

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий национальный технический университет»

Конспект лекций

по дисциплине

**«НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ
СИСТЕМ ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК»**

для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» –
«Технологическая безопасность и горноспасательное дело»

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
Охраны труда и аэрологии
Протокол № 4 от 12.12.2023 г.

Донецк 2024

УДК 681.518

Лекции по дисциплине «Надёжность технических систем и техногенный риск» предназначены для студентов технических специальностей очной и заочной форм обучения.

Лекции составлены в соответствии с требованиями учебного плана кафедры «Охраны труда и аэрологии». При составлении лекций использованы литературные источники, законодательная нормативно-техническая документация по профилю знаний / сост. И.И. Москвина – Донецк: ДонНТУ, 2024. – 109 с

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов системы знаний об основных положениях теории надежности технических систем и сооружений и обучение методам оценки надежности и техногенного риска существующих, строящихся и модернизирующихся технических систем и сооружений, знаниям о техносфере как о системе, выборе критерия для оценки уровня ее безопасности, использования методов для оценки ее текущего состояния и дальнейшего развития с позиций безопасности, разработки и внедрения способов повышения ее устойчивого развития.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- причины недостаточно высокой надежности технических систем;
- характеристики технических систем, используемые в теории надежности;
- основные виды отказов технических систем;
- законы распределения времени безотказной работы элементов;
- методы оценки надежности систем различной структуры;
- основные принципы и способы повышения надежности технических систем;
- роль и место техногенного риска в процессе принятия решений;
- методы количественной оценки техногенного риска;
- методы моделирования опасных процессов, анализ моделей в интересах снижения

риска;

уметь:

- производить количественную оценку надежности элементов технических систем;
- рассчитывать надежность технических систем с учетом их структуры и старения элементов;
- выбирать оптимальный вариант резервирования в интересах повышения надежности технических систем;
- производить качественную и количественную оценку риска в техногенной сфере;

владеть:

- навыками применения количественных методов анализа опасностей и оценки риска;
- навыками применения методик качественного анализа опасностей сложных технических систем типа человек-машина-среда.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций: ПК-6 способен системно проводить анализ условий труда, травматизма, оценивать профессиональный риск и риск возникновения аварий инцидентов анализировать проблемы промышленной безопасности и горноспасательного дела, угрозы промышленной безопасности объектов горного производства и разрабатывать меры профилактики.

ВВЕДЕНИЕ

В курсе лекций дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» предложены основные положения теории надежности технических систем и техногенного риска, расчетные зависимости математики и теории вероятностей, применяемые для расчетов и анализа качественных и количественных параметров надежности функционирования технических систем, рассматриваются основные принципы проведения структурно-следственной оценки надежности технических систем, приведены основные способы увеличения надежности технических систем.

Конспект лекций рекомендован для студентов, обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело», изучающих дисциплину «Надежность технических систем и техногенный риск».

Конспект лекций направлен на формирование профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Обеспечение безопасности населения и окружающей природной среды представляет собой весьма сложную техническую задачу, решение которой невозможно без совершенствования и углубления инженерной подготовки в области исследования надежности, прогнозирования и обеспечения безопасности технических систем. В ряде промышленно развитых стран изучение безопасности технических систем, как отдельной независимой деятельности, было введено в практику в шестидесятых годах (для примера можно привести деятельность США, начиная с 50-х годов, по созданию системы безопасности авиационно-космической техники).

Центр внимания переместился от анализа поведения отдельных элементов различного типа (электрических, механических, гидравлических) на причины и последствия, вызываемые отказом этих элементов в соответствующей системе. “Дерево отказов”, “Дерево последствий”, “Метод последовательной экспертизы”, “Экспертные оценки” и др. методы выявления отказов были взяты на вооружение специалистами, работающими в химической и других опасных отраслях промышленности, как раз из сферы военных и аэрокосмических исследований. Именно в этих странах 60-е годы были отмечены началом широкой публикации научных работ, относящихся к описываемой области исследований.

В нашей стране такие работы (это касается открытой печати, доступной широкому кругу научно-технических работников) имели единичные издания. Это следовало из концепции “абсолютной безопасности” отечественных технологий и оборудования. Названная концепция до недавнего времени была фундаментом, на котором строились нормативы безопасности. Требование “абсолютной безопасности”, то есть “нулевого риска”, в конечном счете, привело к дорогостоящим и даже к трагическим последствиям для населения и экономики страны. Специалисты, эксплуатирующие технические системы и обслуживающие опасные технологии в химической промышленности, системы энергетики и трубопроводный транспорт, оказались неподготовленными в методическом плане к поиску и анализу критических отказов, приводящих к авариям. Уровень знаний в вопросах безопасности жизнедеятельности в техносфере отстал от уровня сложности и темпов развития техники, технологий, технических систем.

Не следует строить иллюзий о безопасности предприятия даже в том случае, если на нем не происходит чрезвычайных ситуаций с разрушениями и гибелью персонала – отказ системы очистки отходящего газа из-за ненадежности техники будет нести огромную опасность для людей и окружающей среды.

В настоящее время в России осуществляется переход от регистрации свершившегося факта к осознанию необходимости использования инженерных методов предварительного анализа и исследования технических систем и объектов повышенного риска с целью предупреждения аварий. Ясно, что в изменившихся условиях подход к решению проблем безопасности производств, экологических проблем, основанный на концепции “реагировать и выправлять”, вынужден уступить место новому, где главенствующий принцип “предвидеть и предупреждать”. Встала задача прогнозирования техногенной деятельности - чтобы предотвратить тот ее предельный негативный масштаб, превышение которого оборачивается трагедией, катастрофами и экологическим ущербом. Уместно здесь отметить, что по подсчетам специалистов, сегодня на территории России размещены свыше 4,5 тыс. потенциально опасных объектов, в том числе радиационно-, химически- и биологически опасных сооружений и производств, которые относятся к объектам повышенного риска.

Вот почему методы исследования возможных отказов должны стать хорошим подспорьем для специалистов по защите в чрезвычайных ситуациях, инженерной защите окружающей среды или по безопасности жизнедеятельности, а поиск возможных отказов и анализ последствий должен стать распространенной, обычной процедурой при оценке сложных, дорогостоящих и высокого риска предприятий, технологий и установок.

2. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

ТЕМА 1. Законодательная база безопасности в промышленности

Конспект лекции

В России выполнение главных направлений, связанных с предупреждением или уменьшением техногенных опасностей, осложняется периодически обостряющимся экономическим кризисом, который не позволяет динамичной реконструкции производств, задерживает сроки ремонтов и замены выработавшего ресурс оборудования, не удовлетворяет полноценной работе и техническому состоянию систем предупреждения и ликвидации аварийных ситуаций, не развивает подготовку и квалификацию трудящихся. Следует также учесть прогрессирующий выход из строя основного промышленного парка. В общем. по стране износ основного парка составляет 40,6%, а оборудования и машин - 57% [1,2]. Наиболее сложная ситуация наблюдается в химической промышленности, в области нефтехимии и нефтепереработки. Амортизационная изношенность здесь доходит 80-85%, а на отдельных производствах 100% [1,2]. Иногда, не выполняются штатные инструкции проведения ремонтных работ, откладывается время ремонта без необходимых технических обоснований и согласований, неправомерно заменяются регламентные виды ремонта на более, технически простые виды ремонтов.

Мониторинг технической безопасности промышленной предприятий угольной и горно-металлургической информировал о том, что многие промышленные объекты не соответствует требованиям безопасной эксплуатации [1,2].

Отметим, что предприниматели и руководители предприятий в существующей экономической ситуации должны уменьшать финансирование и при отсутствии или недостаточности правовых норм они делают это за счет уменьшения расходов на безопасность [3-5].

Анализ практической деятельности в части правового регламентирования безопасности в промышленности позволил ввести несколько иное видение обеспечения безопасности людей и защиты окружающей среды, основанный на применении документа о безопасности работы объектов промышленного назначения [1,2].

Для проведения проектного решения относительно промышленного объекта разной степени опасности, вырабатывается ряд разноплановых работ по гарантированию безопасности в промышленности и профилактике аварийных ситуаций, регламентации работы персонала в нештатных ситуациях, предприятием разрабатывается документ о безопасности работы объектов промышленного назначения [1].

Были разработаны и применялись нормативные документы, объясняющие подход к декларированию безопасности, и действующее в широких рамках регулирования вопросов обеспечения мер предупреждения чрезвычайных ситуаций и безопасности в промышленности:

1.Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ (последняя редакция).

2.Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 июля 2013 г. № 306.

3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14.11. 2013 г. № 538.

4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010:2011-Менеджмент риска. Методы оценки риска. Стандарт Информ 2012.

5. ГОСТ Р 56275-2014 Менеджмент рисков. Руководство по надлежащей практике менеджмента рисков проектов. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2014 г. № 1861-ст.

6. Временное требование к идентификации объектов, связанных с повышенной опасностью (утверждены 14.09.95 министром РФ по делам чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий и председателем Федерального горного и промышленного надзора России).

7. Постановление Правительства РФ от 21 марта 1994 г. № 223 «О сертификации безопасности промышленных и опытно-экспериментальных объектов предприятий и организаций оборонных отраслей промышленности, использующих экологически вредные и взрывоопасные технологии».

8. Система сертификации безопасности взрывоопасных производств РОС РУ 001.01.ПВ 00. разработки декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации была подготовлена с учетом замечаний заинтересованных министерств и ведомств (Госкомсанэпиднадзора России, Роскомнефтехимпрома, Минтопэнерго России, Роскомметаллургии, Госкомоборонпрома России, Госстроя России, Госстандарта России и др.) и утверждена приказом МЧС России и Госгортехнадзора России от 4 апреля 1996 г. № 222/59.

9. Руководство по безопасности. «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» от 11 апреля 2016 г. № 144.

Большое значение для проведения оценки опасности и прогнозирования возникновения возможных аварий и их последствий имеет наличие систематизированной информации по учету и расследованию аварий. Предприятия обязаны давать информацию только по категоризованным авариям в соответствии с Инструкцией по расследованию аварий. В Основах законодательства об охране труда впервые появилось требование об учете аварий. Правда, это касается аварий, повлекших за собой несчастные случаи (статьи 3, 9). Статья 6 Федерального Закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ предусматривает в обязательном порядке доступность информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

В законодательстве РФ предусматривается порядок выдачи разрешения на расположение промышленных объектов с предписанием учета возможных нарушений экологических и санитарных норм.

Правовые основы обязательной сертификации продукции и услуг с целью обеспечения контроля безопасности для природной среды, здоровья, условий существования и имущества установлены законодательно в документе о сертификации. В ст. 7 указано, что обязательная сертификация осуществляется в случаях, предусмотренных законодательными актами РФ.

Российское законодательство представляет разрешительную систему для регулирования возможности ведения тех или иных видов хозяйственной деятельности. Это регулирующий механизм появился в Законе «О предприятиях и предпринимательской деятельности».

В ст. 21 записано, что отдельные виды деятельности могут осуществляться предприятием только на основе лицензии. Перечень таких видов деятельности должен определяться либо уполномоченными органами, либо Правительством РФ.

Следующим законом, которым вводится лицензирование, стал Закон «О недрах», однако в нем регулируются только вопросы лицензирования использования недр. Порядок лицензирования опасных видов промышленной деятельности не регулируется.

Проведение обязательной экспертизы включено в Закон «Об охране окружающей среды». Соответствующими статьями регулируется необходимость обязательного проведения экологической экспертизы, а в «Основах законодательства об охране труда» - экспертизы по защите и нормированию труда.

Существенное значение в законодательстве нашего государства уделяется информированию и участию населения и органов местного самоуправления в мероприятиях, связанных с управленческой деятельностью обеспечения безопасности в экологии и промышленности. Почти все законы, имеющие отношение к вопросам промышленной безопасности и принятые в России после 1991 г., включают статьи, обязывающие информировать государственные органы и общественность по вопросам, которые регулируются тем или иным законом. Особое место в российском законодательстве занял, принятый 20.06.1997 года Государственной думой Федеральный Закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Этот нормативный документ определяет правовые, социальные и экономические рычаги проведения работ в безопасных условиях на опасных производственных объектах (ОПО) и указывает на профилактику аварий и подготовленности на всех уровнях организаций, работающих на ОПО, к недопущению или уменьшению и прекращению последствий аварийных ситуаций. Федеральный Закон позволит повысить уровень обеспечения безопасности проектируемых и действующих промышленных объектов, эффективно использовать новые, апробированные мировым сообществом методы регулирования промышленной безопасности, улучшить информирование властей, специально уполномоченных органов, населения и общественности об опасностях промышленных объектов, способствовать предотвращению крупных промышленных аварий.

Федеральный Закон предусматривает и устанавливает:

- лицензирование опасного проведения работ для обеспечения безопасности в промышленности;
- сертификацию технических систем, применяемых на ОПО;
- требования безопасности промышленного характера на этапах от проектирования, до приемки в работу ОПО;
- требования промышленной безопасности к функционированию ОПО;
- требования для обеспечения безопасности в промышленности по работам, связанным с уменьшением и прекращением последствий аварийных ситуаций на ОПО;
- производственный надзор за выполнением требований обеспечения безопасности в промышленности;
- техническое выяснение и анализ причин аварии;

- экспертизу безопасности в промышленности;
- разработку документа безопасности в промышленности;
- обязательное страхование ответственности за нанесение вреда при работе на ОПО;
- федеральный контроль в области безопасности в промышленности в ходе проверки соблюдения требований безопасности в промышленности;
- ответственность лиц, нарушающих законодательства в области безопасности в промышленности.

В продолжение отмеченной тенденции 27.12. 2002-го года был принят Федеральный закон «О техническом регулировании» за № 184-ФЗ, в котором отмечается:

«В технических регламентах с учетом степени риска причинения вреда могут содержаться специальные требования к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, требования к терминологии, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения, обеспечивающие защиту отдельных категорий граждан (несовершеннолетних, беременных женщин, кормящих матерей, инвалидов)»

Практическое задание. Изучение федеральных законов на семинаре, либо самостоятельно в онлайн режиме.

Вспомогательный методический материал и оборудование: полный текст: Федерального Закона РФ от 21 июля 1997 года №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (ред. от 29.07.2018), Федерального Закона РФ от 27 декабря 2002-го № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (ред. от 29.07.2017)

Рекомендуемая форма практического занятия: собеседование или тестирование после изучения федеральных законов.

Исследовательская задача. Составить полную модель структуры безопасности в промышленности. Провести системный анализ соответствующих нормативных документов и на основании методов математической логики выявить элементы или их функции, которые не получили должного освещения в документах.

ТЕМА 2. Техносфера и технические системы

Конспект лекции

Техносфера - часть биосферы, представленная человеком в техническом и техногенном исполнении, в виде машин, зданий, сооружений, дорог и т.д. с помощью различных технических воздействий и средств в целях соответствия социально-экономическим условиям существования людей. В этом процессе участвуют технические объекты и процессы.

Техника-совокупность трудовых средств, которые применяются в производственных процессах и в непроизводственной сфере деятельности. В технике отражены знания и практический опыт, которые человечество приобрело в процессе совершенствования производства. Техника уменьшает физические действия человека и увеличивает их эффективность, позволяет использовать окружающую среду в соответствии с запросами общества. По мере совершенствования производственных процессов техника частично заменяет человека в выполнении некоторых технических функций при совершенствовании любого вида труда [1,2].

Средства труда применяют для воздействия на инструменты труда, для осуществления энергетических процессов, изучения информационных процессов, управления процессами развития общества, бытового обслуживания, ведения военных действий и обеспечения обороны [1,2].

По функциональным признакам классификация техники следующая: военная, технологическая, бытовая, медицинская, для научных экспериментов, образования, культуры и др.

Преимущественную область средств техники представляет технологическая техника, к которой относят машины, механизмы, инструменты, аппаратура контроля машин и технологических процессов, агрегаты, здания и сооружения различного назначения и т. д.

Отраслевая классификация техники производится по структуре производства: промышленности, транспорта или по направлениям производственных структур: техника химическая, энергетическая, авиационная, мелиоративная, нефтяная и т.п.

Прогресс в развитии техники идет по пути проектирования новых и улучшения существующих типов оборудования, механизмов и т.д., максимальной механизации и автоматизации производственных процессов, повышения их технического уровня, в создании новых энергетических преобразователей, материалов, топлива и т. п. [1-5].

Техника начинала свое развитие от элементарных ручных машин, которые выполняют всего одно техническое действие до сложных автоматизированных машин современного производства, объединенных в общую систему, которая направлена на совершение многооперационных технологических процессов.

Таким образом, техническая система или объект представляют собой упорядоченную совокупность некоторой группы элементов системы или объекта, которые объединены между собой рабочими процессами так, чтобы обеспечить выполнение некоторых заданных рабочих операций при различных состояниях работоспособности в любой период эксплуатации [1-5].

К объектам техники относят различные системы и их элементы, в частности: здания, механизмы, машины, установки, устройства, аппараты, приборы и агрегаты, а также их отдельные части и детали.

Устойчивость работы системы заключается в том, что относительно окружающей среды она выступает и воспринимается в качестве функциональной единой системы.

Система имеет структурированность, то есть работа составляющих ее элементов происходит в нормированном порядке всей системы для выполнения производственной задачи.

Для достижения устойчивости и выполнения производственной задачи выделяют обязательный элемент системы или подсистемы, причем сами термины элемент и подсистема относительны и условны, так как любой элемент системы – это, почти, всегда совокупность других элементов.

Все элементы, составляющие, структуру системы имеют определенное место и взаимосвязаны, то есть занимают определенное рабочее место в структуре всей системы.

Техническая структурная системы - это постоянство технических параметров в системе при сохранении ее состояния в ходе совершения технологических процессов [1,2]

Система в теории надежности имеет графоаналитическую структуру, то есть может быть представлена в виде подсистем технически различных, расположенных в порядке соподчиненности. При анализе конкретных технических систем достаточно, а иногда необходимо выделить некоторые численно определенные ступени режима работы.

Технические системы и объекты работают в координатной системе пространство - время. Процесс функционирования систем в указанной системе координат представляет собой переход системы из одного состояния в другое в произвольном порядке изменения положения. По этим характеристикам системы могут быть статическими и динамическими [1-5].

Система с одним постоянным по времени состоянием называется статической. Система, в которой происходит переход из одного состояния в другое с течением времени с непрерывным изменением технических характеристик системы или части из них называется динамической.

С позиций обеспечения надежности работы технических систем необходимо исследовать функционирование отдельных элементов системы вместе при взаимодействии с другими ее элементами и выяснить причины возможного отказа системы, который может привести к нежелательным последствиям для окружающей среды.

Функциональная схема дает статистику о технической системе, независимо от подхода исследования, и является результатом идеализации технической системы на основе принципов применения теории надежности, прочности и т.д. Функциональные схемы подобны для большинства технических систем. Составляющие этой схемы дают представление о том, что в технической системе речь идет только о тех свойствах элементов системы, которые учитываются инженером для решения общей задачи. Для любого элемента системы характерна своя конкретная функция положения или перемещения. Совокупность этих свойств рассматривается отдельно от недостатков системы, которые несет с собой элемент в систему, и определяет составляющие или функциональные элементы схем исследования. Составляющие схемы представлены обобщенными математическими операциями, а отношения в функциональных связях - определенными математическими зависимостями. Например, в электротехнике, функциональные связи представляют собой для электрической цепи любого типа графическую форму математической модели. Определенное математическое уравнение соответствует каждому функциональному элементу такой схемы, например, на линейном или профильном участке цепи, либо между силой тока и

напряжением, что выражается математической операцией линейной алгебры или математического анализа.

Для любой электрической схемы план расположения и характеристики элементов функциональных схем подобны.

В классической технической науке исследуемый процесс функциональные схемы характеризуют в виде выбранного или установленного режима работы технического устройства и могут сравниваться с какой-либо математической моделью, уравнением или их системой. Однако они могут быть и не взаимосвязаны с математическими операциями. В этом случае они представляются простой системой взаимозависимых функций, направленных на выполнение рабочей задачи для конкретного технического устройства. Такая функциональная схема служит основой для алгоритма функционирования системы и после этого разрабатывается ее внутренняя структура [1-5].

Схема работы системы или поточная схема описывает рабочие процессы, протекающие в технической системе с порядком функционирования ее элементов в определенном порядке. Составляющие таких схем дают план выполнения рабочего процесса элементами технической системы. Такие схемы применяют, исходя из статистики естественнонаучных подходов [1-5].

Для каждого вида естественного процесса выбирается наиболее подходящий ему математический аппарат, обеспечивающий эффективный анализ поточной схемы в рабочем режиме ее функционирования. Для разных режимов работы технической системы может быть построено различное количество поточных и функциональных схем.

Поточные схемы отображают любые процессы, происходящие в технических системах - механические, электрические, гидравлические, химические и т.д., если речь идет о теоретических основах этих технологий и вообще любых естественных процессах. К этому следует добавить и развитие биотехнологии во взаимодействии со сферой технических наук. Поточные схемы в общем случае отображают не только естественные процессы, но и все варианты потоков преобразования вещества, энергии и информации. В локальном варианте эти процессы могут быть переведены к стационарным состояниям и последние могут рассматриваться как локальный случай общего процесса.

Структурная схема технической системы указывает на базовые моменты, на которые замыкаются конкретные элементы системы, то есть рабочие процессы. Это могут быть детали, технические комплексы, входящие в сборочные единицы различного уровня, входящие в данную техническую систему, которые могут отличаться по принципу действия, техническому выполнению и ряду других характеристик. Такие элементы обладают свойствами второго порядка, кроме функционала, то есть теми свойствами, которые добавляют в систему определенным образом реализованные элементы, в том числе и ненужными в эксплуатации (например, усилитель - искажения усиливаемого сигнала). О конструктивном расположении элементов и связей данной технической системы представляет информацию структурная схема и предполагает определенный способ ее реализации.

Структурные схемы указывают на внесение и корректировку отработанных конструктивно-технологических технических и параметров стандартизированных конструктивных элементов в определенном порядке (резисторов, катушек индуктивности,

батарей, датчиков давления, и т.д.), необходимые для расчетных работ, а также их тип и размерность в соответствии с инженерными каталогами. При этом следует отличать основную структурную теоретическую схему от большого количества чертежей, встречающихся в инженерной деятельности схем, например, монтажных схем, описывающих конкретную структуру технической системы и служащих руководством для ее сборки на производстве. Для элементов структурных теоретических схем вводятся специальные условные графические символы, которые учитывают при их анализе и синтезе [1-5].

Анализ и синтез схем.

Функционирование технической теории осуществляется итерационным путем. На начальном этапе формулируется инженерная задача создания определенной технической системы. Далее она оформляется в виде идеальной конструктивной, то есть структурной схемы, которая преобразуется в схему естественного процесса, то есть поточную схему, отражающую рабочий процесс технической системы. Для расчета и математического моделирования этого процесса строится функциональная схема, отражающая определенные математические закономерности процессов. Инженерная задача переходит в научную проблему, а затем в математическую задачу, решаемую дедуктивным путем. Это является фундаментальным анализом схем, то есть прямой задачей.

Обратная задача заключается в синтезе схем и позволяет на базе имеющихся конструктивных элементов или соответствующих им абстрактных объектов по определенным законам дедуктивного преобразования синтезировать новую техническую систему или ее идеальную модель, теоретическую схему, рассчитать ее основные параметры и смоделировать рабочий процесс. Решение, полученное на уровне идеальной модели, последовательно переносится на каждый этап инженерной деятельности, где учитываются второстепенные, с точки зрения идеальной модели, инженерные параметры и проводятся дополнительные расчеты и поправки к теоретическим результатам. Теоретические результаты расчетов приводятся в соответствие с различными инженерными, социальными, экономическими, экологическими и другими требованиями. Это может потребовать введения новых конструктивных элементов в теоретические схемы, которые придется рассматривать как дополнительные признаки в этих схемах и как ограничения, накладываемые на эти схемы при их реализации.

В практической инженерной деятельности синтез встречается достаточно редко: определенные параметры технической системы и ее элементов, как правило, уже заданы в условиях задачи, и синтез зачастую сводится лишь к модернизации старой системы [1-5]. Кроме того, в инженерной практике всегда существуют традиционные эмпирически полученные структурные схемы, которые обычно принимаются как готовые схемы для дальнейших решений. Поэтому синтез в этом случае сводится к анализу, и вычисляются только некоторые неизвестные параметры вновь проектируемой системы. В условиях массового и серийного производства технические системы создаются из стандартных элементов, поэтому и в теории задача синтеза заключается в связывании типовых идеализированных элементов в соответствии со стандартными правилами конструирования теоретических схем [1,2].

Практические задания. Составить поточную схему произвольной технической системы на примере поточной схемы рисунка 1.

Вспомогательный методический материал и оборудование: калькулятор.

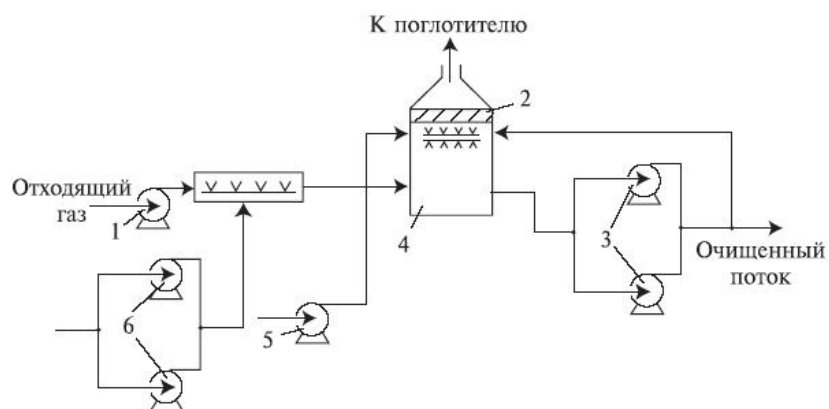


Рис. 1. Поточная схема системы охлаждения и очистки отработавшего газа: 1 - нагнетательный вентилятор; 2 - сетчатая прокладка; 3 - два циркуляционных насоса предварительной очистки газа; 4 - предварительный газоочиститель; 5 - водяной насос; 6 - два охлаждающих насоса.

Рекомендуемая форма практического занятия: групповая (по 4 человека) работа. Поэтапная сверка результатов работы групп и их корректировка.

Исследовательская задача. Составить функциональную, поточную и структурную схемы: очистки питьевой воды, автоматического регулирования, технической диагностики автомобиля, управления роботом, электропривода. Провести анализ схем.

ТЕМА 3. Идентификация опасностей

Конспект лекции

Опасность - объекты, процессы, явления закономерности, которые при определенных обстоятельствах способны наносить отрицательное воздействие физическому состоянию человека, окружающей среде и инфраструктуре, то есть привести к нежелательным или непрогнозируемым последствиям прямо или косвенно. При преобладании характеристик воздействий над характеристиками, принимающих эти воздействия технические объекты появляются опасности, такие как давление, ударная волна, колебания температуры, недостаток кислорода в атмосфере, загазованность воздуха и т.п. [1,2]

Опасность - реальность, сопутствующая любой технической системе или экологическому объекту. Опасность может наступить в виде какого-то вреда для технической системы в виде воздействия медленно или мгновенно, что характеризуется отказом при работе системы. Для человека опасность характеризуется травмами при несчастных случаях от чаще человеческого фактора, а для техники - в форме аварий, недопустимых режимов работы, неуправляемости и т.д., для экологических объектов - в виде потери чистоты, ландшафтных разрушений и др.

Опасность характеризуется прямым отрицательным воздействием на техническую систему или экологический объект; вероятностью нарушения рабочего режима элементов производственной цепочки, что может привести к катастрофическим последствиям. Если эти факторы подтвердились, то их относят к опасным или сверх опасным факторам. Факторы опасности, нуждаются в увеличении или уменьшении в результате проведения анализа, что выражается аксиомами [1,5]:

Аксиома 1. Потенциальная опасность характерна для любой технической системы. Она происходит не всегда явно и проявляется при сочетании определенных условий. Абсолютной безопасности достичь невозможно.

Аксиома 2. Техногенные опасности нельзя исключить, если источники энергии и информационных потоков в техносфере превышают пороговые величины. Предельно допустимые или пороговые значения опасностей устанавливаются из возможности обеспечения гармоничного состояния человека и окружающей среды. Выполнение требований предельно допустимых и пороговых значений опасностей создает комфортные условия существования человека в окружающем пространстве и исключает отрицательное влияние техносферы на окружающую среду.

Аксиома 3. Элементы техносферы служат причинами техногенных опасностей. Опасные ситуации могут появиться из-за дефектов и ряда других неисправностей в технических устройствах, при нештатных режимах использования технических устройств. Нарушения режимов работы и технические неисправности в технических устройствах приводят, как правило, к возможности появления травматических ситуаций, а выбросы отходов в атмосферу, утилизация на земной поверхности твердых веществ, стоки в гидросферу, мощные излучения и поляризация энергетических субстанций сопровождаются в своей совокупности формированием отрицательных воздействий на человека, на компоненты техносферы и на окружающую среду.

Аксиома 4. Техногенные опасности действуют в пространственных и временных координатах. Действие опасных травматических воздействий проявляется, как правило, кратковременно и мгновенно в ограниченном пространстве. Опасности могут возникнуть при катастрофах и авариях, при взрывах и разрушительных процессах в сооружениях.

Площади распространения таких негативных воздействий, как правило, часто не очень велики, хотя возможно распространение их действия и на довольно значительные зоны, например, при аварии на ЧАЭС.

Воздействие негативного характера оказывает долгое или повторяющееся отрицательное действие на элементы техносферы, человека и окружающую среду. Пространственные территории негативных воздействий варьируются в довольно большом диапазоне от функциональных и жилых зон до масштабов всего мирового пространства. Говоря о мировом масштабе, можно указать воздействия парниковых и разрушающих озоновый экран газов, выброс радиоактивных веществ в окружающее пространство и т.п.

Аксиома 5. Опасности техногенного характера оказывают отрицательное воздействие на человека, окружающий мир и компоненты техносферы одновременно. Техносфера вокруг человека и сам человек находятся в постоянном материальном, энергетическом и информационном контакте и формируют непрерывно функционирующую пространственную систему "человек - техносфера". Также существует и система "техносфера - окружающая среда". Техногенные опасности не оказывают избирательного влияния, они отрицательно воздействуют на все составляющие перечисленных выше систем совместно, если последние оказываются в зоне реализации этих опасностей.

Аксиома 6. Техногенные опасности оказывают негативное воздействие на здоровье людей, могут привести к травмам, материальным потерям и к ухудшению окружающей среды.

Алгоритм и реализация развития опасной ситуации

Логическая последовательность развития опасной ситуации состоит из следующих этапов [1-5]:

-нарушение допустимых режимов технологического процесса и эксплуатации, условий хранения и т.п.;

- приобретение и концентрация поражающих элементов, приводящих к выходу из строя и к аварии технических объектов;

- истощение несущей способности конструкции;

- приобретение и неконтролируемый сброс поражающих элементов;

-первоначальное действие и совместное действие поражающих элементов на окружающую среду, человека, техносферные объекты и пр.;

- реагирование на поражающее действие.

Исходя из режима работы функционирования объекта, отдельные элементы приведенного объекта могут не присутствовать. Такое событие получает отдельный показатель в виде вероятностной реализации события:

- отказа технической системы;

- аварийной ситуации;

- образования и распространения поражающих факторов;

- поражения технической системы;

- воздействия вторичных поражающих факторов;

- поражения.

Логическая последовательность дает информацию о том, что в системе присутствие потенциальной опасности не всегда ведет негативным отрицательным действием на объект. Исключение в перечисленной последовательности ведет к отсутствию опасности.

Если выполняются три условия, то это ведет к реализации опасности: опасность действительно есть; объект располагается в площади действия опасности; средств защиты объекта недостаточно для минимизации опасности.

Элементы опасности

Элементами опасности или физическими распространителями будут: человек; объекты трудового процесса и составляющие его: оборудование, механизмы, инструменты, здания, сооружения, почва, энергия, дороги и т.п.); изделия; производственные технологии, операции, действия; природа, климат, фауна. При исследовании обстановки среды деятельности человека выявляются как внутренние, так и внешние элементы опасности.

К внешним элементам относят два вида состояний: состояние среды функционирования, то есть системы и ошибочные, фатальные действия служащих, что может создать аварию и создать для сферы существования повышенный риск. Следует отметить, что разные условия существования оказывают неодинаковое действие: если технологии и техника могут оказывать реальную угрозу, то социальная и психологическая среда, исключая возможность прямого вредительства, оказывают влияние на человека через психологическое состояние, через не правильный план его труда.

К внешним элементам опасности следует отнести личные особенности трудящегося человека, которые связаны с его общественным и внутренним состоянием и представляют субъективную часть опасности.

Таксономия опасностей

Таксономия- слово греческого происхождения (taxis - расположение по порядку + nomos - закон) - определяется в научных источниках как "теория классификации и систематизации сложноорганизованных областей деятельности, имеющих обычно иерархическое строение". В более широком смысле таксономия - классификация и систематизация сложноорганизованных объектов, закономерностей, явлений и понятий. Поскольку опасность является понятием сложным, организованным, имеющим много признаков, таксономирование их выполняет существенную роль в организации научного подхода в области безопасности жизнедеятельности и дает возможность исследовать механизмы опасностей, дает новые подходы их описания, введения количественных и качественных характеристик и управления ими [1,2].

Таксономии исследуются по следующим направлениям:

- характер происхождения: техногенные, природные, экологические, антропогенные, смешанные;
- производственные опасности: физические, биологические, химические, психофизиологические, организационные;
- по времени реализации негативных последствий: импульсивные (в виде повторно-переменного, мгновенного или ударного воздействия) и кумулятивные (накопление в живом организме и суммирование влияния некоторых химических веществ);
- по месту концентрации в окружающей природе: связанные с атмосферой, гидросферой, литосферой;
- по области деятельности человека: производственные, бытовые, военные, спортивные, дорожно-транспортные и т.д.;
- по получаемому ущербу объектом на: технические, социальные, экономические, экологические и т.д.;

- по силе воздействия на человека: активные (оказывают прямое воздействие на человека в результате действия заключенных в них энергетических ресурсов); пассивно-активные

(действующие за счет энергии, носителем которую применяет сам человек, неровности поверхности, уклоны, подъемы, незначительное трение между соприкасающимися плоскостями и др.); пассивные, которые проявляются постепенно (к этой группе относятся свойства, связанные с коррозией материалов, невысокой прочностью конструкций, накипью, увеличенными нагрузками на оборудование и т.п.). Проявляются в виде взрывов, разрушений и т.п.;

- принудительные и добровольные опасности: воздействию опасностей можно подвергаться как по своей воле, например, занимаясь хоккеем, альпинизмом или работая на производственном предприятии, так и принудительно, обитая рядом с местом событий в момент реализации опасностей. Указанный подход дает возможность выделять опасности производственные и непроизводственные (социальный риск);

- по строению или структуре на: простые (постоянный или переменный электрический ток, повышенная или пониженная температура) и производные, вызванные взаимодействием простых таксономий (выброс газа, пожар, взрыв и т.п.).

- по сосредоточению: сконцентрированные (место захоронения ядовитых веществ) и рассеянные (загрязнение почвы осадками из атмосферных выбросов тепловых электростанций).

Список таксономий можно расширить. Таксономия выстраивается в той последовательности и зависит от того какую цель поставил исследователь, например, оценить влияние изменения состояния природной среды на организм человека.

Большое количество приведенных выше опасностей не всегда приводит к возникновению опасных ситуаций или катастроф, но ухудшает условия выполнения работ при регламентированной технологии. Таксономия позволяет выделить основные опасности.

Идентификация опасных событий

Опасные события обладают скрытым характером, то есть имеют явное или неявное проявление. Идентификация (лат. indentifico) - порядок обнаружения и установки хронологических, территориальных, количественных, и иных параметров, необходимых и достаточных для выработки и проведения профилактических и оперативных мероприятий, которые обеспечат штатное функционирование технических систем и уровня жизни.

В ходе идентификации можно устанавливать перечень опасных событий, вероятность их возникновения, локализацию в пространстве (система координат), возможные потери и другие параметры, позволяющие решить поставленные задачи.

Способы обнаружения опасностей делятся на следующие классы [1,5]:

- инженерный, который определяет опасности, имеющие вероятностный характер.

-экспертный метод, который направлен на установление неисправностей и причин, вызывающих такие неисправности. В этом случае организуется специальная экспертная группа, в штате ее работают профессионалы разных направлений, представляющие экспертный документ.

- социологический метод, который используется при определении опасностей методом исследования мнения людей (определенной социальной группы). Формируется чаще всего в ходе опросов.

– регистрационный метод, заключающийся в анализе информации о числе естественных событий, затрат определенного вида ресурсов, о количестве пострадавших или жертв.

- органолептический, при применяемом методе прорабатывают сведения, получаемые человеком путем осязания, визуально, вкуса, обоняния и др. Примеры использования метода - внешний визуальный осмотр технического устройства, механизма, определение при помощи слуха по характеру звука синхронности функционирования мотора и т.д.

Пороговый уровень опасности

Представители биосферы способны без большого ущерба для них испытывать влияние опасных событий в установленных пределах, например, теплового излучения, вредных выбросов, вибрации, низкой температуры. Установлены границы, вне которых болевые ощущения не проявляются и их принято считать уровнем порога опасного события. При множестве опасностей все больше выявляются отрицательные воздействия. Они зависят от значения рискованной меры вероятности P , так и от времени оказываемого действия t или экспозиции опасного события. При небольшом времени воздействия опасности переносимы более высокие воздействия, то есть пороговые значения для них могут быть выше, и уменьшаются при увеличении времени воздействия (рисунок 2) [1,5].



Рис. 2.График порогового уровня опасности.

Для значительного числа опасностей, которые подвержены биологической аккумуляции, таких как, например, загрязняющие компоненты биосферы (ДДТ, тяжелые металлы), существуют разработанные критерии, в границах которых организм компенсирует их отрицательное воздействие. Именно такие критерии поставлены в качестве максимальных величин (предельно допустимая концентрация) - ПДК, (предельно допустимый уровень) – ПДУ и др.

Численные параметры максимальных действующих потоков действия определяются, опираясь на значения предварительных пороговых концентраций различных компонентов, а также других параметров воздействия, при которых не существует сколько-нибудь большого отклонения или изменения внутреннего состояния организма, определенного высокоточными и чувствительными биохимическими, физиологическими и патогистологическими способами, применяемые в настоящее время в медицинских и биологических работах. Учитывая сказанное, базой нормирования при анализе опасных воздействий, влияющих на безопасность жизнедеятельности человека, будут уровень воздействия пространственных параметров на количество и качество перемен внутреннего состояния, функциональных резервов организма, его потенциальных возможностей, способностей к адаптации и возможностей прогресса последних.

Для устранения необратимых биологических процессов принимают отработанные неопасные уровни или концентрации, максимально возможные, например, при биологическом воздействии. При нормировании предельно допустимых значений встает альтернатива выбора между вероятностью принести вред здоровью человека и экономической пользой, ужесточая существующие нормативы.

Уровень порогового влияния опасного события действует и для технических устройств, строительных конструкций, горнотехнических сооружений и т.д. Он определяется сопротивлением элементов технических устройств, строительных конструкций и т.д. выдерживать до определенной величины и в течение времени эксплуатации предельным (разрушающим) воздействиям или расчетным силовым воздействиям, оставляя рабочие параметры неизменными. Установленный уровень просчитывается и анализируется при помощи механических, физических и ряда других параметров материала, составляющих компонентов, входящих в систему. Эти показатели и есть характеристики надежности [1-5].

Практические задания. Провести идентификацию опасного события для поточной системы технического устройства, представленного на рисунке 1.

Вспомогательный методический материал: поточная схема рисунка 1.

Рекомендуемая форма практического занятия: групповая (по 4 человека) работа. Поэтапная сверка результатов работы групп и их корректировка.

Исследовательская задача. Провести идентификацию опасностей на одном из промышленных предприятий, одной из АЗС, одного из газовых, тепловых или энергетических распределительных узлов Удмуртии или другого региона и составить их номенклатуру. Оценить пороговый уровень опасности на этом предприятии или узле.

ТЕМА 4. Виды риска

Конспект лекции

Риск - представляет возможную повторяемость или вероятностное наступление опасности, или же в качестве мер оценки вред, ущерб, потеря от негативной ситуации, или совокупности перечисленных величин.

Риск дает возможность зачислять опасность в класс, вполне численно описываемых категорий. Риск служит критерием опасности. Значит определение "степень риска" количественное, а отличающееся от этого понятия определение, носит качественный характер. Сочетание предаварийных и аварийных ситуаций - соотношение некоторых факторов риска, возникающих из-за соответствующих причин.

Если говорить о безопасности жизнедеятельности это могут быть ухудшение негативные воздействия на людей, аварийные или катастрофические состояния техники, ущерб экологической системы, смерть большого числа людей или увеличение смертности населения, финансовые потери от случившихся опасностей или возрастания вложений на безопасность.

Любое негативное событие может возникнуть в следующей пропорции «жертва - объект риска». Пропорциональное сочетание объектов, подвергающихся какому-либо виду риска и негативных событий, позволяет классифицировать основные виды рисков. Любой из рисков дает типичные основополагающие положения риска, параметры которого приведены в таблицах 1-5 и в соответствующих формулах (1)-(5).

Таблица 1.

Перечисления и параметры видов риска

Тип риска	Объект риска	Цель риска	Опасное событие
Индивидуальный	Человек	Объективная реальность существования человека	Травма, болезнь, инвалидность, уход из жизни
Технический	Технические устройства	Техническое отставание, нарушение норм работы технических устройств	Пожар, аварийная или катастрофическая ситуация, взрывная волна
Экологический	Экологические системы	Опасности антропогенного влияния в пространстве	Антропогенные экологические аварии, стихии
Социальный	Социальные объекты	Чрезвычайная происшествия, ухудшение жизненных условий	Массовые увечья, заболевания, гибель людей, увеличение смертности

Продолжение таблицы 1

Экономический	Материальные ресурсы	Увеличение опасности производства или пространства обитания	Увеличение затрат на безопасность, вред от невысокой защищенности
---------------	----------------------	---	---

Индивидуальный риск характеризуется повторяемостью наступления вероятных опасностей в результате ее проявления. Его определяют по соотношению параметров риска

$$R_{\text{И}} = \frac{P(t)}{L(f)}, \quad (1)$$

где $R_{\text{И}}$ - индивидуальный риск;

P – количество, получивших травмы или умерших людей в единицу времени t от параметра риска f ;

L – количество людей, которые соответствуют параметру риска f в единицу времени t .

Перечисления и параметры индивидуального риска представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Перечисления и параметры индивидуального риска.

Тип индивидуального риска	Параметр риска смерти
Внутреннее состояние человека	Наследственные, генетические, психические заболевания, старость
Виктимность	Все личностные данные человека, подвергающегося опасности
Индивидуальные особенности	Курение, прием алкоголя, наркотиков, неправильное питание
Экология социума	Зараженная окружающая среда, различные инфекции, травмы в быту
Профессиональная деятельность	Травмы производственного характера
Транспортные перемещения	Чрезвычайные происшествия транспортных средств, их воздействия на человека
Деятельность вне работы	Травмы после спортивных непрофессиональных тренировок, туристических походов
Среда социального типа	Убийство, вооруженное противостояние, преступление, самоубийство
Окружающее пространство	Наводнение, извержение вулкана, смерч, тайфун и другие опасные события

Индивидуальный риск может быть личным, если он обусловлен деятельностью человека на личной основе, и вынужденным, если человеку грозит риск в составе человечества, в частности жизнь в районах с плохой экологией, рядом с территорией высокой опасности.

Технический риск - суммарная величина надежности элементов техносферы. Он характеризует вероятность аварийной или катастрофической ситуации при работе технических систем, при проведении технологических работ, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений

$$R_T = \frac{\Delta T(t)}{T(f)}, \quad (2)$$

где R_T - технический риск;
 ΔT - количество аварийных ситуаций за время t на идентичных технических объектах;
 T – количество идентичных технических объектов, подверженных общему величине риска f .

Перечисления и параметры технического риска приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Перечисления и параметры технического риска

Тип технического риска	Параметры технического риска
Некачественные научно-исследовательские работы	Неправильная программа продвижения техники и технологии по параметрам безопасности
Аналогично, опытно-конструкционных работ	Подбор предельно опасных конструктивных схем и характера работы технических систем. Ошибки в назначении рабочих нагрузок. Неверный выбор материалов конструкций. Невысокая прочность конструкций. Отсутствие в планах развития технических устройств и документации по обеспечению безопасной работы
Введение новой техники	Ошибки в проектировании, конструировании и технологиях, в документации по надежности и риску
Выпуск недостаточно безопасной техники любых серий производства	Некачественное химическое содержание конструкционных материалов. Метрологическая необеспеченность. Несоответствие режимов термообработки элементов заявленным требованиям. Неверные конструкторские режимы сборки
Нарушение техники безопасной работы технических систем	Техника используется не по профилю работы. Несоответствие паспортным требованиям функционирования. Незапланированные техосмотры и ремонты. Игнорирование рекомендаций хранения и транспортирования
Человеческий фактор	Непрофессиональные решения в сложной ситуации. Неверная оценка данных о текущем процессе. Низкая квалификация о ходе процессов процесса. Психофизическая неустойчивость

Экологический риск определяет вероятность экологического сбоя, аварии, нарушения дальнейшего штатного режима функционирования и устойчивости работы экологических систем и объектов в ходе антропогенного вмешательства в окружающую среду или природной стихии. Негативные события экологического риска могут быть как внутри зон вмешательства, так и вне их действия

$$R_o = \frac{\Delta O(t)}{O}, \quad (3)$$

где R_o - экологический риск;

ΔO - количество антропогенных экологических катастроф и природных стихий за время t ;

O - количество предполагаемых источников экологических разрушений в конкретном районе.

Размах экологического риска R_o^m определяется соотношением площади с высокой экологической опасностью территорий ΔS к суммарной площади интересующей территории S :

$$R_o^m = \frac{\Delta S}{S}$$

Перечисления и параметры экологического риска приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Перечисления и параметры экологического риска

Тип экологического риска	Параметры экологического риска
Антропогенное воздействие на пространство	Нанесение вреда почве при добыче ресурсных добычах; создание искусственных водных поверхностей; чрезмерная мелиорация; уничтожение лесов
Воздействие техногенного плана на пространство	Низкое качество воды, воздушной атмосферы; загрязнение химически опасными веществами и производственными отходами почвы; ухудшение газового баланса воздуха; снижение энергетической чистоты биосферы
Воздействие природы	Ураган, холод, наводнение, ландшафтный пожар, жара, землетрясение

Социальный риск определяет масштабы и тяжесть отрицательных результатов опасных ситуаций, а также различного количества событий и преобразований, ухудшающих качество жизни людей. Формально риск - это риск для определенного количества людей. К примеру, его оценивают по динамике смертности, вычисленной на 1000 человек соответствующей группы

$$R_C = \frac{1000(C_2 - C_1)}{L} t, \quad (4)$$

где R_C - социальный риск;

C_1 - количество умерших людей в единицу времени t в контролируемой группе в начале периода исследования, например, до начала чрезвычайной ситуации;

C_2 - количество умерших людей в этой же группе в конце периода исследования, например, на стадии конца чрезвычайной ситуации;

L - количество людей в контролируемой группе.

Перечисления и параметры социального риска приведены в таблице 5.

Таблица 5.

Перечисления и параметры социального риска

Тип социального риска	Параметры социального риска
Экологическая неустойчивость территорий в результате урбанизации	Жизнь людей в зонах предполагаемого затопления, сползание грунта, обвалы, ландшафтные возгорания, извержения вулканов, сейсмоактивность региона
Промышленные технологии и потенциально опасные объекты	Аварии на энергетических, химических объектах, и т. п. Транспортные аварии. Техногенное ухудшение качества природной среды
Социальные и военные катаклизмы	Войны. Использование оружейных систем массового поражения
Эпидемическая обстановка	Увеличение инфекций различного типа
Ухудшение качества существования	Отсутствие работы, голодание, нищенское существование. Плохое медицинское обслуживание и жилищно-бытовые условия. Пищевые продукты низкого качества

Экономический риск представлен соотношением пользы, получаемой обществом и вреда, которое общество получает от типа трудового процесса

$$R_{\text{э}} = \frac{B}{\Pi}, \quad (5)$$

где $R_{\text{э}}$ - экономический риск;

B – общественный вред от определенной деятельности;

Π – польза;

Тождественное уравнение выглядит так

$$B = Z_6 + Y,$$

где Z_6 - затраты на получение соответствующего уровня отсутствия;

Y - ущерб, характеризующийся неполной защитой человека и пространства его безопасного существования.

Польза в чистом виде, то есть сложение всех выгод, получаемых обществом от производства:

$$\Pi = D - Z_6 - B > 0;$$

$$\Pi = D - Z_{\text{п}} - Z_6 - Y > 0,$$

где D - суммарный доход, получаемый от рассматриваемого трудового процесса;

$Z_{\text{п}}$ - основные производственные затраты.

Экономически обоснованная безопасность жизнедеятельности представлена неравенством

$$Y < D - (Z_{\text{п}} + Z_6).$$

В режиме производственной деятельности необходим поиск оптимального отношения затрат на безопасность и предполагаемого ущерба от недостаточных мер защиты. Это задается некоторым значением приемлемого уровня безопасности производства $K_{\text{бп}}$. Задача решается методом оптимизации или динамического программирования.

Анализ всех видов риска позволяет решить задачу поиска оптимальных действий для обеспечения безопасности, например, на предприятии или на макроскопических уровнях в

масштабах инфраструктур. Поэтому в этом случае необходим выбор критерия в виде значения приемлемого риска. Приемлемый риск носит в себе технические, экологические, социальные моменты и дает некоторое балансное решение между приемлемым уровнем безопасности и экономическими возможностями его достижения, то есть если можно уменьшить индивидуальный, технический или экологический риск, то надо иметь в виду, что будет в финансовом остатке и что покажет социальный риск [1-5].

Практические задания. Решить задачи:

1. В городе проложено 1244 км тепловых сетей. В 2004 г. произошло 2,34 прорывов на каждый километр сетей. Износ тепловых сетей составляет 60%. Определить величину технического риска.

2. В России смертность от болезней, вызываемых чрезмерным курением, составляет 3, 4 человека. Вычислить социальный риск, обусловленный курением. Численность населения России принять равной 147 млн. чел.

3. Площадь Удмуртии составляет приблизительно 42 тыс. кв. км. Оценить масштаб экологического риска, возникающего при возможном построении АЭС в 5 км от границы Республики. Зону поражения принять в форме круга.

4. Годовой доход деревоперерабатывающей фирмы составляет 10 млн. руб. Производственные затраты – 6 млн. руб. Убытки от пожаров составили 100 тыс. руб. Оценить реальность разработки противопожарной системы, снижающей экономический риск, связанный с пожарами, до 1%. Какие средства необходимо при этом выделить?

5. На АЭС работает 500 человек. Сколько человек из персонала может умереть в течение 5 лет в результате действия вредных факторов, если уровень приемлемого риска составляет 10^{-5} в год.

6. Определить социальный риск R_c (смертей/год) и индивидуальный риск R_i (смертей/чел. год) при пользовании автотранспортом, а также степень потенциальной опасности эксплуатации автотранспорта в Российской Федерации, если согласно статистике, ежегодно в РФ происходит 14,0 млн. дорожно-транспортных происшествий. Одно из 400 ДТП заканчивается смертью. Численность населения РФ составляет 142 млн. человек.

Вспомогательный методический материал и оборудование: калькулятор, ноутбук.

Рекомендуемая форма практического занятия: самостоятельное решение задач.

Исследовательская задача. Расчет социального риска требуют наличие статистических данных. Разработать методику получения достоверных данных при ограниченном количестве исходных данных, основанную на корреляционных зависимостях случайных величин и моделировании воздействия вредных факторов на человека.

ТЕМА 5. Моделирование риска

Конспект лекции

Модели рисков

При выборе модели риска возможны различные подходы для разработки моделей случайных явлений: теоретический, аналитический, статистический или стохастический, субъективный, то есть с использованием субъективных вероятностей и экспертных оценок.

Первый из этих способов нашел широкое применение, но имеет некоторые ограничения, так как использует базовые законы теории вероятностей, которые не всегда не всегда соответствуют реальным ситуациям. Второй теоретически более адаптирован, однако применить его на практике также не всегда возможно потому, что необходимо собрать и обработать довольно большие информационные ресурсы, которые бывают иногда недоступными и из-за дороговизны наблюдений или редкости и неоднородности опасных ситуаций и т.п. Существенный недостаток третьего способа заключается в субъективности. Но, если нет объективных теоретических ограничений для моделирования вероятностей при рассмотрении рискованной ситуации и нет возможности собрать большой объем статистического материала о рассматриваемой ситуации, приходится применять субъективные вероятности для разработки и построения модели. Но, субъективные вероятности обладают тем недостатком, что не могут быть выбраны произвольно, чтобы не получить противоречивых результатов. На их выбор накладываются ограничения, формулируемые, например, в терминах теории относительных оценок правдоподобий, которые можно использовать для их измерения в теории экспертных оценок [1,2].

Для применения моделирования, как мы видели ранее, риски обычно классифицируют на индивидуальные и коллективные риски.

При этом индивидуальные риски обычно делят на простые и составные риски.

Простые риски мы обычно относим к модели отдельных довольно "простых" рискованных ситуаций, для них время до наступления рискованного события и величина ущерба могут быть оценены индивидуально. К моделям составных рисков причисляют ситуации, в которых риск может быть представлен различными возможными событиями и приводит к разным объективным последствиям. В таких условиях его целесообразно разложить на простые составляющие, к каждой из которых применяют модели индивидуальных рисков. И в заключении, третий класс моделей (коллективных рисков) представляет, хотя и не всегда точно, но традиционно, модели, на которых строится структура наступления рискованных событий с соответствующими ущербами. Такие структуры изучают исследованием процессов рисков.

В зависимости от рассматриваемого интервала времени модели рисков классифицируют на:

краткосрочные, в которых, вероятность наступления рискованного события мала, а инфляционные процессы не решают многих задач при оценке величины ущерба;

среднесрочные, где вероятность наступления рискованного события велика, но отлична от 1 и при расчете величины ущерба, необходимо учитывать инфляционные процессы в экономике и производстве;

долгосрочные, где вероятность наступления рисковогó события равна 1 и необходим перерасчет ущерба на время принятия решений относительно предупредительных мер по возможной опасности.

Если говорить об ущербе, то его величина не только оценивается в денежных единицах, а может быть представлена многими другими показателями. При упрощенном подходе, когда он выражается в денежном эквиваленте - это обычная одномерная случайная величина, но она может стать и многомерной или случайным элементом в более широком математическом поле фазовых величин. В дальнейшем остановимся только на случае ущерба, измеряемого в денежных единицах. Необходимо отметить, что при решении задач страхования рисков действительная величина ущерба чаще всего заменяется его страховой компенсацией, что несколько уменьшает проблемы актуарных исследований.

Все дальнейшее изложение носит характер классических подходов к построению моделей рисков и разработке способов исследования отказов. Говоря о техногенных рисках, временные модели наступления рисковогó события следует исследовать в теории отказов.

Коллективных рисков мы не касаемся в настоящем курсе, изучить которые можно, ориентируясь на руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» № 144.

Измерение риска

Чаще риск определяется как двумерная случайная величина (T, X) , что отражено в формуле (6). Таким образом, как для всякой случайной величины ее основной мерой является ее двумерное распределение

$$F(t, x) = P(T < t, X < x), \quad (6)$$

что сосредоточено, математически или в силу природы исследуемого явления в первом квадранте любой плоскости при $t > 0, x > 0$. В практических случаях, однако, данные о совместном распределении времени наступления рисковогó события и величины причиненного ущерба редко доступны и приходится ограничиваться абстрактными, маргинальными распределениями времени наступления события, связанного с наступлением риска и величины ущерба и вести расчет по формулам (7):

$$\left\{ \begin{array}{l} F_T(t) = P(T \leq t); \\ F_x(x) = P(X \leq x). \end{array} \right. \quad (7)$$

Если риск действует на определенном промежутке времени, то вместо времени наступления рисковогó события A , рассматривают его численный маркер 1, а ущерб измеряется его условным распределением при обязательности наступления риска

$$G(x: A) = P\left(X < \frac{x}{A}\right)$$

Значит, безусловная величина ущерба приведена к распределению совместному с наступлением рисковогó события и имеет скачок в нулевой точке. Это подтверждается тем, что при не возникновении рисковогó события величина ущерба равна нулю

$$F_x(x) = 1 - P(A)[1 - G(x: A)]$$

где $P(A)$ -вероятность наступления события A . Вообще, естественно, измерять риск распределением момента наступления рисковогó события $F(t) - F(t, \infty)$ и условным распределением ущерба при его реализации.

При этом их совместное распределение выражается формулой

$$F(x, t) = \int_0^t G(x; u) f_T(u) du$$

Самый простой случай состоит в допущении независимости этих величин.

Во многих реальных ситуациях это допущение приемлемо лишь с тем замечанием, что значение будущего ущерба в рассматриваемый период времени оценивается с помощью некоторого предельного или приведенного ущерба, который измеряется величиной

$$X = e^{sT} x,$$

где s - коэффициент инфляции. На самом деле, чтобы возместить ущерб X через время T достаточно в настоящий момент времени вложить в проект или реконструкцию сумму X подпроцентов. В рассматриваемом случае фактически функциональная зависимость будущего ущерба от времени и будет выражаться в виде приведенного ущерба.

Будем придерживаться предположения о независимости времени наступления рискового события и величины, полученного от него ущерба. При этом используем обозначения:

$$\begin{aligned} F_T(t) &= F(t, \infty) = F(t); \\ F_X(x) &= F(\infty, x) = G(x). \end{aligned}$$

В практических ситуациях для конкретных расчетов прибегают к более простой численной оценке рисков такой, как, например, по формулам(8)-(11) среднее время наступления рискового события при непрерывных и дискретных наблюдениях:

$$\begin{cases} \mu_T = MT = \int_0^{\infty} t f(t) dt; \\ \mu_T = MT = \sum_{i=0}^{\infty} i f_i; \end{cases} \quad (8)$$

условное среднее значение величины ущерба при условии наступления рискового события при непрерывных наблюдениях и дискретных наблюдениях

$$\begin{cases} \mu_X = MX = \int_0^{\infty} x g(x) dx; \\ \mu_X = MX = \sum_{j=0}^{\infty} j g_j; \end{cases} \quad (9)$$

среднее значение величины приведенного к начальному моменту ущерба

$$\mu_{\bar{X}} = M(\bar{X}); \quad (10)$$

дисперсии соответствующих характеристик

$$\begin{cases} \sigma_T^2 = DT = M(T - \mu_T)^2; \\ \sigma_X^2 = DX = M(X - \mu_X)^2; \\ \sigma_{\bar{X}}^2 = M(\bar{X} - \mu_{\bar{X}})^2. \end{cases} \quad (11)$$

вероятность наступления рискового события в течение фиксированного времени t_0
 $q = P(T \leq t_0) = P(A)$.

Если говорить о конкретных моделях времени наступления рискового события и их характеристиках, то они совпадают с моделями отказов.

Рассмотрим простейший пример распределения величины ущерба. При договоре страхования жизни в полисе указывается страховая сумма $b > 0$, а также другие

характеристики страхователя, например, возраст, пол и т.п. Если $q \in (0,1)$ -вероятность наступления страхового случая в определенный промежуток времени, распределение ущерба страховщика (страховой компании) полностью определяется следующими соотношениями

$$P(X = 0) = 1 - q; \quad P(X = b) = q.$$

Здесь речь идет об обычном двухточечном распределении, которое записывается так по формуле (12):

$$G(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ 1 - q, & 0 < x < b; \\ 1, & x > b. \end{cases} \quad (12)$$

Это ступенчатая функция со скачками в точках 0 и b с высотой от $1 - q$ до q соответственно. Математическое ожидание величины и дисперсия случайной величины X при решении этой задачи определяются по формулам $MX = b \cdot q, DX = b^2 \cdot q \cdot (1 - q)$.

Практические задания.

1. Приведите самостоятельные примеры рисков. Укажите их составляющие.
2. Статистические данные по затратам на устранение аварий труб промысловых нефтепроводов по одному из нефтегазодобывающих управлений (НГДУ) представлены рядом (10^5 руб.): 109,40; 814,30; 2443,00; 2974,30; 241,90; 402,30; 606,30; 40,651; 584,81; 5832,40; 320,00; 40,65; 3680,20; 18,90; 49,80; 162,70; 240,00; 7130,80; 4,00; 40,00; 30,00.

Вычислите выборочное среднее и дисперсию затрат по эти данным.

Вспомогательный методический материал и оборудование: калькулятор, ноутбук.

Рекомендуемая форма практического занятия: самостоятельное решение задач.

Исследовательская задача. Смоделировать риски аварийных ситуаций на одном из технических объектов.

ТЕМА 6. Принципы построения технологий управления риском

Конспект лекции

Управление риском техногенного характера. Риск техногенного характера предполагает взаимодействие социальной сферы и ее жизненными процессами.

Социальная сфера включила в свой состав сообщество людей с присущими ему производственными и другими взаимодействиями, а также в работе людей в среде обитания. Составным и важнейшим элементом социальной сферы стала техносфера. О техносфере подробно говорилось выше, для более полного восприятия этого цикла добавим следующее.

Развитие техносферы, имевшее ранее более интенсивные режимы, привело к большому числу отрицательных результатов. В процессе прогресса возникли серьезные мировые проблемы, в основном экологические. Наблюдается резкое ухудшение экологической обстановки, обусловленной увеличением расхождением между природой и обществом, противоречием между развитием работающих сил и необходимостью обеспечения комфортной среды существования, усилением антропогенного влияния, дестабилизацией экологического равновесия. Серьезным отрицательным итогом существования и совершенствования техносферы стало появление на ее объектах большого числа аварийных и техногенных катастроф, с фатальными последствиями.

Главным понятием события чрезвычайного техногенного характера, является аварийная ситуация. Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» аварийная ситуация - это процесс разрушительных воздействий на технические системы, взрывное действие и (или) выброс опасных веществ. Это выписка, которая применима лишь для опасных объектов, работающих в опасных условиях, не отвечает всему перечню аварий, так как они случаются на абсолютно всех опасных объектах техносферы. Поэтому возможно более простое определение, характеризующее аварию как опасный техногенный процесс, создающий на объекте, определенной земной или водной площади, опасность жизни и здоровью людей и ведущее к разрушительным процессам для технических систем и транспортного парка, не реализации промышленных или транспортных действий, а также к нанесению вреда окружающему пространству (ГОСТ Р 22.0.05-94). Сейчас в отношении техногенного бедствия есть определение катастрофы техногенного характера или техногенной катастрофы. Катастрофа техногенного типа - это масштабная авария, сопровождающаяся смертельными исходами, подрывом здоровья людей, выведением из строя объектов, материальных ценностей в больших масштабах, а также ведущая к существенному ущербу окружающей природной среде (ГОСТ Р 22.0.10-96).

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» формулирует понятие "инцидент", где подразумевается отказ или повреждение технических систем, работающих на производственном объекте с элементами риска, нарушение технологических операций, невыполнение обязательных требований технических документов, регламентирующих режим проведения работ на соответствующем опасном объекте. Инцидент – не настолько серьезное чрезвычайное событие, чем аварийная ситуация и катастрофа техногенного характера не всегда приводит к возникновению чрезвычайной происшествия любого масштаба локализации. Используя вышперечисленные определения инцидента, аварии, техногенной катастрофы, необходимо отметить, что во многих случаях

эти определения применяют с частными особенностями к конкретному случаю.

В качестве примера приведем некоторые отраслевые чрезвычайные ситуации техногенного типа в виде дорожно-транспортных и железнодорожных происшествий, пожарных ситуаций, аварий, химической опасности, радиационных аварий и происшествий и т.д. [6-11].

В зависимости от режима работоспособности техническая система может находиться в различных состояниях.

Выделяются несколько возможных для системы режимов:

- штатные условия функционирования;
- несоблюдение штатных условий функционирования;
- проектная авария;
- за проектная авария;
- гипотетическая авария.

Штатные условия эксплуатации соответствуют нормативным режимам производственного процесса или иного вида работ на данном объекте, предусмотренным регламентным планом работ.

Нарушение штатных условий эксплуатации характеризуется любым отклонением от планового режима работы, которое требует остановки системы или ее части для устранения этого отклонения, но не связанного с проведением мероприятий технологической безопасности. Например, с нарушением штатных условий работы (эксплуатации), где инцидент не приводит к возникновению чрезвычайного происшествия. Проектная авария состоит при реализации исходных событий, приводящих к авариям, возможность устранения которых предусмотрена при проектировании соответствующего производства различной степени сложности. Здесь необходимо предусмотреть контрольные средства технической безопасности, спроектированные под последствия этих аварийных ситуаций, исходя из возможности одного или нескольких отказов при работе оборудования или ошибок оператора.

За проектные аварии вызываются не учтенными для проектных аварий первоначальными событиями, закономерностями или условиями, реализация которых ниже, чем вероятность головных событий для проектных аварий и введением дополнительных ограничений больше одного отказа. За проектные аварии не предполагают технические мероприятия сопровождения безопасной работы объекта.

Гипотетические аварии относят к за проектным авариям, которые определяются минимальной вероятностью этих событий, но с более тяжелыми последствиями. Гипотетические и за проектные аварии возникают с вероятностью не более 10^{-8} , и их обычно анализируют, когда происшедшие в результате их действия чрезвычайные ситуации носят мировой, национальный или межгосударственный характеры. Одним из основных определений области безопасности техногенного типа является определение опасного или потенциально опасного промышленного объекта. К ним согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» причисляют объекты различного производственного и серийного назначения, а также производственные объекты особых режимов работы, на которых:

1. Размещаются, применяются, утилизируются, хранятся, перемещаются очень опасные вещественные субстанции, воспламеняющиеся, окисляющиеся, горючие и взрывчатые,

токсичные, высокотоксичные, а также субстанции вещества, представляющие угрозу окружающему пространству.

2. Применяется оборудование, работающее под давлением.

3. Применяются стационарные работающие грузовые и подъемные механизмы и другие устройства.

4. Производятся металлургические процессы переработки с металлами и их сплавами.

5. Ведутся горные работы, работы по переработке полезных ископаемых и работы в условиях шахт.

Следует указать, что приведенная классификация производственных объектов повышенной опасности не будет ее полным составом. В него не вошли опасные объекты транспортного, радиационного и биологического опасные назначения, гидродинамические системы, системы жизнеобеспечения производственных объектов и населения и другие.

Достаточной и применяемой классификацией объектов потенциальной опасности является их классификация с разделением на группы по критерию опасности действия чрезвычайных ситуаций, которые реализуются.

К первой группе относятся системы транспорта - автотранспортные, железнодорожные, речные, морские, авиационные, космические, транспортные и трубопроводные аварии, на которых определяются разрушения этих средств или систем, сопровождающихся человеческими смертями и материальными потерями. Во вторую группу включаются системы с реализацией опасности на объектах пожаров и взрывов, где производятся, хранятся и перемещаются вещества повышенной опасности, способные при негативных условиях к возгоранию или взрыву. Третья группа представлена химически опасными объектами, аварийные ситуации на которых могут быть представлены в виде выбросов химически опасных веществ. К четвертой группе относят опасные объекты по радиации, аварии на них могут привести к утечке или выбросу веществ радиоактивного типа. В пятую группу входят биологически опасные объекты, которые несут предполагаемую опасность биологической утечки опасных веществ. В шестой группе располагаются опасные объекты по гидродинамике, где при разрушении гидротехнических сооружений вероятно возникновение прорывных волн и большое территориальное затопление. К седьмой группе принадлежат объекты инфраструктуры по обеспечению жизнедеятельности объектов хозяйства и жизнеобеспечению людей, аварии на которых подрывают хозяйственную деятельность, утяжеляют условия жизни населения и вызывают различные экологические нарушения режимов существования.

Аварийные ситуации и катастрофы техногенного плана, возникающие на техногенных объектах рассмотренных групп, могут иметь последствия различных объемов. Параметры этих масштабов сведены в таблицу 6.

Характеристики, приведенные в таблице, говорят о достаточно высокой частоте аварийных воздействий и катастроф техногенного характера, приносимых ими экономических ущербов и существенных потерях людских ресурсов. Они могут стать примерными данными при планировании создания запасов для противодействия катастрофическим ситуациям.

Эти знания из области аварийных и техногенных ситуаций находятся в основе их приближенного иерархического положения. Она носит обобщающий характер и опирается на сущность и действие наиболее частых явлений и процессов, реализующихся при техногенных

чрезвычайных ситуациях (таблицы 6,7). Эта классификация приближенно характеризует область и особенности действия этих событий, их масштаб. Представленные в этой упрощенной классификации аварийные ситуации и техногенные катастрофы являются причинами основных видов чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Таблица 6.

Типы и параметры социальных чрезвычайных ситуаций

Тип социальной ЧС	Чрезвычайные события
Экологическая неустойчивость территорий в результате урбанизации	Жизнь людей в зонах предполагаемого затопления, сползание грунта, обвалы, ландшафтные возгорания, извержения вулканов, сейсмоактивность региона
Промышленные технологии и потенциально опасные объекты	Аварии на энергетических, химических объектах, и т. п. Транспортные аварии. Техногенное ухудшение качества природной среды
Социальные и военные катаклизмы	Войны. Использование оружейных систем массового поражения
Эпидемическая обстановка	Увеличение инфекций различного типа
Ухудшение качества существования	Отсутствие работы, голодание, нищенское существование. Плохое медицинское обслуживание и жилищно-бытовые условия. Пищевые продукты низкого качества

Таблица 7.

Типы и параметры техногенных чрезвычайных ситуаций

Тип техногенной ЧС	Чрезвычайные события
Транспортные аварийные ситуации, катастрофы	Аварии грузовых железнодорожных поездов. Аварии пассажирских поездов, поездов метрополитена. Аварии(катастрофы) на автомобильных дорогах (крупные автодорожные катастрофы). Аварии транспорта на мостах, в тоннелях железнодорожных переездах. Аварии морских и речных служебных судов. Аварии пассажирских морских и речных судов. Аварии подводных судов. Авиационные катастрофы в аэропортах и населенных пунктах. Авиационные катастрофы вне аэропортов и населенных пунктов. Аварии на магистральных трубопроводах. Наземные аварии (катастрофы) ракетных космических комплексов. Орбитальные аварии космических аппаратов

<p>Пожарные и взрывные ситуации</p>	<p>Пожарные и взрывные ситуации на архитектурных объектах важного промышленного назначения. Пожарные и взрывные ситуации на предприятиях по работе с легковоспламеняющимися, взрывоопасными и горючими компонентами. Пожарные и взрывные ситуации на объектах перемещения и производства. Пожарные и взрывные ситуации в архитектурных объектах жилого, социально-бытового и культурного назначения. Пожарные и взрывные ситуации на химических, радиационных объектах высокой опасности. Обнаружение неразорвавшихся боеприпасов. Утрата взрывчатых веществ (боеприпасов)</p>
<p>Аварийные ситуации с выбросом или его угрозой опасных химических веществ</p>	<p>Аварийные ситуации с выбросом или его угрозой выброса опасных химически компонентов в ходе производственного и перерабатывающего процессов или хранения. Аварийные ситуации на транспорте с выбросом или его угрозой химически опасных компонентов. Образование и распространение химически опасных компонентов в процессе химических реакций, начавшихся в результате аварии. Аварийные ситуации с химическими боеприпасами. Утрата источников опасных химических веществ</p>
<p>Аварийные ситуации с выбросом или его угрозой радиоактивных веществ</p>	<p>Аварийные ситуации на установках атомного, энергетического, производственного и исследовательского назначения с выбросом и его угрозой выброса радиоактивных компонентов. Аварийные ситуации с выбросом или его угрозой радиоактивных компонентов на ядерно-топливных предприятиях. Аварийные ситуации на транспорте и космических системах. Аварийные ситуации при промышленных, ядерных и взрывных испытаниях с выбросом или его угрозой радиоактивных компонентов. Аварийные ситуации с боеприпасами ядерного типа на площадях их размещения или установки. Потеря радиоактивных баз</p>

Аварийные ситуации с выбросом или его угрозой биологически опасных веществ	Аварийные ситуации с выбросом или его угрозой опасных биологических компонентов на промышленных предприятиях и в научно-исследовательских организациях. Аварийные ситуации на транспорте с выбросом или его угрозой биологических компонентов. Потеря биологически опасных компонентов
Аварии гидродинамического типа	Прорывы защиты гидротехнических объектов с появлением прорывных процессов и массовых затоплений, с прорывными паводками. Прорывы защиты гидротехнических объектов, повлекшие уничтожение плодородных почв или непродуктивные отложения наносов на больших территориях
Внезапное обрушение зданий, сооружений	Обрушение архитектурных объектов, элементов транспортных коммуникаций
Аварийные ситуации на объектах электроэнергетики	Аварийные ситуации на электростанциях автономного типа с большим перерывом электропитания потребителей. Аварийные ситуации на электроэнергетических системах с большим перерывом электропитания основных потребителей или огромных районов. Сбой в работе транспортных электрических контактных сетей

Приближенная классификация чрезвычайных событий техногенного характера важна практически. Она служит основой при определении плана содержания и объема мер по управлению техногенным риском, практических мероприятий по противодействию чрезвычайным ситуациям техногенного характера, основой при планировании деятельности в этой области, построении систем информации и т.д.

Управление техногенным риском осуществляется преимущественно, с целью обеспечения безопасности человека, его жизнедеятельности и окружающей среды. Поскольку безопасность указанных элементов есть состояние защищенности, которое может регулироваться, то есть фактически быть объектом управления. И есть смысл говорить об управлении безопасностью человека, жизнедеятельности, окружающей среды. В случаях техногенных рисков, испытываемых человеком, речь идет о персонале предприятия и проживающего вблизи населения источника опасности (например, потенциально опасного объекта) и самом предприятии. В рассматриваемом случае по отношению к персоналу предприятия ведется речь об управлении профессиональным риском, управлении безопасностью профессиональной деятельности. Довольно часто в область профессионального риска как его объекты включают рядом проживающее население и природную и искусственную окружающую среду. Этот подход вызван соображением, что в конце концов этот риск является результатом определенной профессиональной деятельности.

Для эффективного управления безопасностью любых типов профессиональной деятельности необходимо иметь функционирующую систему способов анализа и оценки сопровождающих рассматриваемый вид деятельности опасностей. Эти способы, как уже

указывалось, основываются на использовании количественных показателей риска. Показатели риска должны обеспечивать сравнимость: безопасности различных видов профессиональной деятельности; состояния безопасности между отраслями промышленности и предприятиями; безопасности различных категорий работающих.

Безопасность профессиональной деятельности характеризует защищенность персонала, населения прилегающих к промышленным объектам территорий и окружающей природной среды от угроз, возникающих при осуществлении рассматриваемого вида профессиональной деятельности. Степень опасности профессиональной деятельности количественно можно характеризовать риском. При этом следует иметь в виду, что безопасность и риск - инверсии, поскольку безопасность - состояние защищенности, а риск - мера опасности. То есть, при оценке, чем выше значение риска, тем меньше безопасность.

Безопасность профессиональной деятельности на промышленных объектах целесообразно оценивать абсолютными и относительными показателями. Абсолютные показатели характеризуют степень безопасности напрямую, например, величиной коллективного риска или косвенно - степенью опасных загрязнений, частотой аварийных ситуаций, аварий и катастроф, площадью зон загрязнения или возможного поражения при авариях и катастрофах, степенью готовности имеющихся сил и средств к эффективной ликвидации последствий аварий. Относительные показатели характеризуют, например, индивидуальный риск смерти, сокращение продолжительности жизни и т.д.

При оценке безопасности тех или иных технологических процессов целесообразно использовать абсолютные показатели риска, а по отношению к лицам из персонала - относительные.

Снижение риска требует значительных затрат. Поэтому обеспечение безопасности в условиях опасных технологий и видов деятельности может реализовываться, во-первых, принятием всех необходимых осуществимых мер, или, во-вторых, снижением риска до разумно достижимого уровня.

Однако при здравом рассуждении становится ясно, что использование первого подхода неприемлемо, так как любой государственный или любой хозяйственный субъект имеет ограниченные ресурсы. Риск же смерти для опасных профессий различается на 2-3 порядка, а эффективность затрат на безопасность, выражаемая числом спасаемых жизней на единицу затрат, на 4 порядка. Поэтому достижение абсолютной безопасности экономически нецелесообразно, так как приводит к неэффективному расходованию средств. Второй же принцип, основанный на использовании показателя "затраты - выгоды", позволяет оптимизировать защиту путем сравнения затрат и полезности от нее. Для управления риском (или безопасностью) на основе второго принципа устанавливается уровень приемлемого риска - максимально допустимый риск, оправданный с точки зрения экономических и социальных факторов. Приемлемые уровни различаются для рисков вынужденного (профессионального) и добровольного.

Средней величиной приемлемого риска в профессиональной сфере обычно принимают $2,5 \cdot 10^{-4}$ гибели человека в год. Условия профессиональной деятельности считаются безопасными, если риск, угрожающий персоналу, ниже приемлемого, и опасными, если превышает его.

Приемлемый уровень риска для отдельных категорий персонала, в частности, сотрудников силовых структур, может быть выше, чем для других видов профессиональной деятельности в силу их специфического предназначения. Но тогда для категорий военнослужащих, подвергающихся повышенному риску, должны быть предусмотрены социально-экономические компенсации дополнительных факторов риска, связанных с осуществлением жизненно важных для государства функций (надбавки к денежному содержанию, дополнительный отпуск, санаторно-курортное обслуживание и др.).

Если индивидуальный риск превосходит приемлемый, имеет место недопустимый риск. Деятельность в этом случае не должна осуществляться, если даже она выгодна для общества в целом. Однако на практике опасная деятельность бывает столь необходима, что и в условиях недопустимого риска ее приходится вести. Поэтому, при экспертизе проектов, не исключаящих в случае их реализации недопустимый риск, могут быть приняты разные решения: отвергнуть проект, принять особые меры защиты, предусмотреть, для подвергающихся риску, привлекательные социально-экономические компенсации. Кроме уровня приемлемого и недопустимого риска устанавливается также уровень приемлемого риска, который обычно принимается равным 10^{-6} 1/год. Условия деятельности, в которых индивидуальный риск меньше приемлемого, находятся в области, безусловно приемлемого (пренебрегаемого) риска. Любая деятельность в этой области не требует дополнительных мер по повышению безопасности и не контролируется регулирующим органом.

Объекты, являющиеся источниками риска для персонала и населения, должны классифицироваться по уровню риска на ряд категорий. Это делается в интересах обоснованного назначения специфических мероприятий по снижению риска и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций, возникающих в результате аварий и катастроф на них. Эта классификация проводится на основе анализа риска, как для персонала, так и для населения прилегающих к объекту территорий. При этом применительно к населению должны действовать более жесткие критерии классификации. Вариант шкалы опасности объектов промышленности в соответствии с риском для персонала приведен в таблице 8.

Таблица 8.

Классификация объектов промышленности по категориям в соответствии с риском профессиональной деятельности

Категория объекта	Уровень индивидуального риска, 1/год	Оценка приемлемости риска	Необходимые мероприятия по снижению риска и смягчению последствий ЧС на объекте и прилегающей территории
Безопасный	$\leq 10^{-5}$	Пренебрежимо малый	Нет
Практически безопасный	$10^{-5} \dots 10^{-4}$	Малый	Нет

Продолжение таблицы 8

Относительно безопасный	$10^{-4} \dots 10^{-3}$	Относительно высокий	Мониторинг, создание санитарно-защитных зон, разработка планов мероприятий на случай аварии, декларирование безопасности, лицензирование, страхование рисков, ограничения безопасности
Опасный	$10^{-3} \dots 10^{-2}$	Высокий	Предыдущие мероприятия, меры безопасности
Особо опасный	$\geq 10^{-2}$	Исключительно высокий	Предыдущие мероприятия, ограничения, меры защиты, социально-экономические компенсации

С целью снижения риска производственной деятельности для персонала, населения, окружающей среды осуществляют мониторинг, ограничения, защиту.

Мониторинг - это постоянный сбор информации, наблюдение и контролирование объекта, включающий процедуры анализа риска, измерения параметров технологического процесса, выбросов вредных веществ, состояния окружающей среды на прилегающих к объекту территориях.

Ограничения - заключаются в уменьшении для персонала временных и пространственных параметров производственных процессов и условий работы, связанных с источниками опасности, а для населения - в установлении санитарно-защитных зон для исключения воздействия вредных факторов при нормальной эксплуатации объекта и поражающих факторов при аварии.

Защита - это принятие специфических для рассматриваемого объекта мер безопасности и мер защиты. Меры безопасности - меры, препятствующие возникновению ситуаций, когда лица из персонала могут подвергнуться воздействию вредных и поражающих факторов, сопровождающих нормальную работу объекта. Меры защиты - это физические барьеры на пути распространения вредных и поражающих факторов при нормальной эксплуатации и в случае аварий.

Защита является составной частью мер обеспечения безопасности, представляет собой комплекс специфических мероприятий и проводится с целью обеспечения сохранности жизни и здоровья персонала и населения, целостности и функциональных возможностей материальных объектов и окружающей среды. Сущность защиты - в возведении физических барьеров, которые препятствуют доступу вредных воздействий к защищаемому объекту, будь то человек, сооружение или природный комплекс, снижают уровень этого воздействия или нейтрализуют его.

Управление техногенным риском, управление безопасностью профессиональной деятельности по большому счету сводится к разработке и реализации программ деятельности по предотвращению аварий, снижению их возможных последствий, обеспечению мониторинга, ограничений и защиты в процессе производственной деятельности. Цель этого управления - достижение приемлемого уровня риска.

В качестве примеров реальных мер, осуществляемых с целью управления техногенным риском, могут быть названы:

- мониторинг состояния техногенных объектов;
 - прогнозирование чрезвычайных ситуаций техногенного характера и оценка их риска;
 - рациональное размещение производительных сил по территории страны с точки зрения техногенной безопасности;
 - предотвращение аварий и техногенных катастроф путем повышения безопасности производственных процессов и эксплуатационной надежности оборудования;
 - разработка и осуществление инженерно-технических мер по снижению возможных потерь и ущерба от чрезвычайных ситуаций (смягчению их возможных последствий) на объектах и территориях;
 - подготовка объектов экономики и систем жизнеобеспечения населения к работе в условиях чрезвычайных ситуаций;
 - декларирование промышленной безопасности и лицензирование видов деятельности в области промышленной безопасности;
 - проведение государственной экспертизы в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;
 - проведение государственного надзора и контроля по вопросам техногенной безопасности;
 - страхование техногенных рисков;
 - информирование населения о потенциальных техногенных угрозах на территории проживания;
 - осуществление мер защиты персонала и населения, проживающего на территориях, прилегающих к потенциально опасным объектам;
 - поддержание в готовности органов управления, сил и средств, предназначенных в случае аварий для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ и т.д.
- Рассматривая этот типовой перечень мер надо иметь в виду, что многие из них находят свое применение и при управлении природными рисками.

Важную роль в управлении техногенным риском играют экономические причины, являющиеся предметом рассмотрения в настоящем пособии [1,2].

Вспомогательный методический материал и оборудование: электронный учебник «Экономические механизмы управления рисками» obzh.ru/eco/1-5.html

Рекомендуемая форма практического занятия: изучение основных аспектов возникновения техногенных рисков, в частности по материалам электронного учебника «Экономические механизмы управления рисками».

Исследовательская задача. Для выбранного промышленно опасного объекта Удмуртии или другого региона оценить риски при помощи диаграммы приемлемого риска. Представить план основных мероприятий снижения техногенных рисков выбранного объекта на уровне управленческих решений.

ТЕМА 7. Влияние внешних силовых воздействий на появление отказов в технических системах

Конспект лекции

Исходя из условий эксплуатации, характеристики надежности и безотказности системы могут варьироваться.

Как показывает практика, отказы в технических системах являются следствием естественных процессов, прямо или косвенно влияющих на рабочее состояние элементов и отказы в работе. Это определяется: маркой материала; местом дислокацией рабочего процесса; типом энергии, определяющим рабочий процесс; эксплуатационным воздействием; внутренними рабочими взаимодействиями.

Исходя, из минимизации энергетической энтропии подхода оценки опасности следует выделить три основные причины:

- энергия пространства, при участии человека, исполняющего работу технического персонала или оператора;

- внутренние энергетические запасы, связанные как с работой системы, так и с работой отдельных ее составляющих;

- аккумулированная в материалах и элементах системы при их производстве потенциальная энергия, например, внутренние напряжения в отливке, напряжения при монтаже.

Кинетическая и потенциальная энергии вызывают в элементах системы процессы, связанные со сложными естественными процессами, которые ведут к недопустимым деформациям, коррозии, износу, поломке и ряду других повреждений. Накопление повреждений изменяет выходные характеристики системы и отказ [1-8].

Процессы, которые ведут к корректировке начальных свойств, идут в материалах элементов, и в материалах для смазки элементов, горючем, принимающими участие в рабочем процессе.

Механические свойства материалов (напряжения, деформации и т.д.), электрические (электропроводимость, напряженность электрического поля, прочность электропроводки, коэффициент электрических потерь, проницаемость диэлектриков, удельное сопротивление, остаточная поляризация и др.) и магнитные свойства материалов (магнитная проницаемость, остаточная магнитная индукция, коэрцитивная сила и др.) значительно зависят от: температуры, механических напряжений, влажности, напряженности электрического поля, состояния атмосферы, распределяемой мощности, длительности работы и других воздействующих факторов.

Большее число элементов накапливают энергию внешних силовых воздействий монотонно. Зная соотношение между нагрузкой и плотностью потока энергии силового воздействия, и время действия, можно рассчитать вероятность безотказной работы за указанное время при данном силовом воздействии, а также определить интенсивность отказов функционирующих элементов. Эта оценка вероятности в отличие от обычно используемых позволяет учесть преимущество преобладающих силовых воздействий с помощью энергетической характеристики воздействия, определяющей параметр вложенной энергии действия, а также допустимые границы изменения и статистические параметры элемента, определяющие его возможность сопротивляться силовым воздействиям. Обладая закономерностями, отражающими воздействие режимов эксплуатации и нагрузки на

надежность элемента, их рекомендуется использовать в расчетах, известных в теории надежности.

Отказы в работе систем и развитие аварийной ситуации могут происходить и из-за внешних силовых нагрузок, не связанных с производственными процессами. К ним причисляют внешние нагрузки, связанные:

- с автомобильными и железнодорожными перевозками, особенно при транспортировке опасных грузов;

- с работой автозаправочных станций;

- с функционированием сопряженных предприятий, преимущественно тех, которые применяют взрывоопасные или легковоспламеняющиеся компоненты;

- с ударными механическими воздействиями, как, например, при разрушении конструкций.

Такого поворота события часто избежать трудно, и их вероятность принимают во внимание при планировании расположения предприятия на местности, а также при создании легко уязвимых элементов технических систем.

Внешние воздействия зависимы и от влияния природных сил. Самые главные из них: землетрясения, наводнения, ветер, проседание почвы в результате геологических работ или работы энергетических систем, очень низкая или очень высокая температура, воздействие молнии.

Если есть информация, что в местности работы предприятия вероятны эти природные воздействия, то принимают соответствующие профилактические действия. Иногда возможен лишь количественный расчет варьирования показателей надежности технических систем, например, при тепловой оценке функционирования.

Распространение тепла происходит как снаружи системы - солнечная радиация, конвективное излучение, так и внутри системы - выделение тепла при работе электронных устройств, при механическом трении деталей, реакции в химическом процессе и др. Очень вреден нагрев узлов при высокой влажности пространства, а также, при периодическом ее изменении.

Классифицируют три вида тепловых нагрузок:

Непрерывные. Принимают при оценке надежности работы систем в стационарных режимах.

Периодические. Принимают при оценке надежности работы систем при повторно-переменном входе в работу аппаратуры и изделий и при резких изменениях рабочих условий, а также при колебании в течение дня внешней температуры.

Апериодические. Принимают при работе изделий, испытывающих тепловой удар, в результате этого происходят внезапные отказы.

Ухудшение работы изделий из-за стационарного теплового воздействия, вызвано, преимущественно, превышением максимально возможной температуры при эксплуатации. Изменение формы и размеров изделий, появляющиеся при циклических тепловых воздействиях, ведут к возникновению повреждений. На ряд изделий вместе с циклическим нагревом и охлаждением оказывают влияние и контрастные скачки давления, что и ведет к возникновению повреждений. Большая скорость изменения температурного режима имеет место при апериодических тепловых режимах, приводит к быстрому изменению размеров детали, что и приводит к повреждениям. Это явление встречается при неточности в

определении коэффициентов линейного расширения материалов сопрягаемых деталей. В частности, при температурном росте заливочные материалы становятся мягче, идет расширение материалов, сопрягаемых с ними, а при работе при отрицательных температурах заливочные материалы сжимаются и растрескиваются в местах контакта с металлами. При отрицательных температурах наблюдается высокая усадка заливочных материалов, поэтому у электротехнических изделий увеличивается вероятность электрического перекрытия. Низкие температуры напрямую снижают основные физико-механические параметры конструкционных материалов и наступает их хрупкое разрушение материала. Низкие температуры оказывают действие на характеристики полимерных материалов, что приводит к их стеклованию, высокие же температуры оказывают влияние на упругость и пластичность этих материалов. При нагреве полимерных изоляционных материалов существенно уменьшается их электрическую прочность и рабочий ресурс [1,2].

Резкие колебания температуры окружающей среды ведут к процессу неравномерного охлаждения или нагрева материала, что приводит к возникновению температурных напряжений в нем. Наибольшие температурные напряжения будут при существенном снижении температурного режима работы деталей. Относительное удлинение или сжатие внутренней структуры материала определяется зависимостью

$$\varepsilon_t = \alpha_t(t_2 - t_1)$$

где α_t - коэффициент линейного расширения;

t_1 - температура во внутреннем слое;

t_2 - температура в наружном слое; $t_2 = t_1 + (\partial t/\partial l)\Delta l$;

Δl – межслойное расстояние.

Температурные напряжения в материале находят так

$$\sigma_t = \varepsilon_t E$$

где E - модуль упругости I-го рода или модуль Юнга.

Темпы механического разрушения нагруженного элемента, а значит и время до разрушения зависят от свойств и структуры элемента, от напряжения, вызываемого силовым воздействием, и температурного режима.

Предложен ряд экспериментальных уравнений (13), (14), описывающих зависимость времени до разрыва τ (или скорости разрушения v_2) от этих нагрузок. Больше применение получила, установленная эмпирически для многих материалов следующая напряженно температурная временная зависимость прочности - между напряжением σ , температурой T и временем τ от начала действия постоянной механической силы до разрушения образца

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U_0 - \gamma\sigma}{RT}\right) \quad (13)$$

где τ_0 , U_0 , γ - параметры уравнения, характеризующего прочностные свойства материалов.

А скорость разрушительного процесса определится уравнением

$$V_\varepsilon \approx \tau^{-1} = \tau_0 \exp\left(-\frac{U_0 - \gamma\sigma}{RT}\right) \quad (14)$$

Все изменения прочностных свойств материалов, идущие при варьировании их чистоты, при тепловом воздействии и деформации, связаны с изменением только параметра τ , из формулы (15), значение γ может быть представлено временной зависимостью, полученной при стационарном тепловом режиме

$$\gamma = \alpha RT, \quad (15)$$

где α - тангенс угла наклона прямой $\lg \tau = f(\sigma)$ [1,5].

Практические задания. Рассчитать изменение долговечности стального болта диаметром 1 см и длиной 20 см, находящегося в условиях статической нагрузки, при напряжении 100 МПа, наступившего в результате резкого изменения температуры воздуха и охлаждения одного из его концов с 0 °С до -20 °С.

Вспомогательный методический материал и оборудование: справочник механических и физических величин, калькулятор.

Рекомендуемая форма практического занятия: самостоятельное решение задачи.

Исследовательская задача. Используя базу данных колебаний температур в регионе оценить роль теплового воздействия на показатели надежности произвольной технической системы.

ТЕМА 8. Термины и определения теории надежности

Конспект лекции

Основные термины и определения надежности

В основе терминологии принят ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения», рекомендуемый для применения в науке и технике и особенно в области надежности. Но не все определения учтены ГОСТом, поэтому некоторые позиции дополняются терминами, которые помечаются "звездочкой" (*).

Под объектом понимают - техническое изделие, применяемое для конкретной цели, рассматриваемое при проектных и производственных работах, испытаниях и эксплуатации.

В качестве объектов рассматривают технологическую технику, к которой относят машины, механизмы, инструменты, контрольную аппаратуру, а машинами и технологическими процессами, агрегаты, здания и сооружения различного назначения и т. д.

Виды состояний объекта

Состояние объекта, удовлетворяющее всем показателям, предъявляемым нормативно-технической документацией (НТД) называется исправностью.

Состояние объекта, способствующее работать при заданных режимах, указанных НТД называется работоспособностью.

Исправность понимается шире, чем работоспособность. Объект состояния работоспособности в отличие от объекта в исправном состоянии соответствует лишь требованиям НТД, обеспечивающим его штатную работу при выполнении установленной цели.

Неработоспособность и работоспособность объекта бывает частичной или полной. Полная работоспособность объекта сохраняется при определенных режимах наибольшей эффективности ее применения. Эффективность работы в этих же режимах объекта частично работоспособного ниже заявленной, но численные ее величины еще располагаются в режимах нормального функционирования объекта. Объект частично неработоспособный может работать, но результат работы при этом ниже заявленного. Объект полностью неработоспособный использовать по назначению неприемлемо.

Состояние объекта, прекращающее его дальнейшее использование по назначению из-за невозможности выполнения требований безопасности или невозможности устранить невыполнение рабочих характеристик в заявленных границах, недопустимого повышения расходов по эксплуатации или необходимости выполнения капитального ремонта называется предельным состоянием.

Свойство объекта сохранять штатный режим в виде управления для ведения или восстановления штатного режима его работы – называется режимной управляемостью*.

Разные состояния перехода объекта

Событие, которое заключается в сбое штатной работы объекта при соблюдении его работоспособности, считается повреждением.

Событие, заключающееся в сбое работоспособной работы объекта, носит название отказа.

Событие, которое заключается в переходе с уровня на уровень работоспособности объекта или действительного уровня функционирования на новый, менее качественный, с катастрофическим нарушением рабочих характеристик объекта, называется аварией*. В результате аварии может произойти полное или частичное разрушение объекта, наступление опасных состояний для пространства и людей.

Временные характеристики объекта

Объем или продолжительность работы объекта, называется наработкой. Режим работы объект бывает без перерывов или с перерывами. Для режима с перерывами вводят количественную наработку. Нарботка измеряется в параметрах, циклах, времени, эквивалентах выработки и т.д. В ходе проведения работ различают суточную, месячную наработку, наработку до первого отказа, наработку между отказами, заданную наработку.

Нарботка объекта от первых рабочих функций до перехода в предельное состояние, называется техническим ресурсом.

Вид технического ресурса обычно задается: от капитального, от капитального до ближайшего среднего, до среднего и т.д. Если необходимого перечня нет, то предполагают ресурс от начала работы до перехода в предельное состояние после прохождения всех видов ремонтов, то есть снятия с эксплуатации по техническим причинам.

Календарная продолжительность работы объекта от ее начала или продолжения после проведения ремонта, до достижения предельного режима функционирования или капитального ремонта, называется сроком службы.

Эксплуатацией объекта считают этап его нахождения у потребителя при требовании использования объекта по назначению, что может сменяться профилактикой и ремонтом техники, складированием и перевозкой, при проведении этих мероприятий потребителем.

Календарная продолжительность перевозки и (или) складирования объекта в заданных условиях, в ходе которых, остаются параметры установленных величин в заданных пределах, называется сроком сохранности.

Показатели надежности

ГОСТ 27.002-89 дает буквально следующее понятие надежности - это способность объекта иметь во времени в заданных границах значения всех параметров, которые характеризуют возможность выполнять штатные действия в заданных пределах и условиях эксплуатации, обслуживания техники, проведение ремонтов, складирования и перемещения.

Технический параметр, определяющий количественно одно или совокупность свойств, представляет надежность объекта и называется показателем надежности. Он дает количественную оценку набора определенных свойств и, в какой степени объекту или системе объектов присущи эти свойства, определяющие надежность. Показатель надежности обычно размерная величина, например, среднее время наработки или относительная вероятность разрушения объекта.

Безотказность - способность объекта постоянно иметь работоспособность при некоторой наработке или в интервале времени.

Ремонтопригодность - способность объекта быть готовым к профилактике и нахождению отказов и дефектов, к восстановлению работоспособности и готовности в ходе обслуживания техники и ее ремонта.

Долговечность - способность объекта удерживать работоспособность до наступления опасного состояния с необходимыми перерывами для обслуживания техники и ее ремонта.

Сохранность - способность объекта постоянно иметь качественное и работоспособное состояние в течение (и после) хранения и (или) перемещения.

Показатели надежности имеют два варианта представления: вероятностная и статистическая. Вероятностный вариант удобнее использовать в аналитических расчетах надежности, статистический - при оценке надежности технических систем

экспериментальным путем. Следует иметь в виду, что часть показателей лучше согласуется в вероятностных рассуждениях, а часть - в статистических.

Показатели ремонтпригодности и безотказности

Наработка до отказа - вероятность того, что при заданном режиме сбоя в работе объекта не будет, при условии, что в начальный момент времени объект работоспособен. Для режимов складирования и перемещения можно использовать подобный термин "вероятность появления отказа".

Средняя наработка до отказа - математическое ожидание интенсивности работы объекта до первого отказа.

Средняя наработка между отказами - математическое ожидание интенсивности работы объекта между отказами.

Средняя наработка на отказ – представляет пропорцию наработки восстанавливаемого объекта за интервал времени к математическому ожиданию количества отказов в ходе этой наработки.

Коэффициент технического использования - пропорция средней наработки объекта во временных параметрах за определенное время эксплуатации к суммарным средним значениям наработки, времени перерыва, связанного с обслуживанием техники и ремонтным временем за то же время эксплуатации.

Интенсивность отказов - относительная плотность отказных вероятностей невозстанавливаемого объекта, вычисляемая для данного интервала времени при условии, что отказа в это время не было.

Параметр потока отказов - плотность вероятности наступления отказа восстанавливаемого объекта, рассчитываемая для заданного интервала времени.

Параметр потока отказа определяется пропорцией количества отказов объекта за конкретный промежуток времени к течению этого промежутка при одномерном потоке отказов.

Показатели сохранности и долговечности

Гамма - процентный ресурс представляет наработку, когда объект не приходит в предельное состояние с вероятностным параметром $1 - \gamma$.

Назначенный ресурс представляет суммарную наработку объекта, при фиксации ее эксплуатации должна быть закончена независимо от его подготовки к работе.

Виды надежности

Оборудование обычно работает, как правило, в многоцелевом режиме, что приводит к всестороннему исследованию надежности объектов, как источника положений, составляющих положения надежности работы объектов. И поэтому надежность классифицируют следующим образом:

- надежность аппаратов, с их техническими характеристиками; в свою очередь она включает в себя надежность схемного конструктивного и технологического плана;
- надежность функционального плана, направленную на выполнение некоторой работы или работ, направленных на систему или объект;
- надежность эксплуатационного типа для качественного применения и обслуживания;
- надежность программного типа, характеризуемую качеством программных продуктов;

-надежность программируемого комплекса "человек-машина", которая зависит от человека-оператора.

Характеристики отказов

Отказы возникают:

- из-за конструктивных дефектов;
- из-за технологических несовершенств;
- из-за эксплуатационных несовершенств;
- из-за постепенного выхода из строя.

Отказы по характеру структуры развития делят на следующие классы:

- с мгновенной структурой возникновения;
- с поэтапной структурой возникновения;
- с накопительным возникновением;
- со смешанным происхождением.

По длительности воздействия отказы делятся на мгновенные и постепенные.

По скорости ликвидации различают устойчивые и быстро завершающиеся отказы. Быстро завершающийся отказ - это сбой. Преимущественным фактором сбоя является то, что работоспособность восстанавливается после сбоя и не требуются ремонтные работы. В качестве подтверждения можно привести возникающую помеху при прохождении сигнала.

Для исследования и анализа надежности действующие отказы интерпретируют в форме статистических моделей вероятностного происхождения, которые исследуют соответствующими вероятностными законами.

Под первичным отказом элемента понимают его нефункционирующее состояние, где он сам является причиной и необходимо провести ремонтные работы для перевода элемента в режим функционирования. Отказы первичного характера начинаются на входных режимах, параметры которых располагаются в пределах расчетного диапазона, а отказы вызываются физическими и механическими процессами в элементах при их эксплуатации. Например, усталостное разрушение материала является отказом первичного характера.

Отказ вторичного характера аналогичен предыдущему, исключая то, что сам элемент не будет вызывать отказ. Вторичные отказы вызываются наличием предыдущих или текущих предельных воздействий на элементы. Частотно -амплитудные характеристики, время действия этих характеристик могут выходить за границы режимов эксплуатации или иметь обратную зависимость и вызываться различными источниками энергии: термической, механической, электрической, химической, магнитной, радиоактивной и т.п. Такие воздействия исходят от смежных элементов или природной среды и вызываются ливнями, ветром, геологическими воздействиями, а также воздействием сторонних технических воздействий. В качестве примера вторичных отказов приведем пример "реакция предохранителя на повышение электрического тока", "повреждение емкостей для хранения жидкостей и газов при землетрясении". Отказы инициированного плана или ошибочные команды. Людской ресурс, например, обслуживающий технический персонал и операторы,

тоже могут быть возможными причинами вторичных отказов, если их работа приводит к нерабочему состоянию элементов. Команды ошибочного характера представляются в качестве не работающего компонента, случившегося из-за неправильной команды управления или помех (в этом случае не всегда нужен ремонт для приведения данного элемента в штатное состояние). Произвольные сигналы управления или помехи не всегда

оставляют повреждения, и в штатных дальнейших режимах элементы функционируют в соответствии с заявленными требованиями. Характерными примерами команд, приводящих к ошибкам, являются: "напряжение протекает произвольно к обмотке реле", "переключатель случайно не сработал из-за помех", "погрешности на входе измерительного прибора при обеспечении безопасности создали ложный сигнал на отключение", "оператор не подал аварийный сигнал".

Множественный отказ или отказы общего характера есть явление, при котором ряд элементов перестают работать по одинаковой причине. К этим причинам можно отнести следующие причины:

- недоработки в конструкции и в оборудовании (несовершенства, не выявленные при проектировании и ведущие к отказам из-за взаимной зависимости между механическими и электрическими системами или компонентами избыточной системы);

- погрешности в эксплуатации и обслуживании техники (неточная регулировка или калибровка, безответственность оператора и т. п.);

- внешнее климатическое воздействие (температура, грязь, влага, пыль, вибрация, и нештатные режимы эксплуатации);

- внешние аварийные воздействия (внешние явления естественного характера, например, ураган, пожар, наводнение, землетрясение);

- один и тот же изготовитель (резервируемое оборудование или его компоненты имеют одни и те же конструктивные или производственные несовершенства, например, производственные дефекты, могут быть следствием неправильного выбора материала, ошибками в монтажных работах, пайкой низкого качества и т. п.);

- источник питания общего назначения (источник питания общего назначения для основного и резервного оборудования, резервируемых подсистем и элементов);

- неправильное функционирование (неверно выбранный комплекс измерительных приборов или неудовлетворительно спланированные меры защиты).

Отказ считают по сравнению с другим отказом более опасным, если его предпочтительнее исследовать при обеспечении надежности и безопасности. При сравнительной оценке критичности отказов учитывают последствия отказа, вероятность возникновения, возможность обнаружения, локализации и т.д.

Указанные выше свойства технических объектов и промышленная безопасность - взаимосвязаны. Так, при неудовлетворительной надежности объекта вряд ли следует ожидать хороших показателей по его безопасности. В то же время, перечисленные свойства имеют свои самостоятельные функции. Если в ходе изучения надежности необходимо знать про то, как объект осуществляет работу при действующих условиях эксплуатации в штатных пределах, то в ходе обеспечения промышленной безопасности надо знать факторы возникновения и распространения аварий и других отклонений с всесторонним анализом последствий этих аварий [6-11].

Практическое задание: изучение и обсуждение ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике, Основные понятия, Термины и определения».

Примерные варианты задач для решения.

1. Определить коэффициент готовности системы, если известно, что среднее время восстановления одного отказа равно $T_{в}=5$ ч., а среднее значение наработки на отказ составляет $T_{о}=500$ ч.

2. Определить коэффициент технического использования машины, если известно, что машину эксплуатируют в течение года ($T_3=8760$ ч). За этот период эксплуатации машины суммарное время восстановления отказов составило $t_v=40$ ч. Время проведения регламента составляет $t_0=20$ ч. Суммарное время, затраченное на ремонтные работы за период эксплуатации, составляет 15 суток, т.е. $t_p=15 \cdot 24 = 360$ ч.

Рекомендуемая форма практического занятия: фронтальный опрос студентов по самостоятельно освоенному материалу ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике, Основные понятия, Термины и определения».

Исследовательская задача. Разработать и создать полную электронную базу терминов и определений в области промышленной безопасности.

ТЕМА 9. Расчет надежности элементов

Конспект лекции

Анализируя надежность работы элементов, приходится привлекать случайные величины и события. Теоретические законы наработки до отказа могут быть представлены различными закономерностями из теории вероятностей. Для этого выбирают произвольный график кривой и принимают ее площадь за единицу, и считают ее графиком распределения случайной величины. При переходе к методам инженерного расчета и экспериментальной проверки надежности необходимо исследовать законы, которым они соответствуют.

Случайное событие – явление или реальность, которые могут быть в результате проведения опыта или не состоятся. Случайные отказные события в виде формируют случайные области и случайные процессы. Область событий представляет ряд событий, которые происходят одно за другим в определенное время. К примеру, при восстановлении отказы элементов образуют область отказов или область событий. В качестве работы области отказов или восстановлений элемент может находиться в следующих состояниях частичного или полного отказа, работоспособности. Переход элементов в различные состояния носит случайный характер.

Случайная величина - параметр, который в результате эксперимента может получить различные значения, причем численно оно заранее неизвестно. Случайная величина бывает дискретной, например, количество элементов, отказавших за определенное время, количество отказавших элементов при наработке необходимого объема и т.д., или непрерывной, например, наработанное время до отказа элемента, время восстановления работоспособности.

Закон распределения случайной величины представляет собой пропорцию, устанавливающую закономерность между случайными величины и их вероятностями. Он выражается формулой, таблицей, полигоном распределений.

Для представления случайной величины непрерывного или дискретного характера применяется утверждение вероятности, что случайная величина X не превышает значения параметра x .

Закон распределения в интегральном виде или распределение функции случайной величины X представляется уравнением $F(x) = P(X < x)$.

Дифференциальный закон распределения или плотность распределения непрерывной случайной величины X представляет производную от функции распределения. Эти распределения соответствуют формулам (15),(16):

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}; \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1; \quad (15)$$

$$\int_{-\infty}^x f(x) dx = F(x). \quad (16)$$

За случайную величину при оценке надежности принимается время функционирования изделия или время до появления отказа. Тогда функция плотности распределения $f(t)$ является достаточной характеристикой для определения отклонений сроков службы элементов. Эта функция зависит от взаимных зависимостей процесса потери работоспособности.

Если рассмотреть некоторый интервал времени работы элемента t , то площадь $F(t)$ кривой распределения $f(t)$ дает информацию о вероятности отказа элемента за этот интервал времени, то есть $F(t) = Q(t)$.

Смоделируем процесс работы устройства. Пусть в испытании участвуют N_0 элементов устройства, и работа считается законченной, если все они отказали. Причем,

вместо отказавших элементов работоспособные элементы не ставятся. Тогда в качестве критериев надежности работы данных элементов можно принять:

- вероятность работы без отказов $P(t)$;
- частота отказов $f(t)$;
- интенсивность отказов $\lambda(t)$;
- наработку среднюю до первого отказа T_{cp} .

Вероятностью безотказной работы является вероятность того, что при выбранных условиях работы в определенном интервале времени или в интервале заданной наработки не произойдет хотя бы один отказ, что соответствует формуле (17)

$$P(t) = P(T > t), \quad (17)$$

где T – рабочее время элемента от входного действия до первого отказа; t – время в течение находится вероятность работы без отказов.

Вероятность работы без отказов по статистике отказов представляется уравнением

$$\bar{P}(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0},$$

где N_0 - количество элементов в ходе начала работы или испытаний; $n(t)$ – количество элементов отказавших за определенное время t ; $\bar{P}(t)$ - вероятность статистической оценки работы без отказов. Если число элементов или изделий велико, то N_0 статистически оценивает $\bar{P}(t)$ – почти совпадающая с вероятностью работы без отказов $P(t)$. Однако вероятностный отказ $Q(t)$ бывает более удобен в расчетах.

Вероятностью отказа считают вероятность того, что при некоторых условиях эксплуатации в определенном интервале времени появляется хотя бы один отказ. Работа без отказа и отказ - события противоположны и несовместны, соответствующие уравнениям

$$\begin{cases} Q(t) = P(T \leq t); \\ Q(t) = 1 - P(t); \\ \bar{Q}(t) = \frac{n(t)}{N_0}. \end{cases}$$

Согласно статистике, частотой отказов будет отношение количества отказавших в интервале времени элементов к исходному состоянию, работающих или испытываемых элементов при оговорке, что все переставшие работать изделия не находятся в рабочем состоянии. Тогда имеем зависимость

$$\bar{f}(t) = \frac{nD_t}{N_0D_t},$$

где nD_t - количество элементов, которые отказали за время от $(t-D_t)/2$ до $(t+D_t)/2$. Плотность вероятности или закон распределения частоты отказов по времени и есть работа изделия до первого отказа, что отражает формула (18). Поэтому

$$p(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt \quad (18)$$

По статистике интенсивность отказов -это отношение количества изделий, не ставших работать в это время к среднему их числу, исправно функционирующих в указанное время. И поэтому

$$\tilde{\lambda}(t) = \frac{nD_t}{N_{cp}D_t},$$

где $N_{cp} = (N_i + N_{i+1})/2$ - среднее количество исправно функционирующих элементов в интервале D_i ; N_i - количество изделий, штатно функционирующих в начале интервала D_i ; N_{i+1} - количество элементов, исправно функционирующих в конце времени работы D_i .

Оценка вероятности характеристики $\lambda(t)$ находится из уравнения

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}$$

Вероятность работы интенсивностей без отказов вычисляются по формуле (19)

$$P(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right) \quad (19)$$

Средней наработкой по отношению к первому отказу называется математическое ожидание времени функционирования элемента к моменту отказа. Математическое ожидание T_{cp} можно определить по частоте отказов или плотности распределения времени работы без отказов:

$$M(t) = T_{cp} \int_{-\infty}^{\infty} t f(t) dt$$

Так как $t > 0$ и $P(0)=1$, а $P(\infty)=0$, то $T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t) dt$. По статистике отказов средняя наработка к первому отказу представляется зависимостью

$$\overline{T_{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}$$

где t_i - время работы без отказа i -го элемента; N_0 - количество исследуемых элементов.

Средняя наработка к моменту отказа применяется наряду с дисперсией D и средним квадратичным отклонением ($\sigma = \sqrt{D}$) основными характеристиками частоты отказов. Последняя величина определяет рассеивание случайной величины и рассчитывается так

$$D(t) = \int_0^{\infty} (T_{cp} - t)^2 f(t) dt$$

Чем больше значение D , тем выше рассеивание сроков службы по отношению к их среднему значению $M(t)$.

Коэффициент, выражающий готовность к работе - отношение времени работы в исправном состоянии к сумме временных параметров исправной работы и нежелательных перерывов в работе устройства, оцененных в течение одного календарного срока. Этот параметр по статистике находится по формуле

$$\overline{K}_r = \frac{t_p}{t_p + t_n},$$

где t_p - суммарное время исправной работы изделия; t_n - суммарное время нежелательного перерыва. Вероятностная трактовка, для перехода относительно параметров t_p и t_n к математическим ожиданиям времени согласуется между сопряженными отказами и времени восстановления. поэтому

$$K_r = t_{cp} / (t_{cp} + t_b),$$

где t_{cp} - наработка к моменту отказа; t_b - среднее интервал времени для восстановления.

Рассмотренные критерии надежности дают возможность точнее установить надежность работы изделий, которые не восстанавливаются. Можно проанализировать и надежность работы до первого отказа восстанавливаемых изделий. Применение нескольких критериев не

значит, что необходимо учитывать суммарную надежность работы элементов по этим критериям. Частота отказов $f(t)$ наиболее точно характеризует надежность работы изделий.

Это можно объяснить тем, что плотность распределения является частотой отказов, а поэтому дает много данных о случайном явлении - времени работы без отказа.

Более точным критерием надежности любой системы считают вероятность работы без отказа. Это поясняется особенностями вероятности работы без отказа:

- она учитывается множителем в других, более общих параметрах системы, например, в эффективности и стоимости;

- она дает зависимость надежности по времени;

- она получается в виде расчетной модели при проектировании системы и оценивается при испытаниях.

На рисунке 3 изображен типовой график интенсивности отказов.

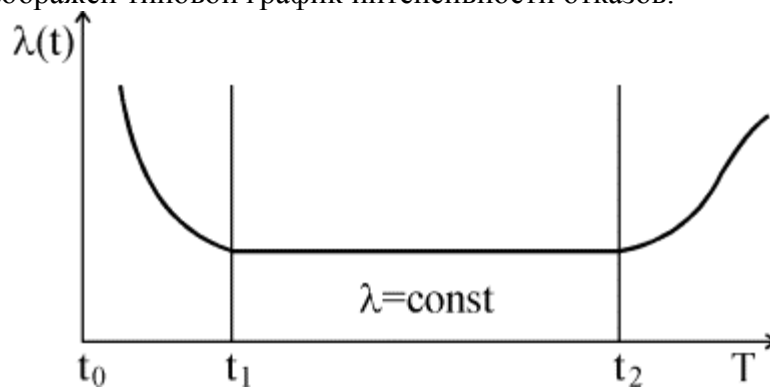


Рис. 3. Типовой график интенсивности отказов

Участок уменьшающейся интенсивности отказов (t_0-t_1) чаще называют периодом приработки или периодом ранних отказов. В этом периоде появление отказов вызывается конструктивными или производственными дефектами.

Участок стабильной интенсивности отказов (t_1-t_2) называют периодом стабильной эксплуатации. Он начинается сразу же после периода приработки и завершается сразу перед периодом отказов из-за износа.

Период отказов из-за износа начинается в то время, когда элемент или устройство выработали свой ресурс и поэтому количество отказов в это время начинает увеличиваться.

Отказы, появляющиеся в периоде стабильной эксплуатации, называют внезапными, так как они появляются в произвольное время, или, другими словами, мгновенно и непредсказуемо.

Теория надежности и законы распределения надежности

При оценке надежности используют принятые законы распределения случайных величин $f(t)$:

в случае дискретных случайных величин:

- Пуассона;

- биномиальный;

В случае непрерывных случайных величин:

- нормальный;

- экспоненциальный;

-гамма-распределение;
 -логарифмически-нормальное распределение;
 закон Вейбулла;
 - c^2 – распределение.

Экспоненциальный или показательный закон распределения случайной величины X представляется формулой (20)

$$P(t) = \exp(-\lambda t) \quad (20)$$

$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$ - вероятность за время t появления отказа. $f(t) = \partial Q / \partial t = \lambda \exp(-\lambda t)$ - плотность распределения, связанного с отказом. Усредненное рабочее время до появления отказа $T_1 = 1/\lambda$. Дисперсия рабочего времени до появления отказа $D = 1/\lambda^2$. Среднеквадратичное время функционирования $\sigma(t) = T_1$.

Тождество среднеквадратичного отклонения среднему времени функционирования дает преимущественный признак распределения по экспоненте.

Статистика по отказам элементов говорит о том, что время их работы подчиняется экспоненте распределения. Условием применимости этого закона распределения времени до отказа служит стабильность интенсивности отказов характерное для незапланированных отказов в рабочее время, когда время приработки объекта закончилось, а время износа и старения еще не вступило в действие, то есть для стабильных условий работы. Стабильной будет для сложных систем их интенсивность отказов, если они вызываются отказами большого количества составляющих элементов.

Время начала первичных отказов располагается на временной оси так, что суммарная область отказов сложной системы становится близким к простому распределению, то есть со стабильной интенсивностью отказов.

Это обстоятельство, а также то, что предполагаемое экспоненциальное распределение существенно упрощают вычисление характеристик надежности, и объясняет распространенное использование экспоненциального закона в инженерных расчетах.

Нормально распределенную случайную величину X применяют тогда, когда величина X зависит от большого числа однородных случайных величин, причем влияние каждой из этих величин по сравнению с большим числом всех остальных невелико. Указанное условие применимо ко времени начала отказа, вызванного чрезмерным износом, то есть это условие применяют для анализа работоспособности изделий, вызванных наличием постепенно нарастающих критических отказов.

Плотность частого повторения отказов определяют так

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp[-(t - T)^2 / 2\sigma^2],$$

где T – среднее наработанное время к появлению отказа.

Функция распределения находится так

$$F(t) = 0,5 + \Phi(u) = Q(t);$$

$$u = \frac{t - T}{\sigma},$$

где u – квантиль нормального закона распределения. Значения $F(t)$ заведены в таблицу 9. За время t вероятность отсутствия отказа представлена зависимостью (21)

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - [0,5 + \Phi(u)] = 0,5 - \Phi(u) \quad (21)$$

Таблица 9.

Величины нормальной функции распределения
 $F(t) = 0,5 + \Phi(u)$

u	F(t)	u	F(t)	u	F(t)
-0,00	0,500	-1,60	0,055	0,80	0,788
-0,10	0,460	-1,70	0,044	0,90	0,816
-0,20	0,420	-1,80	0,036	1,00	0,841
-0,30	0,382	-2,00	0,023	1,20	0,885
-0,40	0,344	-2,20	0,014	1,30	0,903
-0,50	0,308	-2,40	0,008	1,40	0,919
-0,60	0,274	-2,60	0,005	1,50	0,933
-0,70	0,242	-2,80	0,003	-1,60	0,945
-0,80	0,212	-3,00	0,001	-1,70	0,955
-0,90	0,184	0,10	0,540	-1,80	0,964
-1,00	0,159	0,20	0,579	-2,00	0,977
-1,10	0,136	0,30	0,618	-2,20	0,986
-1,20	0,115	0,40	0,655	-2,40	0,992
-1,30	0,097	0,50	0,691	-2,60	0,995
-1,40	0,080	0,60	0,726	-2,80	0,997
-1,50	0,067	0,70	0,758	-3,00	0,999

С течением времени плавное увеличение интенсивности отказов - основная причина нормального распределения. Нормальное распределение отлично от экспоненциального распределения. Началом отсчета времени t служит или начало эксплуатации объекта, то есть время, когда включается механизм износа и старения, или время, когда известно, что изделие исправно (этот момент времени находится в координаты на оси времени).

Закономерности распределений отказов можно применять согласно опытным данным, но для этого необходимо провести большое количество экспериментов в идентифицированных условиях. На практике эти условия сложно соблюдать. И это выбранное решение не дает точности регистрации событий.

Рациональнее - изучать условия течения явлений, относительно которых получают то или иное распределение. После этого строят модели возникновения отказов и устанавливают законы соответствующих распределений времени к моменту появления отказа, что дает возможность делать обоснованные выводы о законе распределения.

Эмпирические данные служат инструментом проверки выдвинутого прогноза, а не одними техническими характеристиками закона распределения. Эти данные используют для исследования надежности новых устройств и механизмов, для которых статистических данных недостаточно [1,2].

Практические задания. Решить задачи:

1. Нарботка на отказ 5-и идентичных изделий составила 5,0; 5,4; 5,5; 5,6 и 6,0 лет. Определить среднюю наработку на отказ и среднеквадратичное отклонение.

2. Изначально партия идентичных изделий состояла из 10000 единиц. В течение 5-и лет эксплуатации каждый год выходило из строя по 500 изделий. Определить частоту и интенсивность отказов изделий на 4-ый год эксплуатации.

3. При нормальном режиме работы изделий средняя наработка на отказ составляет 1000 часов. Определить вероятность работы без отказа в течение 250 часов.

4. Изделия работают на износ. Математическое ожидание времени отказа составляет 10000 часов. Квадратичное отклонение равно 1000 часов. Оценить вероятность работы без отказа изделий в течение 20000 часов.

5. За наблюдаемый период эксплуатации в аппаратуре было зафиксировано 8 отказов. Время восстановления составило: $t_1 = 12$ мин, $t_2 = 23$ мин, $t_3 = 15$ мин, $t_4 = 9$ мин, $t_5 = 17$ мин, $t_6 = 28$ мин, $t_7 = 25$ мин, $t_8 = 31$ мин. Требуется определить среднее время восстановления аппаратуры.

Вспомогательный методический материал и оборудование: калькулятор.

Рекомендуемая форма практического занятия: самостоятельное решение задач.

Исследовательская задача. Разработать методику расчета надежности технического объекта в условиях недостатка статистических данных.

ТЕМА 10. Расчет надежности элементной базы технических систем

Конспект лекции

Схема структурной надежности дает четкое представление в виде графических или аналитических рассуждений, благодаря которым функционирует или не функционирует рассматриваемая техническая система. На рисунке 4 представлены типовые структурные схемы.

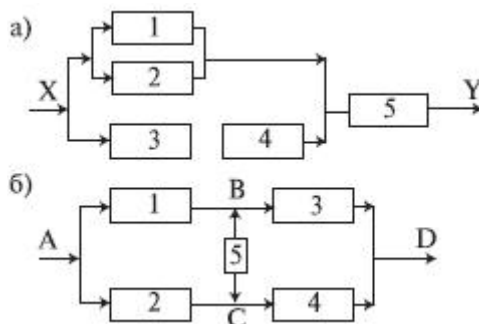


Рис. 4. Типовые структуры схемы надежности.

Самый простой вид схемы структурной надежности будет параллельно-последовательная структура. На схеме элементы параллельно соединены, и их совместный отказ ведет к общему не рабочему состоянию.

Последовательно соединяются элементы, отказ любого из них ведет к общему не рабочему состоянию.

На рисунке 4а) представлена параллельно-последовательная структура, анализируя которую, можно вынести следующее суждение. В состав объекта входят пять элементов. Он отказывает в работе тогда, когда не работает или узел, который состоит из элементов 1-4 или из элемента 5. Узел отказывает тогда, когда откажет вся цепочка, которая состоит из элементов 3,4 и узел, который представлен элементами 1,2. Цепь 3-4 откажет, если отказывает, хотя бы один из элементов цепи, а узел 1,2 - если функционально не готовы оба элемента, то есть элементы 1,2. При наличии таких структур надежность рассчитывается довольно просто и понятно. Но не всегда возможно работоспособное состояние выполняется в виде несложной параллельно-последовательной схемы. Тогда в расчетах применяют или графы, или логические функции, или ветвящиеся структуры, исходя из них, составляются системы уравнений рабочих процессов.

Для схемы структурной надежности выводятся расчетные уравнения. В случаях типовых расчетов применяются зависимости из справочников по расчетам надежности, нормативных документов и методических материалов. Для применения этих формул, проводят предварительное изучение их применимости.

Расчет надежности технических систем с параллельно-последовательной структурой

Технический объект, представленный на рисунке 4 б) D составлен из большого числа составляющих. Пусть данные о надежности элементов отсутствуют. Как оценить надежность системы в целом. Она будет зависеть от объединения элементов в систему и от функциональной возможности исправной работы каждого из них в качестве единой системы

Параллельно-последовательная структура надежности такого объекта информирует о связи надежности различной иерархии составляющих. Расчет надежности начинается с

расчета простейших структурных узлов с переходом к более трудоемким расчетам. К примеру, в структуре схемы 4а) узел, который представляет элементы 1-2, усложняет структуру узла из элементов 1-2-3-4. Такая структура представляется эквивалентной, состоящая из элементов 1-2-3-4 и элемента 5, имеющих последовательное соединение. Здесь надежность сводится к расчету отдельных мостиков схемы, состоящих из комбинации взаимодействующих составляющих.

Последовательно – соединенная система.

Самым легким расчетным случаем будет система последовательное соединенных элементов. В такой системе отказ одного элемента эквивалентен системному отказу. По принципу последовательно соединенных элементов, обрыв каждого из которых подобен не рабочему состоянию (рисунок 5). Отметим, что последовательным это соединение будет в отношении надежности, на самом деле они могут быть соединены произвольно.



Рис.5. Блок-схема с последовательным соединением элементов системы.

Это значит, что отказ в работе элементов может произойти в ходе отказа любого из элементов 1,2,3 или n-го элемента. Режим работоспособности формулируется таким образом: устройство работает, если работает элементы 1, 2, 3 или элемент n.

Представим надежность этой системы в виде надежностей ее элементов. Учитывая, что надежность системы определяется вероятностным законом $P(t)$, необходимо знать величину этой надежности в заданный интервал времени. Это не функциональная зависимость, а численное значение. Не будем учитывать аргумент функции и пусть надежность системы P . Тогда надежности составляющих элементов $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$.

Для работы без отказов элементарной системы за временной интервал надо, чтобы без отказа работал любой элемент. Пусть S - событие, представляющее работу без отказов системы в определенный момент времени; $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ – события работы без отказов составляющих элементов. Событие S представляет комбинацию событий $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$; $S = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot \dots \cdot s_n$

Пусть элементы $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ независимо отказываются в любой последовательности. Тогда, используя выражения вероятностных произведений для независимых событий имеем $P(S) = P(s_1) \cdot P(s_2) \cdot P(s_3) \cdot \dots \cdot P(s_n)$ или по другому $P = P_1 P_2 P_3 \dots P_n$ и в общем виде имеем

$$P = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (22)$$

то есть надежность или вероятность функционирования элементарной системы, состоящей из независимой относительно отказов, последовательной цепочки соединения элементов, есть результат умножения элементарных надежностей по формуле (22).

В системе, где элементы последовательно соединены, отказ элемента подобен системному отказу и все области отказов составных элементов суммируются в одну область интенсификации отказов системы, равной суммарной интенсивности отдельных областей

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

Среднее время работы к моменту отказа найдется так

$$T_0 = 1/\Lambda.$$

Расчет надежности системы с параллельным соединением элементов. Рисунок 6 показывает параллельное соединение элементов 1, 2, 3. Делаем вывод, что устройство из этих элементов оказывается в состоянии отказа после неработоспособности всех элементов, учитывая, что все составляющие работают в нагруженном состоянии, а отказы элементов не имеют зависимости друг от друга.

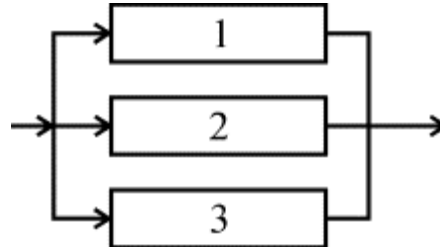


Рис.6. Блок-схема системы с параллельным соединением элементов.

Режим работоспособности устройства может быть представлен так: устройство работает, если работают его составные части 1 или 2, или 3, или составляющие 1 и 2, 1; и 3, 2; и 3, 1; и 2; и 3.

Вероятностные параметры работоспособной системы, представленной n параллельно соединенными элементами, находятся по правилам суммирования вероятностей событий совместного случайного типа

$$P = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) - (P_1P_2 + P_1P_3 + \dots) - (P_1P_2P_3 + \dots) \dots$$

В случае блок-схемы (рисунок 6), которая состоит из трех элементов, уравнение имеет вид

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i), \quad (23)$$

то есть в случае элементов взаимно независимых и соединенных параллельно параметры их отсутствия надежной работы ($1 - p_i = q_i$) умножаются по формуле (23).

Интенсивность работоспособной системы, представленной n параллельно соединенными элементами со стабильной интенсивностью отказов λ_0 , рассчитывается по формуле

$$\lambda = \frac{dQ(t)dt}{P(t)} = \frac{d[1 - \exp(-\lambda_0 t)]^n / dt}{1 - [1 - \exp(-\lambda_0 t)]^n} = \frac{n\lambda_0 [1 - \exp(-\lambda_0 t)]^{n-1}}{1 - [1 - \exp(-\lambda_0 t)]^n}$$

Отсюда видно, что при $n > 1$ интенсивность отказов системы зависит от времени, то есть при увеличении времени t, идет плавное увеличение интенсивности до λ_0 .

Усредненное время работы системы, работающей без отказа T_0 определяется так

$$T_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

Типы сложных структурных преобразований

Кажущаяся легкость расчетов надежности структур параллельно-последовательного типа, получила широкое применение в инженерной практике.

Но не во всех случаях работоспособность можно охарактеризовать структурой параллельно-последовательного типа. Тогда сложную структуру представляют, как эквивалентную параллельно-последовательной структуре. К подобным изменениям причисляют:

-эквивалентную замену треугольника на звезду и назад;

-представление сложной структуры в виде простых структур по головной составляющей.

Первый способ заключается в том, что узел сложного построения замещается другим узлом, более просто построенным, но здесь выбираются такие параметры нового узла, что работоспособность преобразованной цепи остается такой же, как была раньше. В качестве примера рассмотрим замещение треугольной структуры (рисунок 7а)) звездной структурой (рисунок 7 б)) при оговорке, что вероятность отказа элемента a составит q_{13} , элемента b - q_{12} , элемента c - q_{23} . Представление системы звездой не нарушит надежности цепей 1-2, 1-3, 2-3. А значит для звезды вероятностные параметры отказавших элементов q_1, q_2, q_3 соответствуют приведенным ниже тождествам:

$$\begin{aligned} q_1 + q_2 - q_1 q_2 &= q_{12} (q_{23} + q_{31} - q_{23} q_{31}); \\ q_2 + q_3 - q_2 q_3 &= q_{23} (q_{31} + q_{12} - q_{31} q_{12}); \\ q_3 + q_1 - q_3 q_1 &= q_{31} (q_{12} + q_{23} - q_{12} q_{23}). \end{aligned}$$

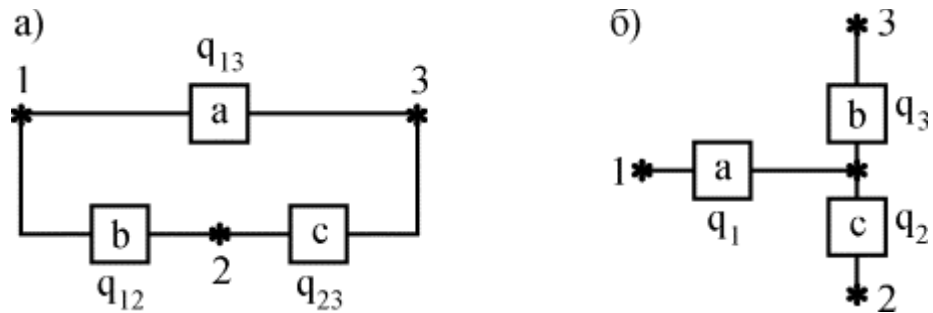


Рис.7. Схема превращения треугольника в звезду.

Пренебрегая произведениями второго порядка малости $q_i q_j$; $q_i q_j q_k$, и решая каждое из уравнений, получаем:

$$q_1 = q_{12} q_{31}; \quad q_2 = q_{23} q_{12}; \quad q_3 = q_{31} q_{23}.$$

В случае обратного изменения звезды в треугольник имеем решения

$$\begin{aligned} q_{12} &= \sqrt{q_1 q_2 / q_3}; \\ q_{23} &= \sqrt{q_2 q_3 / q_1}; \end{aligned}$$

Изменение при помощи представления сложной структурной организации по принятому главному элементу основано на применении теоремы о вероятностном сложении событий несовместного вида. Структурно сложная система предполагает выбор главного элемента или совокупности главных элементов со следующими оговорками:

- головной элемент работоспособен;
- головной элемент находится в не рабочем режиме.

В каждом из выборов в виде несовместных событий, первоначальная структура превращается в две новые более простые. В первом допущении предполагается заменить головной элемент цепью короткого замыкания, а в следующем - разрывом цепи (рисунок 8).

Вероятностные параметры работы без отказов каждой из более простых систем перемножаются: первые - на вероятность работоспособности головного элемента, вторые - на вероятность отказа головной составляющей элемента. Эти произведения суммируются. И она равна искомой вероятности работы без отказа сложной структуры.

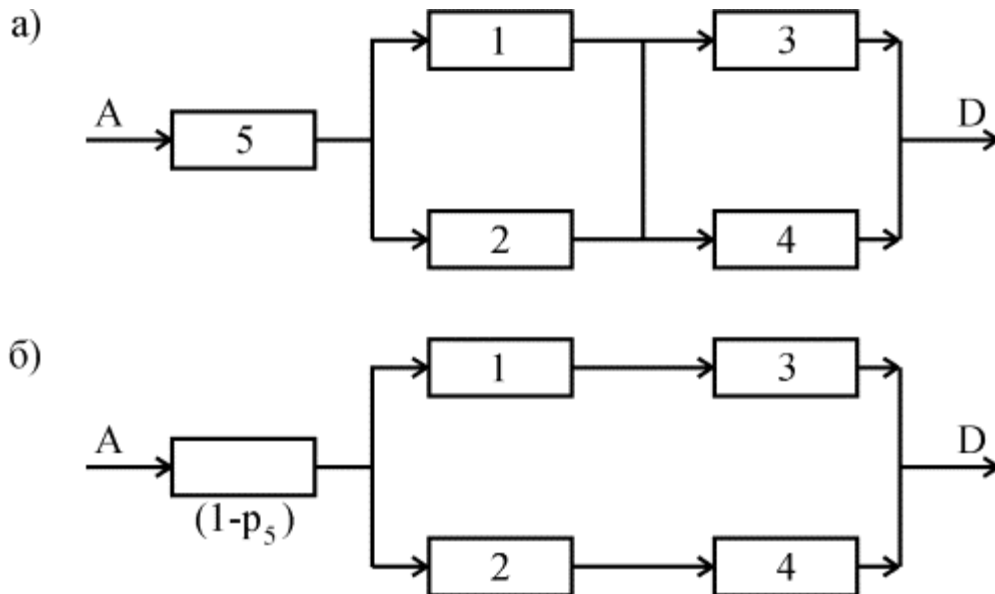


Рис. 8. Преобразование по головному элементу мостиковой структуры.

Надежность резервированной системы

Введение в систему резервных или дублирующих элементов является методом увеличения ее надежности. Зарезервированные элементы включены в системе по параллельной схеме, но надежность многих из них недостаточна.

В качестве примера приведем резервированную систему, суть которой заключается в параллельном соединении резервных составляющих системы. В этой схеме каждая n одинаковая единица оборудования работает совместно, и каждая единица оборудования имеет одну и ту же интенсивность отказов. Эта ситуация встречается, например, если все единицы оборудования нагружаются рабочим напряжением. Что будет горячим резервом, а для работы без нарушений оборудования исправно функционирует, хотя бы одна из n единиц оборудования.

В таком способе резервирования принимается определение надежности независимых элементов, соединенных параллельно.

Принятие резервного оборудования в состав системы замещением состоит во включении подобных единиц оборудования так, чтобы только одна из них находилась постоянно в работе. Это называется холодным резервом. В случае неисправности работающей единицы оборудования ее тут же отключают, работу начинает один из $(n-1)$ резервных или запасных элементов. Такая схема работы действует до тех пор, пока все $(n-1)$ резервные единицы оборудования не будут использованы полностью.

Система выполняет поставленные перед ней задачи, если работоспособна, хотя бы одна из n единиц оборудования. Значит, в этом случае надежность представляется суммой вероятностей положений системы, не учитывая возможности отказа.

Практическое задание. Решить задачи:

1. Простая система S состоит из трех независимых элементов, плотности распределения времени безотказной работы которых, заданы формулами:

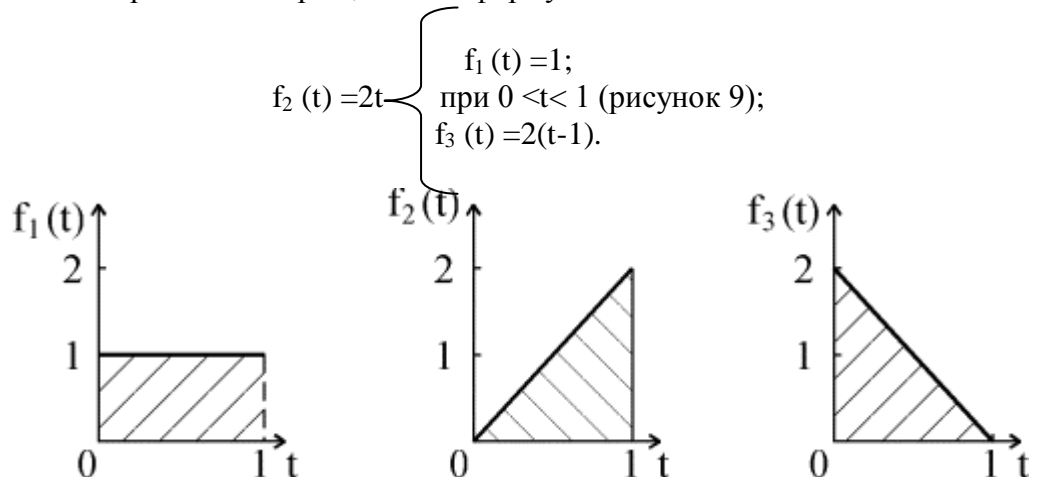


Рис. 9. Плотности распределения времени безотказной работы.

Найти интенсивность отказов системы.

2. Требуется найти безотказность системы в течение 400ч (продолжительность выполнения задания) при условии, что интенсивности отказов двигателей вентиляторов постоянны и равны $\lambda=0,0005\text{ч}^{-1}$, отказы двигателей статистически независимы и оба вентилятора начинают работать в момент времени $t=0$.

3. Определить вероятность безотказной работы устройства, структурная схема которого изображена на рисунке 10 б), если известно, что вероятности безотказной работы каждого из элементов схемы равны 0,9, а вероятности отказов равны 0,1.

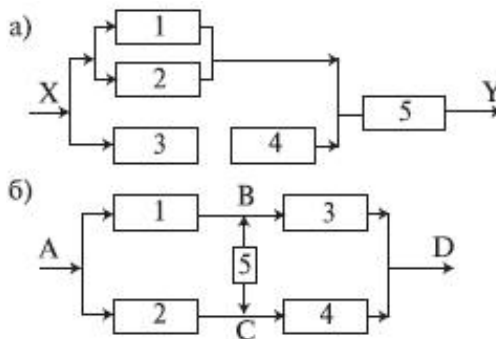


Рис. 10. К задаче на преобразование структуры.

Вспомогательный методический материал и оборудование: калькулятор.

Рекомендуемая форма практического занятия: самостоятельное решение задач.

Исследовательская задача. Рассчитать надежность технологического оборудования одного из предприятий Удмуртской республики или другого региона.

ТЕМА 11. Инженерные способы исследования безопасности технических систем

Конспект лекции

Предварительный анализ опасностей

Предварительный анализа опасностей (ПАО) в определении системы или отдельных ее элементов, топографии и нахождения в общем случае потенциальных опасностей или частных опасных положений, которые могут вызвать аварийные ситуации, то есть выявляется то место в системе, где необходим более точный учет опасностей.

Так как одни составляющие системы (производства, предприятия и т.д.) более опасны, чем другие, поэтому первой задачей анализа требующей решения будет разбиение предприятия (технологическую линию или процесс и т.п.) на подсистемы, для выполнения ПАО в приведенной ниже логической последовательности:

1.Выявление потенциально опасных источников - систем, их частей или элементов, которые могут привести к опасным ситуациям (резервуары, сосуды под давлением, энергетические системы, трубопроводы, химические реакторы, современные технологии и др.).

2.Определение опасностей - вероятных пожаров, взрывов, утечек токсичных веществ и т.д., с малой вероятностью возникновения, и еще не приводившие к авариям.

3.Внесение ограничения в порядок анализа – удаление из списка опасностей, возникновение которых невозможно, или части системы, в которых возникновение опасностей практически нереально.

Качественные результаты анализа при выполнении ПАО заносят в таблицу. Содержание этих действий имеет описательный вид с перечнем, как отдельных событий, так и проводимых профилактических мероприятий. По ходу работы исследователя части таблицы могут соответствовать структурированному порядку или немного отличаться - это обусловлено решаемым задачам, изучаемой системы и условий жизненного пространства.

Способ анализа работоспособности и опасности

В сути этого способа лежит утверждение, что отдельные условия приводят осуществлению опасности. Он осуществляет оптимальную организацию работы производственных объектов и предотвращает несчастные случаи. В общем - это исследование проводится на основе использования, в согласовании с эвристическими положениями ключевых определений для выяснения всех опасных ситуаций или отклонений при работе системы от нормальных условий и оценки вероятных последствий учтенных отклонений для безопасной работы, а также возможных причин этих отклонений и поступков, необходимых для безопасного обеспечения работы. Способ не только находит недоработки и угрожающие состояния, но и вносит конструктивный подход, позволяющий проводить по необходимости улучшение или кардинальную перестройку установки или системы. Но он также дает возможность вести исследования влияния некоторых отклонений технологических характеристик, например, давления, температуры, влажности и др. от рабочих режимов по отношению проявления опасности. Этот способ по сложности и качеству соответствует ПАО и оценки меры критичности. Ход способа дает возможность изучения каждого элемента технологической линии, устройства, блока и т.д. Технологическое и конструктивное решение такой цепочки реализуют в той последовательности, в которой оно оформлено в проектной документации. Набираются ключевые определения

и слова, применяемые к каждой составляющей этой последовательности, далее изучаются последствия по принципу объединения в группы.

Примером служат комбинации слов: Не, Нет, Меньше, Больше, Помимо, Вероятнее чем, Позже чем, Наоборот, Также как, Чем остальные, Часть из, Ни одно из, Больше чем, Меньше чем, Часть чего-то и др. Они указывают и активизируют процесс умственного творчества, направленного на выявление несоответствий и дают возможность просчитать и оценить динамику развития опасности.

Способ проверочного листа и "что будет если ...?"

Способ исследует связующие характеристики положения системы и дает возможность не допустить опасные события. Эти характеристики могут варьироваться. Например, в качестве связующих характеристик могут выступать чрезмерные вибрации, сильный шум в разных частях оборудования и др. В результате составляется проверочный лист, где отражают вопросы и ответы о соответствии конкретной системы безопасным требованиям и рекомендациям для принятия мер по обеспечению безопасности. Изучение намного облегчается, если его дополнить вспомогательными и унифицированными бланками, упрощающими практически анализ и изучение результатов. Способы с малыми затратами и приносят эффект при изучении безопасности объектов с известным производственным процессом или объектов с малым риском серьезных аварий.

Эти способы представлены двумя частями – общего и местного исследования опасностей согласно ПАО. Так как выполнение анализа идет на общем уровне, то и его проведение будет качественным и субъективным. Но это вынужденное действие для применения в дальнейшем количественных способов (в этой части имеют в виду характеристику соотношения затраты - прибыль). Каждая разобранный опасность заносится в карту (таблица 10).

В карте фиксируют дату, предоставляется возможность рассматривать хронологический порядок динамики опасностей, указывается подразделение, относительно которого наблюдается топография опасной ситуации. Оставшееся поле карты поделено на четыре части. Части представлены рядом категорий. Категории размещают так, чтобы, требующие пристального изучения категории находились внизу поля. Например, если характер опасности имеет катастрофический тип, то нужно применить защитные меры.

Таблица 10.

Карта общего анализа опасностей

Подготовил _____ Дата _____			
Описание опасности _____			
Участок системы _____			
Серьезность	Вероятность	Затраты	Действия
Вызывающая беспокойство	Небольшая	Допустимые	Несрочные
Предельно допустимая	Умеренная	Предельные	Анализ
Критическая	Значительная	Значительные	Немедленные
Катастрофическая			

Многие опасности предполагают продолжение анализа, чтобы принятие решение было правильным. Для анализа необходимо определенное время. Сначала анализируют самые главные проблемы. Поэтому карты анализа размещают в последовательности сроков необходимых действий, применяя критерий: серьезность - вероятность - затраты, используя следующую процедуру.

Любая карта общего анализа дает несколько вариантов подробного анализа: один для начала работы и по одному для каждого варианта защитных или их сочетаний. Все это предоставляется в виде формы, где отражается соответствие по элементам формы.

Таблица 11.

Бланк детального анализа

Общий анализ опасностей N _____ Участок системы _____ Подготовил _____ Задача или действие _____ Дата _____ Контрмера _____ Затраты _____						
Элементы системы(их комбинация)	Элементы опасности					
	1	2	3	4	5	...
1						
2						
3						
4						
...						

Поэлементный анализ в требованиях ПАО ведется за общим, после устранения опасности, не требующие серьезных финансов. Оставшиеся опасности ранжируются по качественной шкале их приоритетности.

Анализ состоит в следующем:

1. Опасности ранжируются по времени и месторасположению работы в операции, что позволит качественнее оценить опасность.
2. Прорабатываются начальные факторы аварий, заменяя применение промежуточных признаков и причин.
3. Досконально исследуется действие контрмер, что сложнее выполнить при расширенном анализе.
4. Исследуется воздействие каждой контрмеры на части системы и выясняется, не возрастет ли опасность в работающих частях системы.

Следующим этапом поэлементного анализа служит ранжирование опасностей в виде матрицы. Это дает сведения о эффективности и затратах в уплотненной и логической форме. Информацию не обрабатывают, не формализуют, а лишь подают в виде, удобно для выбора решения. Чаще всего ведется сравнение различных вариантов и альтернатив опасностей общего характера.

Элементы опасности в матрице, изученные при поэлементном анализе, заносятся по рангу важности. Альтернативные типы размещают в вертикальной колонке и здесь же указывают затраты по контрмере. В местах пересечения колонок матрицы опасностей и

контрмер вносят символы: "-" - вычеркивание текущей опасности, R - уменьшение опасности, X - тип опасности не изменился, I –увеличение опасности.

Дерево отказов

Графическое представление дерева отказов способствует подробному анализу причин неработоспособности и разработке мер, наиболее эффективных для ее устранения, а также отказов. Этот анализ ведут для каждого периода функционирования в целом или каждой части системы.

Дерево отказов аварийных ситуаций, последствий, происшествий и пр. находится во главе логико-вероятностного построения связей причинно-следственного характера отказов системы и иными событиями или воздействиями; при исследовании наступления отказа состоит из рядов и совокупностей неисправностей и нарушений оно представляет собой многоуровневую графоаналитическую структуру взаимосвязей причин (рисунок 11), имеющих в результате отслеживания опасных ситуаций в обратной последовательности для нахождения возможных причин их возникновения. Для поисков и наглядных представлений с помощью дерева отказов, необходимы блоки элементов, которые делят и связывают много событий. Существует два вида блоков логических знаков или символов и обозначения действий.

События или действия в соответствии с их причинами происхождения в логических знаках в таблице 12.

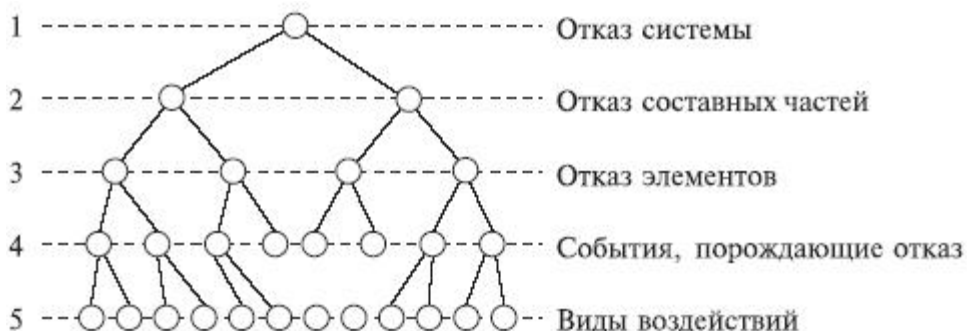


Рис. 11. Граф дерева отказов.

Логическое обозначение имеет одно или несколько входов и всего один выход.

Логическое обозначение «И» выражает состав подобного события. Выход обозначения «И» начнет действовать тогда, когда все входы проявляются в одно и то же время.



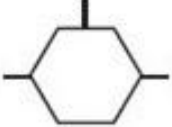



Логический знак «ИЛИ» выражает состав соединения. Выход обозначения «ИЛИ» настанет тогда, когда может быть любой вход.

Связи, вошедшие в логические знаки «И» и «ИЛИ» - детерминированные величины, потому что наступление выхода напрямую подчиняется входному событию.

Запретное обозначение представлено шестиугольником, который выражает логический знак запрета, и применяется для осмысления причинных связей вероятностного происхождения. Действие, размещенное под логическим символом запрета, носит название входного события, соответственно событие, находящееся сбоку от обозначающего признака – условное событие. Запретное обозначение возникает тогда, когда событие востребовано n раз

на входе обозначается логика голосования m из n , а действие на выходе произойдет, когда возникнут на входе m из n действий. Обозначения действий представлены таблицей 13. Блок прямоугольного типа - действие отказа, возникающего в ходе простых отказов, объединенных с помощью логических символов.

Таблица 12.

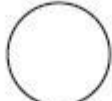
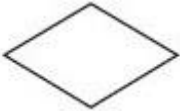


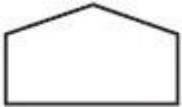
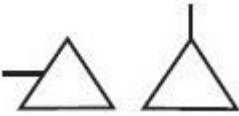
Логические обозначения			
Строка	Символ логического обозначения	Название логического обозначения	Причинная взаимосвязь
1		<i>И</i>	Выход происходит, если все входы происходят в одно время
2		<i>ИЛИ</i>	Выход происходит, если случается любое действие из входа
3		<i>«Запрет»</i>	Вход вызывает наличие выхода тогда, когда происходит условное действие
4		<i>«Приоритетное И»</i>	Выход случается, если все входы происходят в строгом порядке слева направо
5		<i>«Исключающее ИЛИ»</i>	Выход происходит, если случается одно, но не оба из входных действий
6		<i>«m из n»</i> (голосования или выборки)	Выход происходит, если случается m из n входов

Блок круглого типа дает информацию о начальном отказе или начальном событии элемента в рабочем диапазоне действующей системы, определяющий функциональную характеристику дерева отказов.

Ромбический блок применяют для обозначения не полностью разработанных действий, в том смысле, что поэлементный анализ не представляет начальные типы отказов, потому что нет и данных о средствах или времени. Аварийная ситуация из-за диверсии или саботажа служит образцом поэлементно не разработанного действия. Сумма действий не дает полных данных для количественного анализа. Их учитывают в начале анализа, и их наличие является показателем фундаментальности этого анализа. Для получения количественных результатов о завершении нежелательного воздействия, вносят данные о вероятности отказа, коэффициента неготовности, интенсивности отказов, интенсивности восстановлений и других показателей,

характеризующих первичные события, при условии, что события дерева отказов не являются достаточными событиями для развития сценария аварии.

Таблица 13.

Обозначения действий		
Строка	Обозначение действия	Содержание обозначения
1		Исходное действие с полными данными
2		Действие с недостатком информации
3		Действие логического элемента
4		Условное действие, используемое с обозначением «запрет»
5		Действие, которое может случиться или не случиться
6		Знак перехода

В целях анализа, деревья строятся для различных типов отказов различного характера.

Дерево событий

Дерево событий характеризуется анализом событий, которые начинаются с аварийной ситуации.

Дерево событий применяется для выборки совокупности вариантов развития аварийной ситуации, предусматривающей механизм действия в системах техники обеспечения безопасности. Вероятностный ход любого сценария аварийной ситуации считается при помощи произведения вероятностей головного и конечного событий. Изучая его, применяются методы прямой логики. Все значения вероятностей P незначительны и дерево событий не может представить точного решения.

Рассмотрим пример. Пусть при проведении ПАО была получена информация, что для реактора критической частью, то есть подсистемой, где может произойти риск, будет блок охлаждения реактора. Значит, оценка начнется с выборки цепочки реальных событий с начала аварийной ситуации трубопровода холодильного агрегата, называемого событием А

инициирования с вероятностью P_A (рисунок 12). Потом рассматриваются различные версии развития следующих событий (В, С, D и E) за нарушением целостности трубопровода.

Анализ при помощи двумерной системы, где элементы или исполняют свою работу, или не работают, количество возможных отказов составляет $2N-1$, где N -количество исследуемых элементов. На самом деле это дерево упрощают с помощью инженерного логического анализа и сводят к простому дереву, представленному в нижней части рисунка 12.

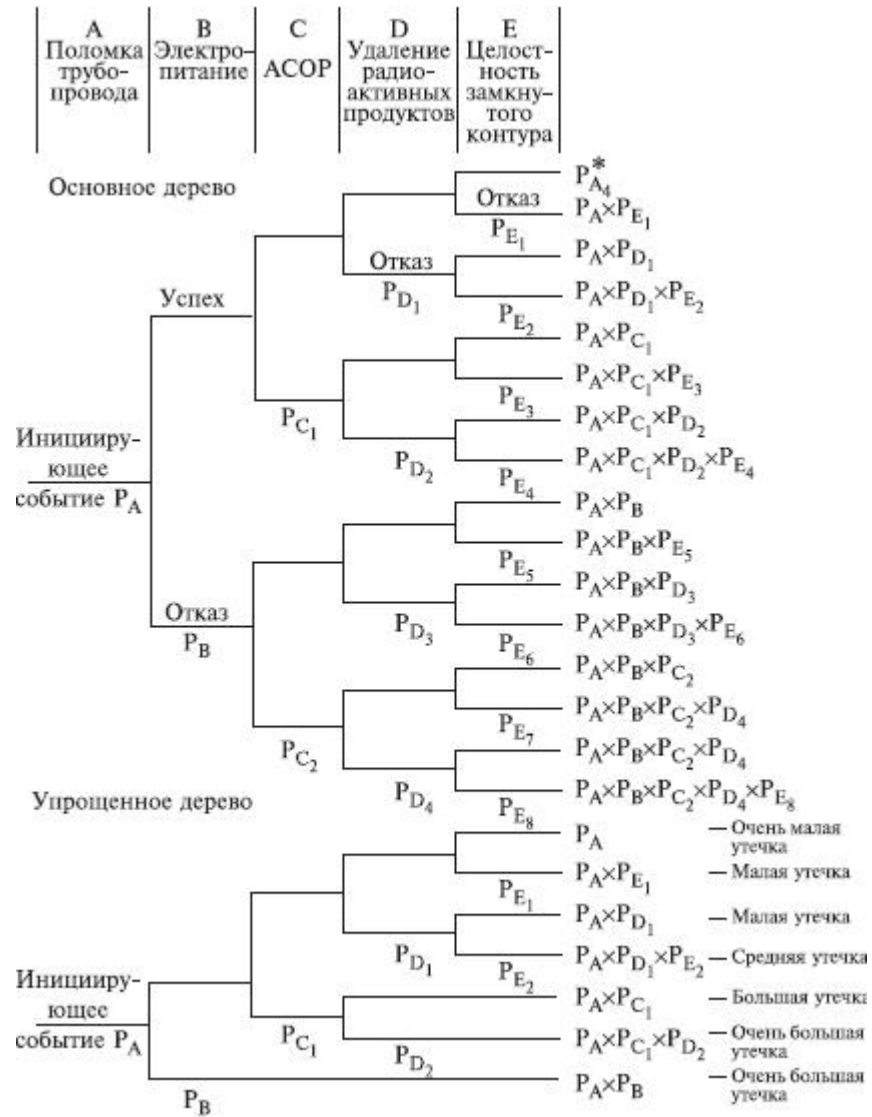


Рис. 12. Дерево событий.

Дерево решений

Дерево решений есть частный случай дерева событий. В дереве событий процесс работы не рассматривается и поэтому вероятностная сумма не равна единице в этих событиях. В дереве решений все рабочие процессы системы выражаются состоянием элементов. В результате множество состояний системы согласованы между собой, и их

вероятностная сумма равняется единице. Дерево решений может применяться, когда отказные состояния всех составляющих не зависимы или есть элементы с несколькими рабочими состояниями, а также имеются частные случаи работы. Они не используются при двумерном распределении и не дают возможности логического анализа при адекватности начальных данных.

Рассмотрим пример. На рисунке 13 представлена система последовательно включенных элементов, включающая клапан и насос, с вероятностью безотказной работы 0,98 и 0,95, к тому же представлено дерево решений указанной системы. Необходимо указать, что по общим закономерностям верхняя ветвь подобна ожидаемому режиму функционирования системы, а нижняя - неожиданному режиму. Дерево решений предполагает чтение слева направо.

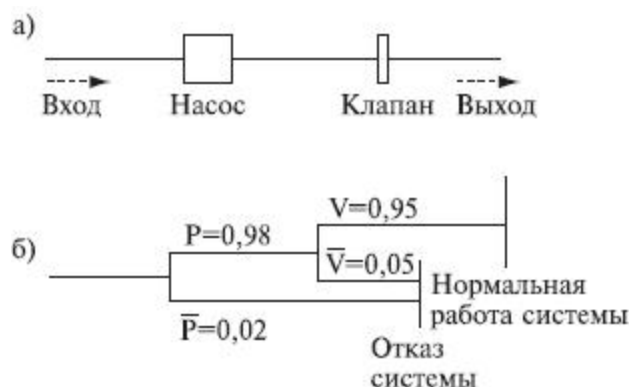


Рис.13. Схема и дерево решений для системы двух элементов.

Если работа насоса прекратилась, то система дает отказ независимо от клапана готового к работе. При продолжении работы насоса вторая координата говорит о работе клапана. Вероятностный расчет работы без отказа системы численно равен: $0,98 \cdot 0,95 = 0,931$. Вероятность, связанная с отказом: $0,98 \cdot (0,05 + 0,02) = 0,069$, а общая вероятность двух рабочих положений системы эквивалентна единице.

Логическая оценка

Логическая оценка событий опасного типа основывается на аксиомах алгебры логик или булевой алгебры. Переменные в этой алгебре обозначаются заглавными буквами, которые расшифровывают некоторые события или факторы. В качестве примера, обозначим символом А событие, которое состоит в выходе из строя части машины. Когда это событие произошло, то говорят, что А истинно или, что $A=T$. Если событие не произошло, то справедливо равенство $A=F$ или ложность этого события. Эти утверждения приемлемы для каждого временного интервала и вероятности, которые связаны с появлением некоторого события. В алгебре логики переменные могут принять два смысла ложь или истина, то есть состоится или не состоится событие. Подобно и функции имеют два смысла в трактовке совокупности логических параметров. Формирование функций идет при помощи операций «И», «ИЛИ» и «НЕ». Операции представляют последовательность действий в виде таблиц истинности (рисунок 14). Истинно принятая функция определяется переменными, являющимися ее составляющими. Например, зададим функцию А, которая соответствует тождеству $A = BC + D$. Для определения истинного значения А, необходимо иметь информацию о истинных значениях четырех аргументов. Расчет слагаемых ведется в

следующей последовательности: (1) НЕ, (2) И, (3) ИЛИ. Значит, если В=ЛОЖЬ, С=ИСТИНА, D=ИСТИНА и E=ЛОЖЬ, то, применяя табличные данные, видим: $A = FT + T = FT + TT = F + T = T$. Ход расчета можно изменить введением скобок, которые выражают первичность

действий во внутренних скобках. Например, $A = B() = F() = F() = F = FT = F$. Имея достаточный опыт, эти расчеты проводятся довольно быстро. Отдельный случай рассматривают при применении алгебры логики для оценки возможных опасностей на производстве.

X	Y	XY (X И Y)
T	T	T
T	F	F
F	T	F
F	F	F

X	Y	X+Y (X ИЛИ Y)
T	T	T
T	F	T
F	T	T
F	F	F

X	\bar{X} (НЕ Y)
T	F
F	T

Рис. 14. Логические операторы.

ПРИМЕР. Цепной привод собран на новой машине, имеющий устройство защиты, но будем считать, что при работе он не функционирует. В штатном режиме цепь работает с высокими нагрузками. Таким образом, она усиленно изнашивается и довольно часто происходит ее разрыв. Рабочие микрочастицы сопутствующего оборудования, оказываясь в цепи, тоже могут привести к ее разрыву. При разрыве цепи устройство защиты, в зависимости от условий работы, не может защитить рабочего.

Логические переменные здесь следующие:

A – убрана защита цепи;

B – цепь изнашивается и рвется;

C – разрыв цепи происходит из-за попадания технологических частиц;

D – достаточность защиты, чтобы обезопасить рабочего в любых режимах работы.

X – опасная ситуация присутствует. Алгоритм логической операции $X = A + B + C$ или $X = A + (B + C)$. Опасная ситуация не реализуется, если параметр X не стал истинным. Это будет работать, когда A ложно, D истинно или и B и C одновременно ложны [1-5].

Практическое задание.

1. Провести анализ надежности резьбового соединения (болт, гайка) методом ключевых слов.
2. Провести анализ надежности цистерны (емкость, кран, манометр) методом проверочного листа.
3. Провести анализ надежности электрической лампы (цоколь, токоведущие ножки, спираль, колба) методом дерева отказов.
4. Провести анализ надежности выключателя (клемма 1, клемма 2, металлическая перемычка, корпус, рычаг) методом дерева событий.
5. Провести анализ надежности электрического чайника (вероятности работы без отказов элементов: емкость – 0,9, спираль – 0,7; электрический разъем – 0,8) методом дерева отказов.
6. Провести анализ надежности двери (дверное полотно, замок, петля верхняя, петля нижняя, петля средняя) методом логического анализа.

Вспомогательный методический материал и оборудование: не требуется.

Рекомендуемая форма практического занятия: самостоятельное выполнение заданий.

Исследовательская задача. Провести анализ безопасности технологического оборудования одного из ЦТП Ижевска посредством комплексного применения инженерных методов. Выработать рекомендации по повышению безопасности оборудования.

ТЕМА 12. Оценка надежности человека как элемента сложной технической системы

Конспект лекции

Причины совершения ошибок

Технические системы работают синхронно только при работе главного звена- человека. Большая часть отказов преимущественно связана с человеческими ошибками. По мнению экспертов, больше половины аварий происходит из-за ошибок персонала, работающих на предприятиях повышенного риска [1-8].

Поэтому анализ надежности действующих систем должен обязательно учитывает и фактор человека. Человек работает надежно, если вероятность положительного результата его работы или достигнутой цели на данном этапе работы системы за исследуемый промежуток времени при заявленных условиях на рабочий процесс.

Человеческая ошибка ведет к невыполненной поставленной цели или выполнение запретного действия, являющегося причиной повреждения технической системы или нарушения установленного хода регламентированных действий.

В ходе процесса большинство автоматизированных или неавтоматизированных систем требуют человеческого вмешательства. Практикой подтверждено, что при работе человека неизбежны ошибочные действия. Они будут независимо от подготовительного уровня, опыта или квалификации. И прогнозирование надежности технической системы отдельно от надежности функционирования человека не дает реальной картины.

Человеческие ошибки возникают и тогда, когда:

- оператор или другой участник процесса достигают ошибочного результата;
- установленная цель не достижима из-за неверных действий оператора;
- оператор не выполняет работу в то время, как это необходимо.

Типы ошибочных действий, которые допускает человек на различных этапах работы в системе "человек - машина" классифицируют так:

1. Проектировочные ошибки, обусловленные низким качеством проектирования. К примеру, индикаторы и управляющие устройства могут располагаться друг от друга так далеко, что для оператора затруднительно одновременно использовать их при испытаниях.

2. Ошибки оператора, возникающие при неверном выполнении обслуживающим персоналом рабочих действий или в тогда, когда верные действия не предусматриваются совсем.

3. Ошибки при изготовлении, имеющие место в ходе производства, из-за низкого качества рабочих действий, например, неправильного выбора материала, неправильной сварки, производства изделий с нарушениями требований документации.

4. Ошибки обслуживания техники, возникающие в ходе эксплуатации, и чаще вызываются низким качеством ремонта системы или неточным монтажом, вследствие низкой степени подготовки участников процесса, плохого состояния и наличия парка аппаратуры и инструментов.

5. Ошибки извне, в основном, это ошибки, со сложно устанавливаемой причиной их происхождения, то есть сложно узнать совершил их человек или же они связаны с системой.

6. Ошибки контролирования, вызванные или ошибками приемки как рабочего элемента или устройства, параметры которых находятся за пределами допусков или ошибками в отбраковки рабочего элемента или устройства с параметрами в пределах допусков.

7. Ошибки обращения, возникающие из-за ненадлежащего складирования изделий или их перемещением с отклонениями от требований изготовителя.

8. Организационные ошибки места работы, связанные теснотой в рабочем помещении, пониженная или повышенная температура, слабая освещенность, шум, и т.п.

9. Управленческие ошибки, связанные с управлением коллективом, с недостаточным стимулированием работников, их психологической совместимости, не позволяющие добиться оптимального соотношения условий труда.

Допущение ошибок человека - функция его психофизиологической устойчивости. Интенсивность ошибок вызывается воздействием внешней среды, где человек трудится.

Перечисленных причины лежат в основе психологических причин поведения человека в различных случаях, в том числе лица, представляющие руководящее, операторское, ремонтное звенья персонала и т.п. Проблемы безопасности у них различные, различными будут и итоги. Действие отдельных лиц и оказание их влияния на безопасность систем тоже различные на отдельных этапах технологического процесса производства объекта (выбор места, разработка технико-экономической документации, проекты создания конструкции, производства оборудования, постройки сооружения, монтажные и наладочные работы, эксплуатация, контрольные операции и т.п.).

Методология прогнозирования ошибок

Методики прогнозов возникновения частоты человеческих ошибок базируются на классических положениях анализа и представляют этапы:

- разработка плана основных отказов системы;
- разработка плана и анализ действий персонала;
- оценка частоты ошибок персонала;
- установление влияния ошибок человека на частоту и интенсивность отказов работы системы;
- составление рекомендаций, внесение новых корректировок в исследуемую систему и расчет параметров интенсивности отказов.

Одним из главных методов исследования надежности работы персонала будет построение дерева вероятностей или дерева исходов. При его использовании задается определенная условная вероятность положительного или ошибочного проведения человеком технологической операции или вероятность возникновения определенного события. Конец любого события изображают ветвями на дереве вероятностей. Полная вероятность положительного исполнения любой операции определяется суммой составляющих вероятностей в конце успешной работы на графике дерева вероятностей. Указанный метод с определенной корректировкой учитывает такие события, как стресс из-за нехватки времени; эмоциональное состояние; нагрузка, которая характеризуется ответными действиями, результатами работы и отказами системы.

Заметим, что этот метод обеспечивает достаточную наглядность, а математические расчеты не сложны, что существенно уменьшает вероятность возникновения ошибок вычислений. Также, он дает возможность специалисту по инженерной психологии просто дать оценку условной вероятности, которую в обратном случае получают только при помощи вычислений сложных вероятностных уравнений.

ПРИМЕР: Оператору поставлены две задачи - первая x , а вторая y . Естественно, что он выполнит их или правильно, или неправильно. Или по - иному, неправильно выполняемые

задачи – ошибки единственного типа, появляющиеся в этом случае. Необходимо выстроить дерево ожидаемых исходов и вычислить совместную вероятность неверного исполнения задачи. Будем предполагать, что вероятности имеют статистическую независимость.

Решим поставленную задачу в виде дерева вероятных исходов, изображенных на рисунке 15, с использованием обозначений:

- P_s - вероятность выполнения задачи с успехом;
- P_f - вероятность выполнения задачи без успеха;
- s - выполнение задачи с успехом;
- f - выполнение задачи без успеха;
- P_x - вероятность успешного завершения задачи x ;
- P_y - вероятность неуспешного выполнения задачи y ;
- вероятность неуспешного выполнения задания x ;
- вероятность неуспешного выполнения задания y .

Исходя из рисунка 15, вероятность успеха в выполнении задачи равна $P_s = P_x \cdot P_y$. Подобно определяется формула для вероятности невыполненной задачи

$$P_f = P_x \cdot P_y + P_x \cdot \bar{P}_y + \bar{P}_x \cdot P_y = 1 - P_x \cdot P_y.$$

Из рисунка 15 следует, что способом единственного правильного выполнения системной задачи будет правильное решение обеих задач - x и y . И поэтому вероятность успешного решения системной задачи найдется как $P_x \cdot P_y$.

При оценке надежности функционирования операторов, обслуживающих технические системы, необходимо учесть следующие позиции:

- качество подготовки и опыт работы;
- инструкции к обязательному выполнению, их качество и отсутствие возможности неверного их толкования;
- показатели эргономического типа рабочих мест;
- масштаб независимости функционирования оператора;
- присутствие дублирующих операторов;
- нагрузки психологические.

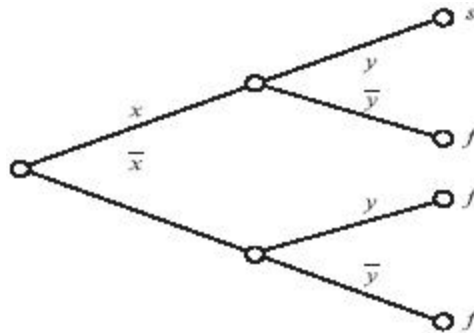


Рис. 15. Схема дерева исходов.

Оценку повторяемости частоты ошибок человека следует вводить после рассмотрения всех указанных выше позиций, потому что они воздействуют на качество работы оператора. Полученные результаты должны быть учтены процедурой исследования дерева отказов.

Основы формирования баз об ошибках человека

Человеческие ошибки, входящие в базы данных нужны для оценки и мониторинга безопасности исследуемой системы, профилактики, опасно развивающихся событий и их можно представить следующими 3 категориями.

Базы эмпирических данных: дают результаты экспериментов и обладают большей информацией, чем другие базы данных, потому что меньше зависят от оценок субъекта, которые могут привести к ошибочным выводам. Но необходимо помнить, что при любой степени тщательности формирования подобных баз данных, в них постоянно имеет место существенный субъективный подход.

Базы эксплуатационных данных: более реальны, чем базы эмпирических данных, но составить эти базы сложно, так как для этого необходима подробная регистрация действий в реальных режимах работы. Аналогичные базы данных представляют более точную статистику, чем эмпирические исследования, так как в условиях лаборатории часто пытаются реализовать не реальные задачи.

Существуют обширные базы эксплуатационных данных о рабочих характеристиках технических систем. К ним причисляется «Система регистрации и оценок данных о качестве работы (OPREDS)», дающая возможность автоматически наблюдать за рабочими функциями оператора. Но она применима лишь в некоторых системах, например, в коммутационных системах. Следующий пример - «Банк данных о частоте ошибок по вине человека (SHERB)», продукт работы фирмы Sandy. Ниже представлены оценки ошибок операторов из программного продукта WASH-1400:

1. Работает не обычный переключатель, а работающий с помощью программного ключа (его значение не берет во внимание ошибки при выборе решения для случая, когда оператор неверно оценивает ситуацию и устанавливает, что данный ключ применяется верно) – ошибки повторяются с частотой не выше 10^{-5} .

2. Два переключателя работают вместе или с переключением на один переключатель, при отсутствии ошибки в выборе решения; например, оператор вводит в работу переключатель с рукояткой большого размера вместо небольшого переключателя с частотой ошибок 10^{-4} .

3. Повторяющаяся ошибка человека при рабочем действии, например, неверная информация с таблички о переключателе и в дальнейшем ошибочный выбор этого переключателя, с частотой ошибок $3 \cdot 10^{-3}$.

4. Повторяющаяся ошибка или упущения человека, когда в операционном пространстве нет сигнализации о состоянии рабочего режима, проигнорированного оператором, например, отказом, вызванным не приходом испытательного клапана с ручным переключением в начальное состояние, с частотой ошибок 10^{-2} .

5. Простые ошибки арифметики при проведении контроля, но без повторения расчетов с частотой ошибок $3 \cdot 10^{-2}$.

6. Ошибки, повторяющиеся с частотой $1/X$ - если оператор дотягивается до нефункционирующего переключателя или переключателей и использует подобный переключатель или несколько переключателей. За X принято количество нефункционирующих переключателей или комбинации переключателей, расположенных вблизи нужного переключателя. Отношение $1/X$ применимо, если количество переключателей менее шести. При большем количестве переключателей повторяемость

ошибочных действий меньше, потому что время работы оператора в этой ситуации увеличивается и необходимо найти нужное решение. Если переключателей меньше шести, ошибка оператора маловероятна, и возможно, что он не проведет поиск нужного действия.

7. Следующая рабочая смена не проверяет оборудование, за исключением введения письменного указания или специального перечня, при частоте ошибок 10^{-1} .

8. Ошибки обычные, потому что оператор работает интенсивно, при этом могут скоро произойти действия опасного характера с частотой ошибок 0,2-0,3.

Базы субъективных данных: формируются на анализе экспертных оценок. Такое формирование обходится сравнительно не дорого и не может вызвать больших трудностей, так как огромный информационный объем получаем от малого количества опрошенных экспертов.

Чтобы базы субъективных данных использовались при оценке надежности работающего человека, нужно:

- представить необходимую достоверность информации для баз субъективных данных присутствуют некоторые погрешности, необходимо учитывать, что их достоверность всегда ниже, чем достоверность баз эмпирических данных;

- удостоверять точность оценок экспертизы.

Данные субъективного плана приходят только от специалистов, которые имеют высокую квалификацию, то есть способны выполнить эту работу и которые, могли бы вести наблюдение за исполнением аналогичных заданий остальными экспертами. К примеру, лучше иметь информацию от операторов, чем от профессиональных инженеров - психологов; принимать во внимание вид работы. Надо досконально подбирать необходимый метод оценки с учетом вида выполняемой работы; точно представить уровень экспертной оценки. Параметры, определяющие оценку качества работы, будут выявлены на первом этапе проведения оценки. Также, нужно точно определить виды ошибок, которые характерны для изучаемого процесса выполняемого задания; точно определить процедуру оценки. При получении оценок субъективного характера необходимо точно описать используемую процедуру; например, эта процедура - способ парного сравнения.

Главное достоинство базы субъективных данных заключается в большой статистике всех данных, по которым требуется оценивать информацию об ошибочных данных [1,2].

Практическое задание. Определить вероятность безотказной работы системы «человек – вентиль» в течение 1000 циклов «открывание-закрывание». Вероятность безотказной работы вентиля принять равной 0,95 [1,2].

Вспомогательный методический материал и оборудование: калькулятор.

Рекомендуемая форма практического занятия: самостоятельное решение задачи.

Исследовательская задача. Оценить влияние на надежность системы «Спасатель – бульдозер» психофизиологических нагрузок, испытываемых спасателем во время выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

ТЕМА 13. Организация и проведение экспертизы технических систем

Конспект лекции

Планирование экспертных работ

Для проведения экспертизы необходимо выполнить следующие исследования:

- проверка системы;
- решение о целесообразности исследования и месте расположения;
- решение о приобретении оборудования;
- разработка плана действий для поставщиков;
- контроль выполнения инструкций по эксплуатации;
- модернизация безопасности действующих систем;
- установление опасностей для работников предприятия;
- устранение опасностей на предприятии;
- установление опасностей для населения;
- установление опасностей для природной среды.

Планирование задач и целей исследования осуществляется лицом, ответственным за выполнение проекта или за функционирование предприятия; им может быть, например, директор проекта или директор предприятия. Определяются обязанности каждого исполнителя коллектива. Цели и задачи исследования установить намного проще и легче, если руководитель обладает достаточными знаниями о способах исследования. Перечень экспертных работ приведен в таблице 14.

Выбор экспертов

В состав входят специалисты, решающие технические и дополнительные задачи. Для выполнения большого числа задач необходимо иметь в составе определенное количество квалифицированных специалистов с необходимым опытом работы, что дает возможность для самостоятельного ответа на значительное число вопросов, не проводя дополнительные экспертизы. Количественно и качественно подобранные эксперты изучают проблемы, достоверность анализа, данные предыдущих экспертов и ресурсных затрат.

Характеристики состава экспертов устанавливаются на основании личных данных экспертов: наличие компетентности, энергичности, отношения к экспертной работе, конструктивности мышления, конформизма, самокритичности, коллективизма.

При проведении оценки количественного уровня компетентности применяют коэффициент компетентности, с его весом подтверждающим экспертное мнение. Из множества способов вычисления коэффициента компетентности по статистическим данным более легкой является методика анализа относительных коэффициентов компетентности по итогам высказываний специалистов о группе экспертов.

Таблица 14.

Перечень экспертных этапов и работ

Этапы	Работы
1.Подготовительный	Установление цели экспертной оценки. Установление рабочей группы
2.Работа рабочей группы	Уточнение цели. Подбор методов, способов и процедур оценки. Определение хода действий, выполняемых экспертами. Формирование группы экспертов. Подбор способов и процедур экспертного опроса. Подготовка анкет для экспертного опроса. Организация экспертного опроса.
3.Действия экспертной группы	Определение состава показателей. Определение весовых коэффициентов показателей. Определение базовых значений показателей. Определение оценок единичных показателей
4.Заключительный	Выработка единого экспертного заключения. Анализ результатов и подготовка решения экспертной группы

Действуют по этой методике так. Специалистам предлагается представить мнение о включении в группу экспертов лиц для решения какой-либо проблемы. Если в списке оказались лица, не вошедшие в исходный список, то им тоже предлагают представить специалистов для выполнения экспертизы. Выполняя несколько этапов этого опроса, можно составить представить наглядный список, претендующих на место эксперта. По итогам проведенного опроса, заполняется матрица, в колонках которой ставится переменная x_{ij} , равная 1, если i -ый эксперт указан j -ым и равная 0, если он не указан. При этом любой эксперт вводит или не вводит себя в экспертную группу.

По матричным данным вычисляют коэффициенты компетентности с их относительными весами. Практическая ценность коэффициентов компетентности, рассчитанных по матричным данным таблицы, заключается в том, что рассчитывается сумма или количество выданных i -му эксперту, и делится на общую сумму всех "голосов". Можно говорить о том, коэффициент компетентности находится как относительное количество экспертов, высказавших свое мнение за введение в состав экспертной группы i -го эксперта.

Обычно используют обобщенный экспертный параметр, учитывающий его основные качества, с одной стороны, и допускает прямое измерение ее, с другой стороны. За такую характеристику чаще всего принимают объективность выводов эксперта, которая определяет его в качестве "прибора для измерений". Но использование такой обобщенной характеристики базируется на данных о прошлых действиях эксперта при решении проблем. Очень часто такой информации нет в наличии. Количественная объективность экспертных оценок рассчитывают по формуле

$$D = \frac{N_i}{N},$$

где N_i - количество событий, когда дал решение i -й эксперт, принятие которого подтвердилось практически, N – количество событий в решении задачу участия i -го эксперта. Доля участия модного эксперта в объективности оценивания группы определяется зависимостью

$$Q_i = \frac{mD_i}{(D_1+D_2+D_m)},$$

где m - количество экспертов в группе.

Экспертные оценки

Если есть ограничения использования точных методов математики из-за малого количества достоверной статистических и других данных о параметрах надежности и технических параметрах системы, к тому же достаточно точных математических моделей, представляющих действительное положение системы, заключения экспертов будут, пожалуй, одним способом решения вопросов безопасности.

Обычно выделяют два этапа применения экспертных оценок: качественный и количественный. Качественный поход к применению оценок (определение предполагаемого течения опасного события из-за системного отказа, подбор финального варианта решения и др.) не может вызывать сомнений. Количественный подход, экспертных оценок в баллах предъявляет требования анализа их достоверности и надежности.

По ходу экспертного нахождения оценок, наряду с погрешностью, вызванной небольшим объемом данных о событиях и невысоким опытом работы экспертов, вероятно и погрешность, из-за предполагаемых интересов экспертов в окончательных оценках. Эта погрешность может вести к различным искажениям оценки и предварительно нужно иметь в виду принятие для ее исключения.

Одним из параметров, определяющих квалификацию эксперта, является его степень надежности, то есть относительный повтор событий, когда она придавала более высокую вероятность событиям, затем происходящим.

Оценка экспертной согласованности

Экспертные суждения часто расходятся в рассуждениях в ходе решения проблемы при оценке исследуемых объектов. Поэтому может возникнуть необходимость количественного согласования мнений экспертов. Мера количественного согласия дает возможность точнее трактовать причины разброса во мнениях.

В ходе применения количественных измерительных шкал и оценивании конкретного объекта экспертные высказывания можно расставить, как координаты на числовой прямой. Эти системы рассматривают в качестве реализации случайной величины и для оценки центра точного значения и погрешности, дает возможность применять хорошо адаптированные методы математического подхода к оценке статистики. Центральную границу точного значения вычисляют как математическое ожидание или медиану этого параметра как количественное расхождение оценки в виде дисперсии случайной величины. Критерием сопряженности экспертных оценок, то есть, плотности размещения точек на оси координат, может быть соотношение среднеквадратичного отклонения к математическому ожиданию исследуемого параметра.

Когда оценка объекта ведется по нескольким числовым параметрам, то вывод любого эксперта индивидуален и им рассматривается поле параметров. Центр точного значения снова находится в виде математического ожидания поля параметров, а их погрешность - дисперсии поля параметров. Критерием сопряжения мнений экспертов служит сумма оценок расстояний от средней величины, отнесенная к расстоянию математического ожидания от начала координатной системы. Критерием сопряжения служит число координат, расположенных в радиусе среднеквадратичной погрешности от математического ожидания, по координатам. Методы определения сопряжения количественных параметров на основе взаимности точности размещения есть в теории группировок и выявления образов.

При оценке объектов в числовой шкале сопряжение оценок экспертов по рангам или парно сравнениям объектам основываются на применения понятия компактности.

Ранжирование простым методом заключается в том, что эксперт дает признакам ход предпочтения. Цифра 1 - важнейший признак, цифра 2 – менее важный признак и т. д. Итоговые результаты заносят в таблицу, вид которой представлен таблицей 15, а ранжированные весовые коэффициенты отражены в таблице 16.

Таблица 15.

Сводная таблица результатов

Признаки или объект оценки	Эксперты					
	1	2	3	4	s	d
X_1	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{1s}	r_{1d}
X_2	r_{21}	r_{22}	r_{23}	r_{24}	r_{2s}	r_{2d}
X_3	r_{31}	r_{32}	r_{33}	r_{34}	r_{3s}	r_{3d}
X_i	r_{i1}	r_{i2}	r_{i3}	r_{i4}	r_{is}	r_{id}
X_m	r_{m1}	r_{m2}	r_{m3}	r_{m4}	r_{ms}	r_{md}

Когда каждый эксперт провел ранжирование объектов изучения, например, мероприятий, типов, систем и пр., надо дать общую статистическую оценку, спланировать количественные варианты и взять более удобный.

Так, как эксперты являются профессиональными специалистами, групповое оценивание основывается на применении сравнительных методов. Это соответствует тому, что личные баллы экспертов создают компактную группу и в виде более точной групповой оценки применяется математическое ожидание или медиана оценки параметров.

Воспользуемся более простым и достаточно надежным и универсальным методом, когда измерения экспертов для объектов происходят в ранжированной порядковой системе так, что параметры r_{is} - это ранги. Результат обработки представляется в виде построения ранжирования в общем виде по личным результатам экспертного ранжирования. В этом случае используют метод парного сравнения, который представляется в определенной последовательности шагов.

Таблица 16.

<i>n</i>	<i>p</i>						
	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,07	1,64	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2	2,41	3,22	4,61	5,99	7,38	9,21	10,6
3	3,67	4,64	6,25	7,81	9,35	11,3	12,8
4	4,88	5,99	7,78	9,49	11,07	13,3	14,9
5	6,06	7,29	9,24	11,07	12,8	15,1	16,7
6	7,23	8,56	10,6	12,6	14,4	16,8	18,5
7	8,38	9,80	12,0	14,1	16,0	18,5	20,3
8	9,52	11,0	13,4	15,5	17,5	20,1	22,0
9	10,7	12,2	14,7	16,9	19,0	21,7	23,6
10	11,8	13,4	16,0	18,3	20,5	23,2	25,2
11	12,9	14,6	17,3	19,7	21,9	24,7	26,8
12	14,0	15,8	18,5	21,0	23,3	26,2	28,3
13	15,1	17,0	19,8	22,4	24,7	27,7	29,8
14	16,2	18,2	21,1	23,7	26,1	29,1	31,3
15	17,3	19,3	22,3	25,0	27,5	30,6	32,8
16	18,4	20,5	23,5	26,3	28,8	32,0	34,3
18	20,6	22,8	26,0	28,9	31,5	34,8	37,2
20	22,8	25,0	28,4	31,4	34,2	37,6	40,0
22	24,9	27,3	30,8	33,9	36,8	40,3	42,8
24	27,1	29,6	33,2	36,4	39,4	43,0	45,6
26	29,2	31,8	35,6	38,9	41,9	45,6	48,3
28	31,4	34,0	37,9	41,3	44,5	48,3	51,0
30	33,5	36,3	40,3	43,8	47,0	50,9	53,7

1. Каждый эксперт проводит по парную оценку приоритетности признаков и заполняет свою матрицу парных сравнений $E_s = \|I_{iks}\|$, элементы которой в зависимости от выбора эксперта определяются по правилу

$$I_{iks} = \begin{cases} 1, & \text{если } r_{ks} \geq r_{is}; \\ 0, & \text{если } r_{ks} < r_{is}. \end{cases} \quad (24)$$

где r_{is} и r_{ks} – ранжированные параметры, предварительно данные s -эксперту i -м и k -м объектам, по формуле (24). Пусть, участвуют d экспертов, и по каждому из них в матрице парных сравнений наблюдается тождество числу экспертов.

2. Проводится суммирование матриц всех экспертов. Сумма вычисляется по элементам матриц и представляется выражением

$$Z_{ik} = n \sum_{s=1}^d I_{iks}, \quad k_s = 1, d$$

3. Результирующая матрица выглядит так, что каждый элемент находится по формуле (25)

$$R_{iks} = \begin{cases} 1, \text{ если } Z_{is} \geq \frac{d}{2}; \\ 0, \text{ если } Z_{is} < \frac{d}{2}. \end{cases} \quad (25)$$

4. Далее происходит нахождение суммы баллов, набранных каждым k-ым признаком

$$B_k = \sum_{i=1}^m R_{ik}, k_s = 1, d$$

Принятие решения

После установления опасностей руководитель группы должен удостовериться, что все ее члены имеют четкое представление о них. Только после этого можно приступить к обсуждению и принимать принципиальные решения по следующим вопросам:

- участок для размещения системы;
- местоположение системы в пределах отведенного участка (границы участка, расположение других установок и т.д.);
- отдельные элементы, требующие специальной доработки для устранения возможных опасностей;
- проведение дополнительных исследований для получения информации (токсичность, воспламеняемость и т.д.), необходимой для разработки эффективных мер защиты конструкции.

Первый шаг, предпринимаемый в технологии решения, заключается в анализе проблем и формировании решения.

Анализ проблем. Необходимо найти причину определенной ситуации. Процесс заключается из нескольких последовательных шагов:

- сборе фактов, относящихся только к рассматриваемой проблеме (опасности, системе);
- рассмотрение возможного соотношения "причина-последствие" из отобранных фактов;
- исключение второстепенных, незначущих факторов;
- выявление конечной причины и определение проблемы.

Формирование решения. После определения проблемы необходимо принимать решения для ее разрешения. Процесс решения может рассматриваться в виде следующей логической последовательности:

- определение желаемых целей;
- подготовка альтернативных решений;
- проверка разных решений;
- выбор наилучшего варианта.

Участие и качество решения. Участие экспертов в выработке решения является необходимым, так как руководитель группы может упустить из вида ряд важных обстоятельств. Качество группового решения лучше качества индивидуальных решений. Группа, по сравнению с отдельными экспертами, находится в лучшем положении для решения сложных проблем в силу того, что каждое отдельное лицо обладает конкретной информацией по отдельной проблеме.

Для окончательного этапа-принятия решения, возможны две совершенно противоположные точки зрения:

-устранять каждую опасность по мере ее выявления, прежде чем переходить к поиску следующей опасности;

-не начинать решения проблемы до выявления всех опасностей.

На практике всегда можно найти компромисс. С другой стороны, если системе угрожает разрушение, или ее опасное состояние повлечет за собой угрозу здоровью и безопасности людей как на предприятии, так и вне его, следует немедленно принимать решение на исключение такого рода опасных состояний.

При обнаружении опасности необходимо, как можно быстрее, принять решение относительно мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации системы, так как в большинстве случаев уже известны способы решения проблемы [1-5].

Практические задания. Организовать работу экспертной группы и провести экспертизу системы освещения в аудитории.

Рекомендуемая форма практического занятия: работа по группам в 5-6 человек.

Исследовательская задача. Провести экспертизу технологического оборудования на одном из малых предприятий Ижевска или другого региона и оценить методом экспертных оценок индивидуальный риск.

ТЕМА 14. Основные этапы обеспечения надежности и безопасности технических систем

Конспект лекции

Проектировочный этап технической системы

Предупреждающие работы: применение отработанных ранее способов и средств поддержания надежности; оценка подобных проектных и конструкторских проектов и определение лучших; обеспечение ресурса работоспособности по отношению к различным нагрузкам и отказам; применение резервированных элементов; использование надежных компонентов и материалов; производство качественных для контроля и ремонта элементов; повышение квалификации проектировщиков, конструкторов, испытателей по передовым методикам поддержания надежности; проектное нормирование надежности и испытательных работ при опытной отработке результатов; проектирование передовых инструментов контроля и диагностики.

Контролирующие работы: опытная проверка технических систем, в том числе новых; контроль всех рабочих режимов; местные и общие испытания; проверка и уточнение конструкторских документов; опытная проверка ресурса надежности для всех рабочих режимов; проверка работоспособности; проверка результатов трудового процесса исполнителей, индивидуальный контроль.

Защитные работы: оценка типов и последствий отказов; применение уникальных приборов в системе, создающих безопасность при проявлении отказов; учет возникновения основных отказов в ходе работы; персональные тренировки; использование на практике технических способов локализации отказов; проведение контроля и управление работой; поддержание стабильной работоспособности элемента в случае отказа работы систем; проектирование системы восстановления и обслуживания техники.

Этап производства технической системы

Предупреждающие работы: подбор новых и отработанных технологических процессов; испытание прогрессивных технологических процессов и инструментов контроля до начала рабочего процесса; проверка и уточнение технологических документов; повышение квалификации и проведение аттестации сотрудников для работы на ответственных участках; оценка состояния оборудования и инструментов контроля.

Контролирующие работы: выполнение контроля по операциям входного и выходного; проверка складских ресурсов; контрольные и технологические опытные работы; надзор за качеством исполнительского труда, индивидуальный контроль; авторский контроль; контроль требуемой технологичности процессов.

Защитные работы: применение избыточности или дублирования для оборудования и инструментов контроля; ввод блокирующих устройств в высокоточные технологические процессы; применение обслуживающей и восстановительной системы для производственного и инструментального контроля оборудования.

Эксплуатационный этап технической системы

Предупреждающие работы: применение автоматических инструментов контроля и нахождения отказов; проверка эксплуатационно-технических требований; выполнение подготовительных регламентных работ; анализ и мониторинг технической надежности; профессиональная переподготовка персонала.

Контролирующие работы: автоматический учет и уточнение информационных команд, сведений по отказам и сбоям; надзор качества; индивидуальный контроль; гарантийный контроль.

Защитные работы: выполнение текущих доработок; применение защитных средств автоматики; резервирование запасных элементов, поддержание фонда обмена; оценка последствий с отказами и проведение защитных работ; повышение квалификации персонала для выполнения работ по предотвращению отказов.

Этап применения технических средств поддержки и обеспечения технических систем

К техническим средствам относят: элементную базу, возможности экспериментальные и производственные, являющиеся главной из составляющих активных инструментов, которые позволяют достичь высокой эффективности и безопасности работы систем. Отсутствие материальной и технической базы высокой надежности систем не заменимо другими средствами проведения: планированием работ, выполнением программных действий, информационного нормативного методического характера по обеспечению.

Уровень обеспечения техникой зависит от:

- качественного состояния и надежности применяемых материалов, заготовок, радио и электрических деталей, элементов комплектования, изделий общего применения, производимых и используемых в технических системах;

- технического состояния, количества, ассортимента, производительности, применения автоматики в технических средствах для проектных и конструкторских работ, отработочных, производственных и контрольных работ и эксплуатации сложных систем;

- уровня автоматики и оптимального сбора, переработки, передачи информации для выработки, согласования и контроля при создании и применении изделий.

При производстве надежных и эффективных систем надо, чтобы применяемые электронные изделия, материалы и др. компоненты имели бы максимальные показатели надежности, позволяющие выполнять требования безотказной эксплуатации прогрессивных систем в имеющихся условиях за период эксплуатации, равный периоду их естественного старения.

Чем созданные системы более сложные, тем в системе причин появления отказов больше, тем труднее обеспечить надежность на данном научном и техническом этапе, достигнутом техническими средствами проектных и конструкторских работ, опытной отработки, производственных и эксплуатационных работ.

Этап поддержания безопасности и надежности технических систем

Этап поддержания безопасности и надежности технических систем предполагаются средства, используемые при производстве и работе этих систем, которые делят на три класса: предупреждения, контроля и защиты.

Средства, предупреждающие отказы техники еще являются и техническими средствами, позволяющими подобрать и точнее разработать оптимальную конструкцию, составить документацию, выполнить опытную проработку.

В число технических средств, которые используются для предотвращения отказов и погрешностей конструкторского типа, относят:

- цифровые, автоматизированные и аналоговые цифровые моделируемые комплексы с математическим обеспечением, которые позволяют проектировщикам разработать большое

количество выборных вариантов системы и выбирать более надежные и работоспособные;

- автоматизированные средства для разработки конструкторских и технологических документов, позволяющие предусмотреть возможные ошибки в документах и существенно ускорить их разработку;
- прогрессивное опытное оборудование, дающее возможность в срок выработать новые решения, обеспечить штатную надежность системы;
- средства технического обучения и подъема квалификации проектировщиков, конструкторов и остальных трудящихся предприятия;
- автоматизированную информационную систему относительно вопросов надежности и эффективности использования системы.

В число средств техники, предусматривающих отказы и погрешности производства, относят:

- современное автоматизированное оборудование производства и технологии, системы управления и контроля за рабочими процессами;
- технические способы на входе диагностического и неразрушающего контроля, которые исключают ввод в производство некачественных материалов, заготовок и других элементов;
- средства автоматизированного обучения трудящихся предприятий;
- систему автоматизированного сбора информации по надежности и эффективности работы систем.

В число технических средств, предусматривающих отказы в ходе эксплуатации, относят:

- технические средства для выработки эксплуатационных документов: имитаторы, макеты, стенды, а также переобучения персонала;
- средства автоматизированного контроля, диагностики и нахождения неисправных элементов;
- технические средства для выполнения работ предупредительного и регламентного характера.

В число технических средств, которые обеспечивают контроль и регистрацию конструктивных отказов, относят:

- опытную базу, нужную для контроля верности технических решений, обеспечения ресурса работоспособности элементов во всех рабочих режимах, контроля надежности;
- технические средства контроля и уточнения конструкторских документов, качества труда работников.

Средства технического контроля надежности в работе технических систем, предназначенные для выполнения функций:

- проведения входного, операционного и приемочного качественного контроля элементов;
- уточнения режимов работы, ресурсов работоспособности, выполнения контрольных технологических экспериментов;
- контроля по качеству сборки и совместной работы элементов;
- контроля по качеству технологических документов, устойчивости технологических работ, качества труда работников.

Средства технического контроля надежности при эксплуатации:

- технические средства диагностики и неразрушающего контроля;
- средства автоматизированной регистрации и информационной оценки итогов функционирования системных элементов, отказов и неисправностей;

-средства прогнозирования надежности элементов, контроля и нахождения неисправностей;

-средства автоматизированного контроля качественного труда операторов.

В число средств технической защиты, которые используются для недопущения неработоспособности, причисляют:

-средства локализации отказов, учитываемые составом системы;

- средства технического контроля операций и управления работой при появлении опасной ситуации;

-блокирующие элементы в производственных процессах, исключающих наступление разрушения элементов в системе, при несоблюдении выполнения технологического процесса;

При эксплуатации для минимизации ущерба от вероятных отказов рассматривают технические средства:

- взрывной и пожарной безопасности и тушения пожаров;

-автоматические блокировки, которые исключают ход и исполнение ошибочных команд;

-предупреждения неверных операторских действий.

Мероприятия организационно-управленческого направления

Режим работы систем непосредственно зависит от обслуживания и ремонта техники. В связи с этим необходимо спланировать график обслуживания техники и контроля функционирования технологических систем и систем безопасности, в перечень которого включено выполнение следующих условий:

а) проверка режима работы систем, обеспечивающих безопасность на испытательных и рабочих площадях;

б) проверка исправной работы оборудования во взаимодействии с системами безопасности на рабочих площадях;

в) мониторинг устройств питания в системах обеспечения безопасности;

г) планирование графика технического обслуживания и необходимых документов с предоставлением интервалов технического обслуживания и видов выполняемых работ.

В этих графиках можно отмечать квалификации и уровень взаимодействия персонала при проведении определенных работ.

Низкое качество ремонтных работ может оказаться причиной возникновения опасной ситуации. Поэтому необходимо разработать необходимые требования проведения ремонтов. В них входят нормативные требования для обслуживающего персонала, а также - контролю проведения этих работ. Из-за большой важности таких требований руководство может вводить внутренние требования на проведение ремонтных работ с более жесткими сроками.

В этом случае разрабатывают инспекционный план для промышленных систем с графиком обязательного их проведения. Инспектора осуществляют административный и инженерный контроль за вероятным появлением опасных ситуаций.

Испытания и инспекции проводят относительно следующего оборудования:

-сосудов с высоким давлением и резервуаров транспортировки и хранения, если это транспорт организации;

-систем трубопроводов;

-систем и устройств вентиляции и сброса давления;

- систем аварийных отключений;
- систем руководства, включая системы управления, датчики, аварийную сигнализацию и блокировочные устройства;
- насосов, компрессоров и воздухохранивателей.

Инспектора проверяют протоколы или журналы, где регистрируется инструктаж и обучение трудящихся, использующих оборудование, эксплуатационные инструкции техники и ее обслуживания, проведение ремонтных работ, действия персонала в опасных ситуациях для условий соответствия и точности принимаемых мероприятий задачам безопасности и требованиям нормативных документов по обеспечению работоспособности оборудования.

Чтобы подтвердить, что оборудование функционирует нормально и в соответствии с требованиями проектов и инструкций изготовителя продукции необходимо, чтобы системы подходили для работы и должны быть осуществлены установленные проверки и инспекции. Такое положение относится и к установлению целесообразности применения материалов для технического обслуживания, комплектующих и приспособлений для проведения ремонтных работ.

Инструкции по инспекциям и испытаниям следуют существующей инженерной практике и проводятся с повторяемостью, которая рекомендуется изготовителем, а при необходимости учитывается в соответствии с предшествующим опытом эксплуатации или чаще.

Руководители предприятия документируют каждое испытание или инспекцию, которое выполняется на технологическом оборудовании. Документы должны содержать дату испытания или инспекции, фамилию лица, проводившего испытание или инспекцию, номер серии или иной показатель оборудования, на котором испытание проводилось, отчетов о выполнении инспекции или испытания и их результаты.

Технический состав организации устраняет недоделки или перед дальнейшим применением системы, или согласно графику, если были выполнены предусмотренные меры для обеспечения требований по безопасной эксплуатации.

Перед внесением изменений в ход процесса для используемых систем и других объектов, влияющих на рабочий процесс, надо учесть:

- базу техники для регламентного изменения;
- влияние перемен на здоровье и безопасность населения;
- безопасность в экологии;
- варьирование рабочих процессов;
- время, нужное для внесения изменений;
- регламент для возможных изменений.

Состав, осуществляющий эксплуатацию систем и обслуживание техники, должен быть до учета изменений и старта технологического процесса проинформирован о переменах, и пройти переподготовку.

При изменениях, затрагивающих инструкции и информацию безопасности эксплуатационных работ систем, они соответственно будут исправлены.

Известно, что при обеспечении безопасности основную часть занимают технические средства, которые без участия человека не будут работать вообще. Поскольку на безопасность людей влияет как положительное, так и отрицательное воздействие, будет

нужно уменьшить последнее и увеличивать первое. Обе цели достигаются правильным подбором и обучением состава, в которое включается информация:

-об опасностях, связанных с работой, применяемыми материалами и степенью риска;

-о документах, применяемых в работе;

-о режимах работы, включая режимы включения и выключения оборудования;

-о инструктаже поведения людей при нештатных режимах работы системы, в частности авариях;

-о негативных ситуациях, близких к аварийным ситуациям, на других подобных производствах.

Переобучение проводится, как минимум, раз в три года или чаще, если необходимо для работника предприятия, которое включено в работу технических систем, для подтверждения того, что сотрудник осознает и выполняет действующие эксплуатационные инструкции. Руководящий состав определяет сроки консультаций с трудящимися, участвующими в процессе эксплуатации, сроки дополнительного обучения.

Руководящий состав удостоверяет, что каждый трудящийся, участвующий в процессе, прошел и аттестовался в рамках требуемого обучения. Итоги обучения и аттестации трудящихся оформляются по принятым регламентам [1,2, 5-11].

Практическое задание. Расписать перечень необходимых мероприятий, методов и средств обеспечения надежности и безопасности системы водоснабжения учебного корпуса.

Вспомогательный методический материал и оборудование: проектная документация по системе водоснабжения учебного корпуса.

Рекомендуемая форма практического занятия: групповая работа по 5-6 человек.

Исследовательская задача. Исследовать мероприятия, методы и средства обеспечения надежности и безопасности технических систем на одном из предприятий Удмуртии или другого региона. Выработать рекомендации по их усовершенствованию.

ТЕМА 15. Технические системы безопасности

Конспект лекции

Схематизация работы систем защиты

Если учесть темпы развития нынешних технически, технологический или отдельного оборудования, сложность руководства ими, не трудно ждать от обслуживающего персонала совершения ошибок в ситуации опасности и встает вопрос о верных действиях, ведущих к улучшению работы и предупреждению возникновения опасностей. Согласно перечисленного в состав непростого и потенциально опасного технического объекта, системы регулирования автоматики, обеспечивающей при штатном режиме работы сохранение параметров в установленных границах, включается защита и блокировка, которые переключением автоматики и использованием запасного оборудования, уменьшением мощности или остановке агрегата предотвращают аварийную ситуацию.

Защиту применяют для недопущения неисправностей и нерабочего состояния оборудования, при его аварийной работе, автоматической защитой путем отключения или передачи сигнала на защиту. Защита бывает, основанной на прямом контроле за работой оборудования или его элементов, и на местном контроле за работой оборудования, например, по характеристикам электродвигателей или параметрам вибрации машин и др. Защита взаимосвязана с сигнализацией и контролем, к примеру, при изменении контрольной величины, в начале проходит сигнал предупреждения, а потом защита включается.

Если система функционирует в таком режиме, что она переносит большие нагрузки, возникающие при работе в штатных или потенциально опасных условиях, то перед системой стоит задача контроля производственных процессов, обеспечивающая в заданных пределах нормальный режим работы установки. В этом случае используют такие системы, как управление вручную, автоматизированный контроль, системы автоматического блокирования, устройства предохранительные, системы сигнализации аварий.

Главный принцип безопасности производства заключается в том, чтобы обеспечивать условия его работы с должной степенью безопасности. На рисунке 16 показано, что при включении системы контроля непостоянные характеристики производства в случае невыполнения нормальной работы держится в безопасных границах.

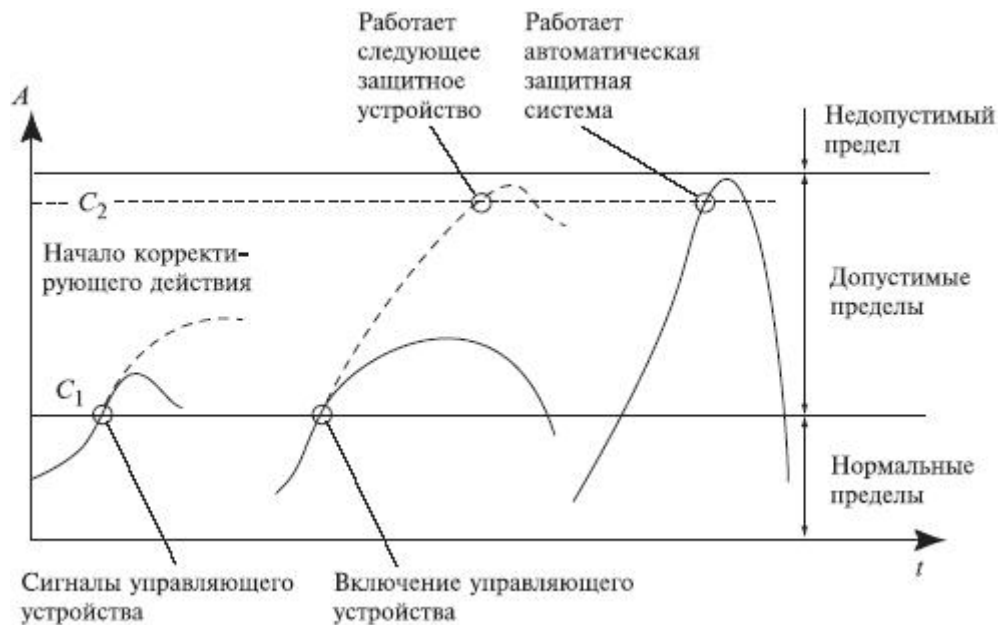


Рис. 16. График работы устройств защиты в процессе тройного контроля:

A - переменные параметры процесса, зависящие от времени t.

Изменяющимися в процессе могут быть следующие величины: давление, температура, ускорение потока, соотношение различных компонентов смеси, скорость изменения плотности вещества, понижения или повышения объема. Системы тройной защиты или контроля работает так.

Первая система. Если переменные величины системы достигнут превышения предельного значения (C1), то это регистрируется оговоренным сигналом на управляющем устройстве, после чего проводится сглаживание сигнала, чаще оператором вручную. Если такого действия не происходит и процесс не создает опасных режимов, следующая система не будет работать.

Вторая система. Если переменная величина характеристика процесса превосходит предельную величину (C2), происходит включение автоматики контрольной системы, которая удерживает переменную величину в интервал ее нормальной работы. Если этого не сделать, то переменная величина показателя работы достигает таких цифр, которые вызывают опасную ситуацию.

В таком случае возникает необходимость использования иных устройств предохранения, к примеру, разрывных предохранительных клапанов или мембран, работающих по принципу сбрасывания, например, давления, в системах.

Третья система. Если нет предохранительных устройств с определенными характеристиками, когда переменный показатель процесса достигает величин, при достижении которых растет вероятность возникновения крупной аварии, необходима установка локальной системы защиты, включающейся автоматически при невыполнениях процесса, приводящих к аварии.

Примером может быть терморегулирующее устройство, которое регистрирует превышение рабочей температуры при химических реакциях. В случае достижения критической температуры, включается запасное охлаждающее процесс устройство и вводится в химическую смесь вещество, нейтрализующее реакцию.

Для обеспечения надежной работы такой система, необходимо регулярно наблюдать работу всех действующих составных подсистем оборудования, то есть насосов, компрессоров, вентиляторов, срабатывающих таким образом, что можно избежать аварии.

Чтобы работники не могли полагаться лишь на защитные системы автоматики, эти системы готовят к работе совместно со световыми акустическими или сигнальными приборами. И еще, персонал должен иметь хорошее обучение, то есть индивидуально узнавать различные режимы функционирования оборудования и иметь в виду важность использования систем контроля.

Надо иметь в виду, что система контроля не всегда имеет возможность верно срабатывать в периоды включения и выключения. Поэтому таким периодам необходимо уделять повышенное внимание.

Организация и порядок работы автоматических систем защиты

Изучим характерные типы автоматических систем защиты (АСЗ) случая применения их в объектах химии. Выбор данного примера достаточно типичен, потому что здесь АСЗ исследованы фундаментально.

В штатном ходе работы систем, руководство процессом производства, ведется автоматической системой регулирования (АСР). Если управление ведется в режиме перед аварией, применяется АСЗ. АСЗ входит в состав системы управления (СУ) работой и применяется с следующих случаях:

- АСЗ постоянно отслеживает технологию работы и реагирует только на аварийное значение изменения рабочей характеристики;

- АСЗ включается в работу, если возникнет аварийный режим, в качестве резервной АСР.

Для АСЗ производства объектов химического назначения примечательно то, что большую часть защитных мероприятий сводят к единичным, но предельным по величине параметрам действия на устройство, оборудование или технологию защиты. А исходные данные работы преимущественно имеют вид индивидуального направления.

Варианты структур АСЗ бывают в зависимости от порядка защиты трех типов, который определяется сложностью производства и наличием опасностей, надежности, экономичности, эффективности и т. д.:

- наиболее простые АСЗ;

- АСЗ с выстроенной логической базой;

- адаптированные АСЗ.

При наиболее простом варианте АСЗ выстраивается так, что увеличение (уменьшение) величины, относительно которой проводятся защитные действия, до экстремального значения инициирует управление исполняющим действием. АСЗ, которая направлена, к примеру, на увеличение допускаемой величины контролируемого параметра и исполняет простейший защитный алгоритм. Схема структуры наиболее простой АСЗ приведена рисунком 17.

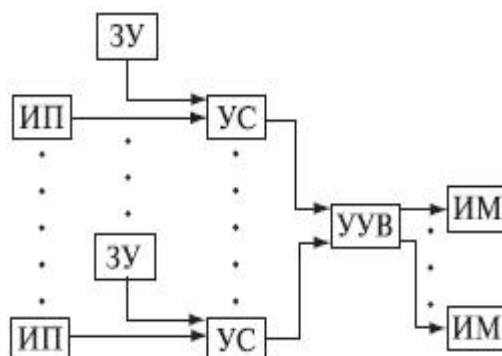


Рис. 17. Схематизированная структура простой АСЗ

Импульсы, подаваемые измерительными преобразователями (ИП) принимаются анализаторами характеристик работы, представляющими из себя устройства сравнения (УС). Вместе с тем принимаются анализаторами и экстремальные значения производственных величин от задающего устройства (ЗУ). В случае, когда любая из величин окажется ниже или выше допустимого параметра, тогда одним из анализаторов принимается импульс узлом управляющих воздействий (УУВ), в котором идет отбор управляющих воздействий (УВ); с УУВ импульсы передаются на управляющее устройство посредством исполнительного механизма (ИМ). ИМ бывает большое число, что зависит от рабочей задачи.

В анализаторах сравниваются рабочие характеристики с допустимыми величинами. Разные параметры вызывают одно или различные действия управления. УУВ преимущественно выполняет операцию логики "ИЛИ", к примеру, в ходе выполнении синтеза из изобутилена и формальдегида диметилдиоксин на снижение давления технической воды меньше установленной границы может вызвать не выполнение стабильности температуры устройств для ректификации, дефлегматоры, охлаждающиеся технической водой. По этой причине защитная система, представленная на рисунке 19, при сравнении рабочего параметра водного давления с нормативным его значением в случае аварии подает импульс на УУВ. После приема сигнала вступают в работу следующие исполняющие системы: завершается передача изобутилена; завершается передача формальдегида и завершается передача пара на колонные кипяточные агрегаты. Значит, АСЗ с простым защитным алгоритмом выполняет блокирование возникновения ситуации аварийного положения. Схематизация структуры АСЗ следующего типа, выполняющая сложную работу, изображена на рисунке 18.

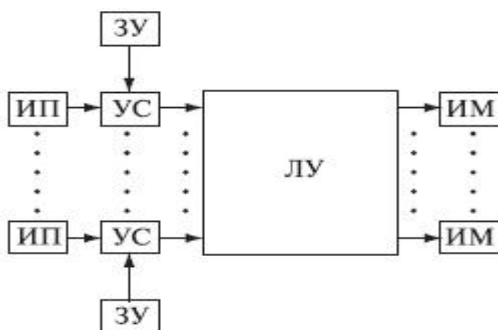


Рис. 18. Схематизация структуры АСЗ, выполняющей сложный защитный алгоритм.

Схема адаптированной структуры АСЗ имеет станцию приема и передачи информации, которая состоит из управляющего логического устройства (УЛУ), измерительных преобразователей (ИП), усилительно-преобразующих устройств (УПУ) и блока исполнительных механизмов (ИМ). Производительность ИМ зависит от факторов, влияющих на работу при возникновении опасности. УЛУ выполняет информационную оценку от ИП, в по разработанному алгоритму, итогом этого будет контроль хода возможной аварии, выбор типа защиты, соответствующего ходу возможной аварии и гарантирующего работу без аварий, и передача управления действия защитного характера на устройство ИМ. УЛУ совместно с хорошо работающей логикой имеет свой процессор, в его обязанности включается приготовление информации к оценке необходимости включения защиты при резком перепаде защитных параметров, которые характеризуют развитие аварии, и последствий работы защиты.

Защитная и управляемая интеллектуализированная автоматическая система и безопасного положения объекта

Для защиты объекта и управления его безопасностью в производстве используется интеллектуализированная автоматическая система. У этой системы есть в наличии процессоры с пакетом программ. Эти составляющие выстроены в виде подхода различных уровней и собраны в один структурно обоснованный управляющий механизм для безопасности объекта.

Функции, выполняемые интеллектуализированными системами, такие: с начала функция предполагает нормальный рабочий режим. Нормальный режим рабочего процесса предполагает обеспечение режимных параметров в соответствии с нормативными значениями, определяемыми чаще всего оптимальностью прохождения процесса.

Следующая задача продиктована обязательностью локализации аварий, которые связаны с отклонениями в технологическом процессе. Последняя задача заключается в локализации загазованности на аварийной площадке по характеристикам пожарной взрывной или токсической безопасности, при увеличении вентиляционного притока или блокирования выброса различных субстанций в природную среду.

В любой поставленной задаче соблюдается принцип системности обеспечения. 1-ая задача решается управляющей системой, 2-я - защитной противоаварийной автоматической системой и 3-я-системой газового анализа. У каждой системы есть своя программно-методическая база, контроль и управление в совокупности с агрегацией техники. При этом

формулируются диаметрально противоположные позиции: синтез (максимальная перестройка) композиции или новая агрегация.

Полная централизация предполагает использование управляющего процессора, выполняющего всех поставленные задачи и дополненное средствами контроля и управления. Этот порядок ведет к тому, что данные с устройств, расположенных на контроллере, обрабатываются головным процессором по разработанной программе, в которой срабатывает блок остановки в момент аварии, выполняющий задачи противоаварийной защиты объекта. Данные с контроллера загазованности оцениваются головным процессором, который дает начало работе вентиляционного аварийного блока остановки. Интеллектуализированная структурная система представлена рисунком 19.

Преимуществом этого подхода будет существенное повышение производительности процессора, решающего централизованно поставленные интеллектуальные задачи, возникающие при управлении производственным процессом. Однако у централизованного подхода есть существенный недостаток: контролер защиты против аварии оказывается, почти одинаково, надежным по отношению к системе управления.

В реальных же условиях система противоаварийной защиты будет не реагировать на половину аварийных ситуаций. Снизить число не реагирований можно лишь в случае, если поднять надежность объекта противоаварийной защиты (ПАЗ) существенно по отношению к системе управления (СУ).



Рис.19. Система централизованной организации интеллекта технически химического производства.

Судя по этим соображениям, лучше будет структура, представленная рисунком 20. Система строится по правилам "дерева задач" и на практике почти полностью независима, потому что у нее есть, не зависящие от СУ, информационные каналы работы объекта, информирующие о полной функциональной независимости и об автономном питании. Заметим, что любой аварийный процесс может иметь один или несколько признаков, которые могут реализовать этот сценарий. Указанные признаки служат исходными данными в системе ПАЗ. Для того, чтобы увеличить работоспособность системы ПАЗ желательно, чтобы идентичная информация об аварийных ситуациях приходила в систему из нескольких информационных каналов.



Рис. 20. Способ децентрализации организованной системы обеспечения химического производства

Надежность системы ПАЗ может увеличиваться за счет того, что она управляет состоянием малого числа характеристик по независимым от системы контроля каналам и представляет информацию в виде более простого алгоритма. Если появляется информации, которую специальное логическое устройство расшифровывает как предварительную, то система формирует управляющий сигнал; он выводит процесс из подготовительного состояния и по разработанной программе производит аварийную остановку. Система ПАЗ

отдает команду штатным ИМ или специализированной аварийной ИМ. Согласованность работы с СУ осуществляется при помощи блокировки ее от выхода системы ПАЗ на время выполнения операции, остановка которых возможно приведет к аварии. В конце такой операции режим блокирования снимается.

Системы и способы обеспечения локальной безопасности технических систем

В промышленном оборудовании может произойти сбой, приводящий к состоянию установки в виде аварийной ситуации. Приведем некоторые случаи неработоспособности действующих систем и способов локальной безопасности и ее обеспечения к типичным механизмам, машинам и установкам.

Системы, предотвращающие уход от штатных требований эксплуатации

Системы, обеспечивающие снижение давления. Клапаны и разрывные мембраны безопасности дают возможность выпуска аварийной субстанции из рабочей емкости. Когда выпущенная субстанция создает опасное соединение с кислородом, надо изолировать его реакцию с вероятными источниками огня до момента, когда достигается нижняя граница достигнет концентрации взрывной опасности. В случае, когда выброс токсичной субстанции состоялся, ее принято отводить в резервную часть, например, в нагнетающие фильтры, скрубберы или каталитически отжигающие установки.

Приборы измерения давлений и температур жидкостей и газов служат для аварийного запуска автоматики охлаждающих систем, завершения хода реакций в системах перепускного типа.

Системы без переполнения.

Контролеры границ субстанций не дают переполниться емкостям; устройства автоматом блокируют вещественный поток и выполняют его отведение.

Системы аварийного выключения оборудования.

Такие системы выключают соответствующее оборудование, к примеру, компрессорные или насосные установки, которые начинают или прекращают работу быстросрабатывающих клапанов с возможностью выполнения условий безопасности и работоспособности систем и предприятий. Такие системы включаются или вручную или автоматически.

Системы, которые дают выйти из работы деталям и узлам устройств безопасности. Системы безопасности оборудуются устройствами, которые обеспечивают надежность их работы, по степени важности рабочих функций. На промышленных установках используются системы различного назначения с задачами дублирования таких систем, или действуют подобные вспомогательные устройства, например, еще один компрессор.

Системы снабжения энергией.

Снабжающим системам, например, электроснабжения систем контролеров, подающим сжатый воздух в аппаратуру или подающим азот в роли инертного газа, может быть нужен еще один источник питания аккумуляторная батарея, запасные емкости или баллоны для сжатого воздуха, если неисправны главные источники.

Аварийные системы сигнализации.

Такие системы, где используют сенсорные датчики, дают возможность оператору найти причину неработоспособности по ходу ее поиска.

Эти системы применяют для:

а) варьирования параметров процесса, к примеру, температуры, давления, скорости потока, уровня, соотношения веществ в смеси, содержания кислорода;

б) нахождения дефектов в узлах системы, к примеру, в смесителях, насосах, вентиляторах компрессорах, и др.

в) установления утечек, например, в газовых детекторах;

г) установления открытого дыма или огня;

д) установления повреждений предохранительных устройств.

Автоматическая защита.

По типу и назначению систем используют термические, механические, электромагнитные средства (защита прямая в виде контролера) и разные реле (защита в виде косвенного контроля). Последний вид защиты имеет большее распространение и в основном предназначен для предохранения электрического оборудования. При включении защиты дефектный элемент или система отключаются автоматикой (отключение защитное) или возникает звуковой или световой сигнал (сигнальная защита). Используется и защита в виде окончания подачи электрической энергии или сжатого воздуха к системе.

Проектирование систем автоматической защиты основано на применении разделов теории регулирования и управления: теории информирования и повсеместного обеспечения в системах контроля автоматики и сигнализации; основ теории электротехники в системах защиты энергетических систем и электрических цепей; синтеза контактно - релейных схем в механизмах релейной и блокировки защиты. Производство этих систем связано нынче с использованием современной компьютерной техники.

Технические средства защиты.

Работу систем безопасности на предприятии должны обеспечивать технические средства, за счет которых можно уменьшить последствия несчастных случаев. К ним относятся:

а) детекторы для газов;

б) распылительные системы воды для охлаждения емкостей или для тушения пожара;

в) струйно-водяные установки;

г) распылительные системы для пара;

д) коллекторы.

Способы предотвращения человеческих и организационных ошибок.

Человеческий фактор может стать основой крупных аварий. И их предотвращение должно восприниматься как один из главных аспектов создания безопасности. При этом можно, например, на химическом производстве предпринимать следующие меры:

а) использовать шланги загрузки с различными входными группами на установках по работе автомобилей для уменьшения возможности смешивания агрессивных веществ, например, азотной и серной кислот;

б) убрать ошибки из определения точки соединения монтажных систем при надлежащих обозначениях соответствующих разъемов;

в) выполнить защиту предохранительных систем, которые не будут функционировать одновременно;

г) проводить маркирование включателей панели;

д) создать понятный коммуникационный трафик для трудящихся;

в) иметь блокировочные системы, которые исключают случайные срабатывания;

ж) вести обучение трудящихся [1,2].

Практические задания. Описать произвольное техническое устройство, служащее элементом системы безопасности.

Вспомогательный методический материал и оборудование: технический паспорт устройства.

Рекомендуемая форма практического занятия: предварительный поиск студентами технической документации. Самостоятельное составление описания с периодической консультацией преподавателя.

Исследовательская задача. Разработать комплексную систему безопасности для технологического помещения одного из малых предприятий.

ТЕМА 16. Оценка экономического ущерба, полученного в промышленных авариях

Конспект лекции

Понятие и структурная схема ущерба и вреда.

Вред имеет социальные корни. Его обычно понимают, как ущерб или порчу. Ущерб классифицируется в виде убытка или потери. Вред проявляется по-разному - экономически, экологически, морально, социально и т.д. Но преимущественно все же в основе термина "вред" находятся экономические причины. Количественные и качественные его составляющие части представлены ущербом и убытком.

Относительно природной среды полученный вред может быть оценен реальными и предполагаемыми потерями для среды. Эти потери проявляются в виде ущерба - действительные потери в окружающей среде (уничтожение лесов, животных, уменьшение водных ресурсов, снижение плодородности земли и т.п.) и убытков - затраты на поддержание нормального состояния окружающей среды, потерянные доходы, потери в экологии.

Вред окружающей среде характеризуется количественными и качественными потерями в естественном пространстве существования людей. Они возникают при загрязнении природной среды, то есть в изменении физико-химического состава атмосферы, воды, почвы, создающем опасность для здорового существования населения, флоры и фауны, в приведении в негодное состояние, в нанесении вреда, уничтожении природных территорий и экологических систем. Полученное в результате полученного вреда качество окружающей среды, в том числе, негативно влияет на социальность среды, то есть причиняется вред материальным ценностям и здоровью населения.

Значит, в определении вреда окружающей среде можно различить вред первого и второго порядка возникновения. Вред материальным ценностям и здоровью носит последующий характер, потому что происходит от вреда второго порядка, который причинен окружающей среде.

Вред для здоровья видится в физиологических, экономических, моральных и генетических утратах. Вред материальному достатку наносится ущемлением имущественной заинтересованности собственника - имущества. Необязательно это государство, но могут быть общественные, кооперативные, частные организации и предприятия. Он проявляется в форме утраты урожая сельскохозяйственных культур, гибели скотины, уничтожения многолетних деревьев и растений, не заработанных доходов.

Экологический и экономический вред

Это разделение исходит из организации взаимного действия сил общества и природы, в которых работают составляющие экономики и экологии.

Оценка экономического вреда исходит из экономической разработки окружающего пространства. Он подрывает выгоды экономики пользователя любой формы экономической деятельности. Это вредное воздействие представляется в качестве утраты складских запасов - деловой древесины, угля, нефти и т.д., ресурсов в виде - наличия сельхозпродуктов, скотины, флоры и т.д., отсутствие финансов, которые зарабатываются в ходе условий производства.

К примеру, вред из-за экономики, появляющийся в результате несоблюдения требований отсутствия пожаров в лесах, предусматривает: цену деловой древесины после пожара, зданий, получивших ущерб от пожара, трат на пожаротушение и санацию площадей, трат

другим лицами организациям при возмещении ущерба. Однако оценку потерь, которые возникли при пожаре можно представить и так. Массив леса, уничтоженный пожаром, перестал работать. Атмосфера утрачивает натуральный фильтр, чистящий природную среду от отходов производства, а земли и водные бассейны - от процессов обмеления и эрозии. Тогда необходимо учитывать одновременно вред экономического и экологического воздействия. Он влияет на жизненный уклад в комфортной сфере обитания. Объект производства в этом случае находится в состоянии окружающей среды, в частности состоянии его систем экологии, то есть в обменных процессах, протекающих в биосфере. Он позиционирует себя в разных биологических видах, которые представлены количественно и качественно в биосфере под воздействием производственных процессов.

Оба вида вреда имеют довольно тесную связь. Они возникают из одной и той же ситуации его воздействия и представляют одинаковые сценарии реализации. Например, озеро загрязнено не всегда из-за ухудшения состояния воды, и оно становится не пригодным, приносит урон рыбному составу и иным водным обитателям, что приводит к не функциональности прибрежной полосы, местам туризма и отдыха и т.д. Напрашивается вывод, что нанесение вреда обоих типов взаимно дополняется.

Дополнительно, экологический вред исследуют в следующей последовательности. С начала, с позиции его проявления он может длиться достаточно долго во времени и в пространстве. Тогда расчет методики этого вреда при экологической, экономической или юридической ответственности опирается на законность его присутствия, например, превышение предельно допускаемых концентраций опасных веществ, которые устанавливаются для окружающей среды, а не из выводов после ее возникновения, которые могут быть отодвинуты на длительное время и увеличены по отношению к месту расположения.

Во-вторых, если экономический вред, который почти всегда восполняем, экологический вред бывает более сложным и бывает восполняемым, не восполняемым, трудно или относительно восполняемым. Указанные противоречия ставят вопросы при восстановлении баланса природной среды, если они принимаются по существующим законам пространственного развития с учетом потерь. Оценка финансовых затрат экологического вреда - не только определение затрат на восстановление сбоев окружающей среды, на восстановление природных ресурсов, но и на вычисление тех потерь экологии, которые не восполняемы или трудно восполняемы техникой человеческого развития. В частности, если в случае уничтожения массива леса в расчете учитываются:

а) стоимость посадки и выращивания лесов;

б) стоимость ущерба, нанесенного окружающей среде почвам, озерам и рекам, животным и здоровью человека, а также переработка углекислоты, очистка от пыли, насыщение кислородом;

в) ущерб моральный в период всего времени поэтапного биологического развития леса.

В некоторых регионах ведутся попытки выработать способы расчета такого вреда. Но пока ее в нынешнем порядке не имеется. Хотя с их природным проявлением мало что изменилось в лучшую сторону. По этой причине большую роль на разных этапах природоохранительной деятельности - техническом, экономическом, организационном и юридическом приобретает профилактическая работа, предупреждающая появление любого вреда и в основном, преимущественно, необратимого, трудно восстанавливаемого.

Основополагающей частью экологического вреда представляется антропогенный вред, наносимый опасными воздействиями окружающего пространства человеку, его здоровью и здоровью будущих поколений. В составе этого вреда следует выделить физиологический вред, причиняющийся здоровому состоянию человека, и генетический вред. Эта классификация имеет и правовой характер, в том смысле и то, что вред необратим генетически. Одним из средств ограничения действия его вредных последствий будет предупреждение отрицательного влияния антропогенных факторов на человека ходом совершенствования окружающего пространства.

Оценка принципов экономического ущерба

При оценке данных иностранных экспертов выясняется, что ущерб в результате аварий на производствах химических объектов достигает до десятков млн. долл. США, а ущерб в результате катастрофических ситуаций может достигнуть свыше сотни млн. долларов США. При этом вред от аварий оценивается почти одним процентом национального валового дохода страны. Но универсальный критерий оценки аварийной ситуации не разработан. В ходе расчета государственных убытков от ЧС применяются базы организаций страхования и директоров предприятий.

Проработка методики анализа вреда от опасных ситуаций в прогрессивно развитых странах вызывается получением более объективной величины вероятного вреда для установки тарифов страховки опасных объектов. Методики вычисления тарифов обязательно сверяются с проведением различных моделей анализа риска. Поэтому количественно оценку проводят в виде оценки вероятного ущерба по математическому ожиданию.

За пример элементов ущерба от аварии принимаем данные таблицы 17 производственного сектора по делам промышленной безопасности норвежской фирмы "Веритас" (DNV).

Исходя из данных таблицы, выплаты за смерть, получение травм и болезни людей во много раз меньше убытков от причиненного имуществу ущерба застрахованной организации и сравнима количественно с зарплатными расходами, расходами на науку и исследования, обучение и пр.

На основе большого объема статистических данных предлагаются приведенные ниже слагаемые ущерба от аварий:

- оплаты медицинской помощи;
- утерянное время;
- производственные и материальные затраты;
- нанесение ущерба оборудованию и помещениям;
- расследование ситуации;
- затраты юридические;
- незапланированные поставки или снабжение;
- приведение в порядок участка;
- дополнительные работы;
- потеря времени на руководство;
- штрафные санкции;
- потеря квалификации или опыта.

Тогда общий совокупный ущерб составляет стоимость разрушенных аварией материальных объектов, затраты на их переоснащение, выплаты пострадавшим от ЧС людям, восстановление окружающего пространства и иные экономические и социальные потери.

Таблица 17.

Аварийные позиции ущерба

Вид расходов	Стоимость
Получение травм и болезни: медицинские услуги компенсации (страховки)	1
Стоимость баланса ущерба имуществу: зданиям оборудованию продукции задержки производства, простои расходы: юридические на поддержание средств на ликвидацию аварий рента, аренда вспомогательного оборудования	5-50
Незастрахованная, смешанная стоимость: научные исследования зарплата на время простоя затраты на обучение замены сверхурочные работы надзорное время время конторских работников уменьшенная отдача травмированных работников после выздоровления потери в бизнесе и репутации	1-3

При исследовании аварийных последствий надо отличать ущерб прямой и косвенный. Первый проявляется в виде непосредственного выхода из строя материальных ценностей, ухудшения здоровья людей, финансирования устранения аварии и приведения объекта в рабочее состояние. Второй связывается с негативным воздействием на общественные производительные силы в общем, например, ущерб соседних предприятий, снижение политики финансирования и т.д., или проявляется в результате усиления его в процессе физико-химических окружающих реакций, направленных прямо на окружающее пространство и приводящих затем к отрицательному влиянию на здоровье людей и природную среду.

Полный анализ ущерба косвенного, довольно приблизителен, в основном из-за выявления скрытых причин. По данным зарубежной статистики, косвенный ущерб может во много раз быть выше прямого. Тогда на одно происшествие с существенным убытком приходится от 100 до 600 катастроф и неполадок без травм и разрушений. В России, по данным ряда экспертов, ущерб косвенный от аварий больше прямого в 5-7раз, а аварии I-II

категории и неполадки имеют пропорцию 1:15:200 с периодичностью возникновения в течение 10-15 лет, 8-12 месяцев и 15-45 дней (по данным Государственного научно-технического каталога “Безопасность”). Такие данные информируют о том, что в методике анализа ущерба в экономике от аварии надо, по возможности, учесть все виды убытков.

Уравнение (26) оценки потерь экономики от аварии Π_0 выглядит так

$$\Pi_0 = \Pi_{н.б.} + \Pi_{о.р.} + \Pi_{н.в.} + \Pi_{с.э.}, \quad (26)$$

где $\Pi_{н.б.}$, $\Pi_{о.р.}$, $\Pi_{н.в.}$, $\Pi_{с.э.}$ - убытки соответственно доли богатства страны; из-за перенаправления ресурсов на ликвидацию последствий аварий; из-за нереализованных возможностей по ходу аварийной ситуации; социального и экономического характера.

$\Pi_{н.б.}$ имеет в своем составе убытки от выведения из строя основных производственных ресурсов по ходу аварии; запасов материалов и товаров (оборотных ресурсов, материальных фондов текущего потребления); личных вещей населения; природных запасов (экологический ущерб), а также убытки, которые связаны с выходом из строя основных фондов в производственной и непроизводственной сфере деятельности.

$\Pi_{о.р.}$ - убытки от перераспределения ресурсов на восстановление объектов вслед за авариями и пострадавших от них ресурсов природы (экологический ущерб).

$\Pi_{н.в.}$ - убытки от неработоспособности объекта после аварийной ситуации (потеря экономических доходов) и убытки при выведении ресурсов труда из производственной деятельности по ходу аварийной ситуации.

$\Pi_{с.э.}$ - учитывают экономические и социальные потери при нанесении травм людям в ходе аварии (выплата по больничным листам из-за нетрудоспособности, пенсий людям, которые стали инвалидами; расходы на лечение в медицинском учреждении); при гибели людей (выплата на погребение и пенсий по потере кормильца из-за аварии).

Труднее приходится при оценке экономического ущерба от аварии определить экологический ущерб. Действующие рекомендации по применению практически адаптированных методик требуют серьезного выполнения положений экологического мониторинга. Наряду со существованием научно отработанных способов оценки экологического ущерба, практический учет действия масштабных аварий на окружающее пространство ограничен качественными данными.

Для определения экологического ущерба используют различные регламентные документы ведомств, нормирующих выплаты в случае загрязнения окружающего пространства при учете, что выплаты и касаются экологического ущерба.

Экологические убытки оценивают по действующим нормативным документам:

«Временная методика определения сумм, подлежащих взысканию в порядке искового производства за загрязнение атмосферного воздуха» утверждена Государственным комитетом СССР по охране природы в 1989г.;

«Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды», утверждена Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ в 1993 г.;

«Порядок определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия», утверждена постановлением Правительства РФ от 28 августа 1992 г. № 632.

Реализация положений этих документов основана на опытном подходе к регулированию безопасности в экологии проведении оплаты, в виде штрафов, как за

прошедшее, так и возможное потенциально загрязнение при вредных выбросах опасных веществ. Взимают плату за распространение следующих воздействий из-за вреда:

- выброс в пространство вредных веществ от стационарных и передвижающихся установок;

- сброс вредных веществ в водные пространства;

- утилизация вредных веществ;

- загрязнение лесных, земных ресурсов и др.

Установлены два типа нормативов оплаты за сбросы, выбросы и подобные воздействия в границах:

- допускаемых значений;

- установленных значений, представленных временно согласованными нормативами.

Оплата при предельном загрязнении, которое реализуется в случае аварийной ситуации, определяется при умножении установленных тарифов оплаты за загрязнение в допусках установленных характеристик на количество увеличения реальной массы выбросов над допустимыми лимитами, складывая по типам загрязнений и умножая эти суммы на пятикратно повышенный коэффициент. И тогда учитывают критерии экологических показателей по территориям, меры опасности загрязняющих веществ, инфляционные режимы развития [1,2].

Практические задания. Провести информационный поиск по оценке ущерба в экономике и подготовить аналитическую справку.

Вспомогательный методический материал и оборудование: библиотечные фонды УдГУ, УМЦ ГО ЧС в УР, интернет - ресурс.

Рекомендуемая форма практического занятия: самостоятельная работа с документами.

Исследовательская задача. Подготовить прогноз экономического ущерба одного из производственных предприятий в результате ожидаемых аварийных ситуаций в течение 5 лет.

Библиографический список

- 1.Акимов В.А. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие [Электронный ресурс]/В.А. Акимов и др.; Под ред. В.А. Акимова – М.: ЗАО ФИД “Деловой экспресс”, 2002. -368 с. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4165266/>.
- 2.Шубин Р.А. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие/Р.А. Шубин. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2012. - 80 с.
- 3.Ветошкин А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие/А.Г. Ветошкин. - Пенза: Изд-во ПГУАиС, 2003. - 154 с.
- 4.Корчагин, А.Б. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие в двух частях/А.Б. Корчагин, В.С. Сердюк А.И. Бокарев. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. - 227 с.
- 5.Гуськов А.В. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебник/ А.В.Гуськов, К.Е. Милевский. - Новосибирск: Изд.-во Новосиб. гос. техн. ун-та, 2007. – 427 с.
- 6.Тимошенков С.П. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / С.П. Тимошенков, Б.М. Симонов, В.Н. Горошко. - М.: Издательство Юрайт, 2019. - 502 с.
- 7.Чепегин И. В. Надежность технических систем и техногенный риск: учебное пособие/ И. В. Чепегин. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2017Казань. - 164 с.
- 8.Сазонова С.А. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие / С.А.Сазонова, С.А.Колодяжный, Е.А. Сушко. Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2013. -148 с.
- 9.Харисов Г.Х. Методические указания и сборник заданий для практических занятий по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск». Учебно-методическое пособие /Г.Х. Харисов, А.Н. Калайдов, А.В. Мирзаянц. - М.: АГПС МЧС России, 2011, – 65 с.
- 10.Рахимова Н. Н. Количественные характеристики безопасности и надежности технических систем [Электронный ресурс]. Метод. указания / Н.Н. Рахимова, Е.Л. Горшенина - Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2014. - 39 с. Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/271432>.
- 11.Рахимова, Н. Н. Законы распределения при расчетах надежности технических систем [Электронный ресурс]. Метод. указания /Н.Н. Рахимова Е.Л. Горшенина, Ш.Ш. Хисматуллин.- Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2014. - 53 с. - Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/271433>.