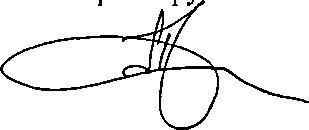
**Пономарев Алексей Анатольевич. Оценка показателя текущей опасности технологического объекта : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 Томск, 2006 180 с. РГБ ОД, 61:06-5/2667**

**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**На правах рукописи**



**61:06-5/2667**

**Пономарев Алексей Анатольевич**

**ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕКУЩЕЙ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА Специальность 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (Отрасль: информация и информационные системы)**

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

**Научный руководитель д.т.н., проф. Цапко Г.П.**

**Томск - 2006**

**СОДЕРЖАНИЕ**

**ВВЕДЕНИЕ 4**

**ГЛАВА 1. ЗАДАЧА АСУ ТП И ПАЗ - ОЦЕНКА И КОНТРОЛЬ**

**ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕКУЩЕЙ ОПАСНОСТИ 11**

1. **Современная концепция безопасности 12**

**1.2. Обоснование задачи 14**

* 1. **Общие требования к показателю текущей опасности 17**

1. **Выводы 25**

**ГЛАВА 2. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕКУЩЕЙ ОПАСНОСТИ ТП..28**

1. **Метод координат 30**
2. **Исследование свойств ПТО 32**
3. **Разработка способа определения численного значения ПТО 34**
4. **Оценка чувствительности 40**
5. **Оценка помехоустойчивости 47**
6. **Выводы 61**

**ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ 63**

1. **Общие сведения об имитационном моделировании 65**
2. **Основы технологии имитационного моделирования 69**
3. **Классификация имитационных моделей 71**
4. **Описание поведения системы и разработка модели 78**
5. **Проверка модели 79**
6. **Планирование экспериментов 80**
7. **Использование результатов моделирования 81**
8. **Сведения о технологическом объекте 83**
9. **Описание работы объекта 89**
10. **Разработка имитационной модели парового котла 94**
11. **Математическое описание работы компонентов установки 99**
12. **Реализация имитационной модели в пакете MATLAB SIMULINK ..109**
13. **Оценка результатов моделирования 117**
14. **Оценка адекватности модели 117**
15. **Оценка устойчивости 118**
16. **Оценка чувствительности 119**
17. **Оценка влияния различных факторов 121**
18. **Результаты оценки модели 122**
19. **Выводы 125**

**ГЛАВА 4. ОЦЕНКА И КОНТРОЛЬ ТЕКУЩЕЙ ОПАСНОСТИ ПРОЦЕССА В СИСТЕМАХ ПАЗ 126**

1. **Выбор структуры ПТК 127**
2. **Основные механизмы обеспечения открытости системы 128**
3. **Модульная структура ПТК 134**
4. **Разработка алгоритмического обеспечения 140**
5. **Практическая реализация задачи оценки ПТО 144**
6. **Рекомендации по разработке драйверов или других способов сопряжения различных SCADA-систем с разработанным ПО 149**
7. **Состав драйвера 150**
8. **Взаимодействие драйвера с ОРС DA-клиентами 151**
9. **Взаимодействие драйвера с клиентским ПО 151**
10. **Выводы 152**

[**ЗАКЛЮЧЕНИЕ 154**](#bookmark26)

[**СЛОВАРЬ 156**](#bookmark27)

[**БЛАГОДАРНОСТИ 158**](#bookmark28)

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 159**

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1 173**

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2 178**

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы. Оценка опасностей - одна из приоритетных задач управления промышленной безопасностью, а также задача разработки и внедре­ния современных методов прогнозирования опасности, анализа потенциальных источников предаварийных ситуаций.**

**Развитие цифровой вычислительной техники значительно расширило сферы её применения, в том числе и для нужд промышленности. В автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) и системах проти- воаварийной автоматической защиты (ПАЗ) стало возможным решение сложных задач расчета, анализа и прогнозирования аварийных ситуаций, моделирование технологических процессов и получение многовариантных решений. Следует от­метить, что хотя эти задачи и относятся к классу задач систем управления [Ю], тем не менее предлагаемое на рынке программное обеспечение АСУ ТП не реша­ет в полной мере задачи обеспечения безопасности. Число элементов и парамет­ров технологической установки, способных в той или иной мере повлиять на воз­никновение и развитие аварийной ситуации, в зависимости от сложности процес­са может достигать десятков и сотен. В сложных системах отказы отдельных эле­ментов не всегда приводят к отказу всей системы, кроме того, у сложных систем есть целый спектр состояний - динамическое равновесие, нарушение равновесия, адаптация к неблагоприятным ситуациям, опасные и критические ситуации и, на­конец, аварии [105]. В связи с этим анализ риска подобных технологических сис­тем - это достаточно сложная задача, требующая знаний технологии, особенно­стей элементов системы и взаимосвязи их между собой.**

**В настоящее время задача определения рисков технологического процесса должным образом не решается и, в лучшем случае, подменяется на этапе проек­тирования качественным анализом надежности системы и возможных последст­вий [123, 136-138]. Разработка, адаптация к условиям различных отраслей про­мышленности и дальнейшее развитие методов количественной оценки опасности и анализа текущего риска при функционировании промышленных установок и объектов является в настоящее время актуальной проблемой [133].**

**Оснащение технологических процессов системами ПАЗ, предназначенными для обеспечения промышленной безопасности, является обязательным условием при проектировании, строительстве и реконструкции опасных промышленных объектов и установок [10,125]. Такие системы обеспечивают останов технологи­ческого процесса или перевод его в безопасное состояние, что позволяет избежать аварии, но приводит к серьезным последствиям и значительным потерям.**

**Снижение частоты останова процесса может быть достигнуто решением за­дачи оценки и анализа текущей опасности процесса в реальном времени, чтобы заблаговременно предупредить персонал и тем самым предотвратить развитие аварийной ситуации. Очевидно, что для учета влияния большого числа парамет­ров процесса на степень опасности, а также их взаимосвязи в реальном масштабе времени, необходимы специальные методы и соответствующие технические и программные средства [134].**

**Цели работы и задачи исследования. Основная цель диссертационной ра­боты состоит в формулировании показателя текущей опасности технологического процесса, в разработке алгоритмов его оценки в реальном масштабе времени и исследовании его свойств.**

**Для ее достижения в диссертационной работе решены следующие задачи:**

* **введен количественный показатель текущей опасности (ПТО) технологиче­ского процесса, и получена формула для его расчета;**
* **разработаны алгоритмы оценки ПТО для систем, работающих в реальном масштабе времени, с учетом текущих значений опасных технологических парамет­ров;**
* **исследованы свойства и характеристики ПТО;**
* **разработано и исследовано соответствующее программное обеспечение для промышленных систем управления и систем ПАЗ в условиях, приближенных к конкретному технологическому процессу промышленного предприятия.**

**Методы исследования. В работе использованы методы математического и статистического анализа, нечеткой логики, имитационного моделирования с при­менением инструментальных средств автоматизации математических и инженер­ных вычислений MATLAB, интегрированной среды разработки Borland Delphi. Указанные программные средства позволили организовать совместную работу и доступ к общим данным на основе технологий ОРС (OLE for Process Control) и ODBC.**

**Научную новизну полученных в работе результатов определяют:**

**і**

* **сформулированный автором ПТО как количественная мера текущей опасно­сти технологического процесса и формулы для его расчета;**
* **разработанные алгоритмы оценки ПТО для промышленных систем управле­ния и систем ПАЗ;**
* **структура и состав имитационной модели технического объекта или процес­са.**

**Практическая ценность и реализация результатов работы.**

**Практически значимыми результатами работы являются:**

* **имитационная модель парового котла избыточного давления;**
* **разработанные автором способы и алгоритмы определения текущей опасно­сти в виде численного значения;**
* **методика разработки драйверов для организации обмена текущими данными о состоянии ТП посредством технологии ОРС в среде Microsoft Windows.**

**Созданный программный комплекс прошел апробацию и используется на промышленных производствах предприятия ООО “Томскнефтехим” г. Томска и в учебном процессе кафедры АиКС ТПУ, что подтверждается соответствующими актами, приведенными в приложении.**

**На защиту выносятся:**

* **тезис о необходимости и актуальности формулирования количественного по­казателя текущей опасности технологического процесса и математическая форму­лировка такого показателя;**
* **алгоритмы расчета ПТО по текущим данным с использованием различных методов;**
* **результаты исследования свойств и характеристик ПТО;**
* **имитационная модель технологического процесса, используемая при реше­нии задачи оценки ПТО;**
* **способ и программная реализация задачи сопряжения программных средств имитационного моделирования системы и объекта управления на базе технологий ОРС, ODBC;**
* **результаты практического применения разработанного алгоритмического и программного обеспечения для системы ПАЗ вспомогательного котла завода “Ме­танол”, г. Томск.**

**Апробация работы. Основной материал представлен в научных докладах, которые обсуждались на следующих конференциях и форумах:**

**Открытая окружная конференция молодых ученых «Наука и инновации XXI века» (Сургут, 2003).**

**IV Всероссийская научно-практическая конференция «Современные средст­ва и системы автоматизации» (Томск, 2003).**

**II молодежный научно-практический форум «Информационные технологии в XXI веке» (Днепропетровск, 2004).**

**VIII Всероссийская научно-практическая конференция «Научное творчество молодежи» (Томск, 2004).**

**Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления» (Томск, 2004).**

1. **Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии в экономике, науке и образовании» (Бийск, 2004).**

**II и IV Всероссийские научно-практические конференции студентов «Моло­дежь и современные информационные технологии» (Томск, 2004).**

**Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления», посвященная 400-летию города Томска (Томск, 2004).**

**Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления» (Томск, 2005).**

1. **Всероссийская научно-практическая конференция "Современные средства и системы автоматизации" (Томск, 2005).**

**Работа поддержана грантом Томского политехнического университета на проведение молодыми учеными научных исследований в научно-педагогических коллективах подразделений ТПУ.**

**Результаты работы нашли отражение в отчетах по НИР на тему «Системы автоматической противоаварийной защиты (ПАЗ) технологических процессов взрывоопасных производств ООО «Томскнефтехим», выполненной по договору 8-06/2005 в 2005-2006 гг. № гос. per. 01200603740:**

**Часть 1 - Системы ПАЗ. Обзор и анализ требований нормативной докумен­тации. Современное состояние и тенденции развития;**

**Часть 2 - Рекомендации по замене, модернизации и развитию систем ПАЗ на ООО «Томскнефтехим»;**

**Часть 3 - Оценка и контроль текущей опасности технологического процесса.**

**Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 144 наименований и двух приложений. Объем основного текста диссертации составляет 177 страниц маши­нописного текста, иллюстрированного 47 рисунками и 16 таблицами.**

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении дается обоснование актуальности работы в данном научном направлении, формулируются цель и задачи исследования, приводится краткое содержание работы по главам.**

**В первой главе дается описательная и математическая постановка задачи количественной оценки текущей опасности процесса в виде показателя (ПТО). Формулируются основные свойства и ограничения, которым должен удовлетво­рять ПТО, ставится новая задача системы ПАЗ - оценка и контроль показателя текущей опасности процесса.**

**Во второй главе приведена предложенная автором формула расчета ПТО для произвольного числа опасных параметров. Показатель вычисляется в безраз­мерной форме, в диапазоне 0-1 (0-100%) и использует значения опасных парамет­ров тоже в безразмерной форме.**

**Автором предложена процедура нормирования параметров, участвующих в расчете ПТО.**

**Предложен способ учета степени влияния параметров на возможность воз­никновения аварийной ситуации путем их ранжирования. Показано, что опреде­ляемый таким образом ПТО, удовлетворяет требованиям, сформулированным в первой главе.**

**Проведены исследования основных свойств ПТО - чувствительности и по­мехоустойчивости, и приведены результаты расчетов для различных значений опасных параметров, находящихся в опасной зоне. Сделан вывод о возможности и целесообразности использования предложенного ПТО в промышленных систе­мах безопасности.**

**В третьей главе приведено обоснование выбора имитационного модели­рования как основного метода исследования для решения прикладной задачи, описанной в четвертой главе. Приведены основные сведения об объекте модели­рования и его функционировании. Получены расчетные соотношения для разра­ботки имитационной модели объекта с учетом энергетического и материального балансов. Приведены результаты разработки имитационной модели объекта и ре­зультаты сравнительного анализа с реальным объектом.**

**Четвертая глава содержит результаты разработки ПО для расчета ПТО в условиях реально функционирующего технологического объекта и системы управления. Рассмотрены основные способы решения задачи и механизмы обес­печения открытости разрабатываемой системы. Сформулированы основные тре­бования к программной реализации, определены назначение, особенности про­граммного комплекса «ПТО» и технические требования, предъявляемые к ЭВМ применительно к конкретной прикладной задаче. В работе предложена структура ПТК для решения задачи оценки ПТО в реальном времени. Представлены реко­мендации по разработке драйверов или других способов сопряжения различных SCADA систем с разработанным ПО. Описан программный комплекс «ПТО».**

**В заключении приведены основные результаты и выводы по диссертаци­онной работе.**

В приложении приведены акты внедрения результатов диссертационной работы и некоторые функциональные элементы имитационной модели, исполь­зуемой в разработанном программном комплексе «ПТО».

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**Диссертационная работа посвящена актуальной в настоящее время теме по­вышения промышленной безопасности.**

**Автором была впервые сформулирована новая задача систем управления и ПАЗ - задача оперативного измерения текущей опасности процесса. Для этого предложена количественная мера текущей опасности в виде специального показа­теля ПТО, исследованы его свойства и разработаны технические решения по реа­лизации этой задачи в АСУ ТП и системах ПАЗ.**

**Решенные задачи и полученные результаты состоят в следующем:**

* **обоснована необходимость решения в системах безопасности задачи оценки текущей опасности технологического объекта;**
* **предложен способ количественной оценки степени текущей опасности тех­нологического процесса в виде специального показателя ПТО;**
* **перечислены основные этапы разработки программного обеспечения для ре­шения поставленной задачи в условиях промышленной эксплуатации;**
* **предложен способ решения поставленной задачи с использованием инстру­ментов имитационного моделирования и открытых интерфейсов обмена данными;**

**Прикладные результаты работы позволяют сократить время внедрения за­дачи оценки ПТО.**

**Разработанная имитационная модель процесса выработки пара, приведенная в работе, представляет практический интерес при исследовании еще проектируе­мых и модернизируемых подобных установок.**

**Разработка теоретических положений и создание на их основе программно­го комплекса, позволяющего оценить текущую опасность технологического объ­екта, стало возможным благодаря комплексному использованию теоретических и экспериментальных методов исследования.**

**Решение новой задачи АСУ ТП и системы ПАЗ, поставленной в работе, ста­ло возможным благодаря фундаментальным и прикладным наукам, таким как ма­тематический анализ, математическая статистика, теория оптимизации и плани­рование эксперимента. Созданные методики расчета показателя текущей опасно­сти, согласуются с опытом проектирования систем автоматического управления технологическими процессами и системами ПАЗ.**

**Введенный показатель текущей опасности соответствует требованиям ОПВБ и другим нормативным документам, способствует повышению безопасно­сти эксплуатации промышленных производств.**

**Поскольку предложенный показатель является результатом измерения, его использование позволяет не только измерять и контролировать опасность, но и проводить своевременную диагностику и контроль состояния оборудования, а также решать задачу прогнозирования опасности.**

**Введение предложенного показателя является первым этапом комплексного решения задачи оценки, т.к. учитываются только непрерывные значения парамет­ров.**

**В настоящей работе рассмотрены вопросы внедрения в системах АСУ ТП и ПАЗ только задачи измерения ПТО. Исследования и разработка других перечис­ленных задач систем ПАЗ, связанных с текущей опасностью, является предметом и содержанием исследований на последующих этапах.**

**Разработанные теоретические положения и новые технические решения оп­робованы экспериментально на базе Томского политехнического университета и предприятиях заказчика ООО «Томскнефтехим». Разработанный комплекс опро­бован, прошел испытания в рамках научно-исследовательской работы и успешно используется, что подтверждается соответствующими актами, приведенными в приложении 2.**

**СЛОВАРЬ**

**Аварийная ситуация - ситуация, когда произошла авария и возможен дальнейший ход ее развития.**

**Анализ риска - систематическое использование информации для выявле­ния опасности и количественной оценки риска.**

**АСУ ТП — автоматизированная система управления технологическим про­цессом.**

**Вероятность - мера того, что событие может произойти.**

**Математическое определение вероятности: “действительное число в интер­вале от 0 до 1, относящееся к случайному событию”. Число может отражать отно­сительную частоту в серии наблюдений или степень уверенности в том, что неко­торое событие произойдет. Для высокой степени уверенности вероятность близка к единице.**

**Драйвер — системная программа, предназначенная для управления каким-либо физическим или виртуальным устройством компьютера.**

**Идентификация опасностей — процесс распознавания образа опасностей, установление возможных причин, пространства, временных координат, вероятно­сти проявления величины и последствий опасности.**

**Имитационная модель - это формальное (то есть выполненное на некото­ром формальном языке) описание логики функционирования исследуемой систе­мы и взаимодействия отдельных ее элементов во времени, учитывающее наибо­лее существенные причинно-следственные связи, присущие системе, и обеспечи­вающее проведение статистических экспериментов [53,55,64].**

**Инцидент — отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического про­цесса, нарушение положений настоящего Федерального закона, других федераль­ных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте.**

**Моделирование - это замещение исследуемого объекта (оригинала) его условным образом или другим объектом (моделью) и изучение свойств оригинала путем исследования свойств модели.**

**Нештатная ситуация - ситуация, при которой технологический процесс или состояние оборудования выходит за рамки нормального функционирования и может привести к аварии.**

**Оценивание риска - процедура проверки, основанная на результатах ана­лиза риска и устанавливающая факт, не превышен ли допустимый риск.**

**Оценка риска - общий процесс анализа и оценивания риска.**

**ПАЗ -противоаварийная автоматическая защита, базирующаяся на средст­вах и элементах КИПиА, вычислительной техники и управляемых ими исполни­тельных устройствах.**

**Теротехнология - технология обеспечения эффективной работы оборудо­вания в течение всего срока его службы с учетом технических, технологических и организационных факторов и связей между ними.**

**БЛАГОДАРНОСТИ**

**Автор выражает признательность коллективу кафедры автоматики и компь­ютерных систем Томского политехнического университета и особенно Агееву Юрию Михайловичу за помощь, оказанную на различных этапах подготовки дис­сертации к защите.**

C:\Users\Pavel\AppData\Local\AppData\Local\Temp\FineReader11.00\media\image41.png

1. **О промышленной безопасности опасных производственных объектов. Федеральный Закон РФ № 116-ФЗ от 27.07.1997 года.**
2. **ГОСТ Р 22.0.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техноген­ные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.**
3. **ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражаю­щих факторов и их параметров.**
4. **ГОСТ Р 22.0.08-96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техноген­ные чрезвычайные ситуации. Взрывы. Термины и определения.**
5. **ГОСТ Р 22.1.01-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения**
6. **Методические рекомендации по классификации аварий и инцидентов на опасных производственных объектах химической, нефтехимической и нефтепере­рабатывающей промышленности (РД 09-398-01). Приказ Госгортехнадзора Рос­сии от 31.01.01 № 7.**
7. **Методические указания о порядке разработки плана локализации и лик­видации аварийных ситуаций (ПЛАС) на химико-технологических объектах (РД 09-536-03). Постановление Госгортехнадзора России от 18.04.03 № 14 (зарегист­рировано Минюстом России 25.04.03 г., per. № 4453).**
8. **Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химиче­ских, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-540-03). Постановление Госгортехнадзора России от 05.05.03 № 29 (зарегистрировано Минюстом России 15.05.03 г., per. № 4537).**
9. **Положение о порядке проведения экспертизы промышленной безопасно­сти в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности**

**(РД 09-539-03). Постановление Госгортехнадзора России от 18.03.03 № 8 (зареги­стрировано Минюстом России 12.05.03 г., per. № 4524).**

1. **Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-563-03). Постановление Госгортехнадзора России от 29.05.03 № 44 (зарегистрировано Минюстом России 09.06.03 г., per. № 4660).**
2. **Методические указания по проведению анализа риска опасных произ­водственных объектов (РД 03-418-01). Утверждены Постановлением Госгортех­надзора России от 10.07.01 № 30 (не нуждается в государственной регистрации, письмо Минюста России от 20.08.01 № 07/8411-ЮД).**
3. **Методические указания по организации и осуществлению надзора за конструированием и изготовлением оборудования для опасных производственных объектов в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промыш­ленности. РД-09-167-97.**
4. **IEC 61508-1 (1998)/Cor.(1999) (Functional Safety of Electri­cal/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems). Функциональная безопасность электрических/электронных/ электронных программируемых систем безопасности. Часть 1. Общие требования. Утв. 01.05.99.**
5. **IEC 61508-2(2000) (Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems). Функциональная безопасность электриче­ских/электронных/ электронных программируемых систем безопасности. Часть 2. Требования к электрическим/ электронным/программируемым электронным сис­темам, связанным с безопасностью. Утв. 01.05.00.**
6. **IEC 61508-3( 1998)/Cor.( 1999) (Functional Safety of Electri­cal/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems). Функциональная безопасность электрических / электронных / электронных программируемых сис­тем безопасности. Часть 3. Требования к программному обеспечению Утв. 01.05.99.**
7. **IEC 61508-4(1998)/Cor.(1999) (Functional Safety of Electri­cal/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems). Функциональная безопасность электрических/электронных/ электронных программируемых систем безопасности. Часть 4. Определения и сокращения. Утв. 01.04.99.**
8. **IEC 61508-5(1998) (Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems). Функциональная безопасность электриче­ских/электронных/ электронных программируемых систем безопасности. Часть 5. Примеры методов для определения уровней полноты защиты. Утв. 01.11.98.**
9. **IEC 61508-6(2000) (Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems). Функциональная безопасность электриче­ских/электронных/ электронных программируемых систем безопасности. Часть 6. Руководящие указания по применению стандартов IEC 61508-2 и IEC 61508-3. Утв. 01.04.00.**
10. **IEC 61508-7(2000) (Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems). Функциональная безопасность электриче­ских/электронных/ электронных программируемых систем безопасности. Часть 7. Обзор методов и средств измерения. Утв. 01.03.00.**
11. **IEC 61511-1 (Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector). Функциональная безопасность. Инструментальные системы безо­пасности для промышленных процессов. Часть 1. Требования к структуре, опре­делениям, системе, программному и аппаратному обеспечению.**
12. **IEC 61511-2 (Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector). Функциональная безопасность. Инструментальные системы безо­пасности для промышленных процессов. Часть 2. Руководство по применению стандарта IEC 61511-1.**
13. **IEC 61511-3 (Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector). Функциональная безопасность. Инструментальные системы безо­пасности для промышленных процессов. Часть 3. Руководство для определения необходимых уровней надежности безопасности.**
14. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Стандарты Международной электротехниче­ской комиссии по программируемым контроллерам // Промышленные АСУ и кон­троллеры, 1999, № 7.**
15. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Международные стандарты по функциональ­ной безопасности систем контроля и управления // Промышленные АСУ и кон­троллеры, 1999, № 9. -С. 32.**
16. **Функциональная безопасность. Простое руководство по применению стандарта МЭК 61508 и связанных с ним стандартов / Дэвид Дж. Смит, Кеннет Дж. JI. Симпсон —М.: Издательский дом «Технологии», - 2004г. -208 с.**
17. **Шехтман Н.Б Системы противоаварийных защит объектов нефтегазопе- реработки // НЕФТЕГАЗ, №3, 2003 г.**
18. **ГОСТ Р 51898-2002. Аспекты безопасности. Правила включения в стан­дарты.**
19. **ГОСТ 24.104-85. Автоматизированные системы управления. Общие тре­бования.**
20. **Общие правила промышленной безопасности для организаций, осущест­вляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных произ­водственных объектов (ПБ 03-517-02). Постановление Госгортехнадзора России от 18.10.02 № 61-А (зарегистрировано Минюстом России 28.11.02 г., per. № 3968).**
21. **Белов П.Г., Гражданкин А.И., Федоров А.А. Экспертная система оценки риска промышленных аварий и оптимизации мер безопасности на опасных произ­водственных объектах // Безопасность труда в промышленности. -2000. —№11. -С.6-10.**
22. **Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов // Прогноз и управле­ние. -Вып.1 -М.: «Мир», 1971. 406 с.**
23. **Левин А.И. Математическое моделирование в исследованиях и проекти­ровании станков. -М.:«Машиностроение», 1978.**
24. **Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. М.: «Наука», 1974,415 с.**
25. **К. Фукунага. Введение в статическую теорию распознавания образов. М.: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1979. -368 с.**
26. **Проталнский О.М., Филоненко О.М.. Распознавание предаварийных си­туаций на технологических объектах управления // Промышленные АСУ и кон­троллеры: Ежемесячный научно-технический производственный журнал. -М. -2003. -№ 8.**
27. **Проталнский О.М.. Использование нечетких множеств для распознава­ния предаварийных ситуаций // Вестник Тамбовского государственного техниче­ского университета. -2000. -Т.6. -№2.**
28. **Итоги науки и техники: физические и математические модели нейрон­ных сетей. -Т 1. М.: изд. ВИНИТИ, 1990.**
29. **Artificial Neural Networks: Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press, 1992.**
30. **Снапелев Ю. М. Моделирование и управление в сложных системах / Ю. М. Снапелев, В. А. Старосельский. Под ред. Н. П. Бусленко. — М.: Советское ра­дио, 1974. -264 с.**
31. **В.А. Крисилов, Д.Н. Олешко, А.В. Трутнев. Применение нейронных се­тей в задачах интеллектуального анализа информации // Труды Одесского поли­технического университета. -Вып.2 (8). -1999. -С. 134.**
32. **Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа: учеб. 3-є изд. - Томск: Изд-во НТЛ, 2001. -396 с.**
33. **Шрайбер, Томас. Моделирование на GPSS: пер. с англ. / Т. Дж. Шрайбер. — М.: Машиностроение, 1980. — 592 с.**
34. **P. Patrick. Minimisation methods for training feedforward Neural Networks // Neuaral networks, 1994, Volume 7, Number 1.- P. 1-11**
35. **Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks // М.: Горячая линия- Телеком, 2000. -С.182.**
36. **Авеньян Э.Д. Алгоритмы настройки многослойных нейронных сетей // Автоматика и телемеханика. -1995. —N 5. -С.106-118.**
37. **Джеффри Е. Хинтон. Как обучаются нейронные сети// В мире науки. -1992. -N 11. -N 12. -С. 103-107.**
38. **Аронов И. 3., Грозовский Г. И., Шпер B.JI. Анализ безопасности слож­ных технических систем на основе статистических процедур обработки информа­ции // Вестник машиностроения. - 1997. -№5. -С. 30-33.**
39. **Дружинин Г.В. Особенности получения информации в задачах обеспе­чения безопасности функционирования технологических систем // Надежность и контроль качества. - 1999. -№1. -С. 29-33.**
40. **А.П. Быков, А.В. Вейц. От нейрона к искусственному мозгу // М.: Наука, 1971.-С. 127.**
41. **Крисилов В.А., Олешко Д.Н., Лобода А.В. Методы ускорения нейрон­ных сетей // Вестник СевГТУ. Информатика, электроника, связь. Вып. 32. -2001. -С. 19.**
42. **Тарасенко Р.А., Крисилов В.А. Предварительная оценка качества обу­чающей выборки для нейронных сетей в задачах прогнозирования временных ря­дов // Труды Одесского политехнического университета. Вып.1 (13). -2001. -С.**

**90.**

1. **Rumelhart В.Е., Minton G.E., Williams R.J. Learning representations by back propagating error // Wature, 1986. V. 323. -P. 1016-1028.**
2. **Математическое моделирование стахостических систем / В.И. Чернец- кий. Петрозаводский гос. ун-т. Петразаводск, 1994. -488 с.**
3. **Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков - СПб.:КОРОНА принт; -М.: Альтекс-А,2004. -384 с.,ил.**
4. **MATLAB 5.3. Имитационное моделирование в среде Windows: практи­ческое пособие / А.К. Гультяев. -СПб.:КОРОНА принт, 2001. -400 с.**
5. **Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. -М.: Наука, 1988.**
6. **Веников В. А., Веников Г. В. Теория подобия и моделирования. -М.: Высшая школа, 1984.**
7. **Гнеденко Б. Д., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслужи­вания. -М.: Наука, 1987.**
8. **Кривулин Н. К. Оптимизация сложных систем при имитационном моде­лировании // Вестник Ленингр. Ун-та. -1990. -№ 8.**
9. **Кулаичев А. П. Компьютерный контроль процессов и анализ сигналов. - М.: Информатика и компьютеры, 1999.**
10. **Линник И. 10. Улучшение скорости сходимости метода Монте-Карло в некоторых задачах теории массового обслуживания // Кибернетика. -№ 5. -1978.**
11. **Математическая теория планирования эксперимента / Под ред. С. М. Ермакова. -М.: Наука, 1983.**
12. **Марк Д. А., Мак-Гоуен К. SADT. Методология структурного анализа и проектирования. —М.: Метатехнология, 1993.**
13. **Клеймен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании. -М.: Статистика, 1978.**
14. **Имитационное моделирование производственных систем / Под ред. А. А. Вавилова. -М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1983.**
15. **Приикер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМП. -М.: Мир, 1987.**
16. **Проектирование и программная реализация экспертных систем на пер­сональных ЭВМ / Под ред. Д. Фохта. -М.: Финансы и статистика, 1990.**
17. **Романиев В. В., Яковлев С. А. Моделирование систем массового обслу­живания. -СПб.: Поликом, 1995.**
18. **Советов, Борис Яковлевич. Моделирование систем: учебник / Б. Я. Со­ветов С. А., Яковлев. - 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Высшая школа, 2001. -343 с.**
19. **Справочник проектировщика АСУ ТП / Г.Л. Смилянский. Машино­строение, 1983. -527 с.**
20. **Бусленко В. Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. -М.: Наука, 1977.**
21. **Ермаков С. М., Мелос В. Б. Математический эксперимент с моделями сложных стохастических систем. -СПб.: Изд. ГУ, 1993.**
22. **Шеннон Р. Имитационное моделирование систем. Искусство и наука. - М.: Мир, 1978.**
23. **Яковлев С. А. Эволюционные имитационные модели процессов и систем как методологическая основа интеллектуальных технологий обучения // Тез. докл. Междунар. конф. «Современные технологии обучения». -СПб., 1996.**
24. **Гультяев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс / А. Гультяев. -СПб: Питер, 2000. -432 с.**
25. **Buchanan, William. Mastering Pascal and Delphi Programming / W. Bu­chanan. — London : Macmillan, 1999. — 373 p.**
26. **Дьяконов, Владимир Павлович. MATLAB 6/6.1/6.5 + SIMULINK 4/5: Основы применения: Полное руководство пользователя / В. П. Дьяконов. -М.: СОЛОН-Пресс, 2002. -768 с.**
27. **Дьяконов, Владимир Павлович. MATLAB; Анализ, идентификация и моделирование систем: Специальный справочник / В. П. Дьяконов, В. В. Круглов. -СПб.: Питер, 2002. -448 с.**
28. **Минаев Ю.Н., Филимонова О.Ю., Бенаумер Лиес. Методы и алгоритмы решения задач идентификации и прогнозирования в условиях неопределенности в нейросетевом логическом базисе. -М.: Горячая линия —Телеком, 2003. -205 с.**
29. **Григорьев А. Б. ОРС - средство общения разнородных систем // Про­мышленные контроллеры АСУ: Ежемесячный научно-технический производст­венный журнал. -М. -2002. -№ 4.**
30. **SIMPAS - Event scheduling language, implemented as Pascal preprocessor. "SIMPAS - A Simulation Language Based on Pascal", R.M. Bryant in Proc 1980 Win­ter Sim Conf, T.I Oren et al eds, pp.559-572.**
31. **Приикер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМП. - М.: Мир, 1987.**
32. **П.Ф. Фильчаков. Справочник по высшей математике. - Киев: Изд-во Наукова думка, 1972. - 743 с.**
33. **Программные средства моделирования непрерывно-дискретных систем / ред В.М. Глушкова. - Киев: Изд-во Наукова думка, 1975.**
34. **Автономные контроллеры для SCADA-систем фирмы Emerson Process Managment // Промышленные контроллеры АСУ: Ежемесячный научно­**

**технический производственный журнал. -М. -2003. -№ 1.**

1. **Emerson Process Managment // Презентация системы безопасности DeltaV**
2. **Дозорцев В.М. Динамическое моделирование в оптимальном управле­нии и автоматизированном обучении операторов технологических процессов. Часть 2 // Приборы и системы управления. -1996. —№ 8.**
3. **Дозорцев В.М. Обучение операторов технологических процессов на базе компьютерных тренажеров // Приборы и системы управления. -1999. -№ 8.**
4. **Веревкин А.П., Муртазин Т.М. Моделирование процессов принятия ре­шений в сложных системах управления // Проблемы нефтегазового комплекса России // Материалы международной конференции. - Уфа: УГНТУ, 1998. -С. 85-88.**
5. **Панкова JT.A., Петровский А.М., Шнейдерман М.В. Организация экспер­тиз и анализ экспертной информации. -М.:Наука, 1984. -120 с.**
6. **Китаев Н.Н. Групповые экспертные оценки. -М.: Знание, 1975. -64 с.**
7. **Федоров Ю.Н. Основы построения АСУ ТП взрывоопасных произ­водств. В 2-х томах. Т.1 Методология. -М.: СИНТЕГ, 2006. -720 с.**
8. **Федоров Ю.Н. Основы построения АСУ ТП взрывоопасных произ­водств. В 2-х томах. Т.2 Проектирование. -М.: СИНТЕГ, 2006. -632 с.**
9. **SCADA-системы проблемы выбора // Современные технологии автома­тизации: Ежемесячный научно-технический производственный журнал. -М,1999. -№4.**
10. **Аристова Н. И. Промышленные программно-аппаратные средства на российском рынке АСУ ТП / Н. И. Аристова, А. И. Корнеева. -М: Научтехлит- издат, 2000. -399 с.**
11. **Теория управления. Терминология. Вып. 107. -М.: Наука, -1988. -С. 56.**
12. **B.R. Clements and F. Preto. Evaluating Commencial Real Time Expert Sys­tem Software for Use in the Process Industries. C&I, 1993, -P. 107-114.**
13. **B. Moore et al. Questions and Answers about G2. 1993. Gensym Corporation. -P. 26-28.**
14. **Безопасная эксплуатация паровых и водогрейных котлов / Г. П. Глады­шев, А. А. Дорожков, В. В. Лебедев, А. А. Тихомиров. -М.: Энергоатомиздат,**
15. **Мальцев, Владимир Арсеньевич. Промышленная безопасность: Учеб­но-методическое пособие / В. А. Мальцев. -М.: ИПКгосслужбы, 1995. -224 с.**
16. **Мачихин С. А. Некоторые аспекты оценки безопасности опасных про­изводственных объектов / С. А. Мачихин, А. Н. Стрелюхина, А. Ф. Теплов // Безопасность труда в промышленности: Ежемесячный журнал. -М, -2002. -№ 1. -С. 38-41.**
17. **Котельников В. С. Об ответственности экспертных организаций / В. С. Котельников, А. А. Худошин // Безопасность труда в промышленности: Ежеме­сячный журнал. -М, -2002. -№ 1. -С. 35-37.**
18. **Гражданкин А.И., Дегтярев Д.В., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Основ­ные показатели риска аварии в терминах теории вероятностей // Безопасность тру­да в промышленности. -М, 2002. -N7. -С.35-39.**
19. **Гражданкин А.И. Разработка экспертной системы оценки техногенного риска и оптимизации мер безопасности на опасных производственных объектах: Автореф. дис. канд. техн. наук. -М., 2001. -34 с.**
20. **Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Использование веро­ятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. -М. -2001. —№5. -С.33-36.**
21. **Балаба В. И. Общие требования промышленной безопасности: Учебное пособие / В. И. Балаба. Госгортехнадзор России. Национальный институт нефти и газа. -М.: Национальный институт нефти и газа, 2003. -64 с.**
22. **Кирин Б. Ф. Защита в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие для вузов / Б. Ф. Кирин, Н. О. Каледина, В. И. Слепцов. Московский государственный горный университет. -М : Изд-во Московского гос. горного ун-та, 2004. -285 с.**
23. **Лазичев А. А., Дмитриев В. М. Использование виртуальных контролле­ров в задачах автоматизации и моделирования сложных технических систем // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. - 2004, № 4. -С. 7-8.**
24. **Антохов С. В., Антохов М. В., Г. В. Леонов. Применение математиче­ского моделирования при проектировании АСУ реального времени в производст­**

**ве серной кислоты // Промышленные АСУ и контроллеры. - 2004. -№ 4. -С. 31-33.**

1. **Контракт № 211-5663. Рабочие инструкции / Дэйви Пауэр Газ Лимитед. - Лондон: Babcock Power Ltd, б/г. - 207 с.**
2. **Клюев А. С., Лебедев А. Т., Новиков С. И. Наладка систем автоматиче­ского регулирования барабанных паровых котлов. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 280 с.**
3. **Зыков А. К. Паровые и водогрейные котлы: справочное пособие. - СПб.: ООО «ПОЛИГРАФИЯ», 2001. - 114 с.**
4. **Система управления розжигом и противоаварийной автоматической защиты вспомогательного котла (СР и ПАЗ). Книга 1. Общесистемные проектные решения (А-Ю20-АТХ-ОР) / Руководитель проекта Бурмантов Д. Г. - Томск: ООО «АККО», 2002. -42 с.**
5. **Бурьян В.И., Петоян А.И. Программное обеспечение систем, важных для безопасности, как объект международной стандартизации. Взгляд разработ­чиков // Системы контроля и управления. Их роль в обеспечении безопасности. Нормы, практика и тенденции развития. Сборник докладов на первой научно­технической конференции (Москва, 15-16 декабря 1999 года) -М.: Измерительно­информационные технологии, 2000.**
6. **Носов В.В. Функциональная безопасность и электромагнитная совмес­тимость технических средств // Системы контроля и управления. Их роль в обес­печении безопасности. Нормы, практика и тенденции развития: Сборник докладов на первой научно-технической конференции (Москва, 15-16 декабря 1999 года) -М.: измерительно-информационные технологии, 2000.**
7. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Международная стандартизация промыш­ленных систем автоматизации // Промышленные АСУ и контроллеры, 1999. -№ 5, -С. 29.**
8. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Современные тенденции стандартизации технической документации // Промышленные АСУ и контроллеры, 1999. -№ 7,**
9. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Международные стандарты безопасности измерительного, управляющего и лабораторного оборудования // Промышленные АСУ и контроллеры, 1999. -№ 11, -С. 29.**
10. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Международные стандарты по методам и процедурам оценки рабочих характеристик приборов для измерения и управления процессами // Промышленные АСУ и контроллеры, 2000. -№ 1.**
11. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Международные стандарты по аттестации систем контроля и управления и оцениванию их характеристик // Промышленные АСУ и контроллеры, 2000. -№ 3.**
12. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Принципы и методы оценки функциональ­ных возможностей систем контроля и управления, определяемые международны­ми стандартами // Промышленные АСУ и контроллеры, 2000. -№ 5.**
13. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Рабочие характеристики систем контроля и управления, определяемые международными стандартами // Промышленные АСУ и контроллеры, 2000. -№ 6. .**
14. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Функциональная надежность систем кон­троля и управления в международных стандартах // Промышленные АСУ и кон­троллеры, 2000. -№ 8.**
15. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Управляемость систем контроля и управле­ния // Промышленные АСУ и контроллеры, 2000. -№ 9.**
16. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Оценивание безопасности систем контроля и управления // Промышленные АСУ и контроллеры, 2001. -№ 1.**
17. **Курочкин С.С., Стась К.Н. Характеристики систем контроля и управ­ления, непосредственно не связанные с функциональными задачами // Промыш­ленные АСУ и контроллеры, 2001. -№ 6. -С. 29.**
18. **Пономарев А.А., Кочегурова Е.А., Бурмантов Д.Г. Концепция построе­ния имитационной модели для тестирования ПО «DeltaV» // Наука и инновации XXI века: материалы открытой окружной конференции молодых ученых. - Сур­гут, 2004. -С. 52-54.**
19. **Пономарев А.А. Разработка компьютерного тренажера для системы управления блокировок и ПАЗ вспомогательного котла на базе имитационной мо­дели и системы управления DELTAV // Современные средства и системы автома­тизации: Материалы 4 научно-практической конференции. -Томск: Изд. ТУСУР, 2004.-С. 113-116.**
20. **Пономарев А.А. Разработка имитационной модели для задач построе­ния компьютерного тренажера для системы управления и ПАЗ // Информацион­ные технологии в XXI веке: Сборник докладов и тезисов II молодежного научно­практического форума. -Днепропетровск: УГХТУ, 2004. -С. 142-144.**
21. **Пономарев А.А. Использование имитационного моделирования в зада­чах исследования сложных систем // Научное творчество молодежи: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. -Изд. Томского универ­ситета 2004. -С. 55-57.**
22. **Пономарев А.А., Агеев Ю.М. Прогнозирование аварийных ситуаций на объекте управления с использованием пакета MATLAB // Электронные средства и системы управления: материалы международной научно-практической конфе­ренции. Изд. Института оптики атмосферы СО РАН, 2004. -С. 85-90.**
23. **Пономарев А.А., Зыков Д. Построение имитационной модели котла для тестирования алгоритмов пуска/останова объекта // Молодежь и современные ин­формационные технологии: материалы II всеросийской научно-практической конференции студентов. Изд. ТПУ, 2004. -С. 252-254.**
24. **Пономарев А.А. Показатель текущей опасности технологического про­цесса // Средства и системы автоматизации: Материалы 5-й научно-практической конференции. -Томск. Изд. ТУСУРа, 2004. - С. 106-108.**
25. **Пономарев А.А., Агеев Ю.М. Использование MATLAB для решения задач оценки и анализа текущей опасности технологических объектов // Аппарат­но-программные средства автоматизации технологических процессов. Изд. Том­ского университета, 2004.**
26. **Фирсов А.Н. Математика. Теория вероятностей. Ч. 1.: учебное пособие. -Спб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2005. -112 с.**
27. **Хенли Э. Дж., Кумамото X. Надежность технических систем и оценка риска / Пер. с англ. - М: Машиностроение, 1984. - 528 с.**
28. **Aven Т. Reliability and Risk Analysis. Elsevier Applied Scince. 1992.**
29. **Finkelstein M.S. Measured of Risk and a Concept of Acceptable Risk / Pro­ceeding of the International Scientific School Modeling and Analysis of Safety, Risk and Quality in Complex Systems. - Spb, 2001.**
30. **Б. Страуструп. Язык программирования C++, 3-є изд./Пер. с англ. - СПб.; М.: «Невский диалект» - «Издательство БИНОМ», 1999. - 991 с.: ил.**
31. **Лэйси Дж. М. Visual C++ Distributed. Экзамен - экстерном (экзамен 70­015). - СПб.: «Питер», 2001. - 624 с.: ил.**
32. **Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник / Александров А.А., Григорьев Б.А., Рек. Гос. Службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98-М: Издательство МЭИ, 1999. - 168 с.**
33. **Моделирование управления режимами тепловых сетей / Монахов Г.В., Войтинская Ю.А. -М.: Энергоатомиздат, - 1995. -224 с.**
34. **Физика: справочные материалы: Учебное пособие для учащихся - 3-є издание. -М: Просвещение, 1991. -367 с.**
35. **Элементарный учебник физики / академик Ландсберг Г.С. -Том 1: Ме­ханика, теплота, молекулярная физика. -М: 1968. - 656 с.**