

ДЕТИНА Светлана Александровна

**НАДЕЖНОСТЬ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА
ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОПЕРАТИВНЫХ
ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ**

Специальность 05.26.01 – Охрана труда (электроэнергетика)

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Челябинск, 2012

Работа выполнена на кафедре «Безопасность жизнедеятельности» ФБГОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент Яговкин Николай Германович, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» ФБГОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», г. Самара.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Кузнецов Константин Борисович, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФБГОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», г. Екатеринбург;

доктор технических наук Кравчук Игорь Леонидович, заместитель генерального директора ОАО Научно-технический центр «Научно-исследовательский и проектный институт по добыче полезных ископаемых открытым способом» ОАО НТЦ НИИОГР, г. Челябинск.

Ведущее предприятие: ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», г. Тольятти.

Защита диссертации состоится 14 февраля 2013 г. в 12-00 часов в аудитории 1001 главного учебного корпуса на заседании диссертационного совета Д212.298.05 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И.Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ).

Автореферат разослан 14 января 2013 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью учреждения, просим направлять по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И.Ленина, 76, гл. корпус, Ученый совет ЮУрГУ, тел./факс: (351) 267-91-23, E-mail: lilia.if@mail.ru.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Ю.С.Усынин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Переход к новым хозяйственным механизмам путем интенсификации производственных процессов невозможен без более полного и эффективного использования достижений научно-технического прогресса, ресурсов, снижения ущерба от аварийности и травматизма. Решение этой задачи требует научно обоснованных подходов к организации и обеспечению безопасности на всех рабочих местах во всех без исключения отраслях промышленности.

Для электроэнергетических систем характерно усложнение и увеличение единичных мощностей, наличие большого процента физически устаревшего оборудования, а также недостаточно высокое качество вводимой техники. Возрастают скорости процессов в нормальных и аварийных режимах работы энергосистем, а также удельные нагрузки на электрооборудование.

В результате стабильно увеличивается объем работы, выполняемый оперативным персоналом, который, вместе со своими основными функциями, должен одновременно «парировать» все недостатки и ненадежность оборудования с целью сохранения его работоспособности. Это обуславливает повышение роли оперативного персонала при осуществлении переключений электрооборудования с целью предупреждения технологических нарушений и как следствие – аварий и несчастных случаев.

В отечественной и зарубежной литературе уделяется большое внимание исследованиям инженерно-технических, психологических, экономических и других аспектов проблемы повышения надежности персонала при эксплуатации энергосистем.

Однако большинство публикаций представляет собой статьи в журналах, брошюры, отдельные главы в книгах, которые в целом посвящены другим проблемам: медико-физиологическим, либо техническим, либо санитарно-гигиеническим, либо организационного или социологического характера.

Такие работы при всех своих несомненных достоинствах не могут осветить сложный, комплексный характер проблемы, а результаты анализа отрицательных последствий (причем зачастую в их крайних проявлениях) должны являться не своего рода «самоцелью», а исходными данными для разработки мер по предупреждению технологических нарушений, вызванных ошибочными действиями оперативного персонала при осуществлении переключений.

Однако практическое внедрение результатов многочисленных исследований до сих пор весьма затруднено и малоэффективно из-за их фрагментарности и концептуальной разобщенности отдельных публикаций. Трудности объединения в единую систему разных аспектов этой проблемы отмечены специалистами многих стран.

Недостаточная ее проработанность предопределила выбор темы диссертационной работы, постановку цели и задач исследования.

Цель работы – повышение надежности и безопасности в работе оперативного персонала при осуществлении оперативных переключений в системах электроснабжения.

Она включает решение следующих задач:

1. Исследование основных причин и видов ошибочных действий оперативного персонала при эксплуатации электроустановок и в нестандартных ситуациях.

2. Разработку методик количественной оценки параметров, определяющих вероятность возникновения ошибочных действий оперативного персонала с целью разработки мероприятий по профилактике технологических нарушений.

3. Разработку методики и экспериментальное определение вероятного времени наступления ошибочных действий у оперативного персонала с целью предупреждения технологических нарушений в условиях ПС «Томыловская».

4. Формирование методики по определению наиболее эффективных мероприятий по предупреждению ошибочных действий оперативного персонала и её экспериментальная проверка.

Предметом исследования является оперативный персонал в процессе эксплуатации электроустановок.

Методы исследования. Исследования выполнены с использованием теорий – вероятности, случайных функций, математической статистики; матриц, графов; методов – математического анализа, математического моделирования, приближенных вычислений, психофизиологических исследований и теоретических основ информационно-измерительной техники.

Научная новизна заключается в:

1. модели формирования технологических нарушений при обслуживании электроустановок;

2. методиках количественной оценки параметров, определяющих вероятность возникновения ошибочных действий оперативного персонала;

3. методике определения вероятного времени наступления ошибочных действий у оперативного персонала.

4. методике по определению наиболее эффективных мероприятий по предупреждению ошибочных действий оперативного персонала;

На защиту выносятся следующие основные научные положения:

1. модель формирования технологических нарушений при обслуживании электроустановок;

2. методики количественной оценки параметров, определяющих вероятность возникновения ошибочных действий оперативного персонала;

3. методика определения вероятного времени наступления ошибочных действий у оперативного персонала.

4. методика по определению наиболее эффективных мероприятий по предупреждению ошибочных действий оперативного персонала;

Практическая значимость работы. Результаты позволяют анализировать, синтезировать и совершенствовать деятельность оперативного персонала с целью предупреждения ошибочных действий при осуществлении переключений, являющихся причинами технологических нарушений, аварий и несчастных случаев.

Область исследований соответствует п.10. паспорта специальности «исследование человеческого фактора в системе человек – техническая система – производственная среда с целью повышения безопасности труда».

Реализация работы. Результаты работы внедрены на ПС «Томыловская» системы «Самараэнерго».

Апробация работы. Материалы Всероссийской научно-технической интернет-конференции с международным участием «Высокие технологии в машиностроении, г. Самара, 2009; X Международная научно-практическая конференция «Экология и безопасность жизнедеятельности», г. Пенза, 2010; Международная научно-практическая конференция «Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах», г. Пенза, 2010; V Международная научно-практическая конференция «Технологическое обеспечение качества машин и приборов», г. Пенза, 2010; Нефтегазовый форум «Газ, Нефть, Технологии», г. Уфа, 2010; XVI Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии», г. Томск, 2010; II Международная научно-практическая конференция «Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах», г. Пенза, 2011.

Публикации. Основные положения работы, опубликованы в 13 печатных работах, в том числе 2 – в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объемы работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, включающего 106 наименований и приложений. Изложена на 196 страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков и 10 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность исследуемой проблемы, сформулирована цель работы, отражены основные положения, выносимые на защиту, показаны их научная новизна и практическая значимость.

В первой главе исследованы основные причины и виды ошибочных действий оперативного персонала, приводящие к технологическим нарушениям.

В применении к любой категории оперативного персонала объем выполняемых работ в том числе оперативных переключений, а, следовательно, и количество технологических нарушений, приводящих к авариям и несчастным случаям, зависят от ряда факторов, таких как состав оборудования, схема первичных соединений, режим работы и организация обслуживания энергообъекта.

Состав оборудования сказывается вследствие влияния на объем выполняемых работ располагаемого ресурса работоспособности и, соответственно, периодичности плановых работ ремонтно-технического обслуживания, а также вероятность внезапного отказа (наработка на отказ).

Схема первичных соединений энергетического объекта влияет на объем выполняемых работ вследствие большей или меньшей своей сложности, т.к. в зависимости от количества элементов используемых в схеме, и в первую очередь коммутационной аппаратуры, осуществляется объем оперативных переключений.

Организация обслуживания энергообъекта влияет на объем выполняемых работ обеими своими составляющими: организацией ремонтно-технического и

оперативно-диспетчерского обслуживания.



Р и с. 1. Классификация причин ошибок при оперативных переключениях

По данным анализа ошибочных действий оперативного персонала ОАО «Федеральная сетевая компания единой энергетической системы» количество технологических нарушений, связанных с ошибочными действиями оперативного персонала от общего числа ошибочных действий составило в период с 2003 по 2009 гг. соответственно 58 %, 40 %, 74 %, 41,7 %, 30,9 %, 28,1 %, 39 %. Классификация причин ошибок при оперативных переключениях приведена на рис. 1.

Виды ошибок в зависимости от фазы оперативных действий приведены в табл. 1.

Таблица 1

Виды ошибок оперативного персонала.

Фаза (этап, стадия) оперативных действий	Виды ошибок, совершаемых на соответствующей стадии оперативных действий
Сбор информации	1. Неисправность и отсутствие приборов, указателей положения. 2. Недостаточная освещенность. 3. Отсутствие или несоответствие диспетчерских наименований. 4. Несоответствие оперативной схемы (мнемосхемы). 5. Невнимательный осмотр оборудования при его приемке по окончании ремонта (невыполнение осмотра). 6. Отсутствие или неполнота необходимых записей в оперативном журнале (в том числе о наличии заземленного оборудования).

Оценка ситуации	1. Производство переключений без предварительного анализа схемы и режима работы. 2. Безразличное отношение к состоянию оборудования, готовность работать в условиях нарушения элементарных эксплуатационных норм. 3. Неудовлетворительное качество оперативных указаний: неполнота или наоборот перенасыщенность второстепенными моментами, несвоевременная корректировка. 4. Применение типового бланка переключений (программы) в условиях (состояние схемы, режима), на которые этот документ не рассчитан.
Принятие решения, составление бланка (программы) переключений	1. Производство переключений без бланка, программы (в том числе случаи, когда составленный бланк не используется). 2. Наличие в программе, бланке переключений ошибок (пропуск операций, их неправильная последовательность). 3. Неудовлетворительный контроль вышестоящего лица за правильностью предложенной исполнителем бланка последовательности операций. 4. Некритическое отношение исполнителя к команде, программе переключений, заданных вышестоящим оперативным лицом. 5. Игнорирование (не включение в бланк, программу) необходимых проверочных операций, операций по осмотру оборудования перед производством переключений. 6. Необоснованная (не допускаемая нормами) самостоятельность действий, самовольное расширение выданного задания.
Реализация программы (бланка) переключений	1. Нарушение указанного в бланке (программе) порядка операций. 2. Несоблюдение установленного нормами порядка повторения отданного распоряжения, с обязательным подтверждением правильности этого повторения. 3. Отвлечение другими проблемами во время переключений, перерывы в начатых операциях по переключениям. 4. Несоблюдение установленного порядка контроля за операциями по переключениям на месте их производства. 5. Необоснованное, в том числе несанкционированное вышестоящим оперативным лицом деблокирование, в том числе из-за конструктивных недостатков блокировки.

В 2009 году в ОАО «Федеральная сетевая компания ЕЭС» зафиксировало 1297 технологических нарушений в работе электрических сетей, в том числе 82 случая, связанных с ошибочными действиями персонала.

Возникновение их зависит от значительного количества разнообразных факторов, степень влияния которых на процесс формирования ТН различна. Наиболее эффективным способом оптимизации обеспечения безаварийности и безопасности является модель формирования технологических нарушений, связанная с ошибочными действиями персонала.

Источники возникновения ТН в этом случае делятся на три группы: человек, электроустановка, средства взаимодействия.

Последовательную модель можно представить в том виде, как показано на рис. 2.

Событие, состоящее в достижении оператором заданного результата, может произойти при различных факторах K , которые наступают соответственно с вероятностями $P(C_i)$, $P(O_i)$, $P(V_i)$, $P(S_m)$, $P(K_v)$, $P(K_n)$, $P(K_p)$, $P(K_k)$, $P(K_3)$.

Эффективность заданного результата определяется следующим выражением:

$$E = \frac{\sum_{\alpha=1}^n P(K_{\alpha})P(O_i)}{K_{\alpha}} \quad (2)$$

где $P(K_{\alpha})$, $P(O_i / K_{\alpha})$ – вероятности появления K_{α} -го фактора, влияющего на эффективность заданного результата и надежной работы оператора в условиях K_{α} -го фактора.

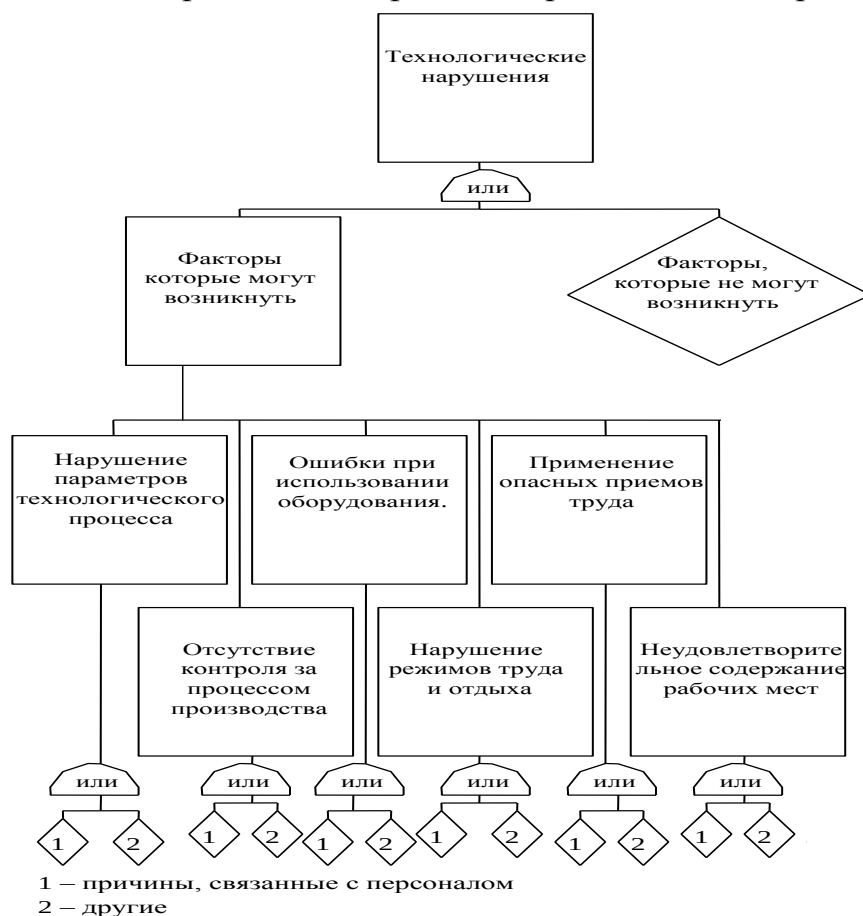
Во второй главе разработана модель формирования технологических нарушений и созданы методики количественной оценки параметров модели.

Для количественной оценки вероятности возникновения ошибочных действий оперативного персонала необходимо выполнить анализ процесса их формирования. С этой целью требуется выяснить какой последовательный ряд событий приводит к ошибочным действиям и какие факторы на эти события влияют.

Последовательный ряд событий определяется фазой (стадией) оперативных действий (табл. 1.).

Реализация последовательного ряда событий и влияние на них эргономических факторов может быть представлена в виде дерева отказов.

Дерево отказов оперативного персонала представлено на рис. 4.



Обозначим ошибочное действие оперативного персонала как событие А, технологическое нарушение - событие В. Задача сводится к определению условной вероятности $P(A/B)$.

$$P(A/B) = \frac{P(A \wedge B)}{P(B)}, \quad (3)$$

где $P(A \wedge B)$ - вероятность того, что произойдет событие А и В;

$P(B)$ - вероятность события В.

Обозначив $P(B_i)$ как p_i , $P(A_i/B_i)$ как p_i' , $P(A/B)$ как P , в результате получим:

$$P = \frac{1 - \prod_{i=1}^k (1 - p_i p_i')}{1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)}, \quad (4)$$

где P - вероятность возникновения ошибочных действий оперативного персонала; p_i - вероятность возникновения i -го фактора, определяющего возникновение ошибочных действий; p_i' - вероятность появления ошибочных действий при возникновении i -го фактора (то есть доля возникновения i -го фактора, произошедшего из-за ошибочных действий).

Обозначим следующие вероятности:

p_1 - вероятность нарушения параметров технологического процесса; p_1' - вероятность появления ошибочных действий при нарушении параметров технологического процесса; p_2 - вероятность неправильного использования оборудования; p_2' - вероятность появления ошибочных действий при неправильном использовании оборудования; p_3 - вероятность применения опасных приемов труда; p_3' - вероятность появления ошибочных действий при применении опасных приемов труда; p_4 - вероятность отсутствия контроля за процессом производства; p_4' - вероятность появлений ошибочных действий при отсутствии контроля за процессом производства; p_5 - вероятность нарушения режимов труда и отдыха, приводящих к технологическим нарушениям; p_5' - вероятность появления ошибочных действий при нарушении режимов труда и отдыха; p_6 - вероятность неудовлетворительного содержания рабочих мест, приводящих к технологическим нарушениям; p_6' - вероятность появления ошибочных действий при неудовлетворительном содержания рабочих мест; p_7 - вероятность возникновения прочих факторов, приводящих к технологическим нарушениям; p_7' - вероятность появления ошибочных действий при возникновении прочих факторов.

Задав эти величины, вероятность возникновения ошибочных действий оперативного персонала P будет:

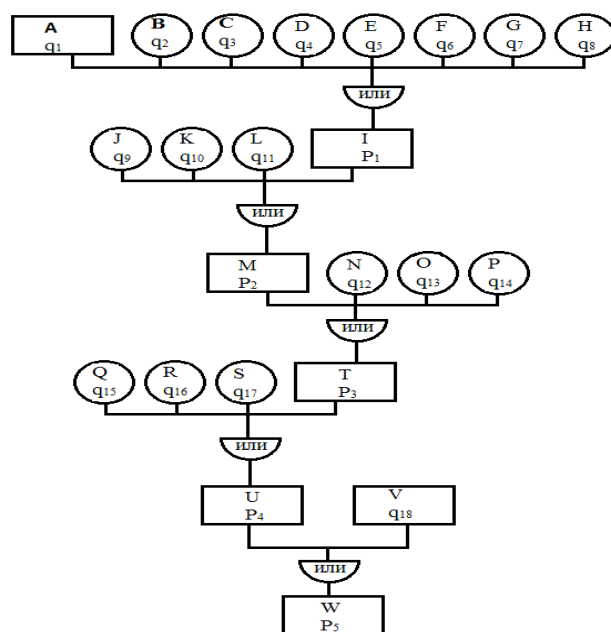
$$P = 0,0059 \div 0,0234, \quad (5)$$

что хорошо коррелирует с данным ФСК ЕЭС за 2003-2009 гг. (1,25-3,0 %).

Физическое состояние определяет степень участия человеческого фактора в формировании ошибочных действий, приводящих к ТН. Его можно оценить,

построив информационную и концептуальную модели.

Концептуальная модель строится с использованием дерева отказов (рис. 5).



Р и с. 5. Дерево отказов оперативного персонала в зависимости от физического состояния

Главным событием W в дереве будет отказ в работе оперативного персонала, а первичным соответственно: A - неправильная информация от управляющего объекта; B, C, D, E, F, G, H - ошибочное восприятие информации анализаторами; J, K, L - ошибочная фильтрация, перекодирования и опознание; N, O, P - ошибочные уточнения, представление и прогноз; R, S, Q - неправильно определенные способы действия; V - несоответствие управляющего действия необходимому.

Вероятность наступления главного события, при объединении первичных операций «или», определяется по формуле:

$$P_5 = 1 - \prod_{i=1}^{18} (1 - q_i), \quad (6)$$

где q_i - вероятности наступления первичных событий.

События J, M, T, U - определяют результаты обнаружения, идентификации, интерпретации и преобразования информации.

При поиске, восприятии и декодировании информации, в зависимости от степени сложности энергообъекта, она находится в пределах $0,995 \div 0,95$, принятия решения - $0,995 \div 0,9$, выполнения принятого решения - $0,995 \div 0,92$. Если каждое ошибочное действие ведет к технологическим нарушениям, величина P_5 будет составлять $0,015 \div 0,213$, т.е. неадекватные действия в зависимости от человеческого фактора может составлять $1,5 \div 21$ % от общего числа ошибочных действий.

Процесс формирования неадекватных действий человека, ведущих к технологическим нарушениям, в зависимости от условий труда можно оценить, если за единицу принять уровень, при котором они происходят. Соответствующим

щие условия труда будут находиться в пределах от 0 до 1:

$$0 \leq Y(\text{ЧМС}) < 1 \quad (7)$$

Среда может влиять только на причины, связанные с работоспособностью, и информационными характеристиками в пределах $0,05 \div 0,30$, что составляет $1,5 \div 13,8$ % от общего уровня. С учётом этого положения выполнен расчёт координат для предельных значений уровней возникновения технологических нарушений. В результате получен диапазон изменений координат векторов:

$$M_1 = \begin{pmatrix} 0.2 \\ 0.979 \end{pmatrix} \div M_2 = \begin{pmatrix} 0.28 \\ 0.96 \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$M_1 = \begin{pmatrix} 0.019 \\ 0.959 \end{pmatrix} \div M_2 = \begin{pmatrix} 0.235 \\ 0.725 \end{pmatrix} \quad (9)$$

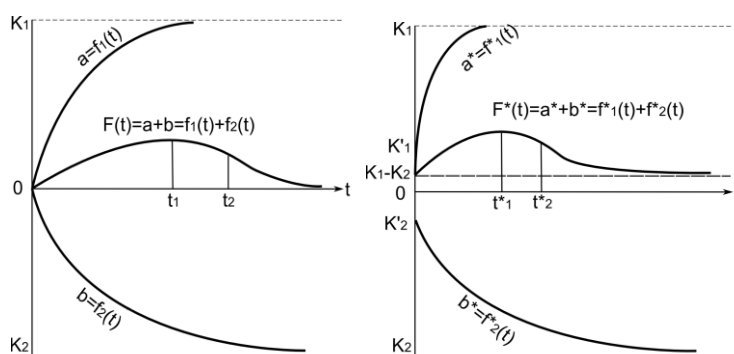
Если считать, что координаты векторов определяют степень влияния среды, то величина данного влияния составляет до 21,6 % от общего числа ошибочных действий.

В третьей главе разработана методика и экспериментально определено вероятное время наступления ошибочных действий у оперативного персонала с целью предупреждения технологических нарушений в условиях ПС «Томыловская».

Как известно в своем большинстве ошибки являются результатом изменения (ухудшения) самочувствия работающего, что сказывается на его надежности. Основной их причиной является утомление. Поэтому желательно знать:

- в какой период рабочего дня наступает утомление, ведущее к наиболее вероятному появлению ошибочных действий, т.е. какая существует связь между ними;
- если такая связь существует, то как находить наиболее вероятное время наступления ошибочных действий.

Два вида сменных динамик работоспособности приведены на рис. 6.



Р и с. 6. Два вида сменных динамик работоспособности.

При сопоставлении сменных динамик работоспособности и ошибочных действий для оперативного персонала были взяты статистические данные по времени наступления технологических нарушений за 10 лет в системе «Самара-энерго». Фактические промежутки времени составили: $t_1' = 2$ ч., $t_2' = 3$ ч., $t_1^{*'} = 6$ ч., $t_2^{*'} = 8$ ч. При этих значениях S_1 и S_2 имеют максимальные значения величины $t_1 = 2,05$ ч, $t_2 = 3,7$ ч, $t_1^* = 6,3$ ч, $t_2^* = 8,1$ часа.

Объектом исследования явился оперативный персонал ПС «Томыловская». Его задачами являются постоянный контроль за состоянием оборудования, правильная его эксплуатация, предупреждение аварий и организация их ликвидации.

По результатам аттестации рабочих мест по условиям труда категория опасности соотносится по факторам внешней среды к классу 3.1. Динамика работоспособности наблюдалась у 5 человек оперативного персонала в возрасте 27-52 года, четырех мужчин и одной женщины, которые в соответствии с ежегодным медицинским освидетельствованием не имеют отклонений в здоровье.

Технологический процесс по характеру стабилен, поэтому изменения факторов условий труда в короткие промежутки времени не наблюдаются. В соответствии с этим, конфигурация кривых работоспособности не деформирована.

Причиной утомления персонала является изменение функционального состояния нервных клеток, ведущее к нарушению рабочего динамического стереотипа. Ключевыми функциями являются концентрация нервных процессов и мышечной силы, формирование интегрального образа, программирование и коррекция ошибочных действий, стабильность мышц и зрительного аппарата. Способы, их описывающие – мелькающий свет и статистическая выносливость.

Была разработана аппаратура для их измерения и методика комплексной оценки, основанная на определении плотности распределения вероятностей.

Измерения работоспособности проводились перед началом работы и через 0,5, 1, 2, 3, 4 часа в течение ее выполнения с 8 утра и с 8 вечера.

Предварительно, в течение четырех недель проводились тренировки и замеры утомления перед началом и по окончании смены.

Исследования работоспособности выполнялись восемь недель. Если перед началом работы результаты измерения утомления отличались от полученных на первом этапе более чем на 10%, то дальнейшие опыты не проводились.

Общее количество измерений для каждого интервала времени составляет $N = 23 \cdot 5 = 115$. Задав доверительную вероятность 0,95, значение коэффициента Стьюдента (t -критерия) будет $t = 1,98$.

В таблице 2 приведены оценки математического ожидания $\bar{M}$, величины ε и доверительного интервала $[\bar{M} - \varepsilon, \bar{M} + \varepsilon]$, рассчитанные по формулам (10) - (12).

$$\bar{M} = 1/N \sum_{i=1}^N M_i, \quad (10)$$

$$D = 1/N - 1 \sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2, \quad (11)$$

$$\varepsilon = tD/\sqrt{N}, t=1,98. \quad (12)$$

Таблица 2

Оценки математического ожидания и доверительного интервала

Время после начала работы, час	0,5	1	2	3	4
$\bar{M}$	0,04	0,66	0,110	0,150	0,180
ε	0,0008	0,001	0,0047	0,0024	0,0035
$[\bar{M} - \varepsilon, \bar{M} + \varepsilon]$	0,0392- 0,0408	0,659- 0,661	0,105- 0,115	0,147- 0,152	0,177- 0,183

Таким образом, величина ε , характеризующая доверительный интервал, не превышает 12% от оценки математического ожидания величины утомления с вероятностью 0,95, что делает состоятельным использование величин $\bar{M}$ для расчета времени наступления неустойчивой работоспособности.

Кривая работоспособности, выражающаяся изменением на протяжении рабочей смены, начинается с нулевого уровня. Эту кривую и моделирует полученное выражение (13):

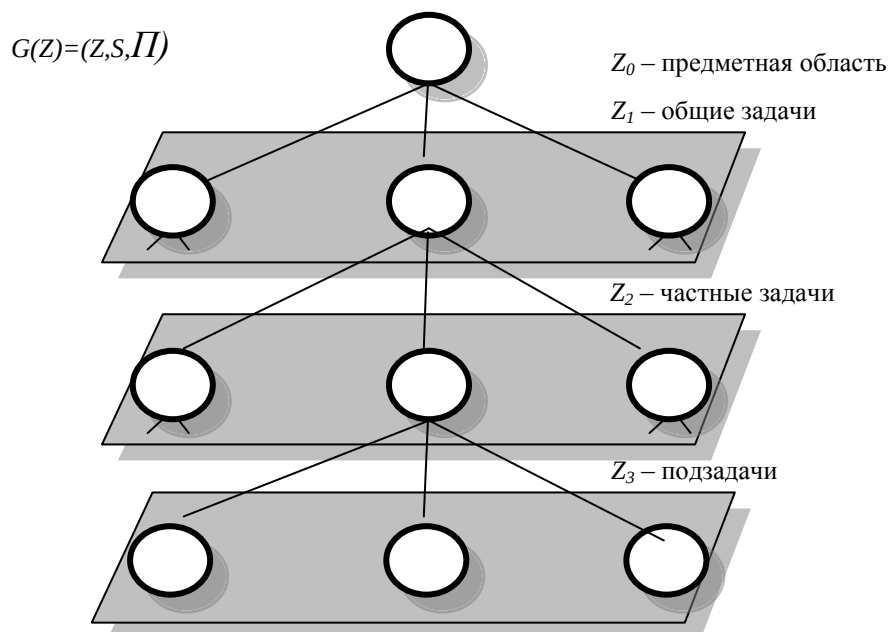
$$E_t = 0,42(e^{-0.254t} - e^{-0.634t}) \quad (13)$$

Вычисленное значение t_1 будет составлять 2,536.

В четвертой главе разработана система методик по определению первоочередных мероприятий по предупреждению ошибочных действий оперативного персонала и проведена их экспериментальная проверка.

Для ранжирования мероприятий по важности (прогнозируемой эффективности) разработана методика, позволяющая выявить наиболее и наименее из них предпочтительные. Система (предметная область) представлена с использованием альтернативно-графового подхода в виде совокупности взаимосвязанных элементов различного уровня детализации (рис. 7).

Исходное представление модели структурной схемы управляющей системы строится с учетом практического опыта и принципов дедуктивной логики следующим образом. Анализируется совокупность всех допустимых структурных схем, реализующих процесс функционирования проектируемой или существующей системы по достижению целевого предназначения, или отдельных составляющих этого процесса.



Р и с. 7. Структура системы в виде и / или графа

Классифицируются и унифицируются наименования элементов, а также их входов и выходов для всей совокупности структурных схем. Составляется перечень типовых элементов A объекта, в каждом из которых независимо решаются функциональные задачи, связанные информацией на входе и выходе. Определяются и унифицируются наименования связей (сигналов, функций) для входов, выходов и доступных извне узловых точек структурных схем и составляется перечень связей S в системе. Выявляются все функциональные элементы, т.е. вхождения каждого типового элемента в структурные схемы. В результате реализуется множество используемых функциональных элементов Z при построении системы, в которое необходимо включить также элемент, соответствующий «универсальному элементу» Z_0 – «внешняя среда», или система верхнего уровня. Определяются перечни и пределы изменения значений параметров X , характеризующих типовой функциональный элемент и процессы его функционирования. Выделяются процедуры и строятся модели функционирования типовых элементов в процессе переработки входной информации с целью подготовки решений. Определяются для каждой модели наборы алгоритмов ее решения, а также разрабатываются информационное и программное обеспечения.

Для рациональных вариантов структуры системы вычисляются нормированные максимизированные показатели, характеризующие:

1) важность вариантов структуры системы, т.е. значимость мероприятий для всей системы (предметной области) в целом:

$$y^{важ}(c^*) = v_{klm} v_{kl} v_k v_0, \quad (14)$$

где v_{klm} , v_{kl} , v_k , v_0 – значимости (важности) элементов соответственно 3-его,

2-ого, 1-ого и 0-ого рангов, для каждого j -ого ранга $\sum_{k=1}^{L_j} v_k^j = 1$, L_j – количество элементов в j -ом ранге;

2) стоимость рациональных вариантов структуры системы (мероприятий):

$$y^{cm}(c^*) = \frac{C_{\max} - C_{c^*}}{C_{\max}}, \quad (15)$$

где C_{c^*} – стоимость рационального варианта структуры системы;

$C_{\max}$ – максимальная стоимость.

3) время (внедрения, совершенствования, модификации мероприятий):

$$y^{ep}(c^*) = \frac{T_{\max} - T_{c^*}}{T_{\max}}, \quad (16)$$

где T_{c^*} – время, соответствующее рациональному варианту структуры системы;

$T_{\max}$ – максимально возможное время.

Для оценки системы (ранжирования мероприятий) используется ее представление в виде сокращенных дизъюнктивных нормальных форм. Целевая функция для заданной совокупности показателей с использованием аддитивной формы, позволяющей задавать относительную важность каждого из показателей, описывается выражением:

$$F(y) = K_{важ} y^{важ} + K_{см} y^{см} + K_{вр} y^{вр}, \quad (17)$$

где $K_{важ}$, $K_{см}$, $K_{вр}$ – веса соответствующих показателей;

$$K_{важ} + K_{см} + K_{вр} = 1. \quad (18)$$

Для упорядочения процессов выбора мероприятий путем распределения задач использован принцип попарных межкомпонентных связей.

Критерием оценки эффективности мероприятий является соответствие их дереву функций.

Качественная оценка взаимосвязи осуществляется с использованием матрицы связей.

В качестве расчетного показателя принят коэффициент взаимосвязи близости двух мероприятий, позволяющий оценить, насколько они «пересекаются» по выполняемым функциям:

$$C_{zk} = \frac{\sum_{j=1}^L a_{jz} a_{jk}}{\sum_{j=1}^L a_{jz} + \sum_{j=1}^L a_{jk} - \sum_{j=1}^L a_{jz} a_{jk}}, \quad (19)$$

где a_{jz} , a_{jk} – признаки участия соответственно z -ого и k -ого мероприятия в выполнении j -ой функции; L – количество функций.

В соответствии с системой методик оценка мероприятий и их выбор выполняется следующим образом.

1. Определяется предметная область, в рамках которой оцениваются меро-

приятия.

2. С помощью экспертов с учетом нормативных документов определяется размерность (уровень детализации, количество рангов) предметной области и составляется перечень общих, частных задач и т.п., решаемых в рамках данной предметной области.

3. Проводится распределение мероприятий, проводимых в рамках данной предметной области, по конкретным решаемым в них задачам (подзадачам).

В результате выполнения п. 1-3 строится граф системы.

4. С помощью проведения экспертного опроса и обработки его результатов формируется набор коэффициентов важности элементов графа системы.

5. Определяются другие параметры мероприятий (стоимость, время выполнения и т.п.). Набор параметров задается в соответствии с целями исследований.

6. Параметры мероприятий по стоимости, времени выполнения и др. сравниваются с предельно допустимыми заданными значениями. Из всего их набора выделяется множество рациональных (правильных), параметры которых удовлетворяют наложенным ограничениям.

7. Для каждого из рациональных вариантов производится вычисление показателей, характеризующих важность, стоимость и время выполнения.

8. В соответствии с поставленными целями производится выбор целевой функции, выражающей предпочтение во множестве рациональных вариантов и задаются значения весовых коэффициентов показателей важности, стоимости и времени. Возможно использование нескольких различных целевых функций.

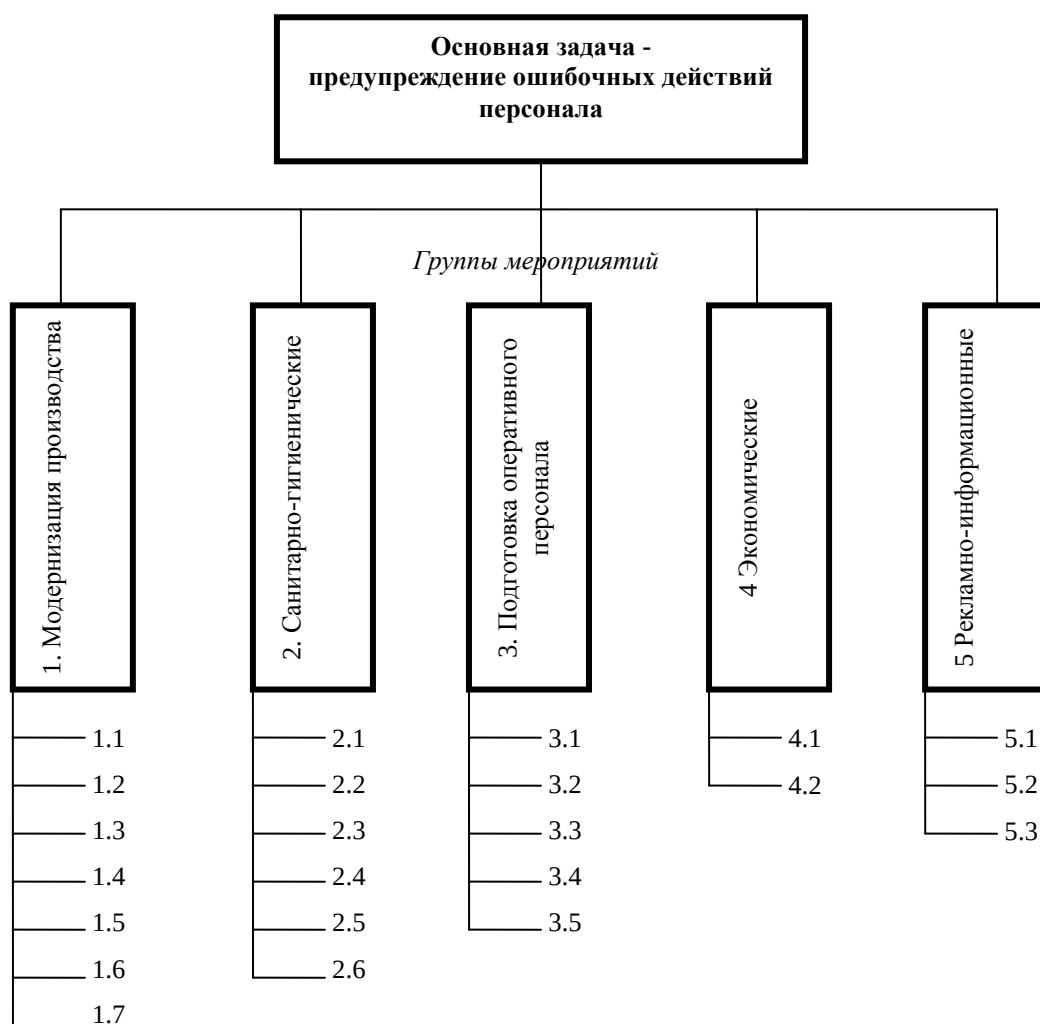
9. Производится вычисление целевой функции и ранжирование мероприятий по убыванию значения целевой функции; вариант с максимальным значением целевой функции будет наиболее предпочтительным.

10. В соответствии с задачами, решаемыми при проведении оценки мероприятий, выбирается «наилучшее» (оптимальное) мероприятие, или группа наиболее предпочтительных мероприятий, или выявляются малоперспективные мероприятия, имеющие наименьшее значение целевой функции, или др.

11. В случае, если выбор группы мероприятий с «близкими» областями решаемых в них задач, возможно использование способа оценки дублирования задач.

Дерево задач (мероприятий), направленных на предупреждение ошибочных действий персонала, представлено на рис. 8, перечень конкретных мероприятий, соответствующих нумерации на рисунке – в табл. 3.

Текущие показатели важности элементов дерева задач приведены в табл. 4. Исходные данные для расчетов получены в результате обработки результатов экспертных оценок.



Р и с. 8. Дерево задач (мероприятий)

Таблица 3

Мероприятия, направленные на предупреждение ошибочных действий персонала

№ группы	№ мероприятия	Наименование мероприятия
1	2	3
1	1.1	установки АСУТП и АРМ
	1.2	замена элементов технологического оборудования и РЗА
	1.3	установка блокировок
	1.4	установка указателей положения
	1.5	мониторинг состояния оборудования
	1.6	установка системы звукозаписи переговоров
	1.7	механизация ремонтных работ
2	2.1	модернизация осветительных условий
	2.2	обеспечение микроклимата
	2.3	обеспечение санитарно-бытового обслуживания
	2.4	обеспечение проведения медицинских осмотров
	2.5	мероприятия по поддержанию работоспособности
	2.6	предусмотрение системы профотбора

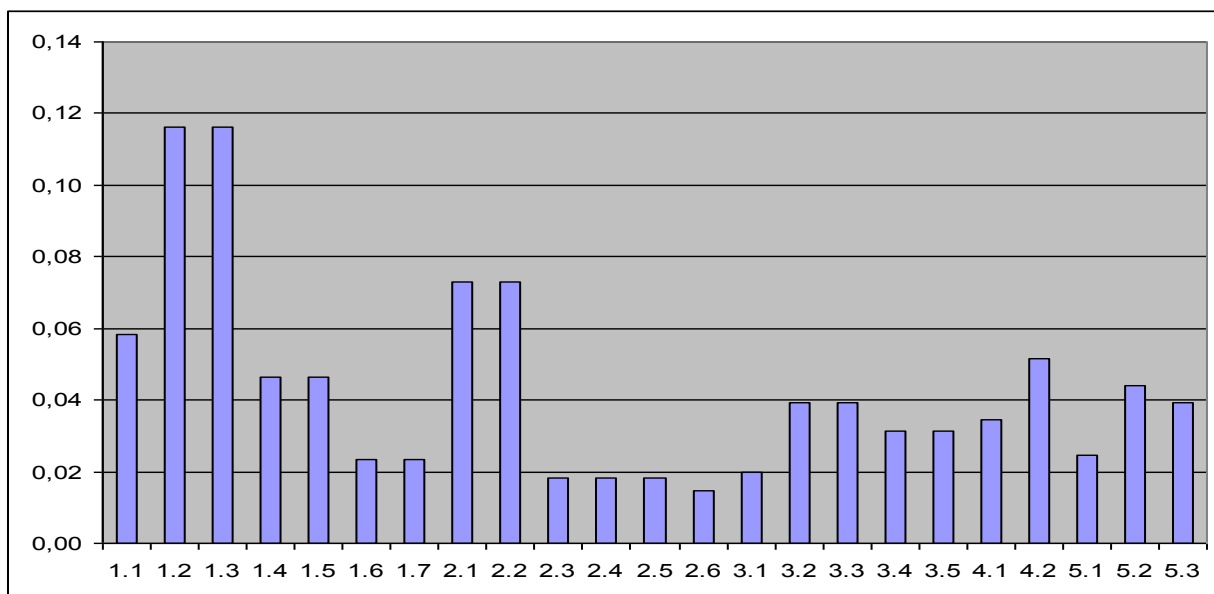
Окончание таблицы 3		
1	2	3
3	3.1	использование оперативного персонала с профильным образованием
	3.2	проведение контрольных тренировок
	3.3	обучение с использованием тренажера
	3.4	обеспечение системы повышения квалификации
	3.5	разбор типовых ошибок оперативного персонала
4	4.1	стимулирование безошибочных действий персонала
	4.2	взимание с работника стоимости причиненного ущерба
5	5.1	использование средств наглядной агитации и методов пропаганды
	5.2	регулярный пересмотр бланков переключений
	5.3	информирование о причинах ошибочных действий

Таблица 4

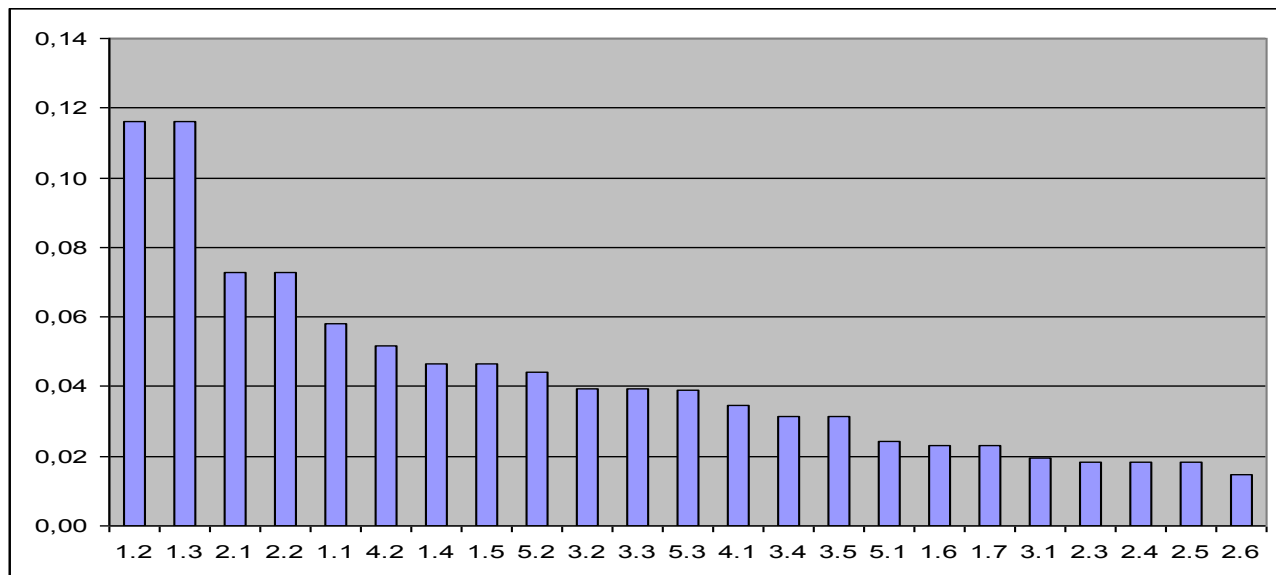
Показатели важности элементов дерева задач

№ показателя 2-го уровня дерева задач v_k	Значение по- казателя 2-го уровня дерева задач	№ показателя 3-го уровня дерева задач v_{kl}	Значение пока- зателя 3-го уровня дерева задач	Нормированные значение пока- зателя важности $y_{\text{важ}}$
1	2	3	4	5
1	0,4301	1.1	0,1351	0,0581
		1.2	0,2703	0,1162
		1.3	0,2703	0,1162
		1.4	0,1081	0,0465
		1.5	0,1081	0,0465
		1.6	0,0541	0,0232
		1.7	0,0541	0,0232
2	0,2151	2.1	0,3390	0,0729
		2.2	0,3390	0,0729
		2.3	0,0847	0,0182
		2.4	0,0847	0,0182
		2.5	0,0847	0,0182
		2.6	0,0678	0,0146
3	0,1613	3.1	0,1220	0,01967
		3.2	0,2439	0,03934
		3.3	0,2439	0,03934
		3.4	0,1951	0,03147
		3.5	0,1951	0,03147
4	0,0860	4.1	0,4	0,03441
		4.2	0,6	0,05161
5	0,1075	5.1	0,2273	0,02444
		5.2	0,4091	0,04399
		5.3	0,3636	0,0391

Значения показателей важности мероприятий представлены на рис. 9.



а



б

Р и с. 9. Значения показателей важности мероприятий
а – неранжированные, б - ранжированные

Анализ рис. 9 и табл. 4 показывает, что наибольшие значения показателя $y^{важ}$ имеют следующие мероприятия:

- замена элементов технологического оборудования и РЗА (0,2703);
- установка блокировок пусковой аппаратуры (0,2703);
- модернизация осветительных условий (0,3390).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Ошибочные действия оперативного персонала в штатных и нештатных ситуациях приводят к технологическим нарушениям, которые в свою очередь являются причинами аварий и несчастных случаев. Вероятность возникновения ошибочных действий зависит в первую очередь от объема переключения, а основными причинами их вызывающими являются неверные действия в фазе реализации принятия решения, ошибки в оперативных решениях и отступления от нормативных требований.

2. Для предотвращения ошибочных действий персонала требуется выполнять стратегические и оперативные профилактические мероприятия. Для планирования первых необходимо количественно оценить влияние различных факторов на их возникновение.

3. Создана модель для оценки вероятности возникновения технологических нарушений, учитывающая человеческий фактор, надежность оборудования и состояние условий труда. В рамках модели разработаны соответствующие методики, которые позволили количественно оценить влияние различных факторов, на возникновение ошибочных действий персонала, что дает возможность планировать профилактические мероприятия.

4. Установлено, что для предупреждения ошибочных действий оперативного персонала в конкретных условиях производства может использоваться показатель «работоспособность». Для ее определения разработана методика, аппаратура и проведены экспериментальные исследования.

5. Мероприятия по исключению ошибочных действий персонала могут быть связаны с модернизацией оборудования, оптимизацией рабочей среды и с обеспечением физических, психологических и других факторов влияющих на безошибочную работу человека. Так как эти факторы многообразны и затратны, то требуется разработка методики эффективного выбора мероприятий. Разработка методики выбора мероприятий, основывается на их ранжировании по важностному, важностно-стоимостному, важностно-временному и важностно-стоимостно-временному критериям с использованием альтернативно-графового подхода, представляющего сложный объект (совокупность мероприятий) в виде взаимосвязанных элементов различного уровня детализации, проведена экспериментальная проверка методики.

6. Полученные результаты могут быть использованы для планирования мероприятий по предупреждению ошибочных действий оперативного персонала, осуществляющего переключения в электроустановках, а также найти применение для целей обеспечения охраны труда в других отраслях производства, а также в учебном процессе при изучении курса «Безопасность жизнедеятельности» в технических учебных заведениях.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

Публикации в российских рецензируемых научных журналах, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук:

1. Панюкова С.А., Кривова М.А., Яговкин Г.Н. Модель формирования опасной ситуации в производственной системе // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2010. Т.12 № 1(9). С. 2281-2284.

2. Панюкова С.А., Яговкин Г.Н., Яговкин Н.Г. Управление надежностью при реализации стратегии технического обслуживания и ремонта в системах электроснабжения // Промышленная энергетика. 2010. №9. С. 12-15.

Публикации в других изданиях:

1. Панюкова С.А., Сафонов Я.С., Яговкин Н.Г. Комплексная оценка состояния охраны труда в организации. Безопасность и логика транспортных систем. Труды междунар. науч.-практич. конф. – Самара: Самарская государственная академия путей сообщения, 2004. – С.168-171.
2. Панюкова С.А., Кривова М.А., Яговкин Н.Г., Калинин В.А. Управление рисками, возникающими в ходе выполнения технологических процессов и при эксплуатации оборудования в машиностроении // Высокие технологии в машиностроении. 2009. С. 266-269.
3. Панюкова С.А., Задоева И.А. Оценка риска возникновения ошибочных действий оперативного персонала, обслуживающего электроустановки на основе экономических критериев // Экология и безопасность жизнедеятельности. 2010. С. 57-60.
4. Панюкова С.А., Задоева И.А., Яговкин Г.Н. Оценка эффективности систем управления опасных производственных объектов // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа. 2010. С. 315-316.
5. Панюкова С.А., Задоева И.А., Яговкин Г.Н. Некоторые аспекты надежности энергетического оборудования // Технологическое обеспечение качества машин и приборов. 2010. С. 91-93.
6. Панюкова С.А., Кривова М.А., Яговкин Г.Н. Надежность работы персонала в системах управления энергетическими объектами // Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах. 2010. С. 95-97.
7. Панюкова С.А., Яговкин Г.Н. Оценка надежности электроэнергетических систем // Современные техника и технология. 2010. С. 93-94.
8. Детина С.А., Сорокина Л.В., Дегтярева И.А. Надежность работы оперативного персонала в системах электроснабжения // Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах. 2011. С. 138-140.
9. Детина С.А., Сорокина Л.В. Модель управления охраной труда крупного производственного предприятия. IV Междунар. науч.-технич. конф. «Безопасность, Технологии, Управление». III Молодежный форум «Инновационные проекты по экологической и промышленной безопасности» - Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2011. – С. 57-61.
10. Детина С.А., Задоева И.А. Оценка надежности энергообъекта при взаимодействии оператора с системой его управления. Электроэнергетика глазами молодежи. Научные труды Международной научно-технической конференции. 2011. Самара. С. 381-382.
11. Детина С.А., Яговкин Г.Н. Rational regional management structure. Матеріалі регіональної науково-практичної конференції молодих учених та студентів. «Актуальні питання сучасної економічної науки та міжнародних відносин». Том 2. Сучасний стан європейської економічної інтеграції. – Дніпропетровськ, Україна, 2011. С. 100-103.