

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Институт гражданской защиты
Кафедра защиты в чрезвычайных ситуациях и управления рисками

ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫМИ РИСКАМИ

Учебное пособие



Ижевск
2022

УДК 614.8(075.8)
ББК 68.9я73+30.820.3я73
Т384

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Рецензент: начальник ОМП ЧС Гос. учреждения «СГЗ УР» Г.В. Худенко.

Составители: А.В. Кулагин, С.А. Зыкин.

Т384 Технологии управления техногенными рисками:
учеб. пособие / сост. А.В. Кулагин, С.А. Зыкин – Ижевск :
Удмуртский университет, 2022. – 87 с.

ISBN 978-5-4312-1020-4

В учебном пособии представлен лекционный материал по дисциплине «Технологии управления техногенными рисками». Материал лекций базируется на нормативно-законодательных документах по современным подходам к исследованию и управлению техногенными рисками. Особенностью пособия является предлагаемая систематизация технолого-управленческих решений, которую студенты могут применить в дальнейшей практической деятельности.

Пособие предназначено для студентов направления подготовки «Техносферная безопасность».

УДК 614.8(075.8)
ББК 68.9я73+30.820.3я73

ISBN 978-5-4312-1020-4

© А.В. Кулагин, С.А. Зыкин, сост., 2022
© ФГБОУ ВО "Удмуртский
государственный университет", 2022

Оглавление

Введение	5
Тема 1. Управление рисками в чрезвычайных ситуациях и техногенный риск	8
Конспект лекции	8
Контрольные вопросы к теме 1:	13
Тема 2. Надежность системы управления. Технологии безопасности.....	14
Конспект лекции	14
Контрольные вопросы к теме 2:	25
Тема 3. Технология управления. Идентификация опасностей	26
Конспект лекции	26
Контрольные вопросы к теме 3:	35
Тема 4. Моделирование риска	36
Конспект лекции.	36
Контрольные вопросы к теме 4:	54
Тема 5. Структура организации информационных технологий управления риском	56
Конспект лекции	56
Контрольные вопросы к теме 5:	58
Тема 6. Совершенствование методов моделирования как методов оценки рисков и дальнейшее развитие положений ТУР	59
Конспект лекции	59
Контрольные вопросы к теме 6:	68
Тема 7. Меры снижения риска.....	69

Конспект лекции	69
Контрольные вопросы к теме 7:	74
Тема 8. Методические подходы к анализу и оценке риска в чрезвычайных ситуациях	76
Конспект лекции	76
Контрольные вопросы к теме 8:	84
Заключение	85
Библиографический список	86

Введение

В учебном пособии предлагается базовый вариант конспектов лекций по восьми основным темам дисциплины «Технологии управления техногенными рисками», которые разработаны на основании Федеральных законов, ГОСТов, руководств и требований. Авторы предлагают свой подход на основании классических трудов, указанных в библиографическом списке, а также в текущих ссылках в темах учебного пособия. Основные положения пособия могут быть реализованы в качестве основного материала для изучения этой дисциплины в технологических и управленческих приемах минимизации техногенных рисков с применением на практике и предполагают дополнение в виде учебно-методического пособия или практикума.

Изучение дисциплины «Технологии управления техногенными рисками» направлено на формирование следующих компетенций:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.

УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.

УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном (-ых) языке (-ах).

УК-5. Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.

УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.

УК-7. Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.

УК-9. Способен использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональной сферах.

УК-10. Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.

УК-11. Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.

ОПК-1. Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека.

ОПК-2. Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах

культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления.

ОПК-3. Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом государственных требований в области обеспечения безопасности.

Тема 1. Управление рисками в чрезвычайных ситуациях и техногенный риск

Конспект лекции

В терминах и определениях МЧС дается следующее определение: основанная на оценке риска целенаправленная деятельность по реализации наилучшего из возможных способов уменьшения до уровня, который общество считает приемлемым, при заданных ограничениях на ресурсы и время риска включает следующие элементы, которые могут применяться как независимо, так и совместно: исключение риска – создание условий или применение средств, при применении которых исключаются источники риска, вероятность его реализации или проявление последствий становятся бесконечно малыми; ограничение риска – добровольное или вынужденное участие в принятии ответственности за часть риска; снижение риска – снижение вероятности (частоты) чрезвычайных ситуаций (ЧС), видов и масштабов их последствий за счет применения различных методов и средств; перераспределение риска – совокупность механизмов, позволяющая распределить риск, связанный с ликвидацией ЧС между несколькими участниками [1].

Базовыми принципами управления рисками являются:

- адекватное определение опасностей и угроз в вероятностной постановке и определение механизмов их понижения на базе инженерно-технических, организационных и экономических мероприятий;
- рациональная оценка возможных негативных последствий природно-техногенных ЧС (преимущественно в эквивалентных статистических величинах человеческих потерь и экономических ущербов) и разработка комплексных мероприятий по снижению негативных

последствий за счет систем защиты, предупреждения, диагностики и мониторинга.

Основной целью управления рисками является: 1) его целенаправленное, поэтапное и научно обоснованное снижение до приемлемого уровня; 2) комплекс взаимосвязанных нормативных правовых, организационно-административных, экономических, инженерно-технических и других мероприятий, направленных на уменьшение или предупреждение возможных потерь или существующих потерь населения, объектов экономики и окружающей среды от опасностей [1].

Эта позиция основана на анализе риска, как целенаправленной деятельности органов государственной власти и управления всех уровней, органов местного самоуправления, организаций, предприятий и граждан по реализации наилучшей из возможных систем взаимосвязанных мер по уменьшению рисков ЧС до уровня, который общество считает приемлемым исходя из существующих ограничений на ресурсы и время [1; 2]. Все это может быть представлено на рис. 1.

Исходя из схемы рис. 1, возникают следующие четыре важных определения:

Техногенный риск, предусматривает возникновение негативных последствий от опасных явлений, преимущественно технического характера, аварийных и катастрофических ситуаций на предприятиях техносферы, а также ухудшения природной экологии из-за промышленных отходов в ходе производственных процессов.

Устойчивость управления техногенным риском – свойство системы управления (СУ), которое дает возможность выработать и довести до нижестоящих звеньев руководящих команд в условиях воздействия средств связи противника,

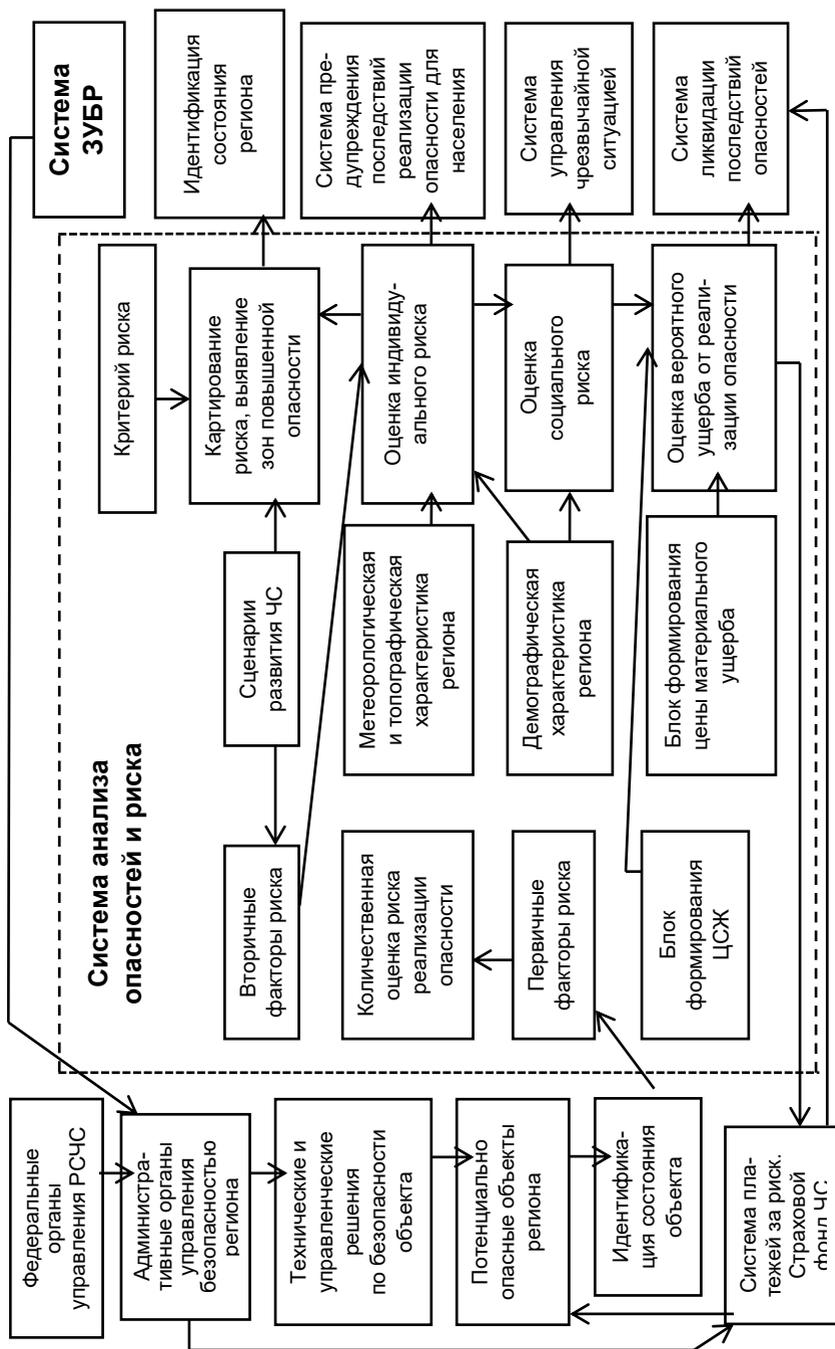


Рис. 1 Схема управления риском

поражающих факторов ЧС, радио и дезинформационных его действий.

Уровни риска можно разделить на количественные и качественные признаки, характеризующие риски для выявления мер поддержания безопасного существования человека, техносферных объектов и природной среды.

Качественные признаки уровней риска принято выстраивать в следующем порядке: пренебрегаемые, приемлемые, допустимые, неприемлемые, чрезмерные, недопустимые. Хотя такое вариативное построение в ближайшее время может уточняться теорией и практикой. При количественном определении уровней риска используются шкалы риска для анализа риска. Указанным выше качественным уровням риска соответствуют определенные граничные количественные значения уровней. Для индивидуальных рисков достаточную точность показала логарифмическая шкала уровней риска, которая устанавливается в виде вероятности летального исхода (риска смерти) человека в единицу времени (год или час) или в виде математического ожидания ущерба в единицу времени (табл. 1), [1-3; 9].

Таблица 1

Шкалы категорий опасностей

Категории	Условия профессиональной деятельности	Диапазон риска смерти (на человека в год)	Оценка приемлемости риска
I	Безопасные	$1-10^{-4}$	Пренебрежимо малый уровень риска
II	Относительно безопасные	$1-10^{-4} - 1-10^{-3}$	Относительно невысокий уровень риска

III	Опасные	$1 \cdot 10^{-3}$ – $1 \cdot 10^{-2}$	Высокий уровень риска, рекомендуется принятие мер безопасности
IV	Особо опасные	$1 \cdot 10^{-2}$	Исключительно высокий уровень риска, необходимо принятие мер защиты

Уровень приемлемого риска – это наибольший возможный риск, который не противоречит экономическим и социальным вопросам и связан с обеспечением надежности работы техники и СУ (рис. 2), [2-7].

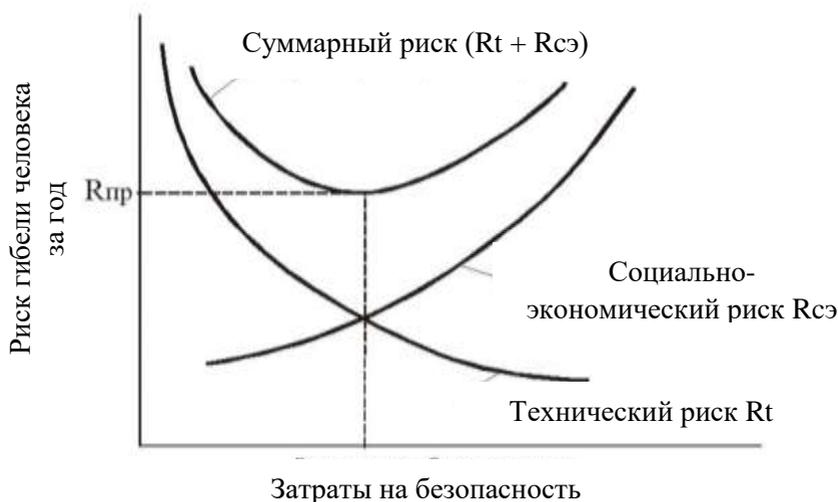


Рис. 2 График уровня приемлемого риска

Вопросы управления рисками в ЧС развиваются в темах, предлагаемых ниже.

Контрольные вопросы к теме 1:

1. Перечислите базовые принципы управления рисками.
2. В чем сущность анализа риска.
3. Какие существуют качественные признаки уровней риска.
4. Какие существуют количественные признаки уровней риска.
5. Что означает уровень приемлемого риска.
6. Расшифруйте термин «схема управления рисками».
7. Как определить по графику рис. 2 оптимальное сочетание социально-экономического и технического рисков.
8. Расшифруйте категории опасностей согласно данным табл. 1.

Тема 2. Надежность системы управления. Технологии безопасности

Конспект лекции

Согласно ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения» надежность – 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.

Для СУ – свойство СУ работать, обеспечивая по времени параметры качества функционирования, которые соответствуют штатным характеристикам их использования в условиях ЧС. Надежность СУ характеризуется и поддерживается: применением материалов высокой прочности и жесткости, сборочных единиц и современных технологий производства СУ; включением стандартизованных деталей и узлов; упрощением конструкции и работы техники СУ; регламентной установкой и устранением дефектов работы, профилактикой и ремонтом технических устройств; использованием материалов и конструкций, которые защищают от действия внешних нагрузок (температурных воздействий, коррозии, ударно-волновых воздействий и др.); обеспечением и применением запасов средств управления.

Внедряются методы статистического плана и теории вероятностей для расчета надежности, используемые в разработке и осуществлении решений управления. Не следует так же забывать об отказах в работе механизмов и машин на любом этапе, включая плановые и капитальные ремонты, что при первом приближении можно охарактеризовать графиком интенсивности отказов (рис. 3) [2-5; 14-16]. На графике интервалы време-

ни: t_0-t_1 – приработки, t_1-t_2 – стабильной работы, соответствующей требованиям нормативно-технической документации, $>t_2$ – работы с нарушением и ухудшением технических характеристик, вплоть до проведения капитального ремонта или снятия с эксплуатации.

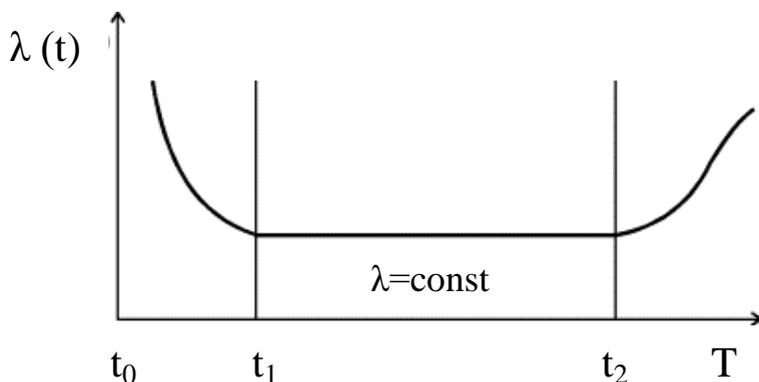


Рис. 3 Типовой график интенсивности отказов с временными интервалами наработок

Возникающие в связи с нарушениями требований надежности события ведут к предпосылкам возникновения ЧС и отражаются не только на состоянии экономики, социальной сферы, но и наносят существенный вред экологии. Нужно учитывать, что современное производство зачастую связано с внедрением химических веществ или атомных разработок, последствия подобных аварий становятся все масштабнее и сокрушительнее, что является неоптимальным сочетанием внешних и внутренних факторов (сил, моментов, напряжений, энергий, дислокаций и т. д.).

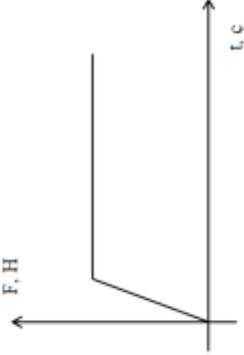
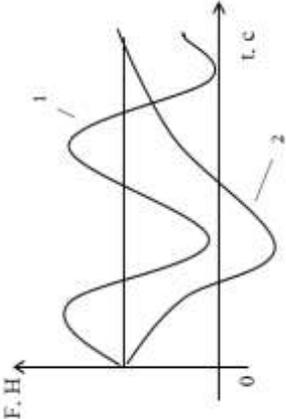
Поэтому следует внести понятие внешней силы. Внешними силами называется результат взаимодействия объекта с окружающей средой.

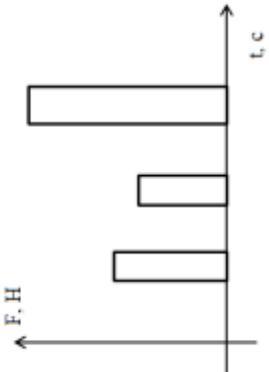
Внешние силы бывают: постоянные (сила веса) и временные (поезд на мосту). В зависимости от длительности действия на конструкцию разделяют внешние силы на статические и динамические.

Внешняя сила называется статической, если она сравнительно медленно и плавно возрастает от нуля до своего конечного значения, а затем остается постоянной, при этом силы инерции не учитываются (вес здания, корпус пули или снаряда во время вылета из канала ствола), (табл. 2).

Таблица 2

Классификация нагрузок

График нагрузки	Название	Примечание
	<p>Статическая</p>	<p>Не меняются со временем или меняются очень медленно. Проводится расчет на прочность.</p>
	<p>Повторно-переменная</p>	<p>Множественно меняют значение или значение и знак. Вызывает усталость материала.</p>

	<p>Динамическая</p>	<p>Меняют свое значение в короткий промежуток времени. Может привести к внезапному разрушению конструкции.</p>
---	---------------------	--

Внешняя сила называется динамической, если ее сопровождают динамические ускорения взаимодействия тел и силы инерции. Динамические силы: мгновенная (состав, трогаящийся с места), ударная (взаимодействие тележки с упругой преградой при движении с ускорением α по соотношению к ускорению свободного падения g), повторно – переменная (работа копра при забивании свай с высоты H), (табл. 2).

В зависимости от типа динамической нагрузки можно в первом приближении рекомендовать для соответствующей оценки зависимости с использованием поправки статической нагрузки при помощи коэффициента динамичности, в частности по напряжениям σ и перемещениям Δ . (1):

$$k_d = \frac{\sqrt{2H}}{\Delta_{ст}};$$

$$k_d = 1 + \frac{a}{g};$$

(1)

$$k_d = \frac{\sigma_d}{\sigma_{ст}};$$

$$k_d = \frac{\Delta_d}{\Delta_{ст}}.$$

Взаимодействие между частями рассматриваемого объекта внутри условно очерченной области характеризуется внутренними силами.

Внутренние силы возникают не только между взаимодействующими узлами конструкции, но и между отдельными частями объекта при его нагружении. Эти моменты силового нагружения требуется учитывать отдельно при выборе технологии управления.

Общие принципы обеспечения надежности элементов конструкции для недопущения катастрофы, аварии или инцидента идут в следующей последовательности, формулы (2) – (5).

1. Принцип по допускаемым напряжениям.

Конструкция не разрушится, если при нагрузке в ее элементах возникает максимальное рабочее напряжение, не превышающее предельное напряжение:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\max}^{\text{раб}} &\leq \sigma_{\text{пред}}; \\ \sigma_{\max}^{\text{раб}} &\leq [\sigma]; \\ [\sigma] &\leq \sigma_{\text{пред}}; \\ [\sigma] &= \sigma_{\text{пред}} / n. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Для пластичных сталей и сплавов $\sigma_{\text{пред}} = \sigma_{\text{T}}$, а для хрупких материалов $\sigma_{\text{пред}} = \sigma_{\text{в}}$ (рис. 4).

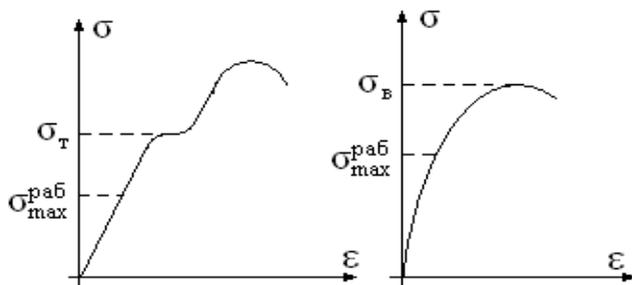


Рис. 4 График нагружения пластичного и хрупкого материала

Тогда соответствующие коэффициенты запасов:

$$\left\{ \begin{array}{l} n_T = \sigma_T / \sigma_{\max}^{\text{раб}}; \\ n_B = \sigma_B / \sigma_{\max}^{\text{раб}}. \end{array} \right. \quad (3)$$

Эти коэффициенты – практические аналоги степени рискованной ситуации для технической системы и при отсутствии достаточного статистического материала работы технической системы можно воспользоваться ими с учетом рис. 4. Если расчет ведется по предельной нагрузке, то запас прочности определится так: $n = P_{\text{пред}} / P^{\text{раб}}$. В случае расчета на жесткость – $n = U_{\text{пред}} / U^{\text{раб}}$. В строительной технике $n_B = 2-5$, в авиационной – $n_T = 1,5-2$, в стрелковом оружии и артиллерии – $n_T = 0,7-1$.

Выбор коэффициента запаса зависит от методов расчета напряжений, от точности этих методов, от последствий, которые повлечет за собой разрушение детали, от свойств материала, напряженно-деформированного состояния и ряда других факторов [1; 2].

2. Принцип по допускаемым перемещениям и деформациям.

Конструкция будет работать надежно, если перемещение и деформации от нагрузки в ее элементах не превышает некоторого допускаемого значения:

$$U_{\max}^{\text{раб}} \leq [U]; \quad (4)$$

$$\varepsilon_{\max}^{\text{раб}} \leq [\varepsilon].$$

3. Принцип по допускаемым нагрузкам.

Все элементы конструкции будут работать надежно, если максимальная рабочая нагрузка не превышает некоторого допускаемого значения:

$$P_{\max}^{\text{раб}} \leq [P] \quad (5)$$

Для простых нагруженных систем применяют диаграмму Прандтля для обеспечения определенного предельного состояния. Суть диаграммы растяжения, сжатия и сдвига для пластичных сплавов схематизируют так, что прямая закона Гука непосредственно соприкасается с горизонтальной прямой без плавного перехода (рис. 5).

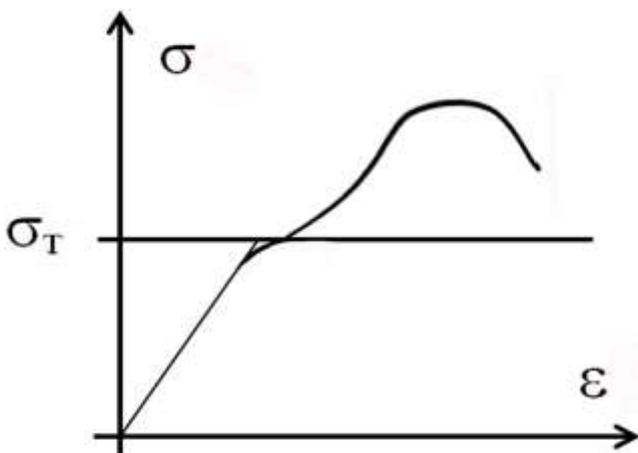


Рис. 5 Диаграмма Прандтля

Для сложно нагруженной системы предлагается теория пластичности Сен-Венана: пластичное состояние стержня при этом состоянии наступит тогда, когда наибольшее τ допуска-

емое предельное значение достигнет предела текучести при сдвиге, что подтверждается зависимостью (6):

$$\tau_{\max} = \tau_t \quad (6)$$

Обеспечение надежности предполагает дальнейшие действия в организации и осуществления технологии ликвидации ЧС.

Технологии ликвидации ЧС представляют собой совокупность процессов, способов и приемов выполнения действий по устранению ЧС, которыми занимаются специально сертифицированные специалисты, обеспечивающие результат аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных работ и минимально опасные условия работы.

Угроза технологической безопасности или технологическая угроза представляет собой действительную ситуацию наступления критического момента в технологиях совершенствования страны, области, производства, который грозит нанесением ущерба технологическим компонентам базы, порядка работы и самостоятельности действий. Технологическая угроза имеет те же характеристики, что и техногенная угроза.

Для более точного представления о качественной и количественной сторонах изучения управления рисками, в совокупности с обеспечением надежности и технологиями безопасности необходимо ориентироваться на следующие документы:

1. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «О техническом регулировании».

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

3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта», утвержден-

ные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 июля 2013 г. № 306.

4. ГОСТ Р 55059-2012. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения». Утв. приказом Росстандарта от 12.11.2012 № 724-ст.

5. ГОСТ Р 22.1.12-2005. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования».

6. ГОСТ Р 58771-2019. «Менеджмент риска. Технологии оценки риска». Дата введения в действие: 01.03.2020.

7. 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.

8. ГОСТ Р 22.10.02-2016. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации». Допустимый риск чрезвычайных ситуаций. Утв. приказом Росстандарта от 29.06.2016 № 724-ст.

9. ГОСТ 22.0.07-97/ГОСТ Р 22.0.07-95. «Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров».

10. Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015-2030 гг.

11. Временное требование к идентификации объектов, связанных с повышенной опасностью (утверждены 14.09.1995 министром РФ по делам чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий и председателем Федерального горного и промышленного надзора России).

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

Вопросы надежности-технологических подходов следует применять в рамках нормативной базы и на начальной стадии обучения бакалавров в пределах темы 2.

Контрольные вопросы к теме 2:

1. Сформулируйте краткую суть ФЗ, ГОСТ, требований и программ, характеризующих технологию управления техногенного риска.
2. Перечислите основные принципы обеспечения надежности и приведите основные зависимости.
3. Проведите классификацию нагрузок.
4. Для решения каких задач используют коэффициент запаса прочности.
5. Поясните суть типового графика интенсивности отказов с временными интервалами наработок, изображенного на рис. 3.

Тема 3. Технология управления. Идентификация опасностей

Конспект лекции

Термины «технология», «опасность» и «ЧС» довольно тесно связаны между собой.

Технология в производстве представляет совокупность технических операций, заключающихся в производстве изделия, которое при прохождении испытаний может эксплуатироваться в соответствии с техническими требованиями в течение определенного времени или периода наработки. Окончательным результатом технологических операций в производстве являются: детали, узлы, сборочные единицы, например, редуктор, строительный бетонный блок, автомобиль, станок и другие технические изделия (рис. 6, 7).

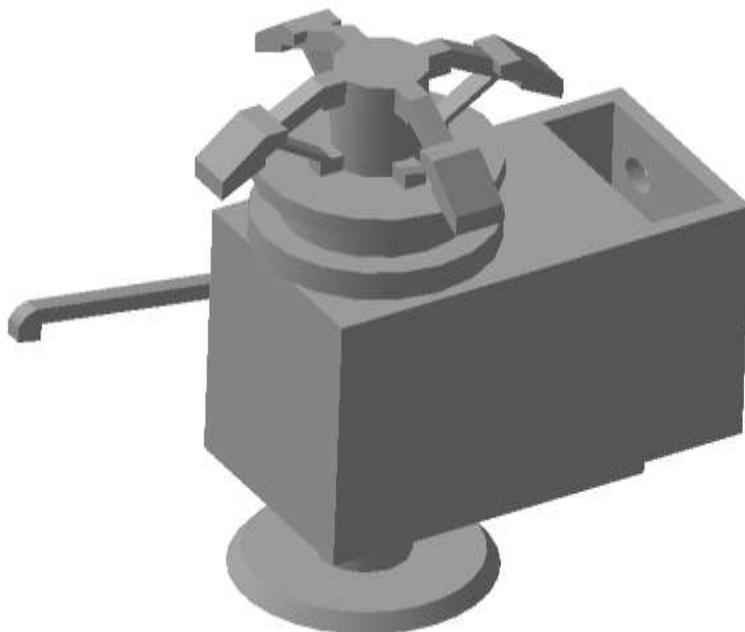


Рис. 6 Корпусная деталь

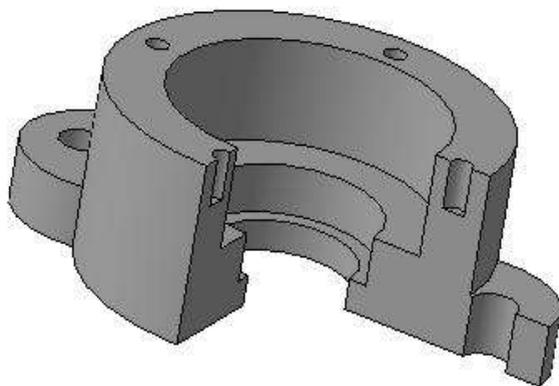


Рис. 7 Обойма узла крепления

Также существуют технологические процессы сварки, сборки и других производственных работ, например, технологический процесс производства пенобетона на рис. 8.

Технология управления (см. определение терминов МЧС), добавляем термины «технология управления в опасной ситуации», «технологический процесс» и «исследовательско-конструкторская база».

Опасность сопутствует любой технической системе или экологическому объекту. Опасность может реализоваться в виде какого-то ущерба для технической системы, медленного или мгновенного воздействия, что характеризуется отказом при работе системы. Для человека опасность проявляется травмами при несчастных случаях, преимущественно от самого человека, а для техники – в форме аварий, не допустимых режимов работы, потери контроля в ходе рабочего процесса и

Технологический процесс

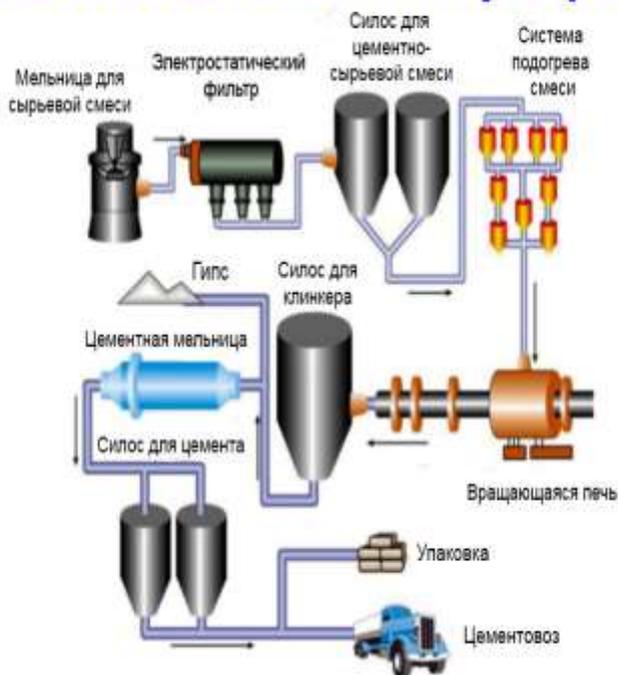


Рис. 8 Технологический процесс производства пенобетона

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 невосполнимым потерям. Если эти факторы подтверждаются, то их относят к опасным или очень опасным факторам. Факторы опасности могут быть увеличены или уменьшены в ходе про-

ведения анализа, что выражается аксиомами и таксономией, которые представлены в курсе «Надежность технических систем и техногенный риск» [2-9].

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

Опасные события имеют свойство быть явными или неявными. Идентификация представляет собой – систему выявления и распределения временных, территориальных, качественных и иных показателей необходимых и достаточных для разработки и проведения профилактики и оперативных действий, которые обеспечивают стабильную работу технических систем и повышение жизненного уровня.

В ходе идентификации можно установить перечень опасных событий, вероятность их возникновения, локализацию в пространстве (система координат), возможные потери и другие параметры, позволяющие решить поставленные задачи. Идентификацию можно представить на первых порах в виде графика порогового уровня опасности интегральной площади отсутствия последствий, изображенного на рис. 9.

Перечисленные опасности могут привести к ЧС и техногенным авариям.

Техногенные аварии вызываются техногенной опасностью – состоянием, индивидуально характерным для технической системы, промышленного или транспортного объекта, которое происходит в виде негативных воздействий источника техногенной ЧС на людей и природную среду, или в виде прямого или косвенного ущерба для людей и природной среды в ходе штатного функционирования этих объектов.

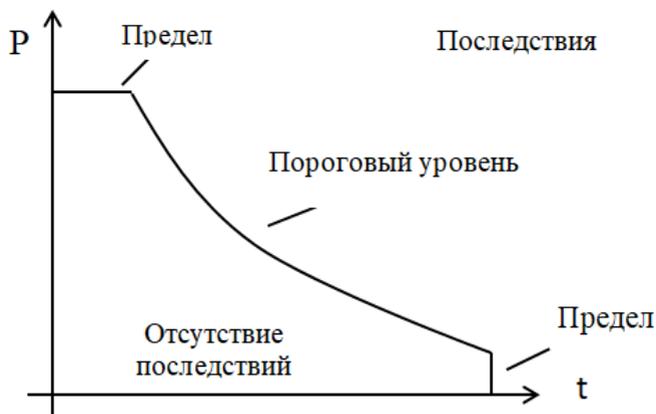


Рис. 9 График порогового уровня опасности

Техногенная ЧС – состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной ЧС на объекте, определенной территории или акватории водного пространства нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Техногенные ЧС и аварии тесно связаны с состоянием техносферы – района биосферы, который освоен людьми с применением непосредственного или вспомогательного воздействия технических средств для улучшения соответствия требуемым материальным и социально-экономическим потребностям (рис. 10), [2-7].

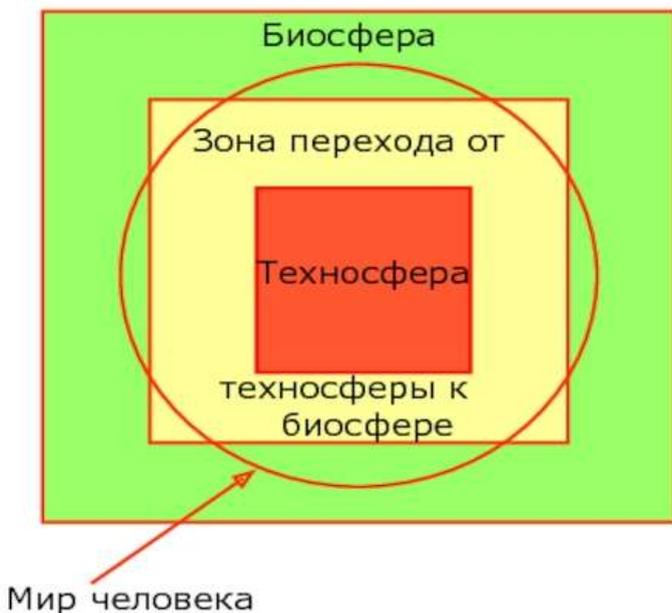


Рис. 10 Система «Человек–техносфера» и «Техносфера–природная среда»

Усложнение производственных процессов, более широкое внедрение в различные сферы современных материалов и технологий, применение новых источников энергии – все это неизбежно приводит к тому, что число аварий техногенного характера ежегодно возрастает.

Возникающие в связи с этим ЧС отражаются не только на состоянии экономики, социальной сферы, но и большой вред наносится экологии.

Укрупненно структурную систему управления рисками можно представить блок-схемой (рис. 11).

Структура системы управления природными и техногенными рисками

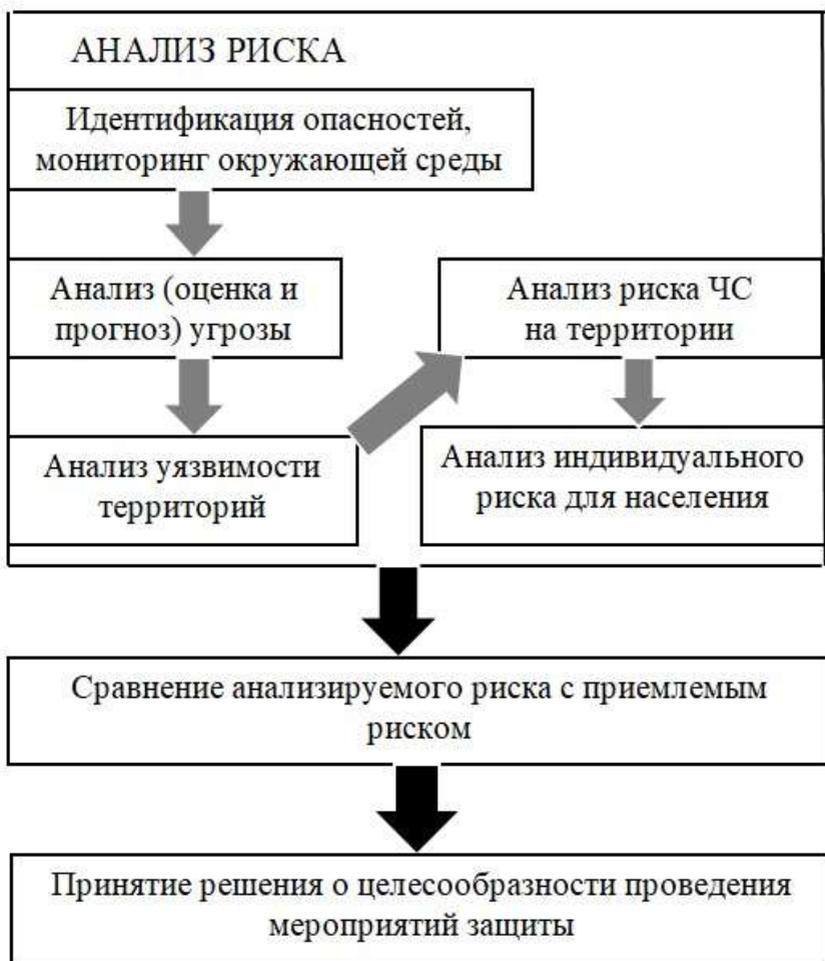


Рис. 11 Структурная система управления рисками

Технологические приемы, используемые в промышленном производстве и управленческие решения наряду

с идентификацией ЧС приводят к их минимизации в связи со структурной системой управления рисками.

Контрольные вопросы к теме 3:

1. Сформулируйте аксиомы опасности.
2. В чем суть технологического процесса и технологии управления.
3. Что подразумевается под идентификацией и пороговым уровнем опасности.
4. Что называют техногенной аварией.
5. Охарактеризуйте структурную систему управления рисками.

Тема 4. Моделирование риска

Конспект лекции

Модель – это совокупность закономерностей, свойств, ограничений, накладываемых на процесс или явление, в частности когнитивное моделирование, к чему применяется много абстрактных подходов (рис. 12).

Когнитивное моделирование

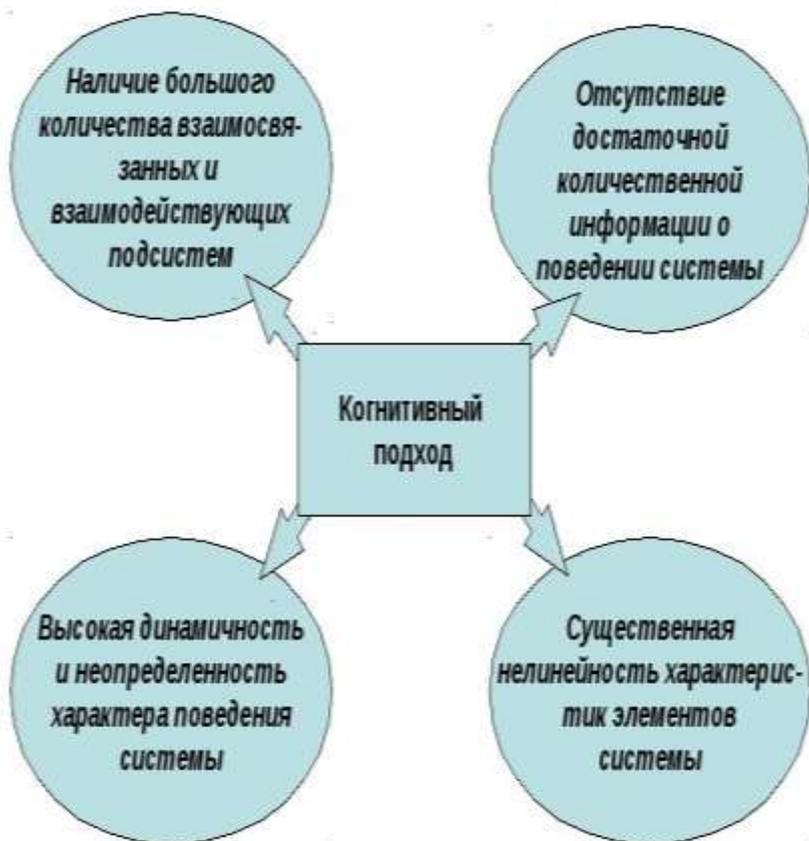


Рис. 12 Структура когнитивного моделирования

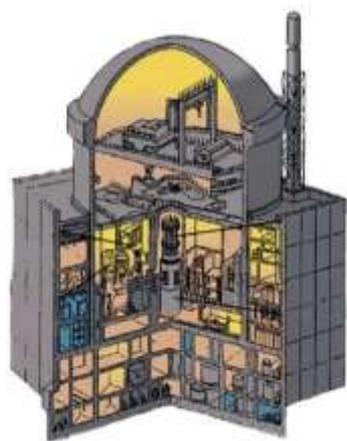
Анализ работы потенциально опасного объекта (ПОО) показывает, что даже при штатном функционировании влияние этих ПОО на окружающую среду связано как с социальным и психологическим воздействием на население, так и с определенной долей потенциальной опасности загрязнения среды опасными составляющими из-за не самых лучших технологий, неважной эффективности работы очистных устройств, не оперативных мероприятий по исключению негативных воздействий и других мероприятий. В этой части обращаемся к источнику [3].

Если исследовать отечественную и мировую практику, то выполнить полностью безаварийную работу объектов как машиностроительной, химической промышленности, так и других технологических объектов, не представляется возможным.

Обеспечение безопасности в промышленности предусматривает технические и организационные меры, которые включают мониторинг ПОО, разработку плана аварийной ликвидации и плана работы в ЧС на территории ПОО и вне его границ. Как известно, что каждый технологический процесс ориентируется на технологии, позволяющие существенно уменьшить вероятность аварий и снизить выброс опасных (отравляющих) веществ (ОВ) в окружающее пространство. Также необходимо учитывать, что оптимальное расположение ПОО может являться одним из методов стабилизации безопасности населения и природной среды. Любая территория, в пределах которой расположен объект, располагает определенной численностью населения и хозяйственной структурой. В связи с этим необходимо оценивать разные способы расположения объектов с применением шкалы показателей, дающих представление о состоянии окружающей среды, особенностях и функционале ПОО на случай возникновения аварийных си-

туаций. Одним из этих показателей меры оценки (критериев) будет риск запроектных аварий (не путать с проектной и тяжелой авариями) на примере работы Атомной электростанции (АЭС) (рис. 13).

ПРОЕКТНАЯ – авария, для которой в проекте атомной станции определены исходные события и конечные состояния и предусмотрены системы безопасности, обеспечивающие при независимом от исходного события отказе одного из элементов систем безопасности, учитываемом в проекте атомной станции, или при одной, независимой от исходного события, ошибке персонала ограничение ее последствий установленными для таких аварий пределами (НП-001-15). Такая авария не ведет к серьезным повреждениям активной зоны реактора, а ее последствия ограничиваются и устраняются системами безопасности в составе проекта РУ АЭС и действиями персонала.



ЗАПРОЕКТНАЯ – авария, вызванная не учитываемыми для проектных аварий исходными событиями или сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами элементов систем безопасности сверх единичного отказа, реализацией ошибочных решений персонала (НП-001-15).

Ослабление последствий достигается управлением запроектной аварией и/или реализацией планов мероприятий по защите персонала и населения.

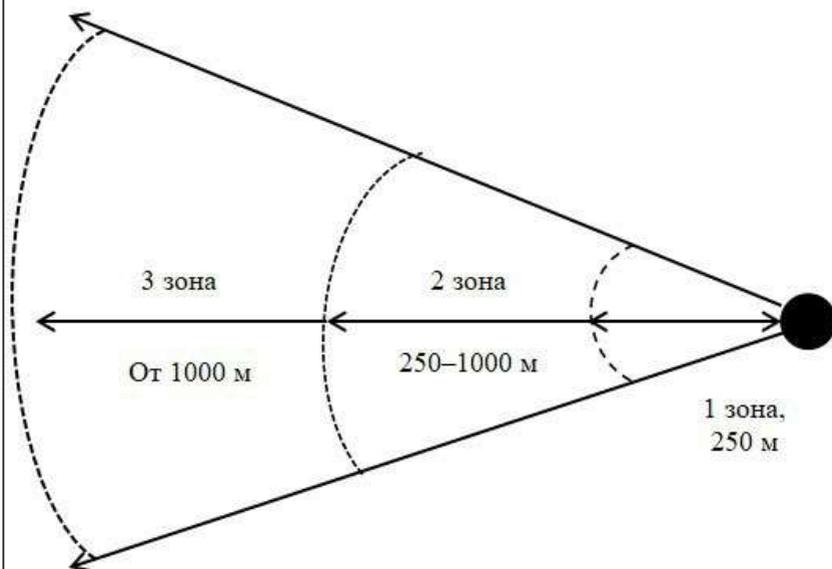
ТЯЖЕЛАЯ – запроектная авария с повреждением твэлов выше максимального проектного предела (НП-001-15). При этом оказываются превышены дозовые пределы для проектных аврий, что обуславливает необходимость проведения комплексных мероприятий по защите персонала и населения вплоть до эвакуации населения.

Рис. 13 Риски для трех сценариев аварийных ситуаций

Риск наступления запроектной аварии при работе ПОО заключается в том, что при ее возникновении всегда есть определенная вероятность нанесения ущерба окружающему населению. Чем ниже спрогнозированные последствия запроектной аварии, тем выше возможность использования данной площадки для ПОО.

Сценарий аварий на ПОО не всегда может быть структурно и точно спрогнозирован. При авариях существует возможность выхода (ОВ) в виде газа или аэрозоли с образованием области зараженной атмосферы, и ее движения по ходу ветра, отравления плодородного слоя земли, флоры, водных бассейнов и т. д. (рис. 14).

Зона химического заражения – территория или акватория, в пределах которой распространены ОХВ в концентрациях и количествах, опасных для жизни и здоровья людей, животных и растений.



Первая зона – зона смертельных токсодоз (зона опасного чрезвычайного заражения). На внешней границе 50 % людей получают смертельную токсодозу.

Вторая зона – зона поражающих токсодоз (зона опасного заражения). На внешней границе 50 % людей получают поражающую токсодозу.

Третья зона – зона дискомфорта (пороговая зона, зона заражения). На внешней границе люди испытывают дискомфорт.

Рис. 14 Предполагаемый сценарий аварии на ПОО

Известно, что газообразный и аэрозольный вид ОВ готов к боевому применению, и люди, которые находятся в области зараженной атмосферы, могут быть подвержены поражению разной степени тяжести, что может привести

квозможному ущербу, выражаемому вероятностной F-G диаграммой (рис 15).

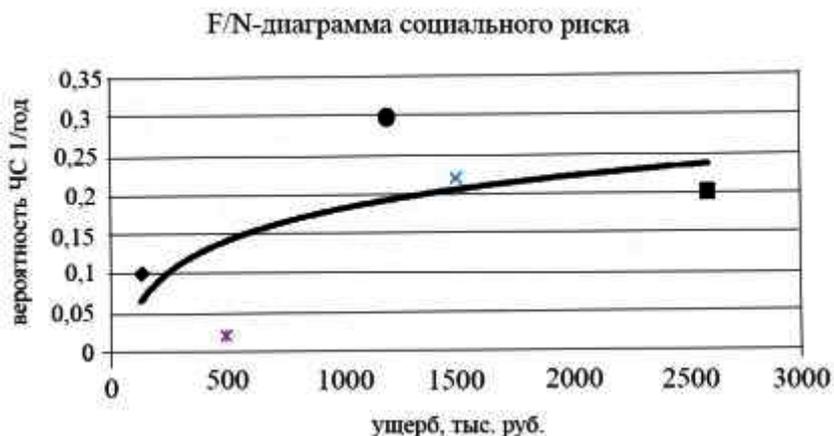


Рис. 15 F-G диаграмма социального риска

Вероятность начала таких аварий характеризуется:

- особенностями технологического процесса, которые соответствуют нарушениям этапов выполнения по:
 - технологической карте, где отражена обработка материалов, заготовок, сборки узлов с последовательностью проведения этих процессов, рабочие чертежи и применяемая оснастка;
 - операционной карте, в которой перечислена вся последовательность операций чистовой сборки практически готовых деталей и узлов с использованием доводочных инструментов;
 - маршрутной карте, в которой перечислены маршруты перемещения детали или заготовки от одного рабочего места к другому или между цехами;
 - используемому оборудованию с разными эксплуатационными параметрами;

- степени подготовленности персонала (переаттестация, опыт работы);
- времени, в течение которого функционирует данный технологический объект;
- интенсивности технологических операций (совершенствование, упрощение, введение автоматики);
- техническим факторам (работа конструкции при усталостном нагружении на рис. 16), предельном состоянии материала:
 - а) по потере несущей способности прочности, устойчивости и выносливости;
 - б) по возникновению недопустимых деформаций и прогибов;
 - в) по образованию и раскрытию трещин.

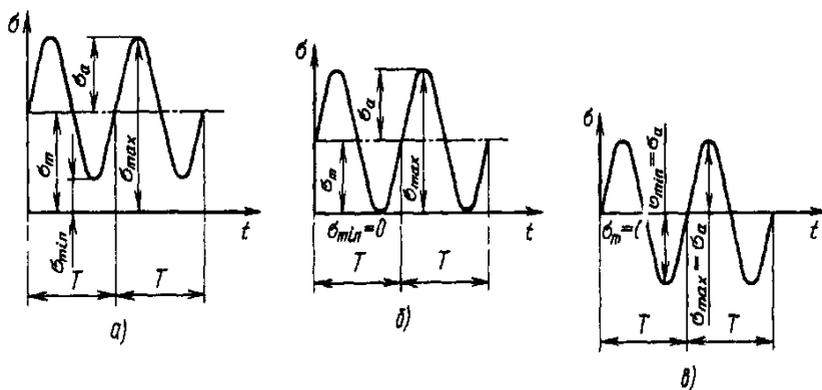


Рис. 16 Работа конструкции при усталостном нагружении в диаграмме напряжение–время $\sigma=\sigma(t)$

При ударном нагружении с определением коэффициента динамичности (рис. 17), релаксации напряжений и ползучести.

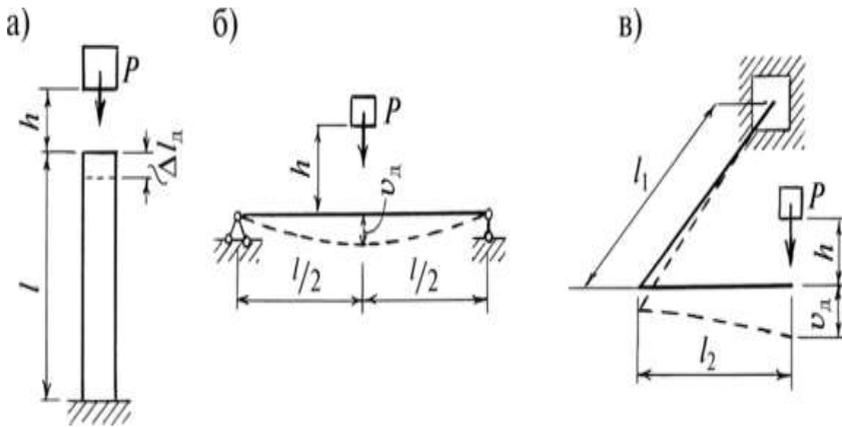


Рис. 17. Ударное нагружение

- а) и б) изгибные продольный и поперечный удары;
 в) при изгибе с кручением

– внешними неуправляемыми факторами (целенаправленная диверсия);

– человеческим фактором (ошибками эксплуатационного персонала), где методическая ошибка определения техногенного риска R примерно составляет значение, вычисляемое по формуле (7) [10].

$$\delta_M = \frac{\delta R}{R} = 0,02 \quad (7)$$

Ошибка непосредственного расхождения теоретических и экспериментальных значений техногенного риска составляет $\delta_{ТЭ}=0,05$.

Тогда суммарная ошибка определения риска соответствует формуле (8)

$$\delta = \sqrt{\delta_M^2 + \delta_{ТЭ}^2} = \sqrt{0,02^2 + 0,05^2} = 0,054 \quad (8)$$

Опасности, связанные с аварией, определяются:

- концентрацией ОВ при аварии, их физическими, химическими и токсическими параметрами. Например, в случае распространения некоторых ОВ максимальная угроза будет в начале движения и увеличения области действия паров ОВ, а в некоторых случаях – более опасно заражение подпочвенных вод;

- строительными особенностями застройки и коммуникациями;

- метеоусловиями и параметрами природной среды: рельефом, флорой, особенностями почвы, залеганием подпочвенных вод, расположением водных бассейнов и гидросооружений;

- самим фактором наличия окружающего населения.

Если такового в пределах зоны вероятного распространения ОВ в случае аварии не имеется, то потенциальная опасность близка в момент времени t нулю.

Количественный анализ последствий аварии проводится на основе математической модели, позволяющей знать работу технической системы и определиться с выбором стратегии уменьшения риска. Модель учитывает все важные моменты, которые в должной мере характеризуют работу системы. Надо стремиться к тому, чтобы она приняла более простой и понятный вид исследователю и введение исходных данных и анализ полученных результатов не расходились с практикой.

В математической модели применяются разные подходы технических дисциплин с использованием интегральных, дифференциальных, трансцендентных, канонических уравнений разного порядка сложности. В наиболее сложных случаях, когда работа системы зависит от многих слабо коррелированных между собой параметров, могут применяться методы Рунге-Кутты, Понತ್ರгина, золотого сечения, поградиентного

спуска, изотропного расширения начальной регулярной и нерегулярной поверхностей модели и другие методы.

Окончательными величинами работы математической модели риска запроектной аварии является математическое ожидание числа подвергшихся ущербу людей, регулярно живущих в районе, который подвергается угрозе при работе ПОО, если на нем или его технологической цепочке наступит в любое время потенциально возможная запроектная авария, которая может произойти по тем или иным причинам.

Аналитическую часть в общем виде можно представить так [3]. Математическое ожидание количества пораженных людей можно определить зависимостью (9):

$$M_0 = \iint_{\sigma=0}^{2\pi} \iint_{L=0}^{\infty} r(\sigma, L)p(\sigma, L) d\sigma dL, \quad (9)$$

где $r(\sigma, L)$ - расстояние от места положения до цели в полярных координатах;

$P(\sigma, L)$ – вероятность уничтожения цели в точке в координатах (σ, L) .

Вероятность уничтожения $P(\sigma, L)$ можно найти по формуле (10):

$$p(\sigma, L) = \alpha(\sigma)\beta(L, \sigma_0), \quad (10)$$

где $\alpha(\sigma)$ – вероятность того, что при ЧС реализуется ветер, шторм, ураган, и.т.д. $\sigma = \sigma_0$;

$\beta(L, \sigma_0)$ – вероятность уничтожения на расстоянии L от начала ЧС в направлении σ_0 .

Так как ЧС равно возможно в любое время, то $\alpha(\sigma)$ будет на основе негативного сценария в области.

Если не обращать внимания на параметры окружающей среды при распространении ОВ в случае ЧС и добавить поня-

тие среднестатистического параметра, то интегральная задача математического ожидания упрощается до уравнения (11):

$$M_0 = \int_{L=0}^{L=\infty} p(L) \int_{\sigma=0}^{\sigma=2\pi} r(\sigma, L) p(\sigma) d\sigma dL \quad (11)$$

Эта схема определения для запроектной аварии критерия риска может считаться одним из базовых аналитических способов его оценки [3].

При оценке прогнозирования риска предложены следующие подходы [11].

Моделирование индивидуального риска

Индивидуальный риск – это вероятность смерти одного из людей за год от разных обстоятельств на определенной территории. Отображение статистики индивидуального риска фиксируется на ситуационной карте предприятия, для которого возможна природная авария в прилегающих районах в виде равно-возможных замкнутых кривых риска – изолиний (рис. 18).

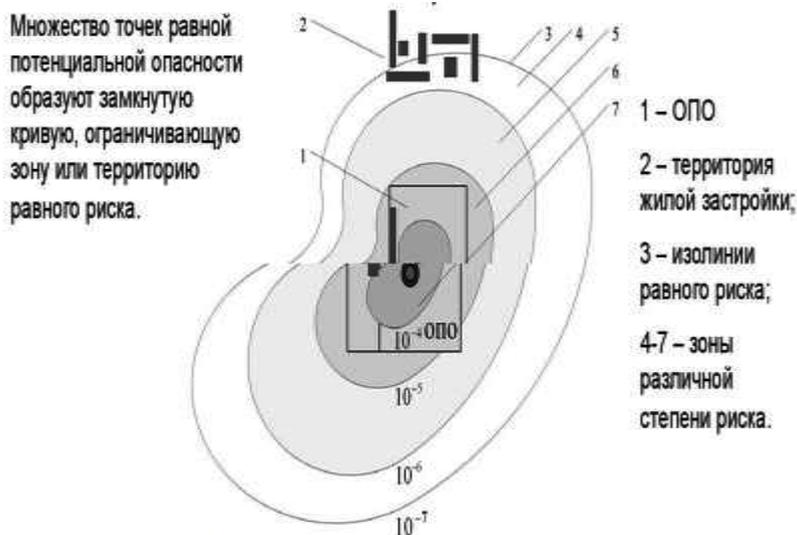


Рис. 18 Изолинии потенциальной опасности

Изолинии строятся при помощи формулы (12):

$$R_{и}(x, y) = \sum_{m \in M} \sum_{l \in L} p_{Q(x,y)} F(A_m), \quad (12)$$

где $P_{Q(x,y)}$ – индивидуальная вероятность действия на человека в координатной точке (x,y) Q -го опасного интенсивного фактора, соответствующего смерти (поражения) человека при том, что A_m -е опасное событие состоится;

$F(A_m)$ – повторяемость A_m -го события в течение года;

M – совокупность параметров, которые подтверждают опасные события;

L – совокупность параметров, которые подтверждают классификацию опасных событий.

Моделирование социального риска

Социальный риск представляет собой график частоты повторяемости событий, которые вызывают ущерб определенной части населения. Это выражается вероятностной F - N диаграммой, где социальный риск $R - F(N)$ представляет объем распространения ЧС (рис. 19).

Далее методом суперпозиции с применением правил вычисления интегралов площадей диаграмм F - N и F - G уточняется модель социального риска.

Социальный риск рекомендуется рассчитывать так (13):

$$R_c(N) = \sum_{m \in M} \sum_{l \in L} p\left(\frac{N}{Q_m}\right) p\left(\frac{Q_m}{A_l}\right) F(A_l), \quad (13)$$

где $P(N/Q_m)$ – вероятность смерти или нанесения травм N человек от Q_m -го негативного воздействия;

$P(Q_m/A_l)$ – вероятность начала действия Q_m -го негативного воздействия при состоявшемся A_l -м негативном событии.

Моделирование риска от аварий на пожароопасных и взрывоопасных объектах (ПВОО)

По мере завершения анализа на ПВОО всех возможных ЧС, хода их начала и продолжения, подсчета зон возможной опасности этих ЧС и оценки вероятности осуществления их негативного воздействия (H_i), расчет индивидуального риска ведется по зависимости (14):

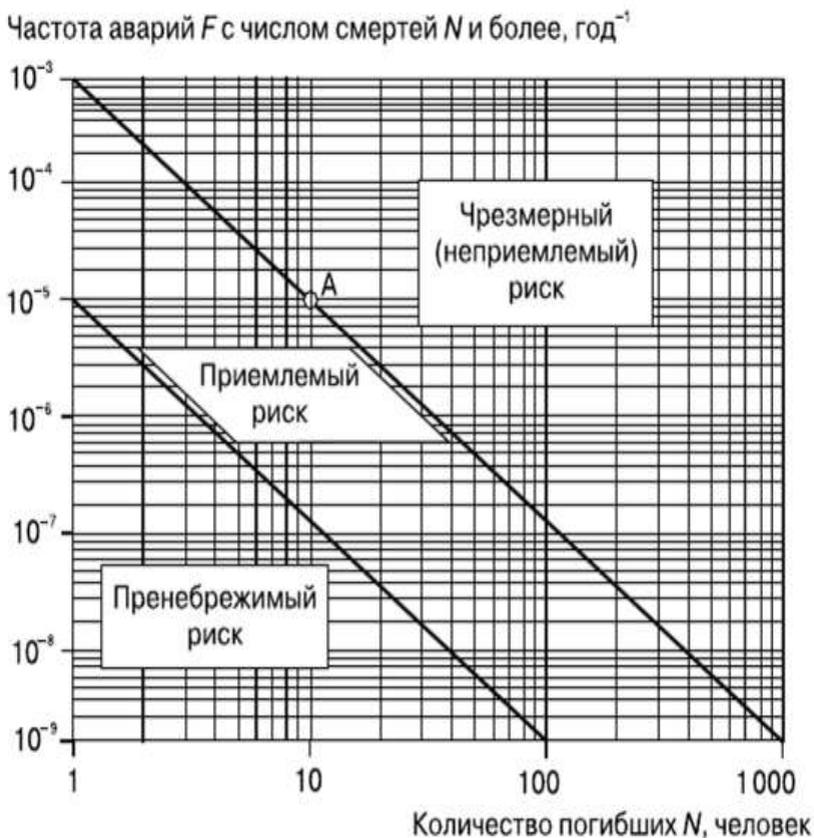


Рис. 19 F-N диаграмма социального риска

$$R_c = \frac{\sum_{x,y} R(x,y)N(x,y)}{\sum_{x,y} N(x,y)}, \quad (14)$$

где $N(x, y)$ – количество населения на территории с координатами (x, y) ;

$R(x, y)$ – индивидуальный риск на этой же территории, который определяют по формуле (15):

$$R(x, y) = \sum_{i,j} H_i E_{ij}(x, y)p_j \quad (15)$$

Более точно за H_i принимают вероятность негативного воздействия за год по сценарию i аварии, в ходе которой может произойти: разгерметизация резервуаров коррозией, не выполнение технологии производства, внешнего технически непредсказуемого влияния на техносферу и т. д.;

$E_{ij}(x, y)$ – вероятность поражения в j в точке (x, y) для сценария i аварии, в качестве которых могут быть представлены: тепловые перегрузки, воздействие ударной волны, разброс обломков зданий и сооружений при взрывной нагрузке и т.п.);

P_j – вероятность смертельного итога при реализации вероятностей $H_i, E_{ij}(x, y)$ одновременно.

Моделирование риска от аварий на химически опасных объектах на радиационно опасных объектах

По измеренной токсической дозе D в точке с координатами (x, y) математическое ожидание ущерба населению $M(N)$ находится по формуле (16):

$$M(N) = \iint_{S_r} p[D(x, y)]\Psi(x, y)dxdy, \quad (16)$$

где S_r – предел интегрирования – части города, или другого населенного пункта, в зоне которого люди могут пострадать в случае аварии на ПОО;

$\Psi(x, y)$ – плотность концентрации людей в области точки координат (x, y) ;

$P[D(x,y)]$ – вероятность ущерба населению от токсической дозы в городской зоне с координатами (x,y) , определяемыми из параметрического уравнения поражения населения ОБ;

$D(x,y)$ – опасная доза токсикации, которая определяется при переменных во времени в декартовых координатах из уравнения (17):

$$D(x, y) = \int_{t_0}^{t_k} \Omega(x, y, t) dt, \quad (17)$$

где $\Omega(x,y,t)$ – концентрация ОБ в атмосфере для точки в декартовой системе координат в текущее время t .

При вычислении математического ожидания ущерба учитывается переменна направления движения воздуха за год, согласно тождеству (18):

$$M(N) = \int_{S_r} \int_0^{2\pi} \int_{V_{min}}^{V_{max}} f(\theta, V) p[D(x, y)] \Psi(x, y) dV d\theta dx dy, \quad (18)$$

где $f(\theta, V)$ – функциональная зависимость движения θ и скорости V воздуха; v_{min} и v_{max} – абсолютные значения скорости воздуха.

Учитывая предыдущую зависимость, индивидуальный риск на ХОО можно скорректировать на РОО (19):

$$R_e = \frac{H}{N} \int_{S_r} \int_0^{2\pi} \int_{V_{min}}^{V_{max}} f(\theta, V) p[D(x, y)] \Psi(x, y) dV d\theta dx dy, \quad (19)$$

где H – вероятность аварии в течение года; N – численность населения.

Суммарно техногенный риск может быть актуализирован, подтвержденной практикой математической моделью.

При вычислении риска запроектной аварии, вместе с аналитикой, приведенной выше, используется метод Монте-Карло – метод статистического моделирования на условную группу 1000000 населения (рис. 20).

Моделирование методом Монте-Карло

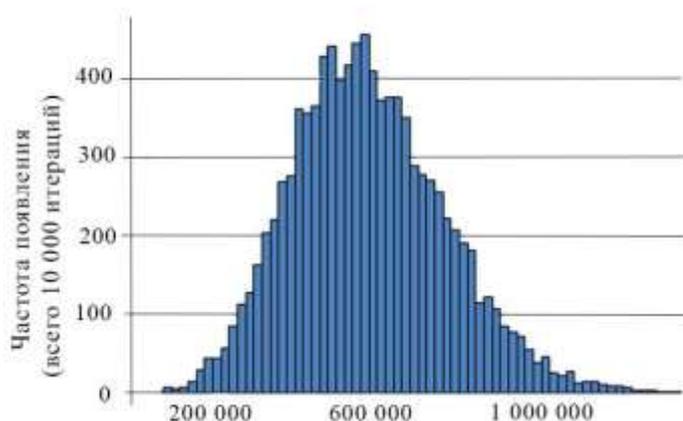


Рис. 20 Оценка техногенного риска методом Монте-Карло

Обобщенный алгоритм оценки риска методом статистического моделирования может состоять из следующих последовательных процедур:

Этап 1. При одинаковой вероятности случайных чисел устанавливается время, дата и месяц возникновения ЧС, которые могут быть согласованы периодами наработки, интенсивностью отказов, долговечностью, живучестью и другими параметрами, способствующими принятию верных управляющих решений.

Этап 2. Исходя из этапа 1, временно-вероятностных параметров аварий и с учетом статистики для конкретной местности делают прогноз на распределение метеоусловий, определяющих температуру окружающей среды и земли, ана-

лиз атмосферы, увеличение или уменьшение скорости и направления ветра и ряда других факторов.

Этап 3. При сформулированном перечне ЧС и с равновероятностной природой их возникновения этапа 2 определяется более точный тип аварии, который происходит на ПОО, и ее начальные параметры (число распространившегося ОВ, пространство распространения, наибольшая плотность в области аварии и т. д.) с учетом метеоусловий.

Этап 4. На основании нормальной или экспоненциальной модели перемещения примесей и начальных параметров, реализованных в этапах 1, 2, 3, подсчитывается величина охватываемой области поражения различного типа тяжести и ее размещение местности.

Этап 5. Из аналитического исследования математического ожидания распределения людей в зоне ПОО моделируется конкретное точное значение населения при возникновении аварии; определяют общее число человек, которые попали в исследуемую область поражения разного характера тяжести.

Эта модель оценки риска дает возможность узнать количество населения, которое пострадало из-за любой аварии, и она рекомендуется в качестве базового варианта проработки на ЭВМ. В дальнейшем делают анализ оценки математического ожидания и среднеквадратического отклонения количества нанесения ущерба на ПОО при запроектной аварии в виде дерева отказов, индексного и метода Монте-Карло на примере работы водонагревателей на ТЭЦ (рис. 21, 22), [12].

Аналогичный подход может быть применен и для оценки потенциальной опасности перевозок опасных грузов. При этом необходимо дополнительно ввести учет распределения населения на маршрутах перевозок, смоделировать время начала и окончания перевозок, конкретное время следования по маршруту.

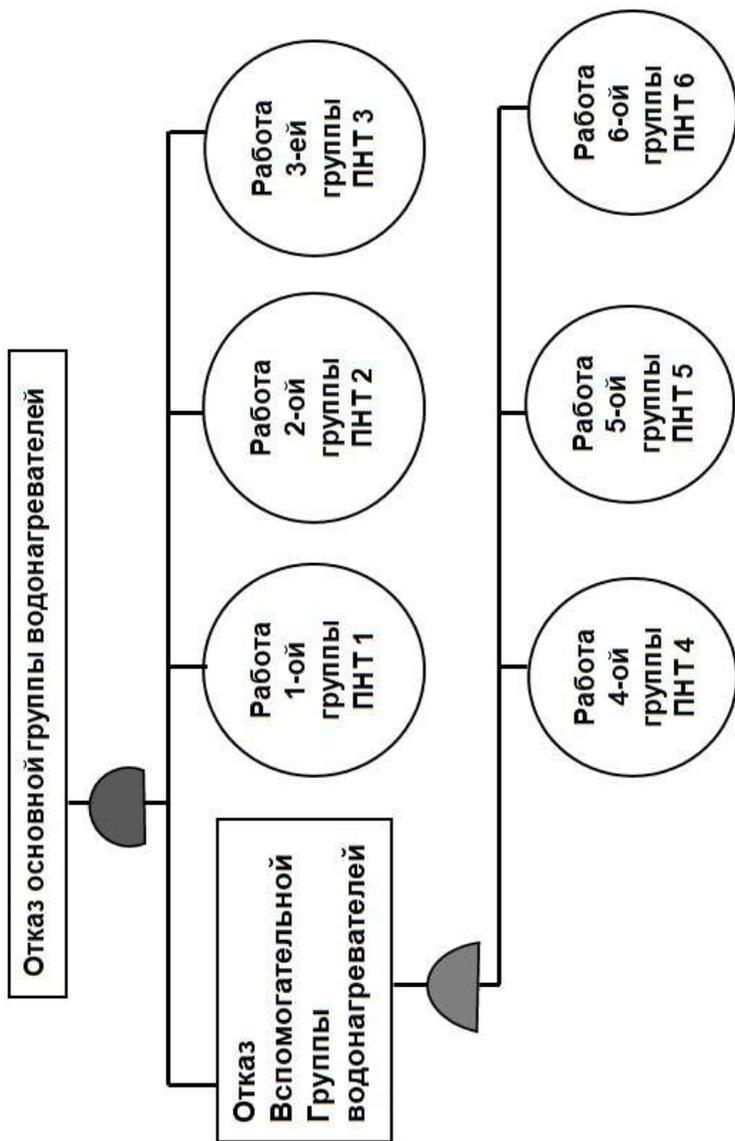


Рис. 21 Дерево отказов для системы из шести водонагревателей ТЭЦ, построенное в программной среде Open FTA

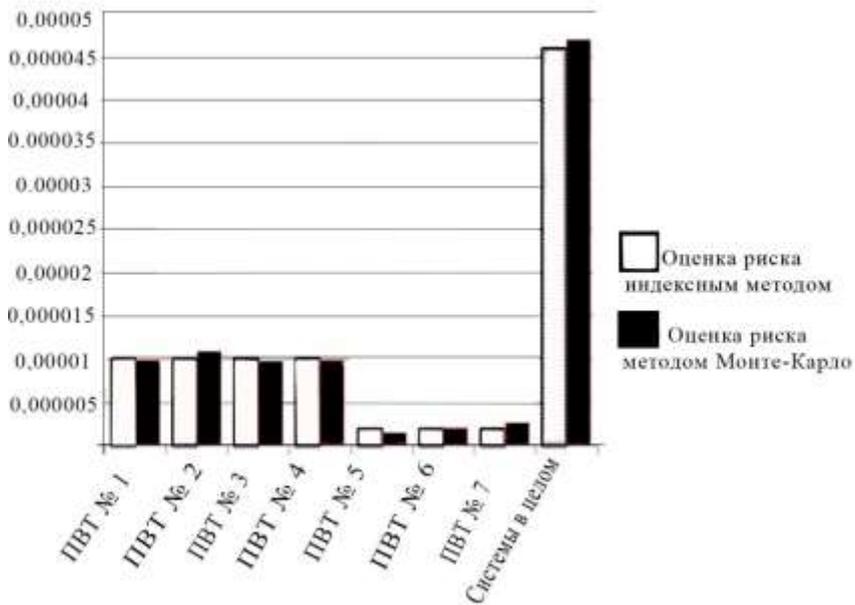


Рис. 22 Индексный и метод Монте-Карло на примере работы водонагревателей на ТЭЦ

Алгоритм оценки риска в виде когнитивного моделирования ситуаций на ПОО, применение F-N, F-G диаграмм, усталостный подход нагружения поможет наиболее точно смоделировать опасную ситуацию.

Контрольные вопросы к теме 4:

1. Сформулируйте понятие модели.
2. В чем разница запроектной и проектной аварий.
3. Основные этапы реализации моделирования индивидуального риска.
4. Основные этапы реализации моделирования социального риска.

5. Основные этапы реализации моделирования риска от аварий на пожароопасных и взрывоопасных объектах.
6. Основные этапы реализации моделирования на химически опасных объектах на радиационно опасных объектах.
7. Изложите методику обобщенного алгоритма оценки риска методом статистического моделирования.
8. В чем суть индексного метода оценки техногенного риска.
9. В чем суть структурного когнитивного моделирования.
10. Перечислите технические факторы возникновения техногенных рисков.

Тема 5. Структура организации информационных технологий управления риском

Конспект лекции

Существующая статистика управления риском указывает на то, что последовательность указанных выше действий ведет к выработке системных решений [2; 3].

И в этом случае необходимо решить совокупность следующих задач технических, информационных, социально-экономических, экологических и политических. Это все находится в стадии разработки новой технологии – «Технология управления риском» (ТУР). Следует отметить, что уже есть структурированная модель ТУР, которая в методическом плане дает наглядное представление об объединении теории и практики в сфере управления техногенным риском и сопряженных с ним другими рисками [1-3].

Представляется, что ТУР должна базироваться на последовательно построенных блок-схемах. Это построение дает возможность разделять и объединять специальные работы, которые обеспечивают и развивают государственные или отраслевые коммерческие организации.

Блок-схема 1 – информационно-аналитическая. Включает накопление, систематизацию и проведение анализа информации. Организуется компьютерная систематизированная база данных, которые содержат первые сведения для ТУР.

Блок-схема 2 – исследовательская. Она дает возможность поддержки ТУР в виде пакетных программ, методических указаний и свода правил, которые соответствуют работающим объектам, технологиям и данным природной среды.

Блок-схема 3 – аналитическая экспертиза и прогнозирование исследований. На основании данных предыдущих блок-схем проводится «рисковый мониторинг», делается про-

гнозирование риска и что за ним будет, рассчитывается ущерб рискованной ситуации, вырабатываются рекомендации и решения стратегических и тактических действий, выбор средства защиты.

Блок-схема 4 – управленческая. Строится основной сценарий управления риском и это завершает этап аналитической экспертизы и прогнозирования. Руководство:

- вырабатывает подход к целям, задачам и объектам прогнозирования и управления;
- формирует общее мнение о развитии риска и способах управления им;
- занимается планированием и взаимодействием между службами защиты.

В результате полной обработки информации блок-схем может быть построен достаточно точный подход в виде применения теории графов, механики разрушения, ресурса обеспечения машин и конструкций, химических процессов в виде принятия конструкторско-технологических и вероятностно-статистических решений по техногенному риску. Граничные условия вводятся на информацию и материальные ресурсы.

При организации ТУР учитывают собственные им характеристики:

- сочетание внешних и внутренних условий развития риска;
- выявление основных параметров риска;
- недостаточная точность в оценке вновь возникающих проблем;
- выбор критериев принятия решений и их принятие;
- компромисс между решениями, действиями и использованием времени в ходе реализации ТУР.

Исходя из этого, для реализации ТУР используют территориальный и отраслевой признаки с информационно-аналитическим обеспечением и дальнейшим техническим продвижением [3].

Номенклатура перечисленных выше характеристик определяется содержанием каждой блок-схемы с разработкой соответствующих процедур с соблюдением Федеральных Законов «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», «Законом РФ об охране окружающей природной среды» и др. законодательными актами.

Услуги ТУР могут быть востребованы:

- при получении лицензии на проектирование, строительство и эксплуатации;
- при анализе различных рисков перед принятием финансовых решений в проекты;
- при приобретении новых или отказе от старых технологий;
- при диагностической проверке конструкций и технологий производства;
- при проведении страховых операций;
- при разрешении ситуаций в случае ЧС на промышленном объекте;
- при трастовых операциях на предприятии и т. д.

В настоящее время ТУР можно представить в виде информационных блок-схем, услуг и их характеристик.

Контрольные вопросы к теме 5:

1. Какие существуют блок-схемы ТУР, и что подразумевается в их функциональном назначении.
2. Перечислите основные организационные характеристики ТУР.
3. Что входит в спектр услуг, предоставляемых ТУР.

Тема 6. Совершенствование методов моделирования как методов оценки рисков и дальнейшее развитие положений ТУР

Конспект лекции

Непосредственно смотрим тему «Моделирование риска». Риски классифицируют по степени угрозы, возможным последствиям соответствующей ЧС, необходимости оправданности данного риска, его и по другим признакам (рис. 23, 24), [2].

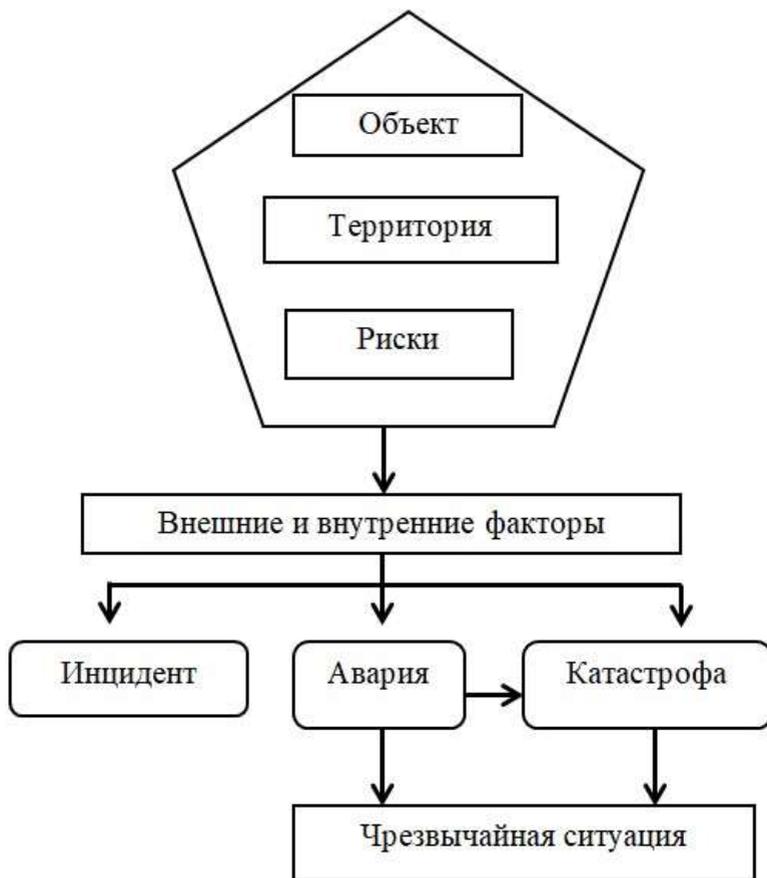


Рис. 23 Схема развития ЧС

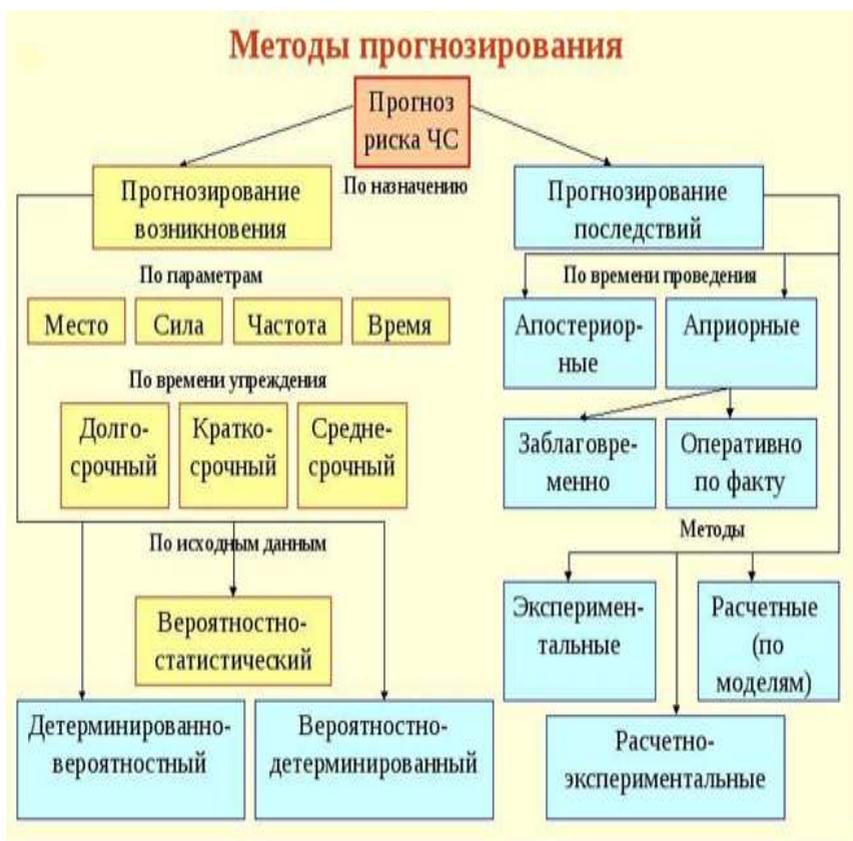


Рис. 24 Схема возникновения рисков

Риск техногенного характера предполагает взаимодействие социальной сферы с жизненными процессами в рамках техносферы.

Интенсивность развития техносферы привела к отрицательным результатам, что подтолкнуло к ухудшению развития производства и общества и мировым экологическим проблемам, в основном, обусловленным увеличением расхождения между природой и обществом, усилением антропогенного влияния и другими негативными факторами. Следствием такого состояния техносферы стало многократное увеличение

на ее объектах аварийных и техногенных катастроф, с тяжелыми последствиями.

Основным понятием ЧС 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.

Практика показала, что основное число ЧС – это результат реализации техногенных рисков, и в качестве субъекта риска могут выступать: природная среда, население, техно-сферный объект и т. д. [2-7].

Практика показала, что основное число ЧС – это результат реализации техногенных рисков и в качестве субъекта риска могут выступать: природная среда, население, техно-сферный объект рисунок 25. и т.д. [2-7].

Однако эта слишком объемно и сведем все к социальному риску, который может быть: добровольным, вынужденным (вмененным), мотивированным, немотивированным. Эту классификацию удобнее представить табл. 3 [2].

Таблица 3

Классификация субъектов и объектов риска по ПОО

Субъект риска (источник)	Объект риска (реципиент – то, что может пострадать)		
	Природный	Социальный	Техногенный
Природный	Природный	Природно-социальный	Природно-техногенный
Социальный	Социо-природный	Социальный	Социо-техногенный
Техногенный	Техно-природный	Техно-социальный	Техногенный

Для принятия управленческого решения необходимо знать следующие источники техногенных ЧС:

- транспортные аварии;
- пожары, взрывы в зданиях, на коммуникациях, технологическом оборудовании промышленных объектов, а зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения;
- аварии с распространением химических ОВ; радиоактивных веществ; биологических ОВ;
- крушение производственных зданий, сооружений, пород, зданий и сооружений, жилого, социально-бытового и культурного назначения;
- аварии на электрических, энергетических, коммунальных объектах, на сооружениях очистки;
- аварийные разливы через плотины, дамбы, шлюзы.



Рис. 25 Техносферный высотный офисный объект, как ПОО, расположенный на пересечении улиц Орджоникидзе и Ленина г. Ижевска

Источники природных ЧС:

Землетрясения, обвалы, осыпи, лавины, усадка земли, бури, ураганы, смерчи, шквалы, сильные дожди и снегопады, гололед, морозы, метель, туманы, заморозки, засуха, наводнения, низкий или высокий уровень воды, ледостав, природные пожары.

Социально-биологические ЧС:

Пандемия и отравления населения и сельскохозяйственных животных, поражения болезнями и вредителями сельскохозяйственных растений.

Аварии и катастрофы различают и по виду опасностей.

Обеспечение безопасности является важнейшим свойством систем жизнедеятельности в пределах государства, города, дома, производственного предприятия и т. д.

Человек в разной степени рискует, подвергаясь тем или иным опасностям, что можно представить в разных аспектах:

- в виде объекта, подвергающегося опасным факторам;
- как субъекта способного принести ущерб людям, государству, объединениям и обществу;
- по его здоровью и безопасности по отношению к самому себе.

Безопасность производственных организаций заключается:

в воздействии негативных факторов, нестабильности работы к субъекту, объекту, внутренней среде, правовых нормах, в сфере хозяйственной деятельности, технологиях производства, снижении квалификации персонала и т. д.

Для страны могут возникнуть стратегические риски, которые связаны с опасностями для развития государства. Кроме того, государство по своему предназначению призвано обеспечивать безопасность населения страны.

Машинная цивилизация увеличила защищенность населения от негативных воздействий, но одновременно породила целый ряд рискованных ситуаций.

Ущерб от любой ЧС в исходном варианте оценивается по числу погибших и пострадавших людей, но гибель людей практически никогда не бывает единственным результатом ЧС имеют место различные виды ущерба для разных объектов риска: людей, организаций, природы, объектов техносферы. Некоторые последствия проявляются спустя продолжительное время, что не так просто смоделировать.

Вопросы ТУР требуют решения вопросов по идентификации, аналитической оценке, определению и проведению мер по снижению риска, а также группировки однотипных рисков в виде доведения информации до ответственных субъектов и населения.

Рискованная ситуация является прерогативой для любого человека. ТУР дает возможность его корректировки и принятия оптимальных управленческих решений. Все риски можно систематизировать и минимизировать с помощью выработки единого научно-практического подхода с применением теории вероятностей и теории риска, а также с использованием других современных информационно-технических возможностей.

Как уже говорилось в теме «Управление рисками ЧС и техногенный риск» необходим анализ управления риском, что заключается в исследовании влияющих на риск факторов и на основе этого разрабатываются и внедряются мероприятия по уменьшению риска (рис. 26), [2; 3].

ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ



Рис. 26 Содержание задачи управления

Примечание. Подсчитывается вероятность проявления риска и оценивается возможный ущерб.

Вероятность до 10 % – очень низкая

10 % – 25 % – низкая

25 % – 50 % – средняя

50 % – 75 % – высокая

Более 75 % – очень высокая.

Выше отмечалось, что риск проецируется конгруентно человеком и обществом, где выделяются согласно ГОСТ Р МЭК 31010-2021 «Надежность в технике. Методы оценки риска»:

- объективный риск, критерием которого являются статистические данные аварийных событий или мониторинг с применением стохастического моделирования, а также их совокупность;
- субъективный риск требует знаний специалиста или экспертной группы субъективной вероятности. Субъективная оценка вероятности аналогична субъективной оценке при измерении технических параметров и менее точная, чем объективная и на первых порах можно использовать

зависимости оценки субъективной ошибки из темы «Моделирование риска»

Свойства проявления риска можно исследовать в следующей хронологии [2; 3]:

– риск многомерен, сложен и связан со случайными безопасными или опасными ситуациями;

– риска может произойти или не произойти;

– существует прямая связь между риском – окружающей средой, человеком и техносферой;

– риск имеет относительное, например, плотность вероятности возникновения индивидуального риска при возникновении ЧС или абсолютное измерение, например, число единиц техники, примененной для устранения аварийной ситуации.

Сейчас используются следующие концепции риска. Разделим их на шесть позиций.

1. Опасность или угроза рассматривают риск наступления возможности событий с катастрофическими последствиями, то есть возможность реализации предполагаемой опасности.

2. Риск-менеджмент будет представлять вероятность наступления аварийных событий в совокупности с затратами.

3. Процесс менеджмента риска (рис. 27).

4. Риск в виде взаимосвязи рисков и прибыли (биржевые операции).

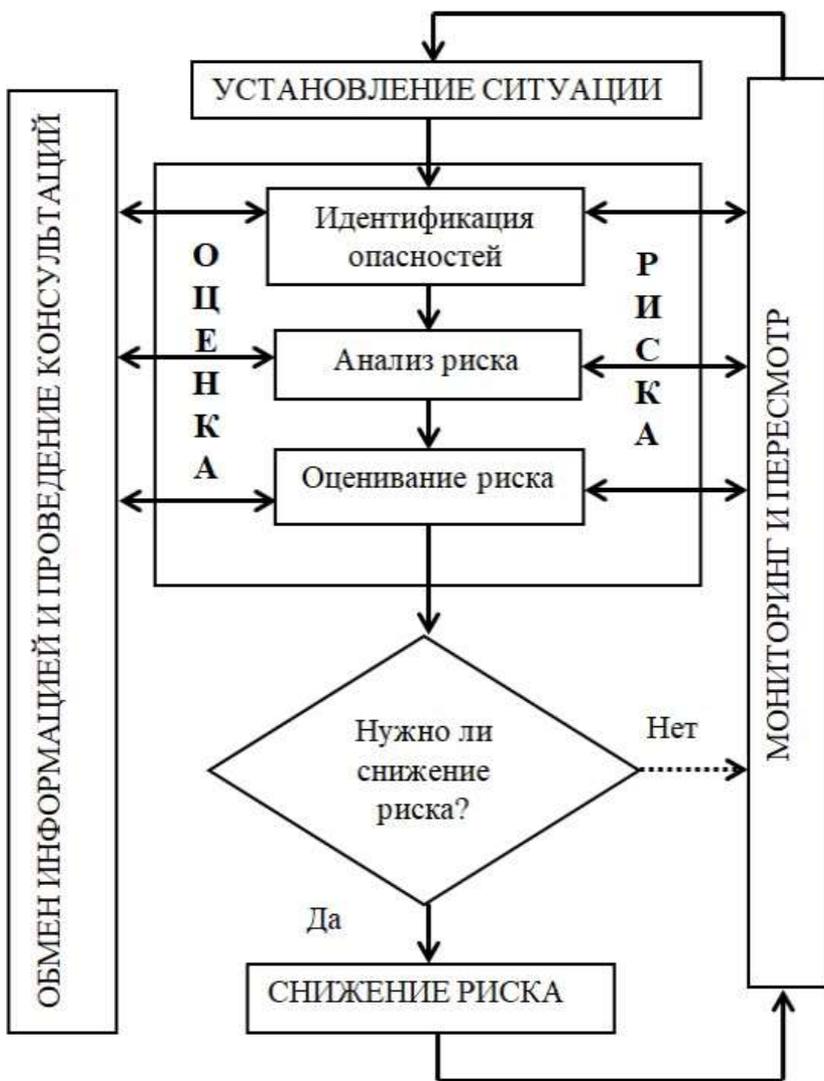


Рис. 27 Процесс менеджмента риска

5. Риск в виде неопределенности предопределяет рассуждения в виде вероятностного распределения положительных и отрицательных событий, где предусматривается сглаживание

решений в рамках ТУР осуществлении риск-менеджмента. Более подробная информация представлена в материалах конференции «Проблемы неопределенностей и допустимости оценки риска» 23.11.2015.

6. Все положения должны быть согласованы с Федеральным законом Российской Федерации от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «О техническом регулировании» (с изм. и доп., вступ. в силу с 23.12.2021), в частности [2]:

- поддержка граждан;
- сохранение природной среды;
- техническая поддержка и требования к работе предприятий;
- энергетическая эффективность работы предприятий.

По этой теме следует обратить внимание на схемы развития и прогнозирования рисков в пределах ТУР по ПОО в рамках четырех концепций риска с учетом позиций менеджмента риска.

Контрольные вопросы к теме 6:

1. Опишите схему развития ЧС.
2. Опишите схему возникновения рисков.
3. Какая существует классификация субъектов и объектов риска по ПОО.
4. В чем заключаются задачи управления рисками.
5. Перечислите четыре позиции управления рисками.
6. Что представляет собой менеджмент риска.

Тема 7. Меры снижения риска

Конспект лекции

В этой теме речь идет о саморегулировании, т. е. о скоординированной деятельности руководителей и подчиненных на местах для уменьшения опасности возникновения ЧС с использованием критериальных показателей снижения ЧС до допустимого или удержания ЧС в установленном допустимом диапазоне (рис. 24). Смотрим Тему 2 «Надежность системы управления. Технологии безопасности» и ГОСТ Р 55059-2012. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения». Утв. приказом Росстандарта от 12.11.2012 № 724-ст. (рис. 28).

Меры, направляемые на отказ от риска (эвакуация)	Меры, направляемые на передачу риска (страхование)
Меры, направляемые на снижение риска	Меры, направляемые на принятие риска (создание резервов)

Рис. 28 Мероприятия по самоуправлению риском

Саморегулирование представляет собой личностные и коллективные действия регулярного уменьшения риска. Конструктивные и профессиональные меры предполагают своевременное и непрерывное действия, которые направлены

нарастание материальных резервов при обеспечении контроля над снижением рискованных ситуаций [2; 3]. Это подтверждается регулирующими документами и двумя направлениями технического регулирования в Российской Федерации.

Первое направление проводится подразделениями надзорных и регулирующих организаций, которые подвергаются периодическим структурным изменениям. Указанное направление лишь частично отвечает экономическому подходу развития страны и современным подходам законодательного регулирования. По-прежнему совокупность требований безопасности к ПОО ведет к избыточности нормативных документов в техническом регулировании, что может вызвать административное давление на предприятия. Исходя из этого, обеспечение единых подходов и действий по обеспечению промышленной безопасности препятствует государственному регулированию в отношении ПОО, обеспечение безопасности которых имеет преобладающее значение для общества и государства.

Второе направление представляет деятельность системных управляющих, технических представителей и участников системы промышленной безопасности, создающих современные правообразующие документы в деятельности обеспечения промышленной безопасности, которые пытаются перевести системы обеспечения промышленной безопасности ПОО в сжатые сроки в саморегулирующие организации, что было предметом обсуждения в Государственной Думе Федерального Собрания Российской Федерации в теме «Об обеспечении безопасности опасных производственных объектов».

Сейчас существует большое число зарегистрированных саморегулируемых организаций (СРО), осуществляющих процесс проведения экспертизы безопасности и оценки соответствия в промышленности: строителям, изыскателям, про-

ектировщикам, кадастровым инженерам, энергетикам. Осуществление функционирования государственного реестра СРО проводит Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) [13].

Имеем в виду, что правовая деятельность СРО представляет собой специально организованные профессиональные институты регулирования в обществе, которые объединяют людей, которые участвуют в самых различных видах трудового процесса, связанного с техногенным риском установленного Федеральным законом от 01.12.2007 № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях». В этом документе отмечены характеристики СРО, которые устанавливают порядок организационной деятельности и функционал взаимных отношений между коллективами СРО и что представляется более важным между органами государственной власти и местного самоуправления и СРО, в связи с ТУР.

Саморегулирование имеет непосредственное отношение к ведению предпринимательской, организационной или профессиональной деятельности субъектов, которые включены в сферу работы СРО. При этом следует помнить, что СРО осуществляет некоммерческую деятельность и имеет структуру отраслевого принципа организации работы. СРО наделена функциями создания и корректировки отраслевых стандартов деятельности, не только полностью соответствующим законодательным документам, но и часто опережающие их. Следует отметить, что СРО способно выполнять регулирующие действия в рыночных операциях и способствовать улучшению работы сотрудников, которые трудятся в таких организациях и это можно и необходимо использовать в целях улучшения работы ТУР.

Одной из главных задач СРО является урегулирование коммерческих интересов самозанятых при ведении ТУР с государством. В ходе разбирательств в конкретных спорных вопросах между федеральными или региональными исполнительными органами власти и представителями СРО противодействовать государству от имени конкретного субъекта будет сама СРО, что может перевести механизм изучения происхождения и регулирования конкретного риска в совершенно другую плоскость изучения.

Организованный диалог и действия СРО с государством приобретает преимущественный характер над индивидуальной инициативой, и критерий техногенного риска может стать несколько другим. Следует также обратить внимание на то, что одной из главных задач СРО является задача регулятора при возникновении споров между сотрудниками конкретной организации и к тому же между ними и потребителями представляемых ими услуг и продукции. На данный момент времени и в сложившихся условиях саморегулирование – это относительно новое и недостаточно изученное явление современных методик оценки техногенных рисков. В то же время на уровнях различных отраслей такие саморегулируемые организации существуют, и их опыт можно перенять для более объективной оценки рисков в ЧС. Термин «организация саморегулирования» закреплен законодательными актами, в частности Федеральным законом «О саморегулируемых организациях» от 01.12.2007 № 315-ФЗ (последняя редакция).

Здесь необходимо отметить, что СРО определяет сферу защиты интересов предпринимателей, выстраиваемых с госслужбами в области ТУР. При появлении различных разногласий между федеральными (региональными) органами исполнительной власти и представителями СРО, оказывать про-

тивостояние официальным государственным служащим в лице данного представителя будет само такое же объединение, что может переводить всю ситуацию выяснения отношений в проекции на соответствующую рисковую ситуацию. Индивидуальное противостояние предпринимающей структуры государству переходит в коллективное противостояние.

Следует обратить внимание на то, что одна из важнейших задач саморегулируемой организации является задача участия посредника в ходе разбора конфликтных ситуаций коллектива соответствующей структуры при предоставлении услуг ТУР. При саморегулировании возникающих техногенных рисков следует учитывать растущие требования на качество их устранения в виде разработки и применения новых стандартов устранения аварийных ситуаций, которые не отражены напрямую в законах и иных технических документах, но без применения судебных разбирательств. Сошлемся на наработанный опыт экспертных действий в области исследования техногенного риска научно-технического центра «Промышленная безопасность». Здесь действует саморегулирование в области промышленной безопасности. Но при высококлассном командном составе этой деятельной организации многие действия ТУР были слишком формализованы, что стало источником появления на соответствующих территориях, косвенно находящихся под контролем МЧС предприятий и организаций, делающих определенную работу для получения соответствующей аккредитации, но не имеющих возможность качественно работать и оказывать услуги в области промышленной безопасности в рамках ТУР. На основании этого схема устройства саморегулирования в области проектирования, управления и исполнения оказалась очень трудной и часто не прогнозируемой. Последнее утверждение оказалось достаточ-

но спорным и многие решения не были предварительно продуманы в соответствующем порядке.

В области ТУР вводятся изменения, которые направлены на совершенствование процедуры саморегулирования согласно текущим требованиям по техногенному риску, но не так легко представить, когда все это может быть реализовано. Иными словами, такие резкие изменения в области технического регулировании и работы соответствующих отраслей могут добавить рискованных ситуаций, связанных с невыполнением требований по взаимодействию государства и рыночной конъюнктуры, сложностью принятия достоверных решений и создания нормативной и регулирующей базы информации по ТУР. Риски такого плана необходимо исключить из сферы поддержания безопасной работы ПОО. Промышленная безопасность и экспертиза техногенных объектов – это обязательная доля снижения рисков, и не предполагающая произвольного подхода для осуществления новых форм технического регулирования. Следует отметить, что альтернатива лицензированию при проведении экспертизы промышленной безопасности в авторизованных экспертных организациях в СРО является разумным подходом при государственной поддержке с ориентировкой на критериальный подход к решению вопросов ТУР (рис. 29), [13].

В конце изучения этой темы следует обратить внимание на мероприятия по самоуправлению риском в пределах регулирующих документов технического регулирования РФ, а также на сферу деятельности СРО под контролем МЧС проведения работ ТУР.

Контрольные вопросы к теме 7:

1. Перечислите основные мероприятия по самоуправлению риском.

2. Что такое СРО и их взаимодействие с государственными органами по уменьшению техногенных рисков.
3. В чем заключается функция саморегулирования в ТУР.
4. Какие новые формы технического регулирования управления вы знаете. Перечислите критерии техногенного риска и поясните их суть на основе рис. 29.
5. В чем сходство и разница в подходах к работе СРО и государственных организаций.

Критерии техногенного риска:	
1	КОЛИЧЕСТВЕННО ХАРАКТЕРИЗУЮТ ОПАСНОСТЬ
2	ОТРАЖАЮТ ЦЕЛЕВУЮ НАПРАВЛЕННОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТЫ
3	ЧУВСТВИТЕЛЬНЫ К ИЗМЕНЕНИЮ УСЛОВИЙ
4	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ БАЗИРУЕТСЯ НА МОДЕЛЯХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ОПАСНОСТЬ И РЕАКЦИЮ ОБЪЕКТОВ НА ЭТУ ОПАСНОСТЬ
5	ОЦЕНИВАЕТСЯ ПО ДОСТУПНОЙ ИНФОРМАЦИИ
6	ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ ВЕРОЯТНОСТНЫМИ МЕТОДАМИ С УЧЕТОМ СЛУЧАЙНОГО ХАРАКТЕРА ПРОЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ РИСКА.

Рис. 29 Критериальные характеристики обеспечения СРО в ТУР

Тема 8. Методологические подходы к анализу и оценке риска в чрезвычайных ситуациях

Конспект лекции

Дополняя Тему 3. «Технология управления. Идентификация опасностей» укажем, что для более успешного осуществления ТУР после идентификации опасностей необходимо оценить уровень риска, вероятность наступления негативных событий и связанный с ними возможный ущерб. Это подтверждается материалом, представленным в табл. 4.

Затем используется оценка риска, которая разграничивается по количественным и качественным признакам. По-прежнему дополняем эти признаки в виде методов анализа риска укрупненно [2-7]:

Феноменологический заключается в определении угрозы возникновения опасностей на основе существующих баз данных для ПОО функционирования в различных условиях.

Детерминированный структурно взят на стыке математических дисциплин и представляет собой аналитический подход изучения аварийных ситуаций в определенной логической последовательности, в частности используя тему 4 «Моделирование риска».

Вероятностный представляет собой расчет непрерывных и дискретных случайных величин, характеризующих состоявшиеся или предполагаемые ЧС с дополнением инструментов математической статистики.

Экспертный включает в себя профессиональный подход руководящего состава предприятий и организаций, исследователей, конструкторов, технологов и инженеров к оценке аварийной ситуации, в частности используя, материалы Темы 1 «Управление рисками в чрезвычайных ситуациях и техногенный риск».

Предполагается комбинированное использование этих методов по степени значимости событий.

Таблица 4

Структура ущерба от аварии на опасных производственных объектах

УЩЕРБ ОТ АВАРИИ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ					
<i>Прямые потери</i>	<i>Затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии</i>	<i>Социально-экономические потери</i>	<i>Косвенный ущерб</i>	<i>Экологический ущерб</i>	<i>Потери от выбытия трудовых ресурсов</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Потери основных фондов • Потери товарно-материальных ценностей • Потери имущества третьих лиц 	<ul style="list-style-type: none"> • Расходы на локализацию (ликвидацию) аварии • Расходы на расследование аварии 	<ul style="list-style-type: none"> • Потери от гибели персонала • Потери от травмирования персонала • Потери от гибели третьих лиц • Потери от травмирования третьих лиц 	<ul style="list-style-type: none"> • Зарплата и условно-постоянные расходы за время простоя • Недополученная прибыль во время простоя • Убытки от уплаты штрафов, пени • Недополученная прибыль третьих лиц 	<ul style="list-style-type: none"> • Ущерб от загрязнения атмосферы • Ущерб от загрязнения водных ресурсов • Ущерб от загрязнения почвы • Ущерб от загрязнения экологических ресурсов • Ущерб от засорения территории обломками 	

Рассмотрим более детально пункты 1–5.

Качественный анализ рисков основывается на рассуждениях и понятиях с использованием булевой алгебры и нечетких рассуждений. В рамках этих действий идет идентификация вариантов предполагаемых рисков, ликвидаций ущербов, организации возможных мероприятий, которые направлены на снижение отрицательного действия рисков и распространения регламентов ТУР.

В дополнении Темы 7 «Меры снижения риска» метод экспертных оценок основан по-прежнему на обработке мнений профессионалов в соответствующей области ТУР. Здесь приходится ориентироваться на сравнительно-субъективную оценку рисков по уточненной ниже информации.

Методология оценок экспертов заключается в том, что специалисты высказывают мнение по вопросам технологичности управления системами, которые характеризуются нечеткими параметрами или несвойственными характеристиками. Экспертные оценки оформляются в виде качественных или количественных значений вероятностей рассматриваемых событий, где в качестве аргумента преимущественно рассматривается время. В этой связи формируется, хорошо оправдавшая себя балльная шкала, используемой экспертами. Оценка по баллам, как показала практика, соответствию возникновения рисков составляет от 3 до 8, где в итерации заложен вероятностный промежуток или определенная вероятность события. Каждая итерация сопровождается логической цепочкой решения вопроса [2; 3].

Конечно, этот метод не лишен недостатков из-за отсутствия гарантий точности полученных баллов и сложности в организации опроса экспертов и анализе имеющихся данных. Первый недостаток фундаментален и труднопреодолим,

но решаем, а второй недостаток хорошо устраняется с помощью грамотных организационно-финансовых решений. Достоверность экспертных баллов увеличивается путем отбора экспертов и количественным способом обработки высказываний экспертов.

Статистическая или вероятностная оценка – это большой плюс при выборе управленческого решения, но экспериментальная выборка экспертных оценок и достаточная достоверность этих баллов в ТУР при проверке согласования мнений экспертов определяется специальными методиками, например, документом ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска», дата введения в действие 01.03.2020.

В настоящее время развиваются хорошо зарекомендовавшие себя и проверенные практикой системы действий в ТУР, которые делают более понятными качественные методы оценки риска. Здесь исследование развития механизма опасностей, рисков и работоспособности происходит в плане (англ. «*Hazard and operability studies, HAZOP*»).

Результаты исследований *HAZOP*, такие как идентификация потенциальных опасностей и проблем работоспособности, оказывают существенную помощь в определении необходимых управленческих мероприятий.

HAZOP предполагает проведение экспертизы, в ходе которой коллектив специалистов многих научных или практических направлений под управлением ответственного руководителя последовательно изучает основные положения проекта или системы преимущественно ПОО или других менее опасно функционирующих объектов.

Проводится идентификация проектных отклонений от оптимально надежной работы системы, используя арсенал ба-

зовых управляющих терминов. Методика предполагает развитие рассуждения специалистов для идентификации проблем опасности и работоспособности системы. Методика *HAZOP* имеет в перспективе улучшение исследовательской стороны проекта с использованием опытных данных.

Практика использования *HAZOP* имеет в виду идентификацию потенциальных опасностей и решение вопросов функционирования (контрольные списки, анализ видов и последствий отказов, ремонтпригодности, анализ деревьев). Некоторые вопросы, например, контрольные списки и анализ деревьев применяются на ранних стадиях работы системы при небольшом количестве информации, или в более поздних периодах, когда предстоит скрупулезный анализ ситуации. Здесь эксперты при вынесении решения полагаются только на свой опыт [2; 3].

Как уже упоминалось в Теме 1 «Управление рисками ЧС и техногенный риск» количественный анализ рисков предусматривает определение численных величин рассмотренных ранее рисков объекта или площади расположения.

Феноменологический способ делает ставку на прогнозировании возможности возникновения аварийных ситуаций, ориентируясь на результаты анализа необходимых и достаточных условий, которые связаны с соблюдением природных законов, действие которых довольно сложно предсказать.

Способ рекомендуется к применению, когда рабочее состояние системы таково, что можно довольно точно вычислить состояние составляющих рассматриваемой конструкции, и дает расхождения при существенном изменении в работе вещества или конструкции.

Феноменологический способ выбирают в качестве сравнения выбора способов обеспечения безопасности ПОО,

но его трудно применить к анализу разветвленных ЧС, развитие которых зависит от непрерывности работы составляющих объекта и его средств блокировки ЧС.

Детерминированный способ предполагает изучение хода сценариев развития ЧС, ориентируясь на исходное событие через предполагаемые отказы из-за нарушения требований прочности, жесткости и устойчивости функционирования конструкции.

Развитие аварийной ситуации можно проследить в первом приближении согласно Теме 4 «Моделирование риска».

Детерминированный способ обеспечивает инженерную подготовленность, потому что выявляются требования долговечности, живучести, ремонтпригодности и т. д. (рис. 31).



Рис. 31 Детерминированный способ определения рисков

Способу присущи и недостатки, которые заключаются в неточности построения математических моделей из-за обработки большого числа начальных параметров для создания программных продуктов, что требует организации дорогостоящей экспериментальной базы.

В вероятностном методе анализа риска принимается в качестве критерия вероятность наступления аварийной ситуации, а так же вычисление относительных вероятностей различных сценариев развития ЧС. В методе анализируют графологическую структуру построения цепи событий и отказов в работе машин и механизмов, используют соответствующее математическое обеспечение и оценивают вероятность возникновения негативных ситуаций построением системы дуг и ребер, например, составлением маршрута, как условного варианта предупреждения опасных ситуаций (V) и путей их ликвидации (R) (рис. 32).



Рис. 32 Маршрутизация аварийной ситуации

Допустим, что определенную часть графа расшифровываем в виде дерева событий – основное событие V_1 – разрушение оборудования аммиачно-холодильной установки, далее причины по степени значимости в порядке убывания по условию «или» в примерном варианте R_{12} – технический фактор (износ оборудования, коррозия металла, отказ компрессора и т. д.) $6,6 \cdot 10^{-6}$, R_{14} – человеческий фактор (недостаток профессиональных навыков, ошибка в управлении и т. д.) $9,4 \cdot 10^{-6}$, R_{15} – природный фактор (резкое изменение температуры, ураган, наводнение и т. д.) $2,4 \cdot 10^{-6}$ с соответствующим расчетом вероятностей ЧС по формуле $p = 1 - \prod(1 - p_i)$ и дальнейшей модификацией принятия решений, например, ($V_5 \rightarrow R_{25} \rightarrow R_{35} \rightarrow R_{45}$) с их оптимизацией. [3; 14; 15].

Для более полного представления и дополнения можно представить продукты прикладных естественно-научных и технических прикладных дисциплин, которые требуют расчетно-практического согласования для недопущения аварийного сценария.

Математические расчетные модели в основе этого подхода существенно упрощаются по сравнению с детерминированным способом расчета.

Недостатки вероятностного метода исследования риска характеризуются малым объемом информации о функциях распределения необходимых величин, а также недостаточной статистикой по отказам оборудования. Кроме того, применение упрощенных расчетных схем снижает достоверность получаемых оценок риска для тяжелых аварий. Тем не менее, вероятностный метод в настоящее время считается одним из наиболее перспективных.

При оценке риска вероятностным методом обеспечивается довольно высокая сходимость результатов прогнозиру-

ния события. Практически же наиболее отработанная схема метода экспертных оценок будет более удобной в рамках применения ТУР. Исходя из анализа методов, наиболее лучшим вариантом в реальных условиях будет совокупность вероятностного и экспертного методов.

Для более углубленного изучения темы следует проработать признаки оценки риска со структурой ущерба аварий на ПОО, проведение экспертной оценки ТУР с применением методики *HAZOP*, теорий графов и нечетких множеств, булевой алгебры.

Контрольные вопросы к теме 8:

1. Кратко опишите структуру ущерба от аварий на ПОО.
2. В чем заключается суть феноменологического метода применения в ТУР.
3. В чем заключается суть детерминированного метода применения в ТУР.
4. В чем заключается суть экспертного метода применения в ТУР.
5. Перечислите основные пункты графологической структуры построения цепи событий и отказов в работе машин и механизмов.
6. В чем заключается суть вероятностного метода применения в ТУР.
7. Как реализуется система *HAZOP*.
8. Что означает маршрутизация аварийной ситуации.

Заключение

Это учебное пособие в рамках получения высшего образования может быть использовано обучающимися при изучении дисциплин «Техносферная безопасность», «Основы безопасности жизнедеятельности», «Безопасность в электроэнергетике» или подобных учебных дисциплин в рамках компетенций образовательного стандарта – «Устойчивость объектов в ЧС», «Проектирование устройств и средств защиты человека от техногенного воздействия», «Инженерная подготовка в техносферной безопасности», «Техногенные системы и экологический риск», «Мониторинг и прогнозирование природных и техногенных рисков», «Надежность и устойчивость технических систем и управление рисками», «Надежность технических систем и техногенный риск», «Технологии управления техногенными рисками».

Библиографический список

1. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 22.0.05-2020. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 сентября 2020 г. № 644-ст): дата введения: 1 апреля 2021 г. Взамен ГОСТ Р 22.0.05-94.
2. Фалеев, М.И. Управление рисками техногенных катастроф и стихийных бедствий: монография / М.И. Фалеев; под общей редакцией РНОАР – Москва: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ): 2016. – 286 с.
3. Акимов, В.А. Надежность технических систем и техногенный риск: учебное пособие / В.А. Акимов, В.Л. Лапин, В.М. Попов, В.А. Пучков, В.И. Томаков, М.И. Фалеев; под ред. В.А. Акимова – Москва: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. – 368 с.
4. Ветошкин, А.Г. Техногенный риск и безопасность: учебное пособие / А.Г. Ветошкин, К.Р. Таранцева. – Пенза: изд-во Пензенского государственного университета, 2001. – 171 с.
5. Ветошкин, А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. – Пенза: изд-во ПГУА и С, 2003. – 154 с.
6. Ветошкин, А.Г. Надежность и безопасность технических систем: учебное пособие / А.Г. Ветошкин, В.И. Марунин. – Пенза: изд-во Пензенского государственного университета, 2002. – 129 с.
7. 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 Омского ГТУ, 2011. – 227 с.
8. Болотин, В.В. Ресурс машин и конструкций: учебник / В.В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.

9. Щербаков, С.А. Некоторые вопросы генерации нефти и экологические проблемы потребления нефтепродуктов / С.А. Щербаков // Вестник Международного института управления – 2003. – № 3–4. – С. 109–113.
10. Кулагин, А.В. Определение исходных данных для расчета ствола на прочность и оценка точности расчета напряженно-деформированного состояния стволов / А.В. Кулагин, Ю.Б. Брызгалов // Вооружение, автоматизация, управление: сборник научных трудов – Ковров: КГТА, 2006. – С. 11–14.
11. Шахраманьян, М.А. Новые информационные технологии в задачах обеспечения национальной безопасности России: монография / М.А. Шахраманьян. – М.: ФЦ ВНИИ ГОЧС. – 2003. – 397 с.
12. Вавулин, П.А.. Расчет прогнозного техногенного риска промышленных объектов при эксплуатации / П.А. Вавулин, Т.В. Бойко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 5/10 (71). – С. 42–46.
13. Туманян, Б. П. К вопросу о саморегулировании в области промышленной безопасности опасных производственных объектов / Б.П. Туманян // Промышленный сервис – 2011. – № 1 (38). – С. 3–8.
14. Худенко, Г.В. Наиболее эффективные методы предотвращения подтопления населенных пунктов / Г.В. Худенко // Промышленная и экологическая безопасность охраны труда – 2022. – № 03–04. – С. 180–181.
15. Надежность технических систем и техногенный риск: учебно-методическое пособие / сост. А. В. Кулагин, С. В. Ширококов. – Ижевск: УдГУ, 2020. – 119 с.
16. Надежность технических систем и техногенный риск: методические указания к выполнению практических работ / сост. Н.Ю. Луговцова – Юрга: Юргинский технологический институт, 2015 – 94 с.

Учебное издание

Составители

Кулагин Андрей Владимирович,
Зыкин Сергей Аркадьевич

Технологии управления техногенными рисками

Учебное пособие

Редактор Ю. Н. Небрачных

Подписано в печать 29.09.2022. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 4,99 . Уч. изд. л. 4,21

Тираж 34 экз. Заказ № 1693.

Издательский центр «Удмуртский университет»
426004, Ижевск, ул. Ломоносова, 4Б, каб. 021
Тел. : + 7 (3412) 916-364, E-mail: editorial@udsu.ru

Типография Издательского центра «Удмуртский университет»
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 2.
Тел. 68-57-18