические основы проектирования организационной структуры Государственной противопожарной службы / Ю. М. Глуховенко. – М.: АРС, 2001. – 162 с.
124. Ларичев, О. И. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений / О. И. Ларичев, Е. М. Мошкович. – М.: Наука, Физматлит, 1996. – 208 с.
125. Литвак, Б. Г. Разработка управленческого решения: учебник / Б. Г. Литвак. – 3-е изд., испр. – М.: Дело, 2002. – 392 с.
126. Литвак, Б. Г. Экспертная информация: методы получения и анализа / Б. Г. Литвак. – Изд. 2-е, стер. – М.: Исслед. центр проблем качества подгот. специалистов, 2009. – 223 с.
127. Литвак, Б. Г. Экспертные оценки и принятие решений / Б. Г. Литвак. – М.: Патент, 1996. – 271 с.
128. Литвак, Б. Г. Экспертные технологии в управлении / Б. Г. Литвак. – М.: Дело, 2004. – 400 с.
129. Мешалкин, Е. А. К вопросу автоматизации информационной поддержки действий должностных лиц на пожаре / Е. А. Мешалкин, А. Г. Крылов,

В. Т. Олейников, А. П. Абрамов // Системы безопасности: материалы 11 Международной конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. – С. 11–13.

130. Мешалкин, Е. А. Системы поддержки принятия решений и перспектива их использования в пожарной охране / Е. А. Мешалкин, В. А. Кокушкин, Г. И. Дударев // Обзор информации. – М. : ГИЦ МВД СССР, 1989. – 39 с.

131. Мешалкин, Е. А. Экспертные системы и перспектива их использования в пожарной охране/ Е. А. Мешалкин, В. А. Кокушкин, Г. И. Дударев // Обзор информации. – М.: ГИЦ МВД СССР, 1988. – 43 с.

132. Смородинский, С. С. Алгоритмы и программные средства интеллектуальных систем принятия решений / С. С. Смородинский, Н. В. Батин. – Минск: БГУИР, 1994. – 68 с.

133. Тихомиров, М. М. Системы информационной и интеллектуальной поддержки управленческой деятельности в структурах государственной службы / М. М. Тихомиров. – М.: РАГС, 1995. – 185 с.

134. Топольский, Н. Г. Основы применения теории игр в автоматизации систем пожарной безопасности / Н. Г. Топольский, М. Б. Домбровский. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1996. – 117 с.

135. Топольский, Н. Г. Создание баз знаний для систем поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях / Н. Г. Топольский, А. В. Вязилов // Информатизация систем безопасности (ИСБ–93): материалы 2-й Международной конференции. – М.: ВИПТШ МВД России, 1993. – С. 55–60.

136. Топольский, Н. Г. Функции и задачи мобильной информационной системы поддержки принятия решений в деятельности оперативных служб / Н. Г. Топольский, В. М. Климовцов // Молодые ученые – науке, технологиям и профессиональному образованию: материалы Международной научно-технической школы-конференции. – М.: МИРЭА, 2003. – С. 311–312.

137. Топольский, Н. Г. Принципы построения автоматизированных систем поддержки принятия решений в Государственной противопожарной службе / Н. Г. Топольский, В. М. Климовцов // Технологии безопасности: материалы 8-го Международного форума. – М.: Защита ЭКСПО, 2003. – С. 285–286.



138. Топольский, Н. Г. Применение экспертных систем для поддержки принятия решений руководящим составом ГПС и метод определения компетентности экспертов / Н. Г. Топольский, В. М. Климовцов, К. А. Афанасьев // Технологии безопасности: материалы 9-го Международного форума. – М., 2004. – С. 405–407.
139. Топольский, Н. Г. Определение ранга пожара на объекте по диаграммам состояния / Н. Г. Топольский, Ю. В. Прус, В. М. Климовцов // Системы безопасности: материалы 13-й Международной конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – С. 297–299.
140. Топольский, Н. Г. Автоматизация предотвращения аварийных предпожарных режимов в технологическом оборудовании / Н. Г. Топольский, С. Г. Гордеев // Информатизация правоохранительных систем: материалы VI Международной конференции. – М.: Академия управления МВД России, 1997. – С. 107–109.
141. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с англ. / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
142. Сидельников, Ю. В. Теория и организация экспертного прогнозирования / Ю. В. Сидельников. – М.: ИМЭМО АН СССР, 1990. – 195 с.
143. Самарин, И. В. Стратегическое планирование ОПК: актуальность и научно-методическое обеспечение / И. В. Самарин // Стратегическая стабильность. – 2013. – № 2 (63). – С. 67–73.
144. Самарин, И. В. Состояние кадрового потенциала оборонно-промышленного комплекса / И. В. Самарин // Вестник Академии военных наук. – 2013. – № 4(45). – С. 117–124.
145. Самарин, И. В. Формализация задачи обоснования среднесрочного плана деятельности для построения автоматизированной системы управления стратегического планирования на предприятии / И. В. Самарин // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 4. – С. 177–183.
146. Самарин, И. В. АСУ стратегического планирования: методика устранения разногласий между заказчиком и единственным исполнителем по цене

продукции при формировании государственного оборонного заказа для создания обеспечивающей подсистемы поддержки принятия решений / И. В. Самарин // Транспортное дело России. – 2014. – № 2. – С. 72–75.

147. Самарин, И. В. Стратегическое планирование ОПК: к вопросу повышения конкурентоспособности высокотехнологичных отраслей российской промышленности / И. В. Самарин // Армия и общество. – 2014. – № 3(40). – С. 19–24.

148. Самарин, И. В. О некоторых свойствах планового решения на проведение комплекса приоритетных фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в задачах управления в социальных и экономических системах / И. В. Самарин // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 12. – С. 173–177.

149. Самарин, И. В. Методика оценки эффективности оперативного управления предприятием / И. В. Самарин // Естественные и технические науки. – 2014. – № 9-10(77). – С. 228–235.

150. Самарин, И. В. Применение метода парных сравнений для оценки величин затрат при стратегическом бюджетном планировании комплекса мероприятий / И. В. Самарин // Научное обозрение. – 2014. – № 8-2. – С. 821–827.

151. Калашников, П. К. Феноменологическая математическая модель влияния нефтяных цен на основные макроэкономические параметры российской экономики как элемент системы стратегического планирования для выбора рациональных способов управления социально-экономической системой страны / П. К. Калашников, А. И. Орлов, И. В. Самарин, А. Н. Фомин // Инновации и инвестиции. – 2015. – № 1. – С. 157–163.

152. Калашников, П. К. Феноменологическая математическая модель взаимосвязи нефтяных цен с величинами денежных агрегатов, федерального и консолидированного бюджетов как элемент системы стратегического планирования для выбора рациональных способов управления социально-экономической системой страны / П. К. Калашников, А. И. Орлов, И. В. Самарин, А. Н. Фомин // Естественные и технические науки. – 2015. – № 3. – С. 167–179.

153. Калашников, П. К. Феноменологическая математическая модель взаимосвязи нефтяных цен с величинами показателей уровней жизни населения как элемент системы стратегического планирования для выбора рациональных способов управления социально-экономической системой страны / П. К. Калашников, А. И. Орлов, И. В. Самарин, А. Н. Фомин // *Инновации и инвестиции*. – 2015. – № 2. – С. 68–72.

154. Фомин, А. Н. О влиянии нефтяных цен на основные макроэкономические параметры российской экономики / А. Н. Фомин, И. В. Самарин, В. А. Рябошапко // *Вестник Академии военных наук*. – 2015. – № 1 (50). – С. 151–161.

155. Рябошапко, В. А. Стратегическое планирование ОПК: оценка военных потенциалов стран по данным рейтинга Business Insider / В. А. Рябошапко, И. В. Самарин, А. Н. Фомин // *Инновации и инвестиции*. – 2015. – № 3. – С. 166–171.

156. Рябошапко, В. А. Стратегическое планирование ОПК: оценка военных потенциалов стран на основе индексов военной мощи Global Firepower Index / В. А. Рябошапко, И. В. Самарин, А. Н. Фомин // *Инновации и инвестиции*. – 2015. – № 4. – С. 101–107.

157. Фомин, А. Н. Методика оценки военных потенциалов стран на основе рейтинга Business Insider / А. Н. Фомин, В. А. Рябошапко, И. В. Самарин // *Вестник Академии военных наук*. – 2015. – № 1(50). – С. 32–39.

158. Калашников, П. К. Стратегическое государственное планирование: освоение энергетических ресурсов Арктического шельфа в контексте обеспечения безопасности Российской Федерации / П. К. Калашников, И. В. Самарин // *Научное обозрение*. – 2015. – № 13. – С. 325–335.

159. Баскаков, В. В. Развитие государственно-частного партнерства в оборонно-промышленном комплексе как перспективное направление повышения его конкурентоспособности / В. В. Баскаков, А. А. Рязанов, И. В. Самарин // *Вестник Академии военных наук*. – 2015. – № 2(51). – С. 139–143.

160. Калашников, П. К. Стратегическое антикризисное планирование: методы прогнозирования глобальных финансово-экономических кризисов /

П. К. Калашников, И. В. Самарин, А. Н. Фомин // Инновации и инвестиции. – 2015. – № 7. – С. 36–42.

161. Калашников, П. К. Стратегическое антикризисное планирование: методы прогнозирования финансово-экономических кризисов в России / П. К. Калашников, И. В. Самарин, А. Н. Фомин // Инновации и инвестиции. – 2015. – № 8. – С. 48–55.

162. Калашников, П. К. Стратегическое антикризисное планирование: анализ ситуации на мировом финансовом рынке / П. К. Калашников, И. В. Самарин, А. Н. Фомин // Инновации и инвестиции. – 2015. – № 9. – С. 79–88.

163. Самарин, И. В. Стратегическое планирование на предприятии: факторы минимума при формировании целевой функции деятельности предприятия / И. В. Самарин // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – № 4. – С. 38–43.

164. Самарин, И.В. Научно-методический аппарат антикризисного стратегического планирования: учеб. пособие / И.В. Самарин, С. Н. Гриняев, П. К. Калашников, А. И. Орлов, А. Н. Фомин; РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина; АНО Центр стратегических оценок и прогнозов. – М.: Адвансед Солюшиз, 2015. – 410 с.

165. Словарь практического психолога / Сост. С. Ю. Головин. – Мн.: Харвест, 1998. – 622 с.

166. Новицкий, Н. И. Внутризаводское планирование и менеджмент предприятия: учеб. пособие / Н. И. Новицкий, А. А. Горюшкин, А. В. Кривенков. – М.: Русайнс, 2016. – 168 с.

167. ГОСТ Р ИСО 9000–2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь (с Поправкой). – М.: Стандартиформ, 2018. – 49 с.

168. Большой экономический словарь: 25000 терминов / Под ред. А. Н. Азрилияна. – 6-е изд., доп. – М.: Институт новой экономики, 2004. – 1376 с.

169. Основные понятия и структурные элементы науки. П. 3.2: Теоретические основы. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6022857/page:5/>.

170. ISO/IEC/IEEE 24765:2010. Systems and software engineering – Vocabulary. – Режим доступа: <http://www.cse.msu.edu/~cse435/Handouts/Standards/IEEE24765.pdf>.
171. Моисеев, Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев. – М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. литературы, 1981. – 488 с.
172. Сатин, А. П. Прогнозирование готовности пожарной техники на основе марковской модели поломок и восстановления / А. П. Сатин, Т. Б. Ле, Ю. В. Прус // Технологии техносферной безопасности. – 2012. – № 5(45). – 11 с.
173. Григорьев, Л. И. Экспертные системы и их применение (на примере нефтегазовой геологии) / Л. И. Григорьев, М. С. Арабаджи, И. Т. Гасымов. – М.: Газпром, 1993. – 69 с.
174. Тетерин, И. М. Методология разработки экспертных систем для оперативного управления пожарными подразделениями / И. М. Тетерин, В. М. Климовцов, Ю. В. Прус // Технологии техносферной безопасности. – 2008. – № 5(21). – 68 с.
175. Искусственный интеллект: в 3 кн. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы / Под ред. Э. В. Попова. – М.: Радио и связь, 1990. – 464 с.
176. Ларичев, О. И. Выявление экспертных знаний / О. И. Ларичев, А. И. Мечитов, Е. М. Мошкович, Е. М. Фуремс. – М.: Наука, 1989. – 128 с.
177. Самарин, И. В. Управление пожаровзрывобезопасностью на объектах ТЭК в особых условиях / И. В. Самарин // Пожаровзрывобезопасность. – 2020. – Т. 29. – № 2. – С. 44-52.
178. О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц : Федер. закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ // Российская газета. – 22.07.2011. – Федер. вып. № 159(5535). – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_116964/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116964/).
179. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Федер. закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ. – Режим доступа: <http://fssprus.ru/2315090/?print=1>.
180. Об установлении запрета и ограничений на допуск товаров, происходящих из иностранных государств, работ (услуг), выполняемых

(оказываемых) иностранными лицами, для целей осуществления закупок товаров, работ (услуг) для нужд обороны страны и безопасности государства: Постановление Правительства Российской Федерации от 24.12.2013 № 1224. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/70550030/>.

181. Ростокуев, В. В. Экспертная система для обработки данных контроля загрязнения атмосферы / В. В. Ростокуев. – СПб., 1997. – 261 с.

182. В ближайшие два года на территории области появятся несколько уникальных СПГ заводов. – Режим доступа: <http://www.hudoznikov.ru/2013/12/13/v-blizhayshie-dva-goda-na-territorii-oblasti-poyavyatsya-neskolko-unikalnyh-spg-zavodov.html>.

183. Морские стационарные платформы для добычи нефти и газа на континентальном шельфе. Требования пожарной безопасности: свод правил (проект) / ФГУ ВНИИПО МЧС России. – М., 2010.

184. О противопожарном режиме: Постановление Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 № 390. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/70170244/>.

185. Мошкин, А.С. Некоторые аспекты стратегического планирования в управлении предприятиями оборонно-промышленного комплекса / А.С. Мошкин, Б.Н. Гудков, В.В. Баскаков // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2017. – № 7-8 (109-110). – С. 12–15.

186. Рябошапко, В. А. Основные положения научно-методического аппарата разработки антикризисных целевых программ (часть 1) / В. А. Рябошапко, А. Н. Фомин // Вестник Академии военных наук. – 2005. – № 4(13). – С. 71–81.

187. Рябошапко, В. А. Основные положения научно-методического аппарата разработки антикризисных целевых программ (часть 2) / В. А. Рябошапко, А. Н. Фомин // Вестник Академии военных наук. – 2006. – № 1(14). – С. 59–76.

188. Самарин, И. В. Стратегическое планирование: модифицированный метод парных сравнений для задач высокой размерности / И. В. Самарин // Труды

Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2016. – № 1/282. – С. 121–134.

189. Баскаков, В. В. Научно-методический инструментарий стратегического планирования на крупных предприятиях: учеб. пособие / В. В. Баскаков, И. В. Самарин, С. А. Федосеев, А. Н. Фомин. – М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, Академия военных наук, 2014. – 443 с.

190. Баскаков, В. В. Теоретические и программно-инструментальные основы стратегического планирования на предприятиях оборонно-промышленного комплекса в современных условиях: монография / В. В. Баскаков, И. В. Самарин, С. А. Федосеев, А. Н. Фомин; Министерство обороны РФ. – М.: Типография ВА РВСН им. Петра Великого, 2015. – 447 с.

191. ГОСТ Р 55833–2013. Ресурсосбережение. Требования к документированию при производстве продукции. Политика рационального использования и экономии материалов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 36 с.

192. Базилевич, Л. А. Модели и методы рационализации и проектирования организационных структур управления / Л. А. Базилевич, Д. В. Соколов, Л. К. Франева. – Л.: ЛФЭИ, 1991. – 156 с.

193. Поддубный, А. А. Иерархия – мать порядка / А. А. Поддубный // Менеджмент роста. – 2006. – № 2. – С. 7–10.

194. Борманн, Д. Менеджмент. Предпринимательская деятельность в рыночной экономике / Д. Борманн, Л. Воротина, Л. Федерманн. – Гамбург : S+W, 1992. – 906 с.

195. Волкова, К. А. Государственное предприятие: структура, положения об отделах и службах, должностные инструкции: справ. пособие / К. А. Волкова, Ф. К. Казакова, А. С. Симонов. – 2-е изд., доп. – М.: Экономика, 1990. – 448 с.

196. Лагоша, Б. А. Методы и модели совершенствования организационных структур / Б. А. Лагоша, В. Г. Шаркович, Т. Д. Дегтярева. – М.: Наука, 1988. – 189 с.

197. Мескон, М.Х. Основы менеджмента / М. Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедуори. – 3-е изд., испр. и доп.; пер. с англ. – М.: ИД Вильямс, 2008. – 672 с.

198. Основы управления: учеб. пособие / Под ред. В. П. Радукина. – М.: Высшая школа, 1986. – 271 с.
199. Рапопорт, В. Ш. Диагностика управления: практический опыт и рекомендации / В. Ш. Рапопорт. – М. : Экономика, 1988. – 128 с.
200. Таунсенд, Р. Секреты управления, или Как удержать компанию от подавления инициативы людей и снижения прибыли / Р. Таунсенд. – М.: Интерконтакт, 1991. – 91 с.
201. Санталайнен, Т. Управление по результатам / Т. Санталайнен, Э. Воутилайнен, П. Поренне, Й. Х. Ниссинен. – М. : Прогресс, 1988. – 320 с.
202. Юксвярав, Р. К. Управленческое консультирование: теория и практика / Р. К. Юксвярав, М. Я. Хабакук, Я. А. Лейманн. – М. : Экономика, 1988. – 240 с.
203. Мулен, Э. Кооперативное принятие решений: аксиомы и модели: пер. с англ. О. Р. Меньшиковой / Э. Мулен; под ред. И. С. Меньшикова. – М.: Мир, 1991. – 464 с.
204. Буренок, В. М. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / В. М. Буренок, В. М. Ляпунов, В. И. Мудров. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Граница, 2005. – 519 с.
205. Онищенко, Ю. А. Стратегическое и оперативное планирование – основные этапы процесса управления развитием технического оснащения сил ликвидации чрезвычайных ситуаций / Ю. А. Онищенко, Г. С. Марков, А. В. Лагутина // Технологии гражданской безопасности. – 2012. – Т. 9. – № 2 (32). – С. 50–57.
206. Поклад, П. М. Анализ методов интеллектуализации управления сложными динамическими объектами / П. М. Поклад // Вестник ИГЭУ. – 2010. – № 2. – С. 76–79.
207. Богданов, А. Г. Методы разработки управленческих решений: учеб.-метод. пособие / А. Г. Богданов. – Казань: Издательство КГУ, 2010. – 49 с.
208. Новиков, Д. А. Методология управления / Д. А. Новиков. – М.: Либроком, 2011. – 128 с.
209. Бомас, В. В. Поддержка субъективных решений в многокритериальных задачах / В. В. Бомас, В. А. Судаков. – М.: Изд-во МАИ, 2011. – 176 с.



210. Васильев, В. И. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учеб. пособие / В. И. Васильев, Б. Г. Ильясов. – М.: Радиотехника, 2009. – 387 с.

211. Орлов, А. И. Стратегическое планирование на предприятии: формализация задачи обоснования среднесрочного плана деятельности / А. И. Орлов, И. В. Самарин // Новые технологии в газовой промышленности (газ, нефть, энергетика)», Москва, 8–11 октября 2013 г.: тезисы докладов юбилейной 10-й Всероссийской конференции молодых ученых, специалистов и студентов. – М., 2013. – С. 198.

212. О стратегическом планировании в Российской Федерации: Федер. закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ (ред. от 31.12.2017) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2014. – № 26 (ч. I), ст. 3378. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420204138>.

213. Пучков, В. А. О долгосрочных перспективах развития системы МЧС России / В. А. Пучков // Проблемы анализа риска. – 2013. – Т. 10. – № 1. – С. 6–15.

214. Экономика и управление предприятием / ред. И. А. Куянцев. – Москва : Студенческая наука, 2012. – Часть 1. Сборник студенческих работ. – 1552 с. – (Вузовская наука в помощь студенту). – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=225894>.

215. Маркова, В. Д. Стратегический менеджмент : курс лекций : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим специальностям / В. Д. Маркова, С. А. Кузнецова. – Москва : Издательский Дом "Инфра-М", 2008. – 287 с.

216. Фомин, А.Н. Методический аппарат стратегического планирования комплекса мероприятий по созданию финансового центра / А.Н. Фомин, С.А. Крюкова, Г.А. Макаренко // Аналитический доклад. – Режим доступа: <http://csef.ru/ru/ekonomika-i-finansy/251/metodicheskij-apparat-strategicheskogo-planirovaniya-kompleksa-meropriyatij-po-sozdaniyu-mezhdunarodnogo-finansovogo-czentra-600>.

217. Подберезкин, А.И. Стратегическое прогнозирование и планирование внешней и оборонной политики: В 2 т. Т. 2: Прогнозирование сценариев развития международной и военно-политической обстановки на период до 2050 года: монография / А.И. Подберезкин, М.В. Александров, К.П. Боришполец, Е.С. Зиновьева. – М.: МГИМО МИД РФ, 2015. – 722 с.
218. Акоф, Р. Основы исследования операций: пер. с англ. / Р. Акоф, М. Сасиени; под ред. И. А. Ушакова. – М.: Мир, 1971. – 536 с.
219. Моисеев, Н. Н. Методы оптимизации / Н. Н. Моисеев, Ю. П. Иванилов, Е. М. Столярова. – М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. литературы, 1978. – 352 с.
220. Современное состояние теории исследования операций / Под ред. Н. Н. Моисеева. – М.: Наука, 1979. – 464 с.
221. Берзин, Е. А. Оптимальное распределение ресурсов и элементы синтеза систем / Е. А. Берзин; под ред. Е. В. Золотова. – М.: Советское радио, 1974. – 304 с.
222. Смирнов, В. И. Курс высшей математики: т. 3. ч. 1 / В. И. Смирнов. – 10-е изд. – М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. литературы, 1974. – 324 с.
223. Глушков, В. М. О системной оптимизации / В. М. Глушков // Кибернетика. – 1980. – № 5. – С. 89–90.
224. Страусс, А. Основы качественного исследования: обоснованная теория, процедуры и техники: пер. с англ. и послесловие Т. С. Васильевой / А. Страусс, Дж. Корбин. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 256 с.
225. Тюкин, И. Ю. Адаптация в нелинейных динамических системах / И. Ю. Тюкин, В. А. Терехов. – СПб.: URSS, 2014. – 384 с.
226. Баскаков, В. В. Методология обоснования рациональных вариантов Программы вооружения на базе методов теории полезности: монография в 2 ч. / В.В. Баскаков, А.Н. Фомин, О.В. Усатенко; Минобороны РФ, Академия военных наук. – М.: Тип. ВА им. Петра Великого, 2010.
227. Самарин, И. В. Формализация задачи обоснования среднесрочного плана деятельности для построения автоматизированной системы управления стратегического планирования на предприятии // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 4. – С. 177–183.

228. Самарин, И. В. Государственно-частное партнерство в оборонно-промышленном комплексе: перспективы и проблемы / И. В. Самарин // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2014. – № 5-2. – С. 178–182.

229. Самарин, И. В. Методические подходы к рейтингованию высших учебных заведений / И. В. Самарин // Инновации и инвестиции. – 2013. – № 3. – С. 67–76.

230. Самарин, И. В. Оборонно-промышленный комплекс России в условиях глобальной конкуренции / И. В. Самарин // Стратегическая стабильность. – 2013. – № 2(63). – С. 16–23.

231. Кини, Р. Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: пер. с англ. В. В. Подиновского, М. Г. Гафта, В. С. Бабинцева / Р. Л. Кини, Х. Райфа; под ред. И. Ф. Шахнова. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.

232. Баскаков, В. В. Научно-методические основы подготовки научно-педагогических кадров / В. В. Баскаков, С. А. Федосеев, А. Н. Фомин; МО РФ, Академия военных наук. – М.: Тип. ВА им. Петра Великого, 2011.

233. Самарин, И. В. Актуальные проблемы на пути модернизации высокотехнологичных отраслей российской промышленности / И. В. Самарин, П. К. Калашников, А. И. Орлов // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 5. – С. 148–158.

234. Самарин, И. В. Стратегическое планирование на предприятии: применение метода анализа иерархий для стратегического мониторинга деятельности / И. В. Самарин, А. Н. Фомин // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2014. – № 5. – С. 84–89.

235. Самарин, И. В. АСУ стратегического планирования: методы определения параметров нелинейных функций в задачах эконометрики при разработке математических моделей / И. В. Самарин, А. Н. Фомин // Инновации и инвестиции. – 2015. – № 10. – С. 206–212.

236. Гриняев, С. Н. Проблемы оборонно-промышленного комплекса России в условиях глобализации / С. Н. Гриняев, И. В. Самарин // Экономика обороны и безопасности и аналитика: сборник статей по материалам общественных слушаний

и заседаний «круглых столов» Комиссии Общественной палаты Российской Федерации по проблемам национальной безопасности и социально-экономическим условиям жизни военнослужащих, членов их семей и ветеранов / Под ред. А. Н. Каньшина. – М., 2013. – С. 126–135.

237. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

238. Самарин, И. В. О некоторых закономерностях формирования рационального плана закупок для создания обеспечивающей подсистемы АСУ стратегического планирования / И. В. Самарин, А. И. Орлов // Естественные и технические науки. – 2014. – № 3(71). – С. 158–164.

239. Теория прогнозирования и принятия решений / Под ред. С. А. Саркисяна. – М.: Высшая школа, 1977. – 351 с.

240. Растрингин, Л. А. Адаптация сложных систем. Методы и приложения / Л. А. Растрингин - Рига: Зинатне, 1981. – 376 с.

241. Смирнов, В. И. Курс высшей математики: Т. 1 / В. И. Смирнов. – 23-е изд. – М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. литературы, 1974. – 480 с.

242. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – 10-е изд. – М.: Высшая школа, 2006. – 575 с.

243. Самарин, И. В. Алгоритмы решения задачи формирования рационального плана деятельности предприятия в современных условиях / И. В. Самарин // Современное состояние естественных и технических наук: материалы XV Международной научно-практической конференции. – М., 2014. – С. 78–98.

244. Самарин, И. В. Методы и алгоритмы оптимизации в задачах принятия решений в социальных и экономических системах / И. В. Самарин, А. И. Орлов // XXIII-XXIV Международная заочная научно-практическая конференция «Научная дискуссия: вопросы технических наук»: сб. ст. — № 6-7(19). — М., 2014. — С. 32–44.

245. Нгуен, Т.А. Автоматизация предотвращения пожаров на промышленных объектах при обнаружении токов утечки в электрооборудовании: специальность

05.13.06: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Нгуен Туан Ань. – Москва, 2011. – 22 с.

246. Самарин, И. В. Стратегическое планирование на предприятии: применение метода анализа иерархий для анализа системы целевых установок / И. В. Самарин, А. Н. Фомин // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 6. – С. 132–141.

247. Пожарные риски. Вып. 1: Основные понятия / Под ред. Н. Н. Брушлинского. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2014. – 48 с.

248. Брушлинский, Н. Н. Основы теории пожарных рисков и ее приложения / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов, Е. А. Клепко. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 82 с.

249. Вишняков, Я. Д. Общая теория рисков / Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. – 2-е изд., испр. – М.: Академия, 2008. – 368 с.

250. Брушлинский, Н. Н. О детализации пожарных рисков / Н. Н. Брушлинский, Е. А. Клепко, О. В. Иванова // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2011. – № 1. – С. 29–33.

251. Прус, Ю. В. Связь понятий «пожарный риск» и «пожарная безопасность» с позиции теории управления / Ю. В. Прус, А. Р. Колесникова, В. М. Шаповалов // Актуальные проблемы пожарной безопасности: Матер. 26-й Межд. научно-практ. конф. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2014. – С. 340–343.

252. Самарин, И. В. Стратегическое планирование на предприятии: численные методы оптимизации многопараметрических функций в задачах стратегического планирования / И. В. Самарин, А. И. Орлов // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2014. – № 4. – С. 167–173.

253. Калашников, П. К. Формализация задачи повышения качества жизни граждан как элемент управления в социальных и экономических системах государства / П. К. Калашников, А. И. Орлов, И. В. Самарин, А. Н. Фомин // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 10. – С. 209–214.

254. Перечень федеральных целевых программ, предусмотренных к финансированию из федерального бюджета на 2018 год. – Режим доступа: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/FcpList/Full/2018>.

255. Научно-методическое и информационное обеспечение выполнения Государственной программы вооружения (ГПВ–2020) в 2011–2013 годах в части МЧС России. Этап III, заключительный: Единая система исходных данных (ЕСИД) для формирования проекта государственной программы вооружения на 2016–2025 годы (ГПВ–2025): отчет о НИР. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015.

256. О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов и модернизации оборонно-промышленного комплекса: Указ Президента РФ от 07.05.2012 № 603. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/70170938/>.

257. План строительства и развития сил и средств Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий на 2016–2020 годы. – М.: МЧС России, 2014.

258. План переоснащения подразделений МЧС России современными средствами и техникой на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годы. – М.: МЧС России, 2014.

259. Марков, Г. С. Основные направления развития аварийно-спасательной техники. Проблемные вопросы внедрения и контроля качества продукции / Г. С. Марков, Ю. А. Онищенко, В. В. Щеголькова // Технологии гражданской безопасности. – 2011. – Т. 8. – № 3 (29). – С. 50–53.

260. Марков, Г. С. Предложения в проект Государственной программы вооружения на 2016–2025 годы (ГПВ–2025) в части МЧС России / Г. С. Марков, Ю. А. Онищенко, В. В. Щеголькова, А. В. Лагутина. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014.

261. Грязнов, С. Н. Обоснование предложений по дальнейшему развитию системы технического оснащения спасательных сил МЧС России на долгосрочный период / С. Н. Грязнов, В. П. Малышев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2015. – Т. 5. – № 1(8). – С. 34–50.

262. Малышев, В. П. Научные проблемы строительства, развития и применения сил и средств МЧС России / В. П. Малышев, М. И. Фалеев // Научные

проблемы национальной безопасности Российской Федерации. – Вып. 5. – М.: Известия, 2012. – С. 183-193.

263. Калашников, П. К. Показатели качества жизни в системе государственного стратегического планирования / П. К. Калашников, А. И. Орлов, И. В. Самарин, А. Н. Фомин // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 9. – С. 49–56.

264. Васильев, Ю. П. Управление развитием производства. Опыт США / Ю. П. Васильев. – М.: Экономика, 1989. – 239 с.

265. Глушков, И. Н. Управление развитием вооружений и военной техники. Ч. 1: Программно-целевое планирование, проблемы и перспективы / И. Н. Глушков, И. Д. Мельников, С. Н. Остапенко, М. А. Потапов. – М.: ВНИИНС, 2002.

266. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613679 от 23.03.2015. Программный комплекс для решения задач стратегического планирования на предприятии / А. И. Орлов, И. В. Самарин. — № 2014664161; заявл. 31.12.2014, опублик. 20.04.2015.

267. Акционерное общество «Московский газоперерабатывающий завод»: офиц. сайт. – Режим доступа: <http://www.mgpz.ru/tekhnicheskie-gazy>.

268. Самарин, И. В. Нефтяные тренды российской экономики: монография / И. В. Самарин, А. Н. Фомин, П. К. Калашников, А. И. Орлов; РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. – М.: Адвансед Солюшиз, 2016. – 210 с.

269. Самарин, И. В. К вопросу о создании автоматизированной обеспечивающей подсистемы поддержки принятия решений для формирования среднесрочного плана деятельности предприятия / И. В. Самарин // Материалы XXVI Международной заочной научно-практической конференции «Научная дискуссия: инновации в современном мире»: сб. ст. – № 6(26). – М.: Изд-во «Международный центр науки и образования», 2014. – С. 32–44.

270. Самарин, И. В. К вопросу о создании специального программного обеспечения для поддержки принятия решений с целью эффективного формирования рационального плана закупок / И. В. Самарин, А. И. Орлов // Международная научно-практическая конференция «Технические науки: теория, методология и практика», Москва, 17 июня 2014 г. – М., 2014. – С. 34–44.

271. Самарин, И. В. Разработка и совершенствование методов получения и обработки информации для задач управления крупным предприятием / И. В. Самарин // III Международная научная конференция «Технические науки в России и за рубежом», Москва, июль 2014 г. – М., 2014. – С. 48–54.

272. Самарин, И. В. Автоматизация выработки плановых управленческих решений: факторы минимума при формировании целевой функции деятельности предприятия / И. В. Самарин // XI Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России», 8–10 февраля 2016 г.: сб. тезисов. – М., 2016. – С. 346.

273. Самарин, И. В. Применение метода парных сравнений для оценки величин затрат на проведение мероприятий на ранних этапах стратегического бюджетного планировании социально-экономических проектов / И. В. Самарин // XXXIII Международная заочная научно-практическая конференция «Научная дискуссия: вопросы технических наук»: сб. ст. – № 4(25). – М.: Изд. «Международный центр науки и образования», 2015. – 122 с.

274. Горенский, Б. М. Принципы построения автоматизированных систем управления: учеб. пособие / Б. М. Горенский; ГАЦМиЗ. – Красноярск, 1995. – 84 с.

275. Глушков, В. М. Основы безбумажной информатики / В. М. Глушков. – 2-е изд., испр. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 552 с.

276. Eric Wai Ming Lee. Application of Artificial Neural Network to Building Compartment Design for Fire Safety / Eric Wai Ming Lee, Po Chi Lau, Kitty Kit Yan Yuen // Intelligent Data Engineering and Automated Learning – IDEAL. – 2006. – Vol. 4224. – P. 265–274. DOI: 10.1007/11875581\_32.

277. Гвоздев, Е. В. О методике оценки состояния пожарной безопасности на предприятии ОАО «МОСВОДОКАНАЛ» / Е. В. Гвоздев, А. В. Рыбаков // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2014. – № 3(22). – С. 68–80.

278. Гвоздев, Е. В. Информационно-управляющая система обеспечения пожарной безопасности территориально распределенных объектов жилищно-коммунального типа: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.10 / Гвоздев Евгений Владимирович Гвоздев. – М., 2016. – 156 с.



279. Кимстач, И. Ф. Пожарная тактика / И. Ф. Кимстач, П. П. Девлишев, Н. М. Евтюшкин. – М.: Стройиздат, 1984. – 590 с.

280. Тетерин, И. М. Применение 160 систем поддержки принятия решений руководителями оперативных подразделений при тушении пожаров в крупных городах / И. М. Тетерин, Н. Г. Топольский, В. М. Климовцов, Ю. В. Прус // Технологии техносферной безопасности. – 2008. – №4 (20). – 33 с.

281. Теребнев, В. В. Управление силами и средствами на пожаре: учеб. пособие / В. В. Теребнев, А. В. Теребнев; под ред. Е. А. Мешалкина. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 261 с.

282. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613678 от 23.03.2015. Модуль защищенной авторизации «RGUConsole» для работы в единой информационной системе университета / А. И. Орлов, И. В. Самарин. – № 2014664160; заявл. 31.12.2014, опублик. 20.04.2015.

283. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019616753 от 29.05.2019. Программа для моделирования и оценки эффективности работы автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности / И. В. Самарин. – № 2019615555; заявл. 19.05.2019, опублик. 29.05.2019.

284. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019667020 от 18.12.2019. Программа для мониторинга мероприятий пожарной безопасности на объектах ТЭК с оценкой риска их невыполнения в составе автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности / И. В. Самарин, А. Ю. Строгонов; заявл. 03.12.2019, опублик. 18.12.2019.

285. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018664077 от 12.11.2018. Программа для автоматизированного формирования плана мероприятий по защите объектов ТЭК на основе модели оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном объекте защиты в обычных условиях при помощи булевых извещателей в АСУП без учета координат / И. В. Самарин. – № 2018661259; заявл. 14.10.2018, опублик. 12.11.2018.

286. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018664997 от 28.11.2018. Программа для автоматизированного

формирования плана мероприятий по защите объектов топливно-энергетического комплекса на основе модели оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном объекте защиты в обычных условиях при помощи булевых извещателей в АСУП с учетом координат / И. В. Самарин. – № 2018661112; заявл. 15.10.2018, опублик. 28.11.2018.

287. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019667534 от 24.12.2019. Программа для моделирования условий комплексной безопасности в АСУТП на объектах ТЭК при диагностике пожарных извещателей / И. В. Самарин, А.Ю. Строгонов; заявл. 10.12.2019, опублик. 24.12.2019.

288. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019616752 от 29.05.2019. Программа для моделирования и оценки влияния мероприятий пожарной безопасности на агрегатную цель для цифровых двойников объектов ТЭК / И. В. Самарин. – № 2019615554; заявл. 19.05.2019, опублик. 29.05.2019.

289. НПБ 88–2001\*. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования. – М.: ГУГПС, ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 119 с. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200016069>.

290. ГОСТ 12.4.009–83. ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание (с изм. № 1). – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003611>.

291. Типовые правила технического содержания установок пожарной автоматики. – Режим доступа: <http://bydivli.narod.ru/tipoviepravila.htm>.

292. Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Приказ от 18.09.2012 № 555. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/70242352/>.

293. Гудков, А.С. Автоматизация интегрированных систем пожаро-взрывобезопасности атомных электростанций: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.13.06 / Гудков Александр Сергеевич. – Москва, 2007. – 22 с.

294. Топольский, Н. Г. Поддержка принятия решений при проведении поисково-спасательных операций в условиях Крайнего севера / Н. Г. Топольский, Д. С. Береснев // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – № 5(57). – Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_23104553\\_69126717.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_23104553_69126717.pdf).

295. Керов, Л. А. Экспертные системы: инструментальные средства разработки / Л. А. Керов, А. П. Частиков, Ю. В. Юдин, В. А. Юхтенко. – СПб.: Политехника, 1996. – 219 с.

296. Экспертные системы в военном деле: учеб. пособие. – Киев : Киевское высшее военное авиационное инженерное училище, 1991. – 114 с.

297. Антонов, А. В. Системный анализ : учеб. для вузов / А. В. Антонов. – М.: Высшая школа, 2004. – 454 с.

298. Самарский, А. А. Численные методы: учеб. пособие / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 432 с.

299. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019616672 от 28.05.2019. Программа для прогнозирования готовности единиц противопожарного оборудования АСУТП на предприятиях ТЭК / И. В. Самарин. – № 2019615488; заявл. 18.05.2019, опубл. 28.05.2019.

300. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019616656 от 28.05.2019. Программа для моделирования и оценки эффективности приведения в готовность оборудования автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности / И. В. Самарин. – № 2019615710; заявл. 19.05.2019, опубл. 28.05.2019.

301. Самарин, И. В. О целесообразности иерархии в системе стратегического планирования и управления крупным предприятием / И. В. Самарин // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 8. – С. 109–114.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

**Свидетельства о государственной регистрации  
программы для ЭВМ**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2022661760**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):  
2022661760

Дата регистрации: 25.06.2022

Номер и дата поступления заявки:  
2022661497 25.06.2022

Дата публикации и номер бюллетеня:  
25.06.2022 Бюл. № 7

Автор(ы):

Самарин Илья Вадимович (RU)

Правообладатель(и):

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)**

Название программы для ЭВМ:

**Программа для расчёта эффективности работы автоматизированных систем  
пожаровзрывобезопасности объекта топливно-энергетического комплекса**

**Реферат:**

Разработанная программа реализовывает алгоритмы повышения эффективности работы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объекта топливно-энергетического комплекса в особых условиях с одним ограничением и при полноценном финансировании включённых в план работ, в особых условиях с одним ограничением и при произвольном финансировании включённых в план работ, в особых условиях с несколькими ограничениями и с несколькими источниками финансирования, общего случая решения оптимизационной задачи повышения эффективности автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности в особых условиях.

**Язык программирования:**

HTML 4, Javascript

**Объем программы для ЭВМ:**

4,8 Мб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2022661759**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):  
2022661759

Дата регистрации: 25.06.2022

Номер и дата поступления заявки:  
2022661495 25.06.2022

Дата публикации и номер бюллетеня:  
25.06.2022 Бюл. № 7

Автор(ы):

Самарин Илья Вадимович (RU)

Правообладатель(и):

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)**

Название программы для ЭВМ:

**Программа для определения интегрального стратегического риска реализации совокупности мероприятий в автоматизированных системах пожаровзрывобезопасности объекта топливно-энергетического комплекса с помощью статистических испытаний**

**Реферат:**

Разработанная программа предназначена для лиц, принимающих решения, с целью прогнозирования ситуации в автоматизированных системах пожаровзрывобезопасности (АСПВБ) объекта топливно-энергетического комплекса по различным направлениям контроля. Алгоритм, реализованный в составе программы, позволяет оценить стратегические риски на основе прогнозирования значений агрегатного показателя качества для многоуровневой иерархической схемы «от цели к мероприятию». Применение программы позволяет лицу, принимающему решения, оценивать руководителей соответствующих направлений АСПВБ, а также персонал, занятый профилактическими работами. Использование программы будет полезно в условиях применения «Индустрии 4.0», а также при ограничениях на финансирование и поставки продукции.

**Язык программирования:** HTML 4, Javascript

**Объем программы для ЭВМ:** 1,8 Мб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2022661758**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):

2022661758

Дата регистрации: 25.06.2022

Номер и дата поступления заявки:

2022661494 25.06.2022

Дата публикации и номер бюллетеня:

25.06.2022 Бюл. № 7

Автор(ы):

Самарин Илья Вадимович (RU)

Правообладатель(и):

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)**

Название программы для ЭВМ:

**Программа для мониторинга в интересах лица, принимающего решения, по различным направлениям в автоматизированных системах управления технологическими процессами (по обратному методу решающих матриц)**

**Реферат:**

Разработанная программа предназначена для проведения стратегического мониторинга на предприятии по различным направлениям его деятельности. Может применяться составом дежурной смены в качестве инструмента проведения мониторинга в интересах лиц, принимающих решения. Значимым направлением деятельности лиц, принимающих решения, может являться обеспечение пожаровзрывобезопасности на объекте предприятия за счёт повышения эффективности работы оборудования в автоматизированных системах управления технологическими процессами и действий персонала по его обслуживанию. В программе реализована возможность определения ожидаемых уровней реализации как агрегатной, так и всех промежуточных целей.

**Язык программирования:**

HTML 4, Javascript

**Объем программы для ЭВМ:**

9,62 Кб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2021666189**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):

2021666189

Дата регистрации: 09.10.2021

Номер и дата поступления заявки:

2021665565 08.10.2021

Дата публикации и номер бюллетеня:

09.10.2021 Бюл. № 10

Автор(ы):

Крючков Алексей Вячеславович (RU),

Самарин Илья Вадимович (RU),

Строгонов Андрей Юрьевич (RU)

Правообладатель(и):

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ**

**АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО**

**ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ**

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)**

Название программы для ЭВМ:

**Программа расчёта регламентного числа установленных газоанализаторов в пожаровзрывоопасных зонах открытых площадок прямоугольной формы на объектах нефтегазового комплекса**

**Реферат:**

Программа расчёта регламентного числа установленных газоанализаторов в пожаровзрывоопасных зонах открытых площадок прямоугольной формы на объектах нефтегазового комплекса предназначена для определения установленного нормативным документом ГАЗ-86 количества газоанализаторов. Алгоритм работы программы отражает особенности установки газоанализаторов любых типов и марок, описываемые в регламентном документе ГАЗ-86, вокруг открытых площадок переработки нефти и газа прямоугольной формы на объектах нефтегазового комплекса.

**Язык программирования:**

HTML 4, Javascript

**Объем программы для ЭВМ:**

6,32 Кб



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU2019667534

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):

2019667534

Дата регистрации: 24.12.2019

Номер и дата поступления заявки:

2019666094 10.12.2019

Дата публикации и номер бюллетеня:

24.12.2019 Бюл. № 1

Автор(ы):

Самарин Илья Вадимович (RU),

Строгонов Андрей Юрьевич (RU)

Правообладатель(и):

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ

АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО

ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)

Название программы для ЭВМ:

Программа для моделирования условий комплексной безопасности в АСУТП на объектах ТЭК при диагностике пожарных извещателей

**Реферат:**

Программный модуль предназначен для качественного диагностирования оборудования АСУТП первого уровня информирования, повышения надежности работы АСУТП на объектах ТЭК в целом. Программа может быть использована лицами, принимающими решения, для исследования комплексной безопасности в АСУТП ТЭК. За основу принят процесс математического моделирования оценки надежности работы составной части АСУТП – автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности. Предмет моделирования рассмотрен с учётом использования вектора целей планирования и управления объектом ТЭК, интегрального показателя качества. Используемый в программе аппарат стратегического планирования позволяет обеспечить качественное информирование ответственных лиц. ОС: Windows, Unix.

**Язык программирования:**

PHP, JavaScript

**Объем программы для ЭВМ:**

15,2 Мб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU2019667020

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):  
2019667020

Дата регистрации: 18.12.2019

Номер и дата поступления заявки:  
2019665775 03.12.2019

Дата публикации и номер бюллетеня:  
18.12.2019 Бюл. № 12

Контактные реквизиты:  
нет

Автор(ы):

Самарин Илья Вадимович (RU),  
Строгонов Андрей Юрьевич (RU)

Правообладатель(и):

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)

Название программы для ЭВМ:

Программа для мониторинга мероприятий пожарной безопасности на объектах ТЭК с оценкой риска их невыполнения в составе автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности

**Реферат:**

Программа предназначена для обеспечивающих подсистем автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности, с целью надёжности её работы, используется для непрерывного мониторинга мероприятий, плановой оценки эффективности выполнения мероприятий пожарной безопасности, также может применяться для прогнозирования выполнения планов обеспечения пожарной безопасности объектов ТЭК. Основу программы составляет автоматизированный алгоритм мониторинга с использованием обратного метода решающих матриц. Реализованы процедуры матричной алгебры при интегральных оценках рисков по агрегатным показателям качества. Может быть применена для оценки состояния противопожарного оборудования. Обеспечивается возможность стратегического планирования для накопления информации, необходимой для принятия решения в опасных ситуациях на объектах ТЭК. Тип ЭВМ: ПК; ОС: Windows, Unix.

Язык программирования: PHP, JavaScript

Объем программы для ЭВМ: 12,1 Мб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2019666844**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):  
2019666844  
Дата регистрации: 16.12.2019  
Номер и дата поступления заявки:  
2019665810 03.12.2019  
Дата публикации и номер бюллетеня:  
16.12.2019 Бюл. № 12

Автор(ы):  
Самари Илья Вадимович (RU),  
Строгонов Андрей Юрьевич (RU)  
Правообладатель(и):  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)

Название программы для ЭВМ:

**Программа для оценки интегрального ущерба объекту ТЭК с учётом вероятных пожарных рисков**

**Реферат:**

Программа предназначена для моделирования рисков пожаровзрывоопасных ситуаций на объектах ТЭК с целью оценки возможного материального ущерба и его снижения. Может применяться для выявления уязвимостей обеспечения пожарной безопасности на таких объектах. Представляет собой программный модуль в составе подсистем математического и организационно-правового обеспечения автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности. С помощью разработанной графовой структуры возможно детально рассмотреть зависимости мероприятий пожарной безопасности и опасных ситуаций. Реализован многоуровневый алгоритм формирования решающей матрицы, связанной с определением значимости мероприятий пожарной безопасности. В векторной форме определена оценка влияния мероприятий пожарной безопасности на компенсацию возможного ущерба от опасной ситуации. ОС: Windows, Unix.

**Язык программирования:** PHP, JavaScript

**Объем программы для ЭВМ:** 13,5 Мб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2019616753**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства): <b>2019616753</b> Дата регистрации: <b>29.05.2019</b> Номер и дата поступления заявки: <b>2019615555 19.05.2019</b> Дата публикации и номер бюллетеня: <b>29.05.2019 Бюл. № 6</b> Контактные реквизиты: <b>нет</b>	Автор(ы): <b>Самарин Илья Вадимович (RU)</b> Правообладатель(и): <b>ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)</b>
---	---

Название программы для ЭВМ:

**Программа для моделирования и оценки эффективности работы автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности**

**Реферат:**

Разработанное программное обеспечение предназначено для решения задач по моделированию и оценке эффективности работы автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности на объектах ТЭК. В программном комплексе реализован динамический режим стратегического планирования. Программа создана на базе современных web-технологий, поддерживает многопользовательский режим и обеспечивает возможность гибкой настройки прав доступа. В программе реализован комбинированный экспертно-расчётный метод решения оптимизационных задач математического программирования.

**Язык программирования:**

PHP, JavaScript

**Объем программы для ЭВМ:**

14,3 Мб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2019616752**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):  
2019616752

Дата регистрации: 29.05.2019

Номер и дата поступления заявки:  
2019615554 19.05.2019

Дата публикации и номер бюллетеня:  
29.05.2019 Бюл. № 6

Контактные реквизиты:  
нет

Автор(ы):

Самарин Илья Вадимович (RU)

Правообладатель(и):

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)

Название программы для ЭВМ:

Программа для моделирования и оценки влияния мероприятий пожарной безопасности на агрегатную цель для цифровых двойников объектов ТЭК

**Реферат:**

Программа предназначена для моделирования и оценки влияния мероприятий пожарной безопасности (ПБ) на агрегатную цель с применением виртуальных двойников объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК), а также с учётом требований к информационной безопасности (ИБ). Примененная в программе модель основана на методе анализа иерархий и распределении влияния отдельных категорий факторов, непосредственно факторов и мероприятий, проводимых на объекте ТЭК для снижения рисков количественных и качественных потерь. Программа может применяться для поддержки управления состоянием готовности пожарного оборудования к возникновению опасных ситуаций, связанных с пожарами и взрывами.

**Язык программирования:** Delphi

**Объем программы для ЭВМ:** 2,1 Мб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2019616672**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):

**2019616672**

Дата регистрации: **28.05.2019**

Номер и дата поступления заявки:

**2019615488 18.05.2019**

Дата публикации и номер бюллетеня:

**28.05.2019 Бюл. № 6**

Контактные реквизиты:

**нет**

Автор(ы):

**Самарин Илья Вадимович (RU)**

Правообладатель(и):

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ**

**АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО**

**ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ**

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)**

Название программы для ЭВМ:

**Программа для прогнозирования готовности единиц противопожарного оборудования АСУТП на предприятиях ТЭК**

**Реферат:**

Программа предназначена для автоматизированного прогнозирования готовности пожарных сил и средств на предприятии топливно-энергетического комплекса (ТЭК) с использованием методов стратегического планирования. Программа может применяться в процессе поддержки управления при проведении мониторинга готовности единиц противопожарного оборудования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) к возникновению опасных ситуаций, связанных с пожарами и взрывами.

**Язык программирования:**

**Delphi**

**Объем программы для ЭВМ:**

**1,7 Мб**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2019616656**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):

2019616656

Дата регистрации: 28.05.2019

Номер и дата поступления заявки:

2019615710 19.05.2019

Дата публикации и номер бюллетеня:

28.05.2019 Бюл. № 6

Контактные реквизиты:

нет

Автор(ы):

Самарин Илья Вадимович (RU)

Правообладатель(и):

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)**

Название программы для ЭВМ:

**Программа для моделирования и оценки эффективности приведения в готовность оборудования автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности**

**Реферат:**

Программа предназначена для моделирования и оценки эффективности действий по приведению в готовность оборудования автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности (АСПВБ). В программе использован инструментарий стратегического планирования. Программа может применяться для поддержки управления состоянием готовности пожарного оборудования к возникновению опасных ситуаций, связанных с пожарами и взрывами.

**Язык программирования:**

Delphi

**Объем программы для ЭВМ:**

1,9 Мб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU 2018664997

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):  
2018664997

Дата регистрации: 28.11.2018

Номер и дата поступления заявки:  
2018661112 15.10.2018

Дата публикации и номер бюллетеня:  
28.11.2018 Бюл. № 12

Контактные реквизиты:  
нет

Автор(ы):  
Самарин Илья Вадимович (RU)

Правообладатель(и):  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)

Название программы для ЭВМ:

**Программа для автоматизированного формирования плана мероприятий по защите объектов топливно-энергетического комплекса на основе модели оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном объекте защиты в обычных условиях при помощи булевых извещателей в АСУП с учётом координат**

**Реферат:**

Программа предназначена для автоматизированного формирования плана мероприятий по защите объектов топливно-энергетического комплекса на основе модели оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном объекте защиты в обычных условиях при помощи булевых извещателей в АСУП с учётом координат. Программа может применяться как составная часть системы управления технологическими процессами и производствами автоматизированной системы управления предприятием топливно-энергетического комплекса для обеспечения эффективного оперативного управления им.

**Язык программирования:** Delphi

**Объем программы для ЭВМ:** 2 Мб



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU 2018664077

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):  
2018664077

Дата регистрации: 12.11.2018

Номер и дата поступления заявки:  
2018661259 14.10.2018

Дата публикации и номер бюллетеня:  
12.11.2018 Бюл. № 11

Автор(ы):  
Самарин Илья Вадимович (RU)

Правообладатель(и):  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА" (RU)

Название программы для ЭВМ:

**Программа для автоматизированного формирования плана мероприятий по защите объектов ТЭК на основе модели оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном объекте защиты в обычных условиях при помощи булевых извещателей в АСУП без учёта координат**

**Реферат:**

Программа предназначена для автоматизированного формирования плана мероприятий по защите объектов топливно-энергетического комплекса на основе модели оценки обеспечения комплексной безопасности на рассредоточенном объекте защиты в обычных условиях при помощи булевых извещателей в АСУП без учёта координат. Программа может применяться как составная часть системы управления технологическими процессами автоматизированной системы управления предприятием топливно-энергетического комплекса для повышения оперативного управления им и увеличения эффективности всех звеньев производства в народном хозяйстве.

**Язык программирования:** Delphi

**Объем программы для ЭВМ:** 2 Мб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU 2015613679

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):  
2015613679

Дата регистрации: 23.03.2015

Номер и дата поступления заявки:  
2014664161 31.12.2014

Дата публикации: 20.04.2015

Авторы:

Орлов Андрей Игоревич (RU),  
Самарин Илья Вадимович (RU)

Правообладатель:

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Российский  
государственный университет нефти и газа имени  
И.М. Губкина» (RU)

Название программы для ЭВМ:

Программный комплекс для решения задач стратегического планирования на предприятии

Реферат:

Программный комплекс предназначен для решения задач стратегического планирования на предприятиях. В программном комплексе реализован динамический режим стратегического планирования. Программный комплекс создан на базе современных web-технологий, поддерживает многопользовательский режим и обеспечивает возможность гибкой настройки прав доступа. В программном комплексе реализован комбинированный экспертно-расчётный метод решения оптимизационных задач математического программирования, что позволяет формировать краткосрочные и среднесрочные планы развития. Программный комплекс может применяться для стратегического планирования деятельности предприятий.

Тип реализующей ЭВМ: IBM PC - совмест. ПК

Язык программирования: PHP, JavaScript

Вид и версия операционной системы: Windows, Unix

Объем программы для ЭВМ: 15000 Кб

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**Акты внедрения результатов диссертационной работы**

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Научно-консультативного совета  
при АТЦ СНГ, доктор юридических наук



М.А. Кочубей

» октября 2018 года

**АКТ**  
**реализации результатов диссертационной работы**  
**Самарина Ильи Вадимовича**

Мы, нижеподписавшиеся, начальник координационно-оперативного отдела Борцов Андрей Николаевич, старший инспектор аппарата Руководителя Мареев Павел Львович и старший инспектор аппарата Руководителя Смирнов Александр Александрович составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени доктора технических наук Самарина Ильи Вадимовича в области построения автоматизированных систем управления формированием плана мероприятий по защите объектов ТЭК в особых условиях являются актуальными и были использованы при подготовке и проведении совместных антитеррористических учений «Иссык-Куль – антитеррор-2018», в части, касающейся организации тактики использования сил МЧС при ликвидации последствий террористических актов.

Основные выводы, содержащиеся в диссертационном исследовании, представляют практический интерес и приняты к использованию в практической деятельности антитеррористических подразделений компетентных органов государств-участников СНГ.

Базовые положения исследования внедрены в разработанную АТЦ СНГ совместно с Институтом национальной безопасности Республики Беларусь (ИНБ РБ) Дополнительную профессиональную программу повышения

квалификации руководящего состава антитеррористических подразделений компетентных органов государств-участников СНГ и включены в Учебно-тематический план (УТП), одобренный на заседании специальной кафедры «Защита конституционного строя и борьба с терроризмом» ИНБ РБ. УТП рекомендован Научно-методическим советом государственного учреждения образования «Институт национальной безопасности Республики Беларусь» и по согласованию с Руководителем АТЦ СНГ утвержден Председателем КГБ Республики Беларусь.

Начальник координационно-оперативного отдела  
АТЦ СНГ

А.Н. Борцов

Старший инспектор аппарата  
Руководителя АТЦ СНГ,  
кандидат юридических наук,  
кандидат исторических наук, доцент

П.Л. Мареев

Старший инспектор аппарата  
Руководителя АТЦ СНГ,  
кандидат юридических наук

А.А. Смирнов

«УТВЕРЖДАЮ»  
Руководитель объекта строительства

В.Л. Мареев  
«            ноября 2018 года



**АКТ**  
**реализации результатов диссертационной работы**  
**Самарина Ильи Вадимовича**

Мы, нижеподписавшиеся, главный инженер 248 управления СМР Ионушас Н.А., главный энергетик Пиканин А.В., инженер по ОТ и ТБ Нейман А.В., составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени доктора технических наук Самарина Ильи Вадимовича на тему «Методологические основы автоматизированного управления стратегическим планированием мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях» были использованы при производстве строительно-монтажных работ по возведению «Технологического комплекса автотранспортного предприятия» по перевозке газового конденсата КС «Портовая» «Северный поток-1» (Ленинградская область, трасса «Скандинавия», 194 км.), включающего жидкотопливную АЗС и комплексную газовую автозаправочную станцию (СПГ, КПГ, СУГ) в части, касающейся вопросов обеспечения пожаровзрывобезопасности объектов ТЭК.

Основные выводы, содержащиеся в диссертационном исследовании, представляют практический интерес и приняты к использованию в практической деятельности производителя работ указанного объекта.

Главный инженер  
248 Управления СМР  
Главный энергетик  
248 Управления СМР

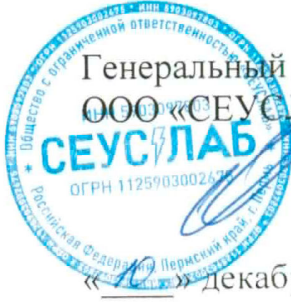
/ Ионушас Н.А./

Инженер по ОТ и ТБ

/ Пиканин А.В./

/ Нейман А.В./

«УТВЕРЖДАЮ»



Генеральный директор  
ООО «СЕУСЛАБ»

Е.А. Рабчевский

« 10 » декабря 2018 года

**АКТ**

**реализации результатов диссертационной работы  
Самарина Ильи Вадимовича**

Мы, нижеподписавшиеся, главный инженер Безруков Александр Викторович, исполнительный директор Лоцилин Александр Викторович и генеральный директор ООО «СЕУСЛАБ» Рабчевский Евгений Андреевич, составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени доктора технических наук Самарина Ильи Вадимовича на тему «Методологические основы автоматизированного управления стратегическим планированием мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях» были использованы при модернизации центра обработки данных программно-аппаратного комплекса «Поисковая система «СЕУС», предназначенного для поиска, мониторинга и анализа информации, размещенной в открытом пространстве социальных сетей, в части, касающейся выявления угроз пожаровзрывобезопасности объектов топливно-энергетического комплекса.

«Поисковая система «СЕУС» в настоящее время используется сотрудниками территориальных управлений МВД более 20 субъектов России.

Основные выводы, содержащиеся в диссертационном исследовании, представляют практический интерес и приняты к использованию в практической деятельности.

Генеральный директор ООО «СЕУСЛАБ»

Рабчевский Евгений Андреевич

Главный инженер

Безруков Александр Викторович

Исполнительный директор

Лоцилин Александр Викторович



ГОСУДАРСТВЕННАЯ ДУМА  
ФЕДЕРАЛЬНОГО СОБРАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
СЕДЬМОГО СОЗЫВА

**ДЕПУТАТ  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ДУМЫ**

11 июля 2019 г.

№ ЛГД-4/234

**Отзыв**

Результаты диссертационного исследования Самарина Ильи Вадимовича на тему: «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса» представляют значительный практический интерес.

Предложенные в работе методы, модели и алгоритмы были использованы для анализа эффективности правоприменительной практики в области стратегического планирования и обеспечения безопасности объектов ТЭК на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Проведенные расчеты помогли депутатам Государственной Думы выработать конструктивные предложения по внесению изменений в Федеральный закон от 28.06.2014 N 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации», а также в Федеральный закон от 21.07.2019 N 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса». Предложенные Самариним И.В. методы и алгоритмы решения задач в социальных и экономических системах востребованы в деятельности Ассоциации коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ.

С уважением,

заместитель председателя  
Комитета Государственной Думы  
по делам национальностей,  
президент Ассоциации коренных  
малочисленных народов Севера,  
Сибири и Дальнего Востока РФ

**Г.П. Ледков**





ООО «Центр пожарной безопасности»  
141205, Московская область,  
г. Пушкино, ул. Набережная, д. 2а, пом. 349  
8 (800) 707-10-33  
ooo.cpb01@mail.ru  
www.fire-safety.moscow

ИНН/КПП: 5038103981/503801001, Филиал «Центральный» Банка ВТБ (ПАО), Расчетный счет: 40702810202120000027,  
Корреспондентский счет: 30101810145250000411, БИК: 044525411

«25» июля 2019 г.

**АКТ ВНЕДРЕНИЯ**  
**результатов диссертационной работы Самарина А.В.**  
**на соискание ученой степени доктора технических наук.**

Комиссия в составе: председателя Гришина Кирилла Вячеславовича, членов комиссии: Вергасова Константина Викторовича, Сеницына Сергея Владимировича, выполнила опытную эксплуатацию программного обеспечения (далее – ПО) информационно-аналитического средства поддержки управления, созданного в ходе диссертационного исследования Самарина И.В. Комиссия получила следующие результаты:

- 1) ПО информационно-аналитического средства поддержки управления позволяет моделировать различные варианты составления планов, в том числе планов обеспечения пожаровзрывобезопасности;
- 2) Использование указанного ПО сокращает время составления планов мероприятий в случае, если данные о предприятии уже занесены в базу данных данного ПО; средний выигрыш во времени при различных вариантах применения составил от 17 до 22 %.

Подписи.

Председатель комиссии  Гришин К.В.

членов комиссии: 1)  Вергасов К.В.

2)  Сеницын С.В.

Генеральный директор  Гришин К.В.



ООО «Альянс «Стройбезопасность»  
117630, г. Москва, Старокалужское шоссе,  
д.62, стр.1, пом.203/А;  
тел/факс: 8 (495) 741-13-20;



ИНН/КПП: 501620354/501601001  
ПАО Промсвязьбанк в г.Москва  
БИК: 044525555  
Р/счет: 40702810750060271601;  
К/счет: 30101810400000000555

«30» июля 2019 г.

**АКТ**  
**Внедрения результатов диссертационной работы Самарина А.В.**  
**в ООО «Альянс «Стройбезопасность»**

Комиссия в составе: председателя Трушкина Дмитрия Владимировича, членов комиссии: Злобина Юрия Викторовича, Серова Александра Владимировича, использовала для внедрения программное обеспечение, разработанное Самариным И.В. при работе над диссертацией на соискание доктора технических наук. Комиссией установлено:

- 1) Программное обеспечение позволяет оценивать эффективность применения и готовности противопожарного оборудования;
- 2) в ходе применения было дополнительно обнаружено, что 14-17% от общего числа единиц применяемого в цехе производства бензинов противопожарного оборудования может оказаться неготовым к применению по разным причинам.

**Вывод:** разработанное Самариным И.В. в ходе написания диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук целесообразно использовать для выявления потенциально неготовых к применению единиц противопожарного оборудования.

Подписи.

Председатель комиссии  Трушкин Д.В.

членов комиссии: 1)  Злобин Ю.В.

2)  Серов А.В.

Генеральный директор  Трушкин Д.В.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ СОБРАНИЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
КОМИТЕТ СОВЕТА ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ОБОРОНЕ И БЕЗОПАСНОСТИ

ул. Б.Дмитровка, д. 26, Москва, 103426

«30» сентября 2019 г.

№ 3.3-06/1870

**АКТ**

внедрения результатов диссертационного исследования Самарина Ильи Вадимовича на тему «Методы, модели и алгоритмы организационного управления пожаровзрывобезопасностью предприятий ТЭК»

Научные и прикладные результаты, полученные И.В. Самариным в ходе подготовки диссертационного исследования на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Методы, модели и алгоритмы организационного управления пожаровзрывобезопасностью предприятий ТЭК», приобрели практическое применение в деятельности Комитета Совета Федерации по обороне и безопасности в части работы по совершенствованию законодательства, других распорядительных документов в области стратегического планирования и обеспечения должной эффективности защиты, в том числе противопожарной, объектов критической инфраструктуры Российской Федерации.

Наиболее ценными результатами для законодательной проработки является описание технологии стратегического мониторинга по различным направлениям деятельности на предприятиях и применения стратегического планирования на отраслевом уровне.

Председатель Комитета

  
В.Н. Бондарев

УТВЕРЖДАЮ  
 Генеральный директор  
 АО «Оренбургнефть»

Худяков Д.Л.

06. \_\_\_\_\_ 2021 г.



## А К Т

внедрения материалов диссертационной работы Самарина Ильи Вадимовича на тему «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса»

Комиссия в составе: председателя – заместителя генерального директора по перспективному планированию и развитию производства - Кудряшова Александра Витальевича, членов: и.о. начальника отдела по мобилизационной работе – Кудрявцевой Юлии Владимировны, начальника отдела по режимно-секретной работе – Исаевой Людмилы Александровны, и.о. начальника службы ГО и ЧС – Анисимовой Натальи Александровны, изучила научные результаты, полученные соискателем учёной степени доктора технических наук Самариним Ильей Вадимовичем в ходе выполнения им диссертационной работы на тему «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса» и установила:

модель прогнозирования готовности пожарных сил и средств автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности условно-расчетных объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях **необходимо использовать в качестве основы** для расчётов конкретных показателей готовности оборудования предупреждения пожаров на опасных объектах, которые следует использовать в приложениях к техническим регламентам;

методы параметрического анализа среднесрочных бюджетных планов

работы объекта топливно-энергетического комплекса по пожаровзрывобезопасности с помощью производственных функций и достижения заданного уровня эффективности для отраслевого планирования **также важны для разработки приложений** к техническим регламентам в соответствии с Приказом МЧС России от 09.02.2016 № 50 «Об организации стратегического планирования, а также мониторинга и контроля реализации документов стратегического планирования в системе МЧС России», изданного с целью реализации положений Федерального закона от 28 июня 2014 г. N 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

Вывод: Представленные научные результаты, полученные соискателем учёной степени доктора технических наук Самариным Ильей Вадимовичем в ходе выполнения им диссертационной работы на тему «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса» комиссия рекомендует применять во вновь создаваемых документах нормативной базы по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

**Председатель комиссии:**

Заместитель генерального директора по перспективному планированию и развитию производства

А.В. Кудряшов

**Члены комиссии:**

И.о. начальника отдела по мобилизационной работе

Ю.В. Кудрявцева

Начальник отдела по режимно-секретной работе

Л.А. Исаева

И.о. начальника службы ГО и ЧС

Н.А. Анисимова

«23» 06 2021 г.



**ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«САРАТОВСКИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД»**  
(ПАО «Саратовский НПЗ»)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

В.А. Захаров

« 29 » июня 2021 г.

## А К Т

внедрения материалов диссертационной работы Самарина Ильи Вадимовича на тему «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса»

Комиссия в составе: председателя – главного инженера Кузнецова Ю.В, членов: заместителя генерального директора по промышленной безопасности, охране труда и окружающей среды Гавриловой Н.Е., начальника отдела ГО и ЧС Меркина М.С. и начальника отдела по мобилизационной работе Попенко И.В., изучила научные результаты, полученные соискателем учёной степени доктора технических наук Самариним Ильей Вадимовичем в ходе выполнения им диссертационной работы на тему «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса» и установила:

модель прогнозирования готовности пожарных сил и средств автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности условно-расчетных объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях необходимо использовать в качестве основы для расчётов конкретных показателей готовности оборудования предупреждения пожаров на опасных объектах, которые следует использовать в приложениях к техническим регламентам;

методы параметрического анализа среднесрочных бюджетных планов работы объекта топливно-энергетического комплекса по пожаровзрывобезопасности с помощью производственных функций и достижения заданного уровня эффективности для отраслевого планирования также важны для раз-

работки приложений к техническим регламентам в соответствии с Приказом МЧС России от 09.02.2016 № 50 «Об организации стратегического планирования, а также мониторинга и контроля реализации документов стратегического планирования в системе МЧС России», изданного с целью реализации положений Федерального закона от 28 июня 2014 г. N 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

Вывод: Представленные научные результаты, полученные соискателем учёной степени доктора технических наук Самариным Ильей Вадимовичем в ходе выполнения им диссертационной работы на тему «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса» комиссия рекомендует применять во вновь создаваемых документах нормативной базы по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Председатель комиссии:  
Главный инженер

Ю.В. Кузнецов

Члены комиссии:  
Заместитель генерального директора  
по промышленной безопасности, охране труда  
и окружающей среды

Н.Е. Гаврилова

Начальник отдела ГО и ЧС

М.С. Меркин

Начальник отдела по мобилизационной работе

И.В. Попенко



«29» 06 2021 г.



## А К Т

внедрения материалов, полученных при исследованиях в рамках написания диссертационной работы Самарина Ильи Вадимовича на тему «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса»

Комиссия в составе: председателя – начальника мобилизационного отдела ПАО «Фортум» Прокашева Андрея Борисовича, членов: заместителя технического директора по эксплуатации ТМО ПАО «Фортум» Гребенкина Андрея Леонидовича и заместителя технического директора по электротехническому оборудованию ПАО «Фортум» Шумилова Александра Сергеевича, руководителя направления по пожарной безопасности ПАО «Фортум» Ширяевым Евгением Юрьевичем, поизучила научные результаты, полученные соискателем учёной степени доктора технических наук Самариним Ильей Вадимовичем в ходе выполнения им диссертационной работы на тему «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса».

Установлено следующее:

- 1) модель прогнозирования готовности пожарных сил и средств автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности условно-расчетных объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях необходимо использовать в качестве основы для расчётов конкретных показателей готовности оборудования предупреждения пожаров на опасных объектах, которые следует использовать в приложениях к техническим регламентам;
- 2) методы параметрического анализа среднесрочных бюджетных планов



работы объекта топливно-энергетического комплекса по пожаровзрывобезопасности с помощью производственных функций и достижения заданного уровня эффективности для отраслевого планирования также представляют интерес для разработки приложений к техническим регламентам в соответствии с Приказом МЧС России от 09.02.2016 № 50 «Об организации стратегического планирования, а также мониторинга и контроля реализации документов стратегического планирования в системе МЧС России», изданного с целью реализации положений Федерального закона от 28 июня 2014 г. N 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

Вывод: Представленные в диссертационной работе Самарина И.В. результаты комиссия рекомендует руководству Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий применить во вновь создаваемых документах нормативной базы.

Члены комиссии: Гребенкин А.Л.



Шумилов А.С.



Ширяев Е.Ю.



«      » 25.08.2021 2021 г.

## УТВЕРЖДАЮ

Член Правления – Заместитель  
Генерального директора по  
безопасности АО «БЭСК» -  
управляющей организации  
ООО «Башкирэнерго»

В.Н. Михайлов

« 06 сентября » 2021 г.



## А К Т

внедрения материалов, полученных при исследованиях в рамках написания диссертационной работы Самарина Ильи Вадимовича на тему «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаро-взрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса»

Комиссия в составе: председателя – заместителя директора – главного инженера ООО «Башкирэнерго» Шамшовича Олега Михайловича, членов: заместителя главного инженера – начальника департамента охраны труда, промышленной и экологической безопасности Петрова Григория Александровича, начальника отдела промышленной безопасности и надежности Оленичева Сергея Анатольевича, начальника отдела мобилизационной подготовки и гражданской обороны Хузяхметова Закира Зиннуровича, изучила научные результаты, полученные соискателем ученой степени доктора технических наук Самариним Ильей Вадимовичем в ходе выполнения им диссертационной работы на тему «Методы, модели и алгоритмы автоматизации организационного управления пожаровзрывобезопасностью объектов топливно-энергетического комплекса».

Установлено следующее:

1) Модель прогнозирования готовности пожарных сил и средств автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности условно-расчетных объектов топливно-энергетического комплекса в особых условиях необходимо использовать в качестве основы для расчетов конкретных показателей готовности оборудования предупреждения пожаров на опасных

объектах, которые следует использовать в приложениях к техническим регламентам;

2) Методы параметрического анализа среднесрочных бюджетных планов работы объекта топливно-энергетического комплекса по пожаровзрывобезопасности с помощью производственных функций и достижения заданного уровня эффективности для отраслевого планирования также представляют интерес для разработки приложений к техническим регламентам в соответствии с Приказом МЧС России от 09.02.2016 № 50 «Об организации стратегического планирования, а также мониторинга и контроля реализации документов стратегического планирования в системе МЧС России», изданного с целью реализации положений Федерального закона от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

Вывод: Представленные в диссертационной работе Самарина И.В. результаты комиссия рекомендует руководству Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий применить во вновь создаваемых документах нормативной базы.

Председатель комиссии:

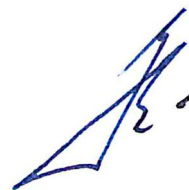
Заместитель директора – главный инженер  
ООО «Башкирэнерго»



О.М. Шамшович

Члены комиссии:

Заместитель главного инженера –  
начальника департамента охраны труда,  
промышленной и экологической  
безопасности ООО «Башкирэнерго»



Г.А. Петров

Начальник отдела промышленной и  
экологической безопасности  
ООО «Башкирэнерго»



С.А. Оленичев

Начальник отдела мобилизационной  
подготовки и гражданской обороны  
ООО «Башкирэнерго»



З.З. Хузахметов

« 06 » сентября 2021 г.

## УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии  
ГПС МЧС России по учебной работе  
кандидат исторических наук, доцент

В.С. Шныпко

2022 г.



## АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы  
Самарина Ильи Вадимовича, представленной на соискание  
учёной степени доктора технических наук по специальности  
2.3.4 - Управление в организационных системах (технические науки) и  
2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами  
(технические науки) в учебный процесс Академии ГПС МЧС России

Комиссия в составе председателя – заместителя начальника УНК АСИТ – начальника кафедры информационных технологий, кандидата технических наук, доцента Сатина Алексея Петроваича и членов – заместителя начальника кафедры информационных технологий УНК АСИТ, кандидата технических наук, доцента Мокшанцева Александра Владимировича, профессора кафедры информационных технологий УНК АСИТ, доктора физико-математических наук, профессора Авдеенко Алексея Михайловича, подтверждает, что результаты диссертации Самарина Ильи Вадимовича, посвящённой решению прикладной проблемы повышения эффективности систем пожаровзрывобезопасности в особых условиях, решению научно-технической проблемы разработки новых подходов к организационному управлению пожаровзрывобезопасностью в особых условиях, использованы при изучении дисциплин «Информационные технологии управления в РСЧС» (направление подготовки 38.04.04 Государственное и муниципальное управление) и «Информатика в техносферной безопасности» (направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность), а также при разработке учебно-методических комплексов ряда других учебных дисциплин, преподаваемых на кафедре информационных технологий УНК АСИТ Академии ГПС МЧС России.

Председатель комиссии

Заместитель начальника УНК АСИТ -  
начальник кафедры ИТ,  
к.т.н., доцент

А.П. Сатин

Члены комиссии

Заместитель начальника кафедры ИТ УНК АСИТ,  
к.т.н., доцент

А.В. Мокшанцев

Профессор кафедры ИТ УНК АСИТ,  
д.ф.-м.н., профессор

А.М. Авдеенко

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель начальника Академии  
ГПС МЧС России по научной работе  
доктор технических наук, профессор  
М.В. Алешков



2022 г.

**АКТ**

о внедрении результатов диссертационной работы  
Самарина Ильи Вадимовича, представленной на соискание  
учёной степени доктора технических наук по специальности  
2.3.4 - Управление в организационных системах (технические науки) и  
2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами  
(технические науки).

Комиссия в составе председателя – заместителя начальника УНК АСИТ – начальника научно-исследовательского отдела автоматизированных систем и информационных технологий, кандидата технических наук Шихалева Дениса Владимировича и членов – старшего научного сотрудника научно-исследовательского отдела УНК АСИТ, кандидата технических наук, доцента, Буцынской Татьяны Анатольевны и старшего научного сотрудника научно-исследовательского отдела УНК АСИТ Бережного Дениса Анатольевича подтверждает, что результаты диссертации Самарина Ильи Вадимовича, посвящённой решению прикладной проблемы повышения эффективности систем пожаровзрывобезопасности в особых условиях, решению научно-технической проблемы разработки новых подходов к организационному управлению пожаровзрывобезопасностью в особых условиях, использованы при разработке интеллектуальной информационной технологии автоматизации организационного управления эффективностью автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности на объектах ТЭК, а также в научных работах учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий.

Председатель комиссии

Заместитель начальника УНК АСИТ -  
начальник научно-исследовательского отдела  
автоматизированных систем и информационных технологий,  
к.т.н.

Д. В. Шихалев

Члены комиссии

Старший научный сотрудник НИО АСИТ,  
к.т.н., доцент

Т.А. Буцынская

Старший научный сотрудник НИО АСИТ,

Д.А. Бережной

УТВЕРЖДАЮ

Ректор  
РГУ нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина  
член-корреспондент РАО, д.э.н., профессор

В.Г. Мартынов

2022 г.



АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы  
Самарина Ильи Вадимовича  
**«МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬЮ  
ОБЪЕКТОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА»**  
в учебный процесс РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина


Комиссия в составе:

Председатель: проректор по учебной работе Кошелев В.Н., профессор, д.х.н.  
Члены комиссии: начальник учебно-методического управления Душин А.В., доцент,  
к.филос.н.  
заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов,  
Попадько В.Е., профессор, к.т.н.

Составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы на соискание учёной степени доктора технических наук по специальностям 2.3.4 - Управление в организационных системах (технические науки) и 2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки), внедрены в рабочие программы дисциплин «Технические средства автоматизации и управления», «Автоматизация управления нефтегазовыми технологическими процессами и производствами» по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах» в виде описания возможного использования интеллектуальной технологии организационного управления эффективностью автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности, а также в виде методических указаний к нескольким лабораторно-практическим работам.

Использование результатов диссертационного исследования позволяет изучить в рамках учебного процесса проблему зависимости отечественной промышленности от зарубежных технологий контроля пожарной безопасности и оценить возможность снижения рисков возникновения опасных ситуаций и поддержания действенного контроля противопожарной обстановки на объектах топливно-энергетического комплекса.

Председатель комиссии:

  
Кошелев В.Н.

Члены комиссии:

  
Душин А.В.

  
Попадько В.Е.