

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тверской государственный университет»

А.А. Цыганов

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

**Часть 1.
Задания и вопросы**

*Учебное пособие
Издание второе, дополненное и переработанное*

ТВЕРЬ 2013

УДК 577.4
ББК 31.4
Ц 94

Рецензенты:

Доктор географических наук, профессор
В.В. Панов
Кандидат сельскохозяйственных наук
И.С. Шмидт

Цыганов А.А.

Ц 94 Техногенные системы и экологический риск. Часть 1. Задания и вопросы: Учеб.пособие. 2-е изд., доп. и перераб.– Тверь: Твер. гос. ун-т, 2013. – 103 с.

Книга состоит из трех модулей, в каждом из которых есть задания для практических работ. Применен рейтинговый контроль. Предназначено для студентов направлений «География», «Геоэкология» и «Экология». Может быть полезно для специалистов-экологов, работающих в системе экологических органов, а также государственной экспертизы и государственной экологической экспертизы.

Электронное издание, имеющее бумажный вариант.

УДК 577.4
ББК 31.4

©Цыганов А.А., 2013
© Тверской государственный университет, 2013

Оглавление

Практическая работа 1. Расчет риска методом «доза-эффект»	5
Упражнение 1. Расчёт средней дозы для веществ, поступающих ингаляционным путём, для населения	5
Упражнение 2. Расчёт средней дозы для веществ, поступающих ингаляционным путём, в условиях производства	6
Упражнение 3. Расчёт средней дозы для веществ, поступающих с пищей	6
Упражнение 4. Расчёт средней дозы для веществ при поступлении с питьевой водой	7
Упражнение 5. Расчёт средней дозы для веществ при поступлении через кожу	7
Практическая работа 2. Расчет индивидуального пожизненного и популяционного риска для канцерогенных веществ	8
Упражнение 1. Индивидуальный пожизненный риск смерти (LR)	8
Упражнение 2. Популяционный риск ($R_{ж}$)	8
Практическая работа 3. Социально-экономический ущерб	9
Практическая работа 4. Базы данных по авариям	10
Практическая работа 5. Предаварийные ситуации. Метод EPSC	15
Упражнение 1. Отчет EPSC	20
Практическая работа 6. Исследования HAZOP	19
Упражнение 1. Учебный пример исследования HAZOP. Сепаратор	27
Упражнение 2. Исследование HAZOP. Завод по производству винилхлорида. Печь ВХ	30
Упражнение 3. Исследование HAZOP. Бумажная фабрика	38
Вариант 1. Железнодорожные цистерны и разгрузочные трубопроводы	40
Вариант 2. Система сжатого воздуха	40
Вариант 3. Поступление пара в испарители	41
Вариант 4. Испарители и газопроводы	41
Вариант 5. Поступление газообразного хлора на линию отбеливания «А»	42
Практическая работа 7. Метод определения опасностей HAZID	45
Упражнение 1. Исследование HAZID. Компрессор	54
Упражнение 2. Исследование HAZID. Производство диаммонийфосфата	55
Практическая работа 8. Исследования FTA	56
Упражнение 1. Учебный пример FTA. Бак хранения жидкости	64
Упражнение 2. Исследование FTA бумажной фабрики	69

Вариант 1. ФТА. Железнодорожные цистерны и разгрузочные трубопроводы.....	69
Вариант 2. ФТА. Система сжатого воздуха	69
Вариант 3. ФТА. Поступление пара в испарители.....	70
Вариант 4. ФТА. Испарители и газопроводы.....	70
Вариант 5. ФТА. Поступление газообразного хлора на линию отбеливания «А»	70
Учебно-методический комплекс по дисциплине «Техногенные системы и экологический риск» для студентов 4 курса очной формы обучения специальности 020804.65 Геоэкология	72
Пояснительная записка.....	72
Программа курса «Техногенные системы и экологический риск»	73
Рабочая учебная программа	75
Планы и методические указания по подготовке к практическим занятиям и выполнению лабораторных работ.....	77
Список литературы	78
Обязательная литература	78
Дополнительная литература	78
Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов	79
Перечень основных понятий:	79
Банк контрольных вопросов и заданий.....	80
Задания для самостоятельной работы: подготовка реферата на одну из следующих тем (по согласованию с преподавателем).....	80
Требования к рейтинг-контролю.....	81
Вопросы для 1 модуля	82
Вопросы для 2 модуля	82
Вопросы для подготовки к зачету	83
Приложение 1. Федеральный закон от 21 июля 1997 года N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение 2. Предельные количества опасных веществ, наличие которых на опасном производственном объекте является основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности	99

Практическая работа 1. Расчет риска методом «доза-эффект»

Упражнение 1. Расчёт средней дозы для веществ, поступающих ингаляционным путём, для населения

В соответствии с американским подходом для воздушных канцерогенных загрязнителей, представляющих опасность для здоровья, происходит оценка дозы воздействия (Быков А.А. и др., 1999), т. е. среднесуточного поступления через органы дыхания, по формуле

$$CDI = AC \cdot IR \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT), \quad (1.1)$$

где CDI – среднесуточное поступление, мг/кг/сут;
 AC – концентрация загрязнителя в воздухе, мг/м³;
 IR – интенсивность дыхания, м³/сут (для взрослых принимается равной 20 м³/сут);

EF – частота экспозиции, сут/год (350 сут/год);

ED – продолжительность экспозиции, лет (70 лет);

BW – средний вес тела в период экспозиции, кг (70 кг);

AT – время усреднения, сут (365 сут x 70 лет);

Например, средняя доза в течение жизни полициклического углеводорода бенз(а)пирена (БП) при его поступлении ингаляционным путём в концентрации, равной ПДК_{мрнм} (AC) – 0,00015 мг/м³, при длительности проживания (ED) 70 лет составит:

$$CDI = 0,00015 \text{ мг/м}^3 \times 20 \text{ м}^3/\text{сут} \times 350 \text{ сут/год} \times 70 \text{ лет} / 70 \text{ кг} \times 70 \text{ лет} \times 365 \text{ сут} = 4,11 \times 10^{-5} \text{ мг/кг/сут.}$$

Таблица 1.1. Исходные данные для расчётов

Вариант	Вещество	Концентрация веществ, мг				
		ПДК _{мрнм}	ПДК _{мррз}	С _п	ПДК _{пит}	С _к
1	бериллий	0,001	0,01	1	0,0003	10
2	никель	0,05	0,5	2	0,01	5
3	хром (шестивалентный)	0,01	0,1	3	0,02	1
4	кадмий	0,05	0,5	3	0,005	2
5	мышьяк	0,04	0,04	4	0,05	12
6	кобальт	0,01	0,1	2	0,01	13
7	метилизотиоцианат	0,05	0,5	4	0,001	23
8	грезин	0,002	0,02	8	0,0001	50
9	диаммония дихлорпалладий	0,005	0,05	6	0,0001	10
10	азиридин	0,02	0,2	0,5	0,0007	0,5

$ПДК_{\text{мрнм}}$ – предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населённых мест, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$ПДК_{\text{мррз}}$ – ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе рабочей зоны, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$C_{\text{п}}$ – концентрация вещества в пище, $\text{мг}/\text{кг}$;

$ПДК_{\text{пит}}$ – ПДК загрязняющего вещества в воде водоёмов питьевого назначения, $\text{мг}/\text{л}$;

$C_{\text{к}}$ – концентрация загрязнителя, адсорбирующегося на единицу поверхности тела в течение одного события ($\text{мг}/\text{см}^2/\text{событие}$).

Задание: провести расчеты CDI по вариантам (табл. 1.1), взяв за АС $ПДК_{\text{мрнм}}$.

Упражнение 2. Расчёт средней дозы для веществ, поступающих ингаляционным путём, в условиях производства

Используя формулу (1.1), рассчитать среднесуточную дозу CDI. Например, средняя концентрация (АС) бенз(а)пирена (БП) равна $ПДК_{\text{мррз}}$ $0,15 \text{ мг}/\text{м}^3$ при условии 265 рабочих дней в году (EF) и 8-часовом рабочем дне (в этом случае $IR=10 \text{ м}^3/\text{сут}$) и стаже работы 40 лет (ED) составит

$$CDI = 0,15 \text{ мг}/\text{м}^3 \times 10 \text{ м}^3/\text{сут} \times 265 \text{ сут} \times 40 \text{ лет} / 70 \text{ кг} \times 70 \text{ лет} \times 365 \text{ сут} = 0,00889 \times 10^{-4} \text{ мг}/\text{кг}/\text{сут}.$$

Задание: провести расчеты CDI по вариантам (табл. 1.1), взяв за АС $ПДК_{\text{мррз}}$.

Упражнение 3. Расчёт средней дозы для веществ, поступающих с пищей

Для расчёта следует использовать формулу

$$CDI = C_{\text{п}} C_{\text{пп}} EF ED / (BW AT K), \quad (2.2)$$

где $C_{\text{п}}$ – концентрация вещества в продуктах питания, $\text{мг}/\text{кг}$;

$C_{\text{пп}}$ – ежедневное потребление продукта питания, $100 \text{ г}/\text{сут}$;

K – переводной коэффициент, $1000 \text{ г}/\text{кг}$

Например, при концентрации БП в продукте питания $1 \text{ мг}/\text{кг}$, ежедневном потреблении продукта питания $100 \text{ г}/\text{сут}$, длительности воздействия (ED) 20 лет, частоте воздействия (EF) 365 сут/год, среднем весе тела (BW) 70 кг формула примет вид

$$CDI = 1 \text{ мг}/\text{кг} \times 100 \text{ г}/\text{сут} \times 365 \text{ сут}/\text{год} \times 20 \text{ лет} / 70 \text{ кг} \times 70 \text{ лет} \times 365 \text{ сут} \times 1000 \text{ г}/\text{кг} = 3,913 \text{ мг}/\text{кг}/\text{сут}.$$

Задание: провести расчеты по вариантам (табл.1.1).

Упражнение 4. Расчёт средней дозы для веществ при поступлении с питьевой водой

Использовать формулу

$$CDI = C_v C_{пв} EF ED / (BW AT), \quad (2.3)$$

где C_v – концентрация вещества в питьевой воде, мг/л (равна ПДК_{пит});

$C_{пв}$ – количество потребляемой воды, л/сут.

Например, концентрация БП в воде (C_v) – 2 мг/л, количество потребляемой воды ($C_{пв}$) – 2 л/сут, частота воздействия (EF) – 365 дней, период воздействия (ED) – 20 лет, вес тела (BW) – 70 кг, время усреднения (AT) – 70 лет x 365 сут. Тогда формула примет вид

$CDI = 2 \text{ мг/л} \times 2 \text{ л} \times 365 \text{ сут} \times 20 \text{ лет} / 70 \text{ кг} \times 70 \text{ лет} \times 365 \text{ сут} = 0,0163 \text{ мг/кг/сут.}$

Задание: провести расчеты по вариантам (табл. 1.1).

Упражнение 5. Расчёт средней дозы для веществ при поступлении через кожу

Следует использовать формулу

$$CDI = C_k S N EF ED / (BW AT), \quad (2.4)$$

где C_k – концентрация загрязнителя адсорбирующего на единицу поверхности кожи в течение одного события, мг/см²/событие;

S – площадь поверхности тела, подвергшаяся воздействию (взрослый человек среднего телосложения) – 5000 см²;

N – частота события – 1 событие/сут;

EF – частота экспозиции – 40 сут/год,;

ED – длительность воздействия – 20 лет;

AT – время усреднения (365 сут x 70 лет), сут;

BW – средний вес тела – 70 кг.

При концентрации БП, адсорбирующегося на единицу площади в течение одного события (C_k) – 0,2 мг/см²/событие, средняя доза поступления через кожу составит

$CDI = 0,2 \text{ мг/см}^2/\text{событие} \times 5000 \text{ см}^2 \times 1 \text{ соб/сут} \times 40 \text{ сут/год} \times 20 \text{ лет} / 70 \text{ кг} \times 70 \text{ лет} \times 365 \text{ сут/год} = 0,447 \text{ мг/кг/сут.}$

Задание: провести расчеты по вариантам (табл. 1.1).

Практическая работа 2.

Расчет индивидуального пожизненного и популяционного риска для канцерогенных веществ

Упражнение 1. Индивидуальный пожизненный риск смерти (LR)

Рассчитывается по формуле

$$LR = CDI SF, \quad (2.1)$$

где CDI – среднесуточное поступление вещества в течение жизни, мг/кг/сут;

SF – фактор потенциала, мг/кг/сут.

Для БП фактор потенциала составляет 7,3 мг/кг/сут, тогда при поступлении $4,11 \times 10^{-5}$ мг/кг/сут, индивидуальный пожизненный риск составляет

$$LR = 4,11 \times 10^{-5} \text{ мг/кг/сут} \times 7,3 \text{ мг/кг/сут} = 3,0 \times 10^{-4}.$$

Задание: провести расчёт LR по вариантам рассчитанных CDI упражнения 1 практической работы 1, взяв SF = 7,3 мг/кг/сут.

Упражнение 2. Популяционный риск ($R_{ж}$)

Популяционный риск ($R_{ж}$) определяет число случаев смерти и заболеваний, которое может возникнуть во всей популяции или в отдельных группах (наиболее уязвимых) в результате воздействия загрязнителя и рассчитывается по формуле

$$R_{ж} = LR N, \quad (2.2)$$

где N – количество людей, подвергшихся воздействию, чел.

Применительно к БП популяционный риск в пересчёте на 1 миллион человек составит 312 случаев смерти. Допустимая величина популяционного риска для США принята на уровне 1 дополнительной смерти на 1 миллион человек.

Задание: провести расчёт $R_{ж}$ по вариантам упражнения 1 практической работы 2:

- 1) для США (300 000 000 человек);
- 2) для России (140 000 000 человек).

Практическая работа 3. Социально-экономический ущерб

Эффекты действия канцерогенных загрязнителей измеряются в натуральном исчислении с помощью показателя пожизненного риска (см. упр. 1 практ. раб. 2), задающего число случаев смерти от определённых типов новообразований на 1 млн человек проживающих в условиях риска или натурального ущерба для здоровья, т. е. число лет сокращения продолжительности жизни из-за преждевременной смерти.

Социально-экономический ущерб (Y), определяющий экономические потери из-за ущерба здоровью и жизни населения, рассчитывается по формуле

$$Y = A C, \quad (3.1)$$

где A – коэффициент пропорциональности (цена натурального ущерба для здоровья), измеряемый в рублях (долларах) на «человеко-год» сокращения продолжительности жизни, или цена риска, измеряемая в рублях (долларах) на одну дополнительную смерть;

C – натуральный ущерб (пожизненный риск смерти LR или сокращение продолжительности жизни F).

Цена риска или натурального ущерба в общем случае – матричная величина

$$A = A_0 + A_c, \quad (3.2)$$

где A_0 – объективная (хозяйственная) стоимость жизни (здоровья), в США она составляет 4 800 000 \$, в России – 300 000 \$;

A_c – стоимость последствий для общества из-за потери здоровья от какого-либо канцерогенного вещества.

Приближённое значение A_0 можно получить тремя способами:

Первый основывается на теории полезности, т. е. задаётся функция полезности человека для общества. В нашем примере это может быть годовой доход студентов, например размер стипендии: а) США – 12 000 \$, б) Россия – 120 \$. Количество студентов в США и России – по 2 млн человек.

Для БП расчеты примут вид:

а) $a = 12\,000 \$ + 4\,800\,000 \$ = 4\,812\,000 \$$; $Y = 4\,812\,000 \$ \times 3 \times 10^{-4} \times 2\,000\,000 = 2\,887,2 \times 10^6 \$$;

б) $a = 120 \$ + 300\,000 \$ = 300\,120 \$$; $Y = 300\,120 \$ \times 3 \times 10^{-4} \times 2\,000\,000 = 180,072 \times 10^6 \$$.

Второй предполагает, что преждевременная смерть наносит экономический ущерб, равный валовому национальному продукту (ВНП) на душу населения: а) США – 25 000\$ (250 млн человек), б) Россия – 3 500\$ (145 млн человек):

а) $a = 25\,000 \$ + 4\,800\,000 \$ = 4\,825\,000 \$$; $Y = 4\,825\,000 \$ \times 3 \times 10^{-4} \times 2\,000\,000 = 361\,875 \times 10^6 \$$;

б) $a = 3\,500\ \$ + 300\,000\ \$ = 303\,500\ \$$; $Y = 303\,500\ \$ \times 3 \times 10^{-4} \times 145\,000\,000 = 13\,202,25 \times 10^6\ \$$.

Третий использует методику компенсационных выплат наследникам в случае смерти в результате возникновения чрезвычайной ситуации: а) США – 2,5 млн \$, б) Россия – 200 МРОТ (На 1.01.13 г. 1 МРОТ = 100 рублей, т. е. 200 МРОТ = 600 \$). Так, для примера, в чрезвычайной ситуации (аварии) пострадало в США и России по 100 человек. В России приближённое значение A_c предлагается 300 000\$ на одну дополнительную смерть и 10 000 \$ на один год продолжительности жизни. В США соответственно 4,8 млн \$ и 160 000 \$:

а) $a = 2\,500\,000\ \$ + 4\,800\,000\ \$ = 7\,300\,000\ \$$; $Y = 7\,300\,000 \times 3 \times 10^{-6} \times 100 = 0,219 \times 10^6\ \$$;

б) $a = 600\ \$ + 300\,000\ \$ = 300\,600\ \$$; $Y = 300\,600\ \$ \times 3 \times 10^{-4} \times 100 = 0,009018 \times 10^6\ \$$.

Задание: провести расчеты экономического ущерба (Y) тремя способами, используя пожизненный риск смерти (LR) по вариантам упражнения 1 практической работы 2.

Практическая работа 4. Базы данных по авариям

Эколог, работающий на опасном производстве, обязан знакомиться со всеми авариями, происходившими на сходных производствах. После получения информации эколог должен определить, может ли произойти подобный инцидент на его предприятии и что нужно сделать для того, чтобы это предотвратить. Существуют несколько типов баз данных, содержащих информацию по авариям и катастрофам.

Простые базы данных. Создание таких баз малозатратно, доступ к ним свободный. Их можно найти на персональном компьютере, используя программу Microsoft Access (или сходную). Специальные технические журналы публикуют информацию по данному типу баз данных. В простые базы данных включается следующая информация:

- дата и место аварии;
- тип производства (деятельности);
- применяемые химические вещества;
- объем выброса, сброса, отходов;
- смертельные случаи и травмы (потерпевшие);
- экономический (экологический) ущерб;
- примечания (так, для аварии в Бхопале в одной из таких баз было написано «...утечка газа на заводе, производящем пестициды»).

Практически эти базы содержат лишь список аварий. Тот, кто обязан обеспечивать экологическую безопасность, должен иметь свой файл и вести журнал учета, в которые заносится информация из простых баз данных, периодической печати, Интернета.

Профессиональные базы данных. Все они могут обеспечить современные виды поиска:

MHIDAS (Major Hazard Incident Data Acquisition System) – система сбора данных по крупным опасным авариям. Создана директором по безопасности и надежности (Safety and Reliability Directorate (SRD) управления атомной энергетикой Великобритании (UK Atomic Energy (AEA)), в настоящее время AEA Technology. Управление по охране труда (The Health and Safety Executive HSE), при правительстве Великобритании, занимающееся проблемами промышленной безопасности, утвердило MHIDAS в качестве своей официальной базы данных.

MHIDAS: Major Hazard Data Incident Service

Type: Index

Coverage: International

Description: MHIDAS is a Major Hazard Incident Data Service developed by AEA Technology on behalf of the Major Hazards Assessment Unit of the United Kingdom Health and Safety Executive (HSE).

Update Frequency: Quarterly

Search Tips: May limit by publication year (PY) e. g. ergonomics and py>1995

Access: CD ROM in Library. Ask at Information Desk

System: Silver Platter

Campus Availability: Bundoora Only

Special Features: Part of OSHROM.

В базе данных содержится информация с 1964 г. В основном это аварии в Северной Америке и Великобритании. Большинство аварий связаны с транспортировкой, использованием и хранением опасных химических веществ. Регистрируемые аварии оказали негативное воздействие на здоровье людей, собственность и окружающую среду либо потенциально могли оказать подобное воздействие. Отчеты MHIDAS составляются по прошествии года после аварии, что позволяет завершить все исследования, сделать выводы и оценить последствия. Ниже приведен пример из базы данных.

Инцидент

Утром 28 октября 1998 г. в грузовом купе пассажирского самолёта Северо-Западных авиалиний (Северо-Запад), рейс 957, в пути из Орlando (Флориды) в Мемфис (штат Теннесси), разбились бутылки с пероксидом водорода. Бутылки были в сундуке, который принадлежал пассажиру. Просочившийся пероксид водорода загрязнил три мешка почты и большое количество других мешков. Утечка не была обнаружена, пока грузчики в

Мемфисе не начали разгружать багаж. Думая, что пролитая жидкость была водой, грузчики передали часть багажа на пассажирский рейс 7, который отбыл в Сиэтл (Вашингтон). Когда рейс 7 прибыл в Сиэтл, два мешка в грузовом купе тлели, включая тот, который прибыл с рейсом 957.

В результате пролития нескольким человекам потребовалось лечение. В Мемфисе 11 служащих обратились на станцию скорой помощи аэропорта, потому что их руки подверглись действию водородного пероксида, и еще 2 служащих пошли в местную клинику. Серьезных травм не было. Северо-Запад оценил, что общая стоимость повреждения (ущерба) и времени простоя самолета и повреждения (ущерба) багажа была больше чем 40 000 \$.

События, предшествующие инциденту

Пассажиром, который вёз пероксид в Орландо, была медсестра. Она купила контейнеры водородного пероксида несколькими днями ранее и хранила их нераскрытыми для пожилого пациента в Форте (Флорида). Перед полетом на рейсе 957 она упаковала две пластмассовые бутылки водородного пероксида в сундук с некоторым количеством песка. При сдаче багажа она не описала пероксид водорода как опасный предмет.

Информация по материалам

Согласно инструкциям по безопасности материалов министерства транспорта США 35% водородный пероксид – окислитель с коррозионными свойствами. Название изделия для отгрузки – «водородный пероксид, водный раствор с не меньше чем 20%, но не больше чем 40% водородного пероксида». Пакет, содержащий водородный пероксид, должен быть маркирован и иметь документ отгрузки, который описывает материал и удостоверяет, что отгрузка соответствует техническим требованиям, которые означают что груз не допускает повреждения упаковки опасных материалов.

Максимальное количество 20-40% процентного водородного пероксида, которое может быть отправлено на борту пассажирского самолета, в 1 пакете – 1 литр (0,26 галлонов).

Водородный пероксид должен был, отправляться в комбинированной упаковке. Для этого изделия существуют несколько различных форм упаковки, включая пластмассовую внутреннюю упаковку и пластмассовую внешнюю упаковку. Однако внутренняя упаковка должна иметь некоторые минимальные требования, чтобы предотвратить утечку, и внешняя упаковка должна быть изготовлена, проверена и соответствовать техническим упаковочным сертификатам (49 CFR 173.202). При транспортировке самолетом пластмассовая внутренняя упаковка должна быть закрыта металлическим сосудом прежде, чем это помещено во внешнюю упаковку.

FACTS – ведется научно-исследовательской организацией TNO при правительстве Нидерландов. База содержит информацию почти в 2 раза больше, чем MHIDAS. Кроме газетной информации сюда поступают пра-

вительственные доклады, экспертные заключения. База данных FACTS содержит информацию по трем разделам:

- 1) списки аварий, составленные в соответствии с предметом поиска;
- 2) краткий обзор аварии;
- 3) расширенное описание конкретной аварии.

NTSB (The National Transportation Safety Board) – ведет Национальный комитет по вопросам безопасности транспорта при правительстве США. Все аварии, регистрируемые NTSB, имеют отношение к транспорту (авиация, трубопроводы, автомагистрали, железные дороги). База данных не является поисковой, чтобы найти необходимую информацию, нужно знать некоторые детали происшествия. Комитет занимается регистрацией отчетов по авариям и катастрофам и помещает выдержки в Интернете. Существует возможность получения отчетов через Интернет или бесплатного заказа доставки полной версии отчетов. Ниже приведен пример из базы данных NTSB.

Несчастный случай. Около 11ч 36 мин 5 января 2002 г. грузовой полуприцеп покинул химический завод в Южном Чарльстоне, штат Западная Виргиния (США). Грузовой полуприцеп состоял из трёх независимых, но соединённых танков. Транспортное средство остановилось у светофора вне завода, на пересечении Montrose и Mac Corkle Avenu. Когда транспортное средство начало пересекать Mac Corkle Avenu, средний грузовой танк треснул. Два других резервуара не были нарушены, и содержимое не было выпущено. Грузовой танк содержал 5,152 галлона полипропилена. Никто не был убит, ранен или эвакуирован в результате несчастного случая. Движение было закрыто в течение 7 часов. Повреждение (ущерб), уборка и потерянные доходы были оценены в 18 000 \$.

Техническая информация о резервуаре (танке). Во время несчастного случая, Dana Transport Inc (Dana) Avenel (Нью-Джерси) признал свою вину. Грузовой полуприцеп резервуара (танка) произведён в 1974 г. The Jacob Brenner Company Inc. Передний танк имел полную вместимость 3 000 галлонов, центральный – 1 500 галлонов, тыловой резервуар(танк) – 2 000 галлонов. Всего грузовой резервуар (танк) имел полную вместимость – 6 500 галлонов. Резервуары (танки) были сертифицированы министерством транспорта по спецификации MC-307 и были сделаны из качественной стали. Каждый резервуар (танк) имел безупречные стальные жесткие подкладки (кольца), которые были сварены вокруг, чтобы обеспечить структурную крепость. Эти три резервуара (танка) были сварены в объединенную структуру безупречными стальными полосами в 2 фута шириной, называемыми «полосы связи».

Экспертиза последствий. Исследователи правления нашли, что часть, которая треснула, экстенсивно разъедалась. Коррозия проникла через полную толщину металла в некоторых областях. Лаборатория правления исследовала две части полосы связи и резервуар. Одна часть включала сва-

риваемый шов на дне резервуара, где произошёл разрыв, а вторая – свариваемый шов у переднего резервуара, где маленькие трещины наблюдались на внешней поверхности. Обе свариваемых зоны имели усталость, которая прогрессировала от внутренней поверхности полосы к внешней поверхности.

Вероятная причина. Национальное управление безопасности транспортирования решило, что вероятная причина этого несчастного случая была в комбинации усталости, вызванной неполной сваркой на полосах связи и обширной коррозионной структуры.

Бюллетень о мероприятиях по предотвращению потерь – это не база данных, а специализированный журнал, в котором публикуются отчеты об авариях и предаварийных ситуациях, а также статьи по обеспечению безопасности промышленного производства. Журнал издается Институтом инженеров-химиков. Публикуются статьи и иная информация, поступающая от предприятий, на которых происходили аварии или возникли предаварийные ситуации. Статьи написаны профессионалами содержат глубокий анализ самих аварий и вызвавших их причин. На сайте, предоставленной институтом инженеров-химиков, описываются 100 наиболее значимых аварий.

Остальную информацию по авариям и катастрофам можно почерпнуть из книг Тревора Клетза (Trevor Kletz) и трехтомника профессора Лиса (F.P. Lees) «Мероприятия по предотвращению потерь в обрабатывающей промышленности» (Loss Prevention in the Process Industries). Естественно, вышеописанные труды не содержат данных по последним авариям.

MARS (Major Accidents Reporting System – система отчетности по крупным авариям. Функционирует под эгидой Европейской Комиссии в Объединенном исследовательском центре в Испре (Италия). Официальные власти стран – членов ЕС обязаны предоставлять в MARS отчеты по крупным авариям. В свою очередь, Еврокомиссия обязана вести своего рода «Книгу учета», как важный элемент предотвращения серьезных аварий в будущем. База данных доступна через Интернет в режиме on-line. Нажимая на кнопку с номером инцидента, можно открыть отчет о данном происшествии. Некоторые из этих отчетов достаточно детальные, в других содержится краткая информация.

Сайт ЕЭК ООН – Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) приводит информацию по охране окружающей среды, экологической безопасности на английском языке (<http://www.unece.org>). Экологические аспекты, например информацию об экологических конвенциях ООН, можно найти по адресу (<http://www.unece.org/env>). Экологическая страница (<http://www.unece.org/env/eia/privet.html>). Часть информации о Конвенции об ОВОС в трансграничном контексте на английском языке (<http://www.unece.org/env/eia/welcome.html>) переведена на русский язык

(<http://www.unece.org/env/privet/html>). С этой или экологической страницы можно перейти на следующие:

- Конвенция об ОВОС (<http://www.unece.org/env/eia/documents/conventionextrussian.pdf>);
- поправка к Конвенции (<http://www.unece.org/env/eia/amendmentr>);
- протокол по СЭО (<http://www.unece.org/env/eia/documents/protocolrussian/pdf>);
- положения в области ратификации (<http://www.unece.org/env/ratification/htm>);
- расписание совещаний (<http://www.unece.org/env/eia/meetings/htm>);
- совещания сторон (<http://www.unece.org/env/eia/mop.htm>);
- рабочая группа по ОВОС (<http://www.unece.org/env/eia/workinggroup r/htm>);
- комитет по осуществлению (<http://www.unece.org/env/eia/implementation r/htm>);
- практическая информация для делегатов и посетителей (<http://www.unece.org/env/eia/practical r.html>);
- пункты связи для целей уведомления (<http://www.unece.org/env/eia/notification r.htm>);
- координационные центры по административным вопросам (<http://www.unece.org/env/eia/focapoints.htm>);
- публикации (<http://www.unece.org/env/eia/sideshows.html>);
- источники информации (<http://www.unece.org/env/eia/eiaresources.html>);
- участие общественности (<http://www.unece.org/env/eia/publicpart r/htm>). Наличие в адресе страницы символов (r) или (russian) свидетельствует о переводе на русский язык.

Задание: через Интернет ознакомиться с существующими базами данных по авариям и катастрофам. В виде отчета представить пример на английском языке и его перевод на русский.

Практическая работа 5. Предаварийные ситуации. Метод EPSC

Предаварийные ситуации – это происшествия или события, происходящие на предприятии, в результате которых могла бы произойти серьезная авария, но не произошла по той или иной причине. Крупная авария происходит при наступлении множества неблагоприятных обстоятельств в одно и то же время. Если одно или более из этих обстоятельств не осуществляются, создается предаварийная ситуация. На обычном предприятии предаварийные ситуации случаются каждую неделю.

Опыт показывает, что количество предаварийных ситуаций на каком-

либо предприятия тесно связано с числом аварий при которых происходит порча имущества.

Установлено, что основная причина большинства аварий – неудовлетворительное функционирование системы управления безопасностью. В соответствии с требованиями директивы Seveso 2, экологи на предприятиях обязаны описывать и документально оформлять существующую систему управления безопасностью.

Важнейшими элементами любой системы управления безопасностью являются отчетность и широкая публикация данных о предаварийных ситуациях. Предаварийная ситуация дает уникальную возможность руководству предприятия извлекать уроки аварии, которая могла бы произойти, но к счастью, не произошла. Факторы, повлиявшие на возникновение предаварийной ситуации, могут быть приняты во внимание, и вероятность возникновения настоящей аварии снижается.

Сокращение количества предаварийных ситуаций приведет к сокращению количества серьезных аварий и всеобщему улучшению безопасности. При составлении отчетов по происшестввиям на предприятии необходимо предпринять следующие шаги:

- составить отчет по предаварийной ситуации;
- изучить природу происшестввия;
- классифицировать происшестввие;
- произвести модернизацию или изменение технологического процесса;
- представить изменения в системе управления безопасностью;
- опубликовать информацию о происшестввии внутри предприятия;
- опубликовать информацию о происшестввии за пределами предприятия (в зависимости от степени конфиденциальности). Данные о происшестввии или предаварийной ситуации должны вноситься в двухстраничный документ (табл. 5.1). Этот документ заполняется специалистом в области безопасности, а первая страница – со слов работника предприятия, свидетеля происходящего происшестввия

Таблица 5.1. Отчетность по происшествиям EPSC

№ происшествия			
1. Класс происшествия			
2. Характер происшествия	<input type="checkbox"/> Авария <input type="checkbox"/> Травмы <input type="checkbox"/> Ущерб <input type="checkbox"/> Пожар / Взрыв <input type="checkbox"/> Транспортировка	<input type="checkbox"/> Предварительная ситуация <input type="checkbox"/> Материальный ущерб <input type="checkbox"/> Воздействие на ОС <input type="checkbox"/> Другое	
3. Детали происшествия (предприятие, расположение, время, событие):			
4. Эксплуатация: <input type="checkbox"/> Нормальная эксплуатация <input type="checkbox"/> Обслуживание <input type="checkbox"/> Запуск <input type="checkbox"/> Отключение <input type="checkbox"/> Нарушение процесса <input type="checkbox"/> Строительство			
5. Краткое описание задействованного оборудования (осуществляемого процесса и режима его нормальной работы):			
6. Описание происшествий:			
7. Тяжесть последствий или потенциальных последствий:			
Вид последствий	Крупные	Серьезные	Незначительные
Ущерб Производственные потери Травмы персонала Экологический ущерб			
8. Тип и количество выброса, сброса, утечки:			
9. Непосредственные причины происшествия:			
Опасные условия эксплуатации		Негативные действия персонала	
10. Как часто происходит остановка процесса (насколько надежно оборудование)?			
11. Немедленно принятые меры:			

12. Подлежит ли происшествие регистрации в официальных структурах: <input type="checkbox"/> ДА <input type="checkbox"/> НЕТ			
13. Основная причина происшествия (опишите факторы, которые этому способствовали):			
14. Классификация основных причин (недостатки управления безопасностью):			
Проверка	Адекватность элементов	Проверка	Адекватность элементов
	Процедур Стандартов Проектирования Аудита Проверки и тестирования Управления переснащением		Производственных мощностей Проверки при подготовке к запуску Изучения производственных опасностей Информации по безопасности процесса Обучения / инструктажа
15. Рекомендации (дальнейшие действия):			
16. Необходимо ли расследование всего случая? <input type="checkbox"/> ДА <input type="checkbox"/> НЕТ			
17. Список превентивных мероприятий:			
Превентивные меры	Ответственный	Срок выполнения	Завершено, дата подпись
18. Список собранных самостоятельных отчетов:			
19. Общие уроки. Описание опыта, который следует принять во внимание (уроков, которые следует извлечь), в отношении основных причин, а также новые приобретенные знания:			
20. Эти уроки являются новыми? <input type="checkbox"/> ДА <input type="checkbox"/> НЕТ			
21. Необходимо решить, кому важно иметь эту информацию?			

Исследование и классификация происшествия

Специалист по безопасности, заполняющий форму и производящий опрос о происшествии, должен посетить место происшествия или предварительной ситуации для получения более четкого представления об обстоятельствах случившегося. Затем он переходит к заполнению второй страницы.

Если произошло рядовое происшествие, не повлекшее за собой никакого ущерба, тогда, возможно, не следует предпринимать каких-либо дальнейших действий, так как это может оказать негативное влияние, поскольку сотрудники предприятия станут воспринимать всю систему отчет-

ности как маловажную, бюрократическую и просто как пустую трату времени.

Информация. Сбор данных

В таблицу 5.2 включены типичные случаи неадекватных действий персонала и опасных условий эксплуатации.

Таблица 5.2. Опасные условия эксплуатации и неадекватные действия персонала

Опасные условия эксплуатации	Неадекватные действия персонала
Отказ системы контроля безопасности.	Несоблюдение требований инструкций, разрешений.
Плохая работа сигнальной системы.	Неправильный подбор оборудования.
Эргономические факторы.	Неиспользование индивидуальных средств защиты (ИСЗ).
Ошибки на стадиях проектирования, строительства, производства.	Неправильная изоляция или отсутствие изоляции.
Химическая реакция.	
Неправильный подбор материалов.	

Дальнейшие действия

Если существует необходимость в осуществлении дальнейших действий, то специалист по безопасности должен определить, что необходимо для совместной работы с представителями производственных подразделений и отделов технического обслуживания.

Например, если инцидент произошел по причине неиспользования индивидуальных средств защиты (ИСЗ), будет недостаточно просто приказать всем использовать ИСЗ в будущем. Необходимо выяснить, почему ИСЗ не использовали? Имелись ли они в наличии? Удобно ли было их носить? Находились ли они в исправном состоянии? Испытывали ли люди неудобства при использовании ИСЗ при выполнении каких-либо производственных задач? Если что-либо из названного обнаружено, требуется решение о внесении необходимых усовершенствований в систему управления.

В некоторых случаях (например, при неправильном соединении трубопроводов или шлангов) необходимо произвести замену определенных деталей (например, установку различных муфт для различных химических веществ, чтобы избежать неправильного соединения в будущем). В других ситуациях лучшим вариантом является изменение утвержденных процедур, сопровождаемое обучением персонала по новым инструкциям.

Публикация

Руководству предприятия необходимо принять решение об объеме и содержании публикуемой информации о происшествии, чтобы соблюсти

коммерческую тайну. Весь персонал пострадавшего предприятия должен быть осведомлен о деталях инцидента и его возможных последствиях.

Упражнение 1. Отчет EPSC

Задание: используя таблицу 5.2 и рис. 5.1–5.3, провести оценку происшествий, заполнив форму отчета EPSC (табл. 5.1) по следующим ситуациям.

Ситуация 1. Подача топливного газа в газовую турбину

Подача топливного газа в газовую турбину осуществляется через длинную трубу с изгибом около ограждения турбины (рис. 5.1). В изгибе образовалась трещина, и газ просочился в помещение. Сработали газоопределители, произошло автоматическое закрытие клапанов для ограничения выделения газа.

Поврежденный изгиб был заменен, и система снова запущена в эксплуатацию. Через несколько месяцев произошел аналогичный разрыв другого изгиба, который также был заменен. Ситуация повторилась в третий раз еще через несколько месяцев.

Эти инциденты повлекли за собой серьезные производственные потери (раздел 3 формы отчетности) и создавали потенциальную опасность взрыва в помещении.

Непосредственной причиной происшествия было «ненадежное состояние» изгибов вследствие ошибки при проектировании, строительстве или обслуживании. В данном случае на стадии расследования не было проведено глубокого изучения причин происшествия. Могло ли это произойти вследствие вибрации или усталости металлов? Находились ли трубы под напряжением? Может быть, подпорки труб и изгиба были в плохом состоянии? Если бы все обстоятельства были тщательно изучены, было бы найдено решение - как предотвратить повторное возникновение инцидента. После второго случая, руководство предприятия должно было понять, что необходимо не просто производить замену неисправных деталей, но и осуществить соответствующие исследования и меры по устранению причин случившегося.

Ситуация 2. Выделение газа, используемого при сварке

Сварка осуществлялась на уровне около 1,5 м от земли. Сварочные цилиндры находились на земле (рис. 5.2). Раскаленная частица упала на резиновый шланг, присоединенный к цилиндру, в результате, чего на шланге образовалась дырочка. Вспыхнул огонь, но он был быстро потушен ручным огнетушителем.

Ущерб был минимальным, без производственных потерь, но потенциально последствия могли бы быть серьезными, если бы не удалось легко и быстро потушить огонь.

Предотвращение повторного подобного инцидента возможно несколькими способами:

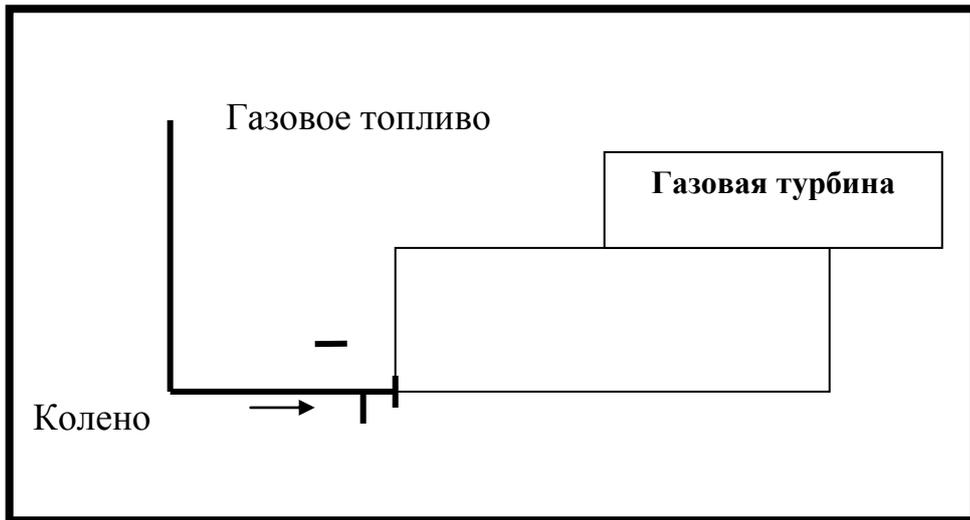


Рис. 5.1. Утечка топливного газа

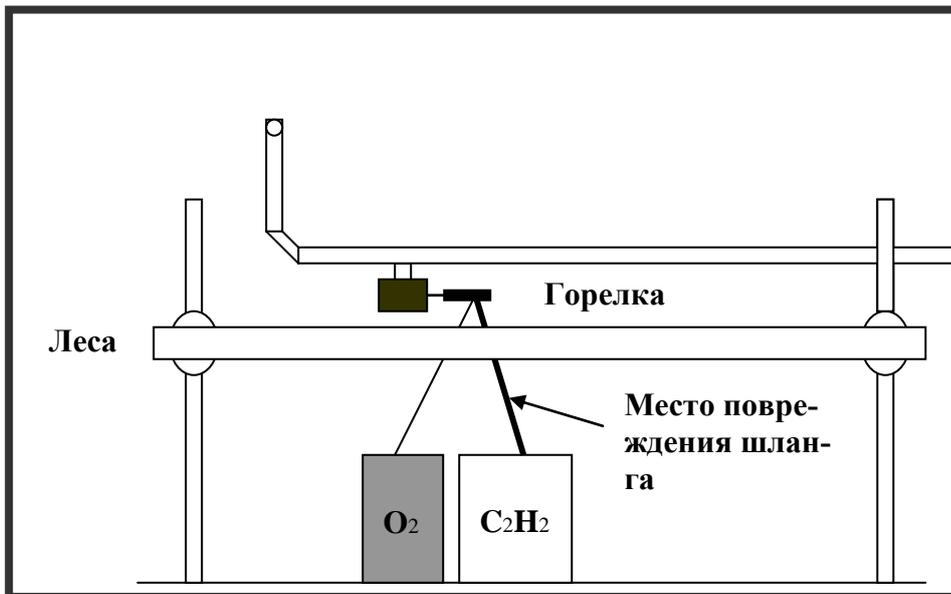


Рис. 5.2. Утечка газа, используемого при сварке

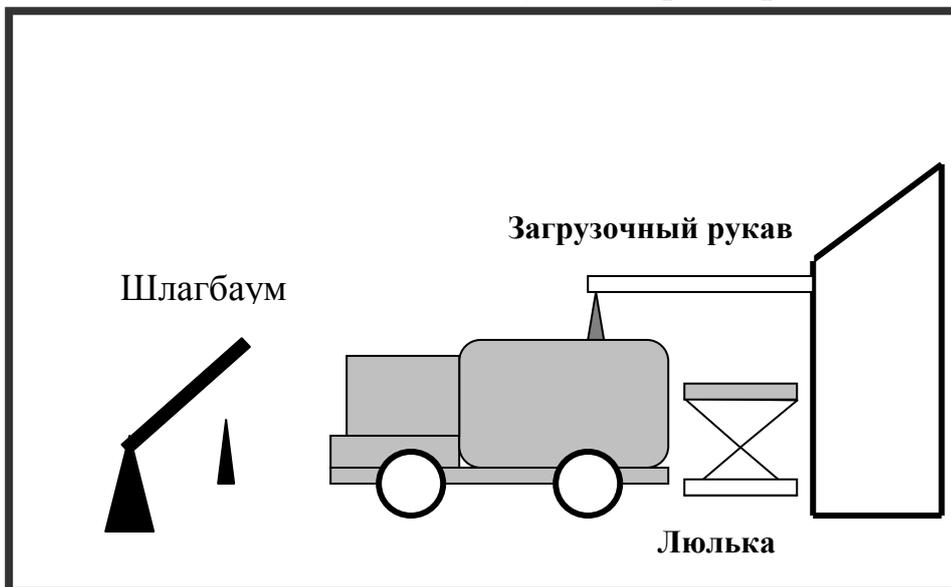


Рис. 5.3. Загрузка при помощи ПЛК

2. Обеспечение сварочных цилиндров и шлангов огнезащитным покрытием – изменение в процедуре. Это не является дорогостоящим вариантом и создает минимум неудобств. Сварщиков необходимо будет заново проинструктировать, однако всегда есть вероятность, что они могут забыть о том, что нужно сделать.

3. Замена всех резиновых шлангов на стальные. Данный вариант достаточно дорогой, если учитывать, что на месте будет иметься много комплектов сварочного оборудования. Такое решение проблемы поможет предотвратить повторное возникновение инцидента.

Ситуация 3. Загрузка при помощи ПЛК

Погрузочная площадка (рис. 5.3) использовалась для наполнения автоцистерн различными химическими продуктами. Программируемый логический контроллер (ПЛК) использовался для управления шлагбаумами, подъемной площадкой, загрузочными рукавами, стравливающими клапанами и фонтанными задвижками (регуляторами потока).

Во время погрузочных работ было обнаружено, что подъемная площадка и загрузочные рукава произвольно движутся вверх-вниз. Конечно, было бы гораздо более опасно, если бы и задвижки также функционировали сами по себе. Чтобы остановить это произвольное движение, гидравлическая энергия была отключена.

Было установлено, что ПЛК давал случайные выходные сигналы. В результате проверки не удалось установить, какой именно элемент ПЛК вышел из строя. Внутри помещения, где установлен ПЛК, было влажно, образовался конденсат, это и стало фактором, способствующим возникновению инцидента.

Для предотвращения повторного инцидента были предприняты следующие мероприятия:

- установка у ограждения вентиляторов для предотвращения образования конденсата;
- внедрение регулярного тестирования;
- кроме автоматического тормоза, при помощи которого было произведено автоматическое отключение процесса, была установлена фиксированная блокировка, для того чтобы задвижки могли закрыться автоматически, перед тем как сработает автоматический тормоз ПЛК.

Практическая работа 6. Исследования HAZOP

Цель занятия – ознакомить студентов с выполнением исследований HAZOP.

Слушатели также смогут принимать участие в совещаниях по HAZOP в качестве руководителей, секретарей группы и простых исполнителей.

HAZOP – это сокращение английских слов «HAZard» и «Operability», что в переводе означает дословно «угроза (опасность)» и «работоспособность (оборудования и технологий)». Методология исследований HAZOP была разработана в 1960-х гг. Имперским химическим трестом (ICI – Imperial Chemical Industries) в Великобритании.

Исследования HAZOP – это системный подход, дающий возможность изучить производственное оборудование и выяснить следующее:

- может ли оборудование оказаться в неисправном состоянии или использоваться неправильно, явившись тем самым причиной возникновения отклонений параметров процесса;
- могут ли эти отклонения приводить к нежелательным последствиям.

В случае возникновения отклонений, по причине которых произошли нежелательные последствия, необходимо определить соответствующие меры безопасности.

Окончательная оценка должна заключаться в том, что в используемые методы и оборудование или необходимо внести соответствующие изменения.

Исследования HAZOP могут быть успешными и достичь цели, если они проводятся на следующих стадиях производственного процесса:

- выбор концепции проектирования;
- проверка деталей проекта;
- оценка надежности существующего производства;
- изменения в технологическом процессе.

При возникновении необходимости проведения исследований HAZOP существует возможность выбора из двух подходов – исследования **HAZOP производственного оборудования** или исследования **HAZOP производственных процессов**.

Если принято решение изучить оборудование и его функционирование, основой исследований должны стать схемы и чертежи производственного процесса. Выявленные отклонения и их последствия будут указывать на области, где были допущены ошибки при проектировании, или технические неисправности на каком-либо участке. Если исследования проводятся в части использования оборудования обслуживающим персоналом, то основой проведения этих исследований должны стать производственные действия. Исследования в данной области позволяют выявить возможность возникновения неправильных действий при осуществлении каких-либо технологических процессов.

При изучении каждого параметра производственного процесса в методе HAZOP предпринимаются четыре важных шага:

1. Оцениваются различные отклонения в производственном процессе и возможные последствия этих отклонений.
2. При выявлении нежелательных последствий проводится изучение причин отклонений, приводящих к этим последствиям.

3. Ознакомление с мероприятиями по обеспечению безопасности на предприятии, их целесообразности и эффективности при предотвращении или смягчении последствий аварий и катастроф.

4. Оценка проекта предприятия для определения, приемлем ли он в существующем виде или необходимо проводить дальнейшие исследования, проверять оборудование, устанавливать дополнительное, или производить изменения существующего регламента технологического процесса.

Исследования HAZOP – это системный анализ предприятия по методу HAZOP. В течение исследования обсуждаются все возможные отклонения, выявленные на каждом участке предприятия. Исследования HAZOP проводятся группой, состоящей из 5–10 человек, в которую входят представители проектных, производственных, эксплуатационных структур и организаций, занимающихся вопросами безопасности в промышленности.

На совещаниях группы HAZOP выполняются исследования HAZOP. Исследования HAZOP требуют некоторых затрат времени. При изучении одного чертежа установки анализ одной диаграммы P&ID распределения ресурсов и оборудования по процессу производства может занять один рабочий день. Необходимо добавить еще и дополнительное время для проведения дальнейших изучений или действий, инициированных HAZOP.

Исследования HAZOP проводятся под руководством председателя или руководителя группы. Основными задачами председателя (руководителя занятия) являются: планирование совещаний; проведение совещаний; составление отчетов о результатах исследования; назначение ответственных за осуществление предложенных мероприятий.

Очень важно вести точные протоколы всех совещаний, результаты документально оформляются в специальных бланках, называемых **протокол-отчетами HAZOP**.

Председатель может назначать секретаря, в чьи обязанности будет входить заполнение протокола совещания. В некоторых случаях руководитель может сам выполнять функции секретаря.

В упражнении 1 HAZOP входит подробный пример проведения исследования HAZOP, включающий:

- диаграмму P&ID;
- описание производственного процесса;
- ключевые слова;
- параметры процесса.

Примеры заполненных таблиц HAZOP и таблиц действий будут розданы студентам перед выполнением упражнения. В упражнении 2 HAZOP содержится исходный материал для исследований по методике HAZOP.

Важно понимать, что в ходе исследований HAZOP невозможно выявить все имеющиеся отклонения и ошибки, которые могут послужить причиной возникновения аварийной ситуации на предприятии. Результат

исследований будет зависеть от профессионализма и способности участников совещания представлять потенциальные отклонения.

На протяжении проведения исследований HAZOP все четыре шага повторяются для каждого выявленного отклонения производственных параметров и для всех участков предприятия.

Это дает гарантию того, что рассмотрению подвергаются все участки производства, а также все возможные отклонения. Такой системный подход является важной чертой исследований HAZOP.

Если на различных участках производства используется одинаковое оборудование, то это позволяет сэкономить время, так как проводится рассмотрение только данного вида оборудования.

Если строго придерживаться всех правил проведения анализа по методу HAZOP, исследования могут вылиться в долгий и утомительный процесс. Это скажется на качестве исследований, поскольку участники будут вынуждены давать одни и те же ответы на немного различающиеся вопросы, не приобретая новых знаний о предмете обсуждения или без выявления новых последствий.

Деление завода на участки

Диаграмма R&ID распределения ресурсов и оборудования по процессу производства может служить основой при делении завода на участки. Также следует принимать во внимание следующие факторы:

- задачи и функции участка;
- перечень технологического оборудования на участке;
- используемые вещества;
- число фаз производства;
- виды последствий, выделенные для рассмотрения.

Если целью исследования HAZOP является выявление возможных аварий, которые могут нанести ущерб вне территории предприятия, завод, как правило, делится на более крупные участки, по сравнению с ситуацией, когда рассматриваются нежелательные последствия внутри предприятия.

Существует несколько основных правил разделения производства на участки:

- любой основной компонент технологического процесса должен составлять один участок;
- для каждого входа и выхода между основными компонентами технологического процесса необходимо создать новый участок;
- дополнительные участки должны быть предусмотрены для каждого ответвления производственной линии.

Основными компонентами технологического процесса могут быть реакторы, колонны, технологические емкости, контейнеры, насосы, компрессоры, фильтры, теплообменники и т. д.

Опытный руководитель HAZOP может сократить количество участков, с тем чтобы избежать повторного анализа одних и тех же проблем. Напри-

мер, насосы, обогреватели и теплообменники могут быть включены в один участок с трубами, подключенными к оборудованию. Пример разделения на участки представлен на рисунке 6.1.

Каждый участок охарактеризовывается параметром процесса и ключевых слов. Параметры процесса (табл. 6.1) включают в себя давление, температуру, концентрацию и т.д., которые может иметь отклонения от заданных позиций. Отклонения определяются ключевыми словами. Если ключевое слово «высокий» применяется к параметру «температура», отклонению может быть «высокая температура»:

Параметр процесса + Ключевое слово = Отклонение.

«Высокая температура» – это не точное определение, оно означает, что существующая температура выше температуры, заданной при проектировании завода. Когда исследования HAZOP проводятся с целью изучения осложнений в технологическом функционировании, можно также рассмотреть отклонения от нормального эксплуатационного режима.

Здесь представлен не полный перечень отклонений. Могут быть рассмотрены такие параметры процесса, как концентрация, рН, вязкость и т.д.

Ключевые слова могут употребляться в самом широком значении, например, ключевые слова «низкий (-ая, -ое)» или «высокий (-ая, -ое)» означают «краткий» или «длительный» при употреблении с ключевым словом, обозначающим время.

Данные, приведенные в таблице 6.2, показывают, что существует большое количество параметров процесса. В данном случае очень важно, что руководитель HAZOP имеет возможность выбора необходимых параметров процесса и ключевых слов.

Выбор типа последствий

Перед началом проведения исследований HAZOP необходимо решить, на какие типы последствий будет обращать внимание. Можно выделить семь типов последствий:

- пострадавшие вне зоны предприятия;
- пострадавшие сотрудники предприятия;
- неправильные отключения;
- экологический ущерб;
- экономический ущерб;
- снижение производительности;
- воздействие на соседние предприятия.

Протоколы-отчеты HAZOP

Протоколы-отчеты HAZOP являются кратким описанием исследований HAZOP. В них отражаются предметы обсуждения, результаты и выводы обсуждения и принятые рекомендации. Протоколы-отчеты HAZOP заполняются в ходе совещаний. Это позволяет вести непрерывную запись ис-

следовательского процесса и дает гарантию, что в обсуждение будут включены все необходимые параметры процесса.

Возможны разные подходы к конспектированию исследований HAZOP. Чем больше деталей заносится в протоколы-отчеты HAZOP, тем проще в дальнейшем будет отслеживать результаты HAZOP. Если не было выявлено никаких последствий по какому-либо отклонению, это должно быть зафиксировано на полях протокола HAZOP значком «НВ» – «Не выявлены». Так поступать лучше, чем просто пропускать место объекта в протоколе, так как это показывает, что данное отклонение обсуждалось на совещаниях.

Как показано в протоколе-отчете HAZOP, каждый раздел можно пронумеровать, а каждому отклонению присвоить индекс. Это потребует дополнительного времени, но сделает проще использование перекрестных ссылок разных отклонений с одинаковыми последствиями и мерами по обеспечению безопасности. Рекомендации и действия также могут быть пронумерованы, чтобы облегчить их выполнение после исследований.

Есть несколько различных компьютерных систем отчетности HAZOP. Эти программы, как правило, оперируют нумерацией записей в отчете HAZOP, основанной на информации по всем секциям. Преимуществом таких программ является то, что записи становятся доступны сразу после завершения исследования HAZOP. Оценивание данными программами подразумевает наличие у пользователя определенных навыков секретаря HAZOP. В случае отсутствия таковых, исследования могут занять больше времени, чем использование отчетов HAZOP без помощи компьютера.

Исследование HAZOP

При проведении исследований HAZOP используется метод HAZOP. Метод HAZOP содержит четыре важных шага:

1. Оценка последствий различных отклонений в производственном процессе от ожидаемых параметров.
2. Установление причины отклонения в случае, если какие-либо из выявленных последствий классифицируются как «нежелательные».
3. Определение и оценка существующей системы мероприятий по обеспечению безопасности.

Таблица 6. 1. Параметры процесса, ключевые слова, отклонения

Параметры процесса	Ключевые слова						
	нет	низкий	высокий	часть	дополнительно	другой	братное
Подача, расход	нет	низкая	высокая	недостающий ингредиент	включения	ошибочный выбор вещества	противоток
Уровень	пусто	низкий	высокий	низкий поверхностный	высокий поверхностный	-	-
Давление	атмосферное	низкое	высокое	-	-	-	вакуум
Температура	-	низкая	высокая	-	-	-	самоохлаждение
Перемешивание	нет	недостаточное	интенсивное	нестабильное	образование пены	-	разделение фаз
Реакция	нет	медленная	бурная	незавершенная	побочная	ошибочная	разложение
Другое	ухушение состояния оборудования	выброс, сброс	разрыв	-	-	техобслуживание при запуске	-

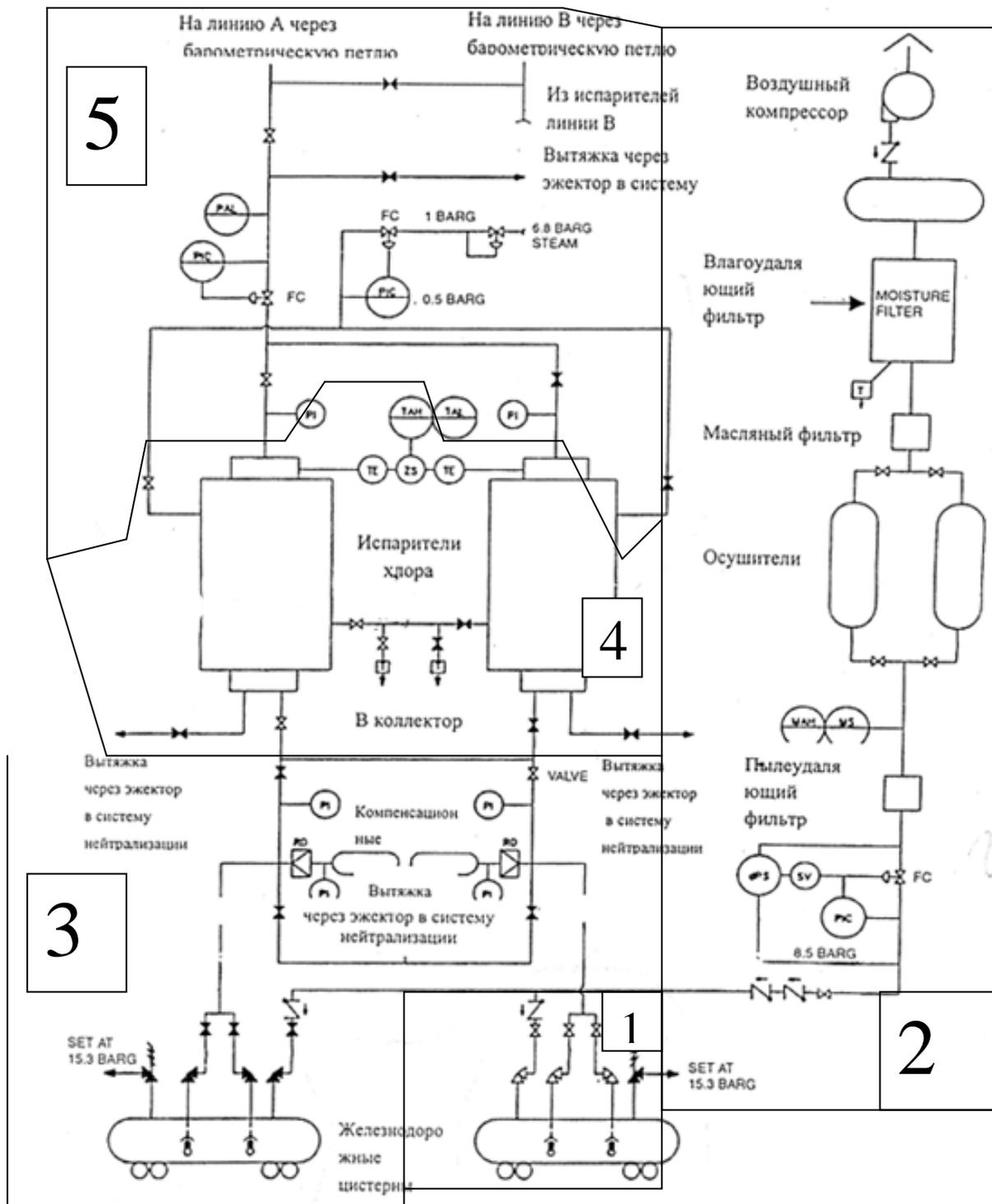


Рис. 6.1. Диаграмма P&ID завода по переработке хлора

4. Оценка того, может ли производство в данном проектном состоянии считаться готовым или необходимо проводить дальнейшие исследования, либо устанавливать оборудование, либо производить изменения существующего производственного процесса и процедур.

Вышеупомянутые шаги предпринимаются снова и снова при изучении каждого отклонения от заданных параметров процесса и для каждого уча-

стка производства. Это осуществляется с использованием ключевых слов для каждого параметра процесса.

Таблица 6. 2. Приемлемые параметры процесса

Параметр процесса	Тип секции					
	Реактор	Резервуар	Колонна	Труба	Насос	Печь
Подача, расход	X			X	X	X
Уровень	X	X	X			
Давление	X	X	X	X		X
Температура	X	X	X	X	X	X
Перемешивание	X	X				
Реакция	X					
Концентрация	X	X	X	X		
Воспламенение	X	X				X
Разрыв/утечка	X	X	X	X	X	X

Упражнение 1. Учебный пример исследования HAZOP. Сепаратор

1. Выбрана секция «Сепаратор 1». Выбранный параметр процесса – давление, ключевое слово – «высокий». Таким образом, отклонение обозначается как «высокое давление» в сепараторе 1.

2. Группа HAZOP проводит оценку последствий высокого давления в сепараторе (табл. 6.3). Последствие может быть сформулировано как «резервуар не прорвется, поскольку давление не может превысить расчетное».

3. Если последствия отклонения признаны «нежелательными», группа HAZOP должна установить возможные причины отклонения. Причиной может быть «неправильно проводимая реакция или использование непригодных реагентов». Если группе HAZOP удастся правильно определить причины отклонения, она приступает к оценке существующей системы обеспечения безопасности. Эта система может подразумевать наличие какого-либо оборудования или методов, используемых на предприятии для предотвращения аварий, например двойной проверки спецификаций и подборки материалов. В систему обеспечения безопасности могут также входить оборудование или методы для смягчения последствий аварии (например, предохранительные клапаны).

4. В зависимости от типа последствий, причин и системы безопасности группа HAZOP должна рассмотреть, насколько правильно решается определенная проблема. Если группа приходит к выводу, что проблема все еще существует, она может выдать «Рекомендации» или «Необходимые действия» (табл. 6.3 – 6.5). В них описывается проблема и предлага-

ются возможные варианты ее решения. Ответственное лицо будет обязано отслеживать выполнение рекомендаций и реализацию действий. Все решения группы фиксируются секретарем в протоколе HAZOP.

Подготовка к исследованиям HAZOP

В начале определяется участок завода (рис. 6.1), подлежащий исследованию HAZOP. Перед началом совещания HAZOP, необходимо осуществить следующие мероприятия;

- назначение членов группы HAZOP;
- сбор базовой информации о заводе;
- проведения руководителем группы деление производства на участки, на основе диаграмм P&ID распределения ресурсов и оборудования по процессу производства;
- определение необходимого количества совещаний;
- планирование совещаний;
- подготовка чистых бланков протоколов-отчетов HAZOP.

Таблица 6.3. Исследования HAZOP. Решение упражнения 1. Сепаратор

Секция	Отклонение	Причина	Последствие	Меры безопасности	Необходимые действия/Рекомендации
1. Сепаратор	1.1. Высокий уровень	Неисправный уровень немер	Возможно переполнение сепаратора жидкостью, выше уровня газоотводной трубы. Это может вызвать противоток в компрессор. Возможен прорыв компрессора	На сепараторе установлены автономные сигнализаторы: 1) определения высокого уровня; 2) определения максимально высокого уровня	Наличие сигнальных приборов не подразумевает автоматических действий. Необходимо найти лучшее решение проблемы. Например, установление барабана между сепаратором и компрессором и/или автоматическое отключение подачи в сепаратор в случае обнаружения максимально высокого уровня
	1.2. Низкий уровень	То же	Не выявлены (НВ)		
	1.3. Высокое давление	То же	Резервуар не проветрится, поскольку давление не может превысить расчетное		

1.4. Низ- кое давле- ние	То же	НВ		
--------------------------------------	-------	----	--	--

Руководитель группы HAZOP должен уметь общаться со всеми вовлеченными сторонами и обеспечивать активное участие членов группы в работе совещаний. Он также должен по возможности быть независимым от руководства исследуемого завода. **Секретарь HAZOP** должен хорошо разбираться в методологии HAZOP, понимать техническую терминологию, используемую на совещаниях. Также ему необходимо уметь хорошо печатать и подводить итоги дискуссии. **Другие участники** — это разные люди, возможно, специалисты извне, не обязательно имеющие опыт проведения исследований HAZOP.

Отчет по совещаниям HAZOP должен главным образом включать в себя оригиналы таблиц HAZOP. Также необходимо оформить рекомендации и необходимые мероприятия, выданные в ходе совещаний участниками рабочей группы. Данная документация должна быть проста в использовании и может быть подготовлена в виде таблиц 6.4, 6.5.

Таблица 6.4. Необходимое мероприятие

Эксперты HAZOP:	Клиент:	Дата:
	Предприятие:	Проект №
Проблема:		
Цель мероприятия:		
Обсуждение и выдача рекомендаций не позднее:		Отв.:
Обсуждение:		
Рекомендации:		
Кем подготовлен:		Дата:
Решение:		
Ответственные за принятие решений:		Дата:
Ответственные за выполнение решений:		Крайний срок:
Заполнено:		Дата:
Распространение:		

Таблица 6.5. Список мероприятий

Мероприятие №	Описание	Ответственный	Назначенная дата	Дата выполнения
1	2	3	4	5

По окончании исследования HAZOP может потребоваться отчет по HAZOP, в содержание которого должны войти следующие данные:

- имена и фамилии членов группы;
- сроки проведения исследования;
- ссылки на чертежи, используемые при проведении исследования;
- опасности и последствия, которым было уделено особое внимание;
- раздел, обобщающий итоги исследования HAZOP;
- список всех рекомендаций и необходимых мероприятий;
- график выполнения дальнейших мероприятий.

Упражнение 2. Исследование HAZOP. Завод по производству винилхлорида. Печь ВХ

Целью данного упражнения является описание работы группы HAZOP при проведении исследования.

Описание предприятия. Запланировано строительство завода по производству винилхлорида (ВХ). В ходе процесса образуются нежелательные побочные продукты, которые будут немедленно уничтожены в камере дожига.

Целью проведения исследования HAZOP является изучение следующих нежелательных последствий:

- ущерб здоровью персонала и повреждение оборудования;
- загрязнение окружающей среды.

Завод разделен на следующие участки:

1. Линия подачи этилена.
2. Линия подачи хлора.
3. Реактор прямого хлорирования.
4. Линия подачи дихлорэтана в печь.
5. Печь ВХ.
6. Линия подачи воздуха в печь.
7. Линия подачи винилхлорида в камеру дожига.
8. Установка для сжигания отходов.
9. Линия подачи воздуха в камеру дожига.
10. Экспериментальная линия подачи газа в камеру дожига.
11. Экспериментальная линия подачи газа в печь.
12. Основная линия подачи газа в печь.
13. Основная линия подачи газа в камеру дожига.

В упражнении будет проведено изучение участка 5:

Согласно проекту, в печи под воздействием высокой температуры дихлорэтан (ДХЭ) преобразуется в винилхлорид (ВХ). При нормальном режиме эксплуатации температура равна 900°C при давлении 11 бар. В таких условиях норма выработки ВХ составляет 600 кг в час.

При повышении температуры реакция ускоряется и образуется большее количество побочных продуктов. Завод является экспериментальным,

поэтому температура должна варьировать до тех пор, пока не будет найден оптимальный вариант.

Печь нагревается посредством сжигания природного газа. Температура ВХ на выходе из печи контролирует подачу природного газа. Расчетная температура в печи - 1200°С при давлении 14 бар.

При аварийном сигнале «Максимально высокая температура» на выходе из печи произойдет автоматическое закрытие клапана подачи природного газа в печь, а также клапана подачи ДХЭ. При аварийном сигнале «Очень низкое давление» при подаче природного газа в печь произойдет закрытие тех же клапанов.

В печи также будут установлены приборы для термоэлектрического измерения температуры в трубах внутри печи. Они позволят задействовать аварийный сигнал «Высокая температура», но при этом не произойдет какого-либо отключения.

Наиболее важная информация об используемых веществах: хлор – токсичен; этилен – очень легко воспламеняющийся бесцветный газ; дихлорэтан – очень легко воспламеняющийся и опасный при вдыхании газ; винилхлорид – бесцветный газ, со слабым сладковатым запахом.

Опасности, которые могут быть незамедлительно выявлены:

- разрушение завода может вызвать утечку легко воспламеняющихся веществ. Воспламенение может привести к смертельным исходам или травмам персонала и повреждениям оборудования;

- утечка хлора внутри производственного помещения может привести к смертельным исходам или причинить вред здоровью персонала вследствие отравления ядами;

- в результате разрушения реактора несколько человек могут пострадать из-за разлета металлических частей.

Ключевые слова, параметры процесса и отклонения даны в таблицах 6.1 и 6.6.

Таблица 6.6. Параметры процесса

Параметр	Печь
Подача/расход	Х
Уровень	
Давление	Х
Температура	Х
Перемешивание	
Реакция	Х
Концентрация	Х
Разрыв/утечка	Х

Могут быть применены слова: нет, низкий, высокий, часть, также, обратный. Таким образом, отклонения могут быть сформулированы следующим образом: нет подачи, низкая подача и т. д.

Сначала описывается назначение участка. В описание должны входить проектные и эксплуатационные пределы. Руководителем HAZOP предлагается: первое ключевое слово – низкий, первый параметр процесса – подача.

1. Группе HAZOP предстоит определить возможные последствия слабой подачи.

2. Группа должна оценить возможные последствия низкой подачи (насколько они нежелательны).

3. Возможные причины низкой подачи.

4. Определение наличия мер безопасности на предприятии.

5. Группа HAZOP проводит оценку достаточности существующих мер безопасности.

6. Могут быть представлены возможные варианты решения выявленных проблем и рекомендованы соответствующие действия.

Всегда необходимо провести дальнейшее изучение вариантов решения проблемы. Рекомендация типа, как «Установление дополнительного запорного клапана между X и Y», является неудачной, если не было проведено детальных исследований ситуации. Лучше рекомендовать: «Рассмотреть установление дополнительного запорного клапана между X и Y».

1. Группа HAZOP назначает ответственных за выполнение выданных рекомендаций и необходимых мероприятий.

2. Исследование HAZOP осуществляется вышеописанным образом для всех участков завода и выявленных отклонений технологического регламента.

Отчетность и действия. Все наиболее важные факторы по каждому участку, отклонения и их причины вносятся секретарем в таблицы HAZOP, при этом группой должны быть определены последствия, меры безопасности и рекомендованы необходимые мероприятия.

После окончания совещания HAZOP составляется список мероприятий (табл. 6.4, 6.5) и график их выполнения. Результаты исследований сведены в таблицу 6.7.

Таблица 6.7. Решение упражнения 2. Участок 5. Печь ВХ

<i>Отклонения</i>	<i>Причины</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
Низкая подача ДХЭ	Низкое давление в реакторе	Перегрев из-за высокой температуры в печи; высокий выход побочных продуктов при крекинге ДХЭ; вероятность повреждения корпуса печи и возгорания в случае, если труба разрушена; выброс ДХЭ		1. Предусмотреть установление измерителя давления на реакторе хлорирования
То же	Клапан патрубка отбора проб ДХЭ ошибочно не закрыт	То же	Присутствие оператора при отборе проб	
То же	Выход из строя охладителя ДХЭ	То же		
Низкая подача природного газа	Отказ клапана регулировки подачи газа FCV в закрытом положении	Низкий уровень конверсии ДХЭ в ВХ. Высокое поступление ДХЭ в камеру дожига с вероятностью выброса ДХЭ в окружающую среду		2. Определить, достаточна ли мощность камеры дожига для разложения ДХЭ при низком уровне конверсии ДХЭ в ВХ 3. Предусмотреть установление блока предотвращения выбросов
То же	Газ подается под низким давлением	То же	Установки газа надежны. Применение газопроводов PAL и контроллеров TIC	

<i>Отклонения</i>	<i>Причины</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
То же	Отказ ТПС	То же		
Низкая подача воздуха	Компрессор вышел из строя	Неполное сжигание в печи. Низкая конверсия ДХЭ в ВХ. Большое поступление ТХЭ в камеру дожигания с возможностью выброса ДХЭ в ОС. Возможность прекращения горения в печи с вероятностью возникновения пожара/взрыва, вызванных накопившимся в печи газом	Воздушный FAL с надежной системой отключения	Мероприятия 2, 3
То же.	Отказ воздушного демпфера при включении	То же	Минимальный срок приостановки работы воздушного демпфера	Мероприятия 2, 3
Высокая подача ДХЭ	Высокое давление в реакторе	Низкий уровень конверсии ТХЭ в ВХ. Высокое поступление ДХЭ в камеру дожигания с вероятностью его выброса в ОС. Низкая температура		Мероприятия 2, 3
Высокая подача природного газа	Отказ клапана регулировки подачи газа FCV в открытом положении	Вероятность воспламенения и взрыва. Или, перегрев газа в печи вследствие низкой подачи. Высокий выход побочных продуктов при крекинге ДХЭ; вероятность повреждения корпуса печи и возгорания в случае, если корпус разрушен; выброс ДХЭ в ОС		4. Рассмотреть установление факельного сканера и блокиатора, отключающего печь при прекращении горения
То же	Отказ ТПС (не реагирует на повышение давления)	То же		5. Рассмотреть установку сигнализатора превышения температуры у печи

<i>Отклонения</i>	<i>Причины</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
Высокая подача воздуха	Отказ воздушного демпфера при работе	Недостаточное сжигание в печи. Низкая конверсия ДХЭ ВХ. Высокое поступление ЦХЭ в камеру дожига с вероятностью выброса ДХЭ в ОС. Возможность прекращения горения в печи с вероятностью возникновения пожара или взрыва, вызванных накопившемся в печи газом	Подача газа контролируется	Мероприятия 2, и 3
Низкое давление		Особой опасности не выявлено		
Высокое давление		Особой опасности не выявлено. Может быть высокая температура.	Давление на линии подачи газа не должно превышать 4 бара	
Низкая температура	Высокая подача ДХЭ	Низкий уровень конверсии ДХЭ в ВХ. Высокое поступление ДХЭ в камеру дожига с вероятностью выброса ДХЭ в ОС		Мероприятия 2, 3
То же	Высокая подача воздуха	То же		
То же	Низкая подача газа	То же		
То же	Низкая подача воздуха	То же		

<i>Отклонения</i>	<i>Причины</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
Высокая температура	Высокая подача газа	Высокое давление ВХ в печи. Высокий выход побочных продуктов при крекинге ДХЭ. Вероятность повреждения корпуса печи и возгорания в случае, если труба разрушена. Выброс ДХЭ в ОС	Специальное покрытие корпуса печи. Установление сигнализатора температуры с системой отключения производства	Мероприятие 5
Высокая температура	Низкая подача ДХЭ	Высокий выход побочных продуктов при крекинге ДХЭ. Вероятность повреждения корпуса печи и возгорание в случае, если труба разрушена. Выброс ДХЭ в ОС		
Подтекание/разрушение корпуса печи	Некачественная сварка	То же	То же. Обследование корпуса печи рентгеном после сварки до начала работ	

<i>Отклонения</i>	<i>Причины</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
Подтекание /разрушение корпуса печи	Коррозия	Возгорание в печи со значительным выбросом ДХЭ в ОС. Вероятность серьезного повреждения оборудования	Материал и конструкция печи отвечает проекту. Дистанционное управление подачи. Мониторинг пожарной безопасности. Обучение аварийной бригады	7. Удостовериться в соответствии качества корпуса печи производственной нагрузке
То же	Природный газ подается под высоким давлением (см. это отклонение)	То же	То же	
То же	Низкая подача ДХЭ (см. это отк)	То же	То же	
То же	Высокая температура (см. это отк)	То же	То же	

<i>Отклонения</i>	<i>Причины</i>	<i>Последствия</i>	<i>Меры безопасности</i>	<i>Рекомендации</i>
Подтекание стенок печи/ разрушение стенок печи	Взрыв в печи	Вероятность травм персонала, работающего вблизи печи	Персонал не должен находиться вблизи от печи во время ее эксплуатации. Ремонт при остановке печи	8. Использовать газоанализатор для определения этилена, хлора, ДХЭ и ВХ
Высокая подача природного газа	Газ подается под высоким давлением	То же	Газопровод надежен. Применение газопроводов PAL. Подача газа контролируется TIC	9. Рассмотреть установление PАН и системы блокировки подачи натурального газа при превышении давления с выходом на запорный клапан

Упражнение 3. Исследование HAZOP. Бумажная фабрика

Задание: каждая группа HAZOP заполняет бланк-протокол по одному из 5 вариантов упражнения 3.

Бумажная фабрика использует газообразный хлор для отбеливания бумажной пульпы по сдвоенной системе отбеливания (линия «А» и линия «В»). Газообразный хлор генерируется на предприятии путем испарения жидкого хлора, доставляемого к месту использования в 90-тонных железнодорожных цистернах.

Каждая линия по отбеливанию на бумажной фабрике использует примерно одну железнодорожную цистерну с жидким хлором в день. Система разгрузки жидкого хлора на линиях «А» и «В» идентична.

В системе разгрузки и испарения на линии отбеливания «А» используется воздушный компрессор для подачи под давлением жидкого хлора из одной или двух железнодорожных цистерн в один или два испарителя

хлора.

Согласно технологическому регламенту операторы разгружают только одну железнодорожную цистерну с хлором и одновременно используют один испаритель хлора. Под воздействием пара, подаваемого под кожух испарителя, происходит испарение жидкого хлора с генерацией газообразного хлора. Газообразный хлор проходит через установку с ручным управлением давления и подается на линию отбеливания «А» (в случае необходимости имеется подсоединение к системе разгрузки и испарения жидкого хлора для обеспечения линии отбеливания «В», но обычно линии отбеливания «А» и «В» эксплуатируются автономно).

Во время нормальной эксплуатации жидкий хлор подается вверх по вертикальным трубопроводам испарителя. Пар под оболочкой испарителя переводит жидкий хлор в газообразный. Операторы используют вентили с ручным приводом для пуска и остановки подачи хлора в испаритель и из испарителя. Вентиль регулировки давления на линии подачи газообразного хлора регулирует его подачу для того, чтобы поддерживать постоянное давление газа, поступающего на линию отбеливания. Операторы вручную устанавливают это давление, обычно на уровне 1 бар, из зала центрального управления. Датчики в диспетчерском зале управления и аварийная аудиосигнализация указывают на низкое давление газообразного хлора, поступающего на линию отбеливания. Кроме этого, на линии имеются индикаторы давления.

Когда вентиль регулировки давления на выходе из испарителя открыт с целью увеличения давления газообразного хлора, подающегося на линию отбеливания, подача жидкого хлора в испарители возрастает.

Это приводит к увеличению уровня хлора в вертикальных трубах испарителей (и увеличивает площадь поверхности теплопередачи между жидким хлором и паром) до тех пор, пока не достигается равновесие, при котором уровень испарения хлора будет равен уровню подачи хлора в испаритель. И наоборот, когда вентиль регулировки давления закрыт в целях снижения давления газообразного хлора, подающегося на линию отбеливания, поток жидкого хлора в испаритель снижается. Это приводит к снижению уровня хлора в вертикальных трубах испарителей (и уменьшает площадь поверхности теплопередачи между жидким хлором и поверхностью труб) до тех пор, пока не достигается равновесие, при котором уровень испарения хлора будет равен уровню подачи жидкого хлора в испаритель. Если вентиль регулировки давления закрыт полностью, то траповое устройство испарения хлора удерживает обратное давление жидкого хлора до тех пор, пока не изменится направление потока, тогда испаритель заполняется только подогретым хлором при том же давлении, что и в системе подачи сжатого воздуха.

У каждого испарителя есть температурный датчик, который с помощью соответствующего выбора режима передает аудиосигнал о высокой

или низкой температуре в диспетчерский зал управления. Устройство аварийной сигнализации о нарушении температурного режима получает сигнал от одного из температурных датчиков в зависимости от положения температурного ключа. Таким образом, аварийный сигнал связан с соответствующим температурным датчиком на испарителе в зависимости от положения температурного ключа в тот или иной момент. Согласно порядку эксплуатации, операторы устанавливают температурный ключ на обслуживание действующего в тот момент испарителя.

Вариант 1. Железнодорожные цистерны и разгрузочные трубопроводы

90-тонные железнодорожные цистерны и разгрузочные трубопроводы спроектированы и обслуживаются для работы с хлором. Каждая железнодорожная цистерна имеет вентиль выхода в атмосферу, который автоматически открывается при давлении свыше 15,3 бар.

Во время разгрузки с помощью гибких шлангов происходит подсоединение железнодорожных цистерн к линиям подачи сжатого воздуха и линиям разгрузки железнодорожных цистерн. Сжатый воздух поступает в железнодорожную цистерну сверху, повышая в ней давление. В условиях повышенного давления жидкий хлор продвигается по шлангам железнодорожной цистерны и поступает в разгрузочные трубопроводы.

Вентили контроля избыточной подачи в трубопроводах должны ограничивать подачу жидкого хлора в случае повреждения разгрузочной линии. Операторы используют вентили с ручным приводом для пуска и остановки подачи хлора из железнодорожной цистерны. Операторы также используют вентили с ручным приводом для выравнивания подачи жидкого хлора в соответствующий хлороиспаритель. Разгрузочные линии оборудованы индикаторами давления и дополнительными компенсационными емкостями. Компенсационные емкости смягчают термическое расширение и предотвращают повреждение труб при нахождении жидкого хлора в замкнутом пространстве. Присоединение емкостей к трубопроводам проводится через манжеты. Если имеет место термическое расширение хлора, то манжеты обеспечивают дополнительное место для расширяющейся жидкости.

Вариант 2. Система сжатого воздуха

Воздушный компрессор с водным охлаждением и масляной системой смазки обеспечивает подачу сжатого воздуха для разгрузки железнодорожной цистерны с хлором. Данный компрессор эксплуатируется только в процессе разгрузки. Поступление сжатого газа к железнодорожной цистерне происходит через ресивер и влагоудаляющий фильтр а также через масляный фильтр к одному из двух осушителей (с помощью автоматической системы генерируется сухое вещество в одном из осушителей, в то время как другой осушитель эксплуатируется), пылеудаляющий фильтр и

установку контроля и регулировки давления.

Операторы используют вентили с ручным приводом на пунктах разгрузки для начала или остановки подачи воздуха к каждой железнодорожной цистерне с хлором. На контрольном пункте управления давлением в системе сжатого воздуха, вручную устанавливается нормативное давление, которое определяет давление в железнодорожной цистерне при ее разгрузке (обычно на уровне 8,5 бар). В дополнение к этому вентили регулировки давления на выходе из воздушного компрессора и в диспетчерском зале управления давлением и воздушные патрубки железнодорожных цистерн предотвращают возникновение противотока хлора в компрессор в случае, если давление на выходе из вентиля выше, чем давление на входе. Индикатор влажности воздуха с выводом аварийной сигнализации в диспетчерский зал управления указывает на превышение нормативной влажности на выходе из осушителя. В диспетчерском зале управления имеется автономный отключатель, который перекрывает давление в вентиле регулировки в случае, если давление на выходе вентиля выше давления на входе. Датчик влажности с аварийной сигнализацией информирует операторов о превышении влажности воздуха на выходе из осушителя.

Вариант 3. Поступление пара в испарители

Через разгрузочную линию пар в насыщенном состоянии поступает в испарители хлора, далее под давлением в 6,8 бар в паронакопитель. На пункте контроля давления пара происходит снижение давления с 6,8 бар до 1 бара. На втором пункте контроля давления пара происходит дополнительное снижение давления для обеспечения лучшего регулирования давления. Нормативный уровень давления, обычно равный 0,3-0,7 бар, устанавливается операторами вручную в диспетчерском зале управления, а контроль обеспечивает индикацию давления в зале управления. При этом выделяющееся при конденсации пара тепло переносится внутрь труб, заставляя находящийся внутри их жидкий хлор закипать и постепенно перегреваться, переходя в газообразный хлор, а затем выходить из испарителя. С помощью коллекторного трапа удаляется конденсат из обечайки испарителя. Операторы используют вентили с ручным приводом для пуска и остановки подачи пара в испаритель.

Вариант 4. Испарители и газопроводы

Испарители хлора спроектированы для работы с хлором. В эксплуатации испарители находятся попеременно. Проверка и техническое обслуживание испарителей производится каждые 3 месяца.

Вариант 5. Поступление газообразного хлора на линию отбеливания «А»

Эксплуатационное давление (1 бар при температуре $-20 - 40$ °С). Оператор устанавливает давление вентилем регулировки и регулирует расход вручную.

Прочее. Операции по разгрузке и испарению хлора осуществляются под видеонаблюдением из диспетчерского зала управления. Операторы из диспетчерского зала управления осуществляют связь с операторами на том или ином производственном участке по двухсторонней радиосвязи. Несколько вытяжных линий позволяют операторам очищать секции оборудования от хлора. По этим линиям хлор направляется из эксплуатируемого оборудования в систему нейтрализации хлора. Раствор гидроксида натрия распыляется из форсунок и, таким образом, происходит щелочная очистка оставшегося хлора, при этом щелочь переходит в гипохлорит натрия. Операторы используют вентили с ручным приводом для пуска и остановки подачи хлора в систему нейтрализации.

Наиболее значимые для рассмотрения последствия: выброс хлора более 5 кг; повреждение оборудования на сумму более чем 1 000 000 рублей; прерывание технологического процесса более чем на 1 час.

Основные характеристики хлора:

- хлор является очень сильно токсическим веществом (для отравления достаточно концентрации в $5 \cdot 10^{-5}$ мг/м³ в течение 30-60 минут);
- легко испаряется и при низкой температуре (т.е. точка кипения хлора при обычном атмосферном давлении составляет примерно -34 °С, а температура перехода хлора из газа в пар при давлении менее 2,7 бар ниже 0°С);
- жидкий хлор имеет очень большой коэффициент термического расширения;
- при заданной массе хлора газообразный хлор занимает в несколько сот раз больший объем, чем объем жидкого хлора;
- плотность хлора примерно в 1,5 раза выше плотности воды;
- жидкий хлор более реакционно способен, чем газообразный;
- небольшое количество влаги в контакте с хлором вызывает сильную коррозию (в особенности оборудования из углеродистой стали);
- бурно реагирует с большинством нефтяных и смазочных материалов;
- является сильным окислителем (может вызвать окисление стали при температуре выше 150 °С);
- хлор, получаемый в промышленном производстве, обычно содержит следы примесей (например, хлористый азот (азид хлора), который взрывоопасен в концентрированной форме, но в следовых количествах нет).

Прилагаемый список данных о безопасности химических материалов дает более детальное описание свойств хлора (табл. 6.7, 6.8).

Таблица 6.7. Основные физико-химические свойства азида хлора

<i>Название параметра</i>	<i>Параметр</i>
1. Формула	N_3Cl
2. Молекулярный вес	63,01
3. Цвет, кристаллическая форма	бесцветный газ, оранжевая жидкость
4. Температура плавления	-100°C
5. Температура кипения	-15°C
6. Данные о взрывоопасности	взрывоопасен
7. Взаимодействие с холодной водой	реагирует
8. Взаимодействие с горячей водой	реагирует
9. Растворимость в прочих растворителях	растворим в диэтиловом (этиловом) эфире

Таблица 6.8. Основные физико-химические свойства хлора

<i>Наименование параметра</i>	<i>Параметр</i>
1. Название вещества: химическое	хлор
торговое	хлор жидкий
2. Формула: эмпирическая	Cl_2
структурная	$Cl-Cl$
3. Общие данные: молекулярная температура кипения, °C (при давлении 101 кПа)	70,906
плотность при 20°C, кг/м ³	-34, 05
4. Данные о взрывоопасности: температура вспышки	1557
температура самовоспламенения	не взрывоопасен
пределы взрываемости	не горюч, но поддерживает горение многих веществ
5. Данные о токсичности: ПДК в воздухе рабочей зоны	не взрывоопасен в смеси с воздухом, но с водородом образует смеси, взрывающиеся на солнечном свету
ПДК в атмосферном воздухе жилых помещений	1 мг/м ³
летальная токсодоза LCt50	0,1 мг/м ³
пороговая токсодоза LPSt5	0,6 мг мин/ м ³
порог восприятия обонянием	0,6 мг мин/ м ³
нет последствий после пребывания течение 1 часа	12,0 мг/м ³
ощущение раздражения гортани	45,3 мг/м ³

<i>Наименование параметра</i>	<i>Параметр</i>
концентрация, вызывающая кашель	90,6 мг/м ³
возможна опасность для жизни при пребывании в этой атмосфере от 0,5 до 1 часа	120-180 мг/м ³
смерть при нескольких вдохах	3000 мг/м ³
6.Реакционная способность	сильный окислитель
7. Запах	обладает характерным резким удушливым запахом
8.Коррозионное воздействие	водные растворы оказывают сильное коррозионное воздействие, сухой газообразный хлор при нормальной t обладает меньшей коррозионной активностью, наиболее стоек титан и неметаллы (стекло, фторопласт, стеклопластики и пр.); титан в сухом хлоре воспламеняется и горит; при t выше 90°C сухой хлор активно взаимодействует с железом; химическая стойкость цветных металлов и их сплавов в сухом и влажном хлоре неудовлетворительна
9.Меры предосторожности	при работе с хлором необходимо использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи; для своевременного определения и регистрации содержания хлора в воздухе производственных помещений необходимо использовать автоматические газоанализаторы; при попадании в зону поражения хлором не следует покидать ее бегом; необходимо идти медленно и спокойно, задерживая дыхание и приложив влажную ткань ко рту и носу; идти следует перпендикулярно направлению ветра, обходя низкие участки территории
10. Информация о воздействии на людей	хлор относится к ядовитым веществам удушающего действия; вызывает резкое раздражение слизистых оболочек глаз, дыхательных путей и легких; при воздействии на кожу вызывает острые дерматиты с потением и покраснением

<i>Наименование параметра</i>	<i>Параметр</i>
11. Методы перевода вещества в безвредное состояние	обработка водой или щелочными растворами
12. Меры первой помощи пострадавшим от воздействия вещества	при ингаляционном отравлении вынести пострадавшего из загрязненной зоны на носилках, защитив ему нос и рот влажной тканью при отсутствии противогаса (верхняя часть тела должна быть слегка приподнята), укрыть пострадавшего для защиты от охлаждения, не разрешать разговаривать и как можно быстрее доставить в медицинское учреждение; категорически запрещается курить и употреблять алкогольные напитки; при попадании жидкого хлора на человека необходимо освободить часть тела, на которую попал хлор, от одежды; промыть эти участки тела обильным количеством сначала мыльной, а затем чистой воды; осторожно удалить влагу

Практическая работа 7. Метод определения опасностей HAZID

В процессе оценки риска анализ опасностей выполняет роль базы, на которой основываются многие элементы системы управления безопасностью и управления при чрезвычайных ситуациях. В целом анализ опасностей должен документально зафиксировать существующие угрозы безопасности, относительную вероятность крупных аварий и их возможных последствий. Существует несколько способов анализа опасностей и оценки риска. Можно использовать либо качественный, либо количественный подход к ситуации, каждый из которых способен обеспечить правильное представление о безопасности ситуации, если применяется последовательно. Выбор метода зависит от конкретной ситуации или вида риска. В любом случае предпринимаемые усилия должны соответствовать степени возможного ущерба.

Как правило, анализ опасностей представляет собой последовательный процесс, цель которого – соблюдение в полной мере всех требований безопасности. Этот процесс состоит из следующих шагов:

- 1) предварительное определение опасностей;
- 2) определение источников опасностей и оценка последствий аварий;
- 3) меры предотвращения, контроля и смягчения последствий этих аварий.

Основными проблемами определения опасностей являются полнота, содержательность и корректность анализа. Если определение опасностей проводится не в полной мере или непоследовательно, то, очевидно, соответствующие шаги для контроля выявленных опасностей, угроз не будут предприняты. При непоследовательной и неправильной процедуре определения опасностей (когда выявление опасности вызывает сомнение) время, усилия и деньги на анализ и контроль за этими опасностями тратятся напрасно и принятые решения могут на самом деле привести к менее безопасному функционированию объекта.

В целом, удовлетворительный уровень определения опасностей может обеспечиваться сочетанием нескольких методик, их выбор в значительной мере зависит от сложности и новизны производственных операций (технологических процессов). На некоторых объектах, не отличающихся новизной и сложностью может быть достаточно применения довольно простого подхода.

Важным элементом каждого из вышеупомянутых шагов анализа опасностей является использование опыта, приобретенного в результате произошедших ранее аварий и аварийных ситуаций, возникших на данном предприятии или аналогичном предприятии где-либо в мире.

Существуют следующие простые методы определения опасностей:

- анализ «Что произойдет если?»;
- карты (карточки) контроля безопасности;
- проверка концепций безопасности;
- предварительный анализ опасностей.

Анализ «Что произойдет, если?»

Данная методология широко применяется и может быть использована на всех стадиях цикла проекта, начиная с разработки его концепции. Анализ «Что произойдет, если?» основан на методе «мозговой атаки», которая тем не менее в определенной степени структурирована. Группе опытных специалистов, знакомых с анализируемыми процессами, руководителем аналитической группы предлагается задавать вопросы и ставить проблемы, связанные с рассматриваемой конструкцией (так, в химической промышленности, это вопросы о блокировках, утечках, коррозии, вибрации, частичных выходах из строя (неполадках) и т. п.).

Обычно вопросы начинаются со слов «что произойдет, если...». Например:

- «Что произойдет, если при запуске в компрессоре окажется воздух?»;
- «Что произойдет, если в компрессоре высокая температура?»;
- «Что произойдет при утечке охладителя?»;
- «Что произойдет при утечке смазочных материалов?» и т. д.

Вопрос, однако, может быть поставлен в любой форме, независимо от того включает ли он фразу «что произойдет, если...». Анализ, как правило, включает следующие шаги:

1. Постановка вопросов, которые возникают сами собой в отношении любой части системы.

2. Разделение вопросов по типам или по отношению к крупным производственным стадиям.

3. Постановка новых вопросов последовательно по мере прохождения каждой стадии.

4. Ответы на вопросы, один за другим, относящиеся к причинам, последствиям и мерам безопасности.

5. Определение действий там, где это приемлемо.

Основой анализа должны стать последние чертежи, процедуры, описания и технологического процесса и оборудования. Аналитическая группа должна включать специалистов по всем вопросам, имеющим отношение к делу, например, технологического процесса оборудования, эксплуатации и ремонта. При данном типе анализа очень важна высокая компетентность членов группы. Результаты анализа заносятся в таблицу 7.1:

Таблица 7.1 Формы отчетности HAZID

Что произойдет, если?	Причины	Последствия	Меры безопасности	Действия
1	2	3	4	5

Метод в какой-то степени неструктурирован, и вряд ли можно ожидать, что с его помощью можно выявить все проектные ошибки или их последствия. Однако результат может быть значительно улучшен при использовании данного метода совместно с методом карт контроля безопасности.

Карты контроля безопасности (checklists)

Анализ при помощи карт (карточек) контроля безопасности представляет собой систематический подход, основанный на использовании стандартов безопасности и опыта специалистов. Карта контроля безопасности состоит из ряда пунктов, которые подлежат проверке по конкретным параметрам, например, по использованию определенного производственного оборудования или веществ.

Рассмотрим ситуацию с изменением давления. Вначале задается вопрос: «Рассчитана ли разгрузочная система на двухфазовый поток и должна ли быть рассчитана»? Далее берется список вероятных опасностей и рассматривается каждый его пункт с точки зрения применимости к данной системе.

Метод карты контроля безопасности – либо на основе опыта как такового (включая сопоставление с нормами и правилами), либо, для определенного типа предприятия, на основе использования фундаментальных ме-

тодик, без повторения всего процесса исследования, когда приходится рассматривать схожий проект.

Карты контроля безопасности по своей сути являются наиболее простым и эмпирическим средством использования уже имеющегося опыта при проектировании объектов или в ситуациях, когда необходимо удостовериться в том, что учтены все вопросы, указанные в списке. Они могут относиться к свойствам материалов или, например, только к оборудованию.

Карты контроля безопасности также служат предметным указателем по тем вопросам, которые требуют внимания на каждой стадии жизненного цикла оборудования и сооружения. Они более эффективны для постановки проблем и открытых вопросов, чем для вопросов, требующих ответа в виде «да/нет».

Карты контроля безопасности применимы как для систем управления в целом, так и для проектирования, включая все его стадии. Очевидно, последовательность использования карты предполагает начало со стадии проекта, включающей составление контрольных таблиц свойств основных материалов и характеристик процессов, продолжение – в виде составления аналогичных таблиц подробной конструкции объекта и завершение – в виде карт контроля безопасности производственного процесса (табл. 7.2).

Таблица 7.2. Карта контроля безопасности упрощенного процесса анализа опасностей

<i>Устройства</i>	<i>Мероприятия</i>
Хранилище сырья, полуфабрикатов и готовой продукции	
Резервуары-хранилища	Проектные решения, качество строительных материалов
Накопители	Производительность, дренаж стоков
Аварийные клапаны	Дистанционный контроль за опасными материалами
Разрядники, предохранители	Инспекторские осмотры
Технологический процесс	Предотвращение загрязнения, анализ параметров
Спецификации продуктов	Химические, физические качества, устойчивость
Ограничения процесса	Температура, давление, время, количество
Обращение с материалами	
Насосы	Эжекторные, реверсионные, определение конструкционных материалов
Проемы, коридоры, трубопроводы	Противопожарные, взрывобезопасные, вспомогательные

<i>Устройства</i>	<i>Мероприятия</i>
Конвейеры, дробилки	Стопорные устройства, инерционные, предохранительные
Технологический процесс	Разливы, утечки, обеззараживание
Распределительные устройства, кабели	Мощность, перекрестные соединения, нормативы, конструкционные материалы
Производственное оборудование, сооружения и процессы	
Технологический процесс (запуск, нормальный режим, отключение, аварии)	Регламенты, технологические карты, описания, предписания, правила
Соответствие нормам и правилам	Аудиты рабочих мест, вопросы экономии (времени, сырья и т. д.), предложения и указания
Потери на коммуникациях	Электричество, отопление, воздух для охлаждения, смесители
Контейнеры, резервуары	Конструкция, материалы, нормативы, доступ, коррозия, осмотр, тестирование
Трубопроводы, переключатели, задвижки, клапаны	Идентификация, контроль, текущий ремонт
Реакторы, коммутаторы	Предохранительные устройства, датчики
Опасности	
Возгорания, пожары, выход реактора из-под контроля	Противопожарные, взрывобезопасные, вспомогательные; служба спасения
Электроэнергия	Классификация производственных площадей, соответствие требованиям и правилам, очистка (соединений)
Технологический процесс	Технологические карты и описания, контрольные предписания
Производственные режимы	Температура, давление, потоки, коэффициенты, концентрации, плотность, уровни, время, последовательность
Источники возгорания	Перекиси, ацетилены, трение, засоры, компрессоры, статическое электричество, клапаны, нагреватели
Соответствие требованиям безопасности	Теплоносители, горюче-смазочные материалы, поливочно-моечные и упаковочные устройства
Условия (пределы) безопасности	Охлаждение, нагревание, очистка от загрязнения
Защита персонала	
Обзор несчастных случаев	Участок, цех – планерки, совещания, стенды
Защита	Ограждения, персональная защита (одежда,

<i>Устройства</i>	<i>Мероприятия</i>
	обувь), душевые, аварийные выходы
Вентиляция	Общая, местная, воздухозаборы, режим
Воздействие внешней среды	Прочие (непроизводственные) процессы, ответственная среда, метеорологические условия
Сооружения инфраструктуры	Изоляция от попадания воздуха, воды, инертных газов, пара
Идентификация опасностей	Токсичность, воспламеняемость, реактивность, коррозия, симптомы недомогания, первая медицинская помощь
Окружающая среда	Отбор проб, испарения, пыль, шум, радиация
Механизмы управления и приборы аварийной защиты	
Механизмы управления	Режимы, надежность, дублирование, аварийная защита
Калибровка, проверка	Частота, соответствие
Извещатели, сирены	Соответствие, ограничения, пожар, дым
Прерыватели, блокираторы	Тестирование, байпасы
Предохранительные устройства	Соответствие, размер, сбросы, дренаж, вспомогательные устройства
Аварийные мероприятия	Захоронение, затопление, замедление реакции, разбавление
Изоляция процесса	Перемычки, огнеупорные задвижки, очистка
Приборы	Качество воздуха, время срабатывания защиты, перезавод, конструкционные материалы
Удаление отходов	
Люки	Ловушки пламени, реакции, подверженность воздействию, твердые вещества
Вентиляционные отверстия	Сбросы, рассеяние, радиация, туман
Характеристики	Илы, осадки, загрязняющие материалы
Оборудование по отбору проб	
Точки отбора проб	Доступность, вентиляция, клапаны и задвижки
Технологический процесс	Отбор проб, очистка
Пробы	График, методика
Анализ	Процедуры, регистрация, обратная связь
Ремонт и обслуживание оборудования	
Обеззараживание	Растворы, оборудование, процесс
Отверстия резервуаров	Размер, доступ, препятствие доступа

<i>Устройства</i>	<i>Мероприятия</i>
Технологический процесс	Доступ к резервуарам, сварка, вывод из эксплуатации
Противопожарная защита	
Противопожарные сооружения	Области возможного распространения огня, потребности в воде, распределительные системы, спринклеры, дренчеры, мониторы, инъекции, тестирование, технологический процесс, соответствие
Огнетушители	Тип, месторасположение, обучение
Брандмауэры	Соответствие, состояние, двери, коридоры
Дренаж	Уклон, скорость дренирования
Действия в аварийных ситуациях	Бригады (расчеты), укомплектованность, учебное оборудование, планы

Проверка концепции безопасности проекта

Данный метод применяется только при первичных проверках. Он используется в химической промышленности на самой ранней стадии проектирования завода до составления технологических карт. При помощи этого метода анализируются различные варианты и рассматриваются общие организационные вопросы. Осуществляется сбор общей информации об инцидентах, произошедших ранее как внутри, так и вне организации, об опасных свойствах химических веществ, планируемых к использованию, либо их заменителей.

Таблица 7.3. Метод проверки концепции безопасности проекта

<i>Вопрос</i>	<i>Ответ</i>
Материалы	
Сырье соответствует стандартам?	Нет. Концентрация аммиака в растворе была увеличена с целью уменьшения затрат. Скорость подачи раствора в реактор это учитывает
Есть проверка документов на материалы?	Да. Маркировка груза, накладные в порядке. Взятие проб материалов не проводится
Есть допуск персонала к документам по безопасности материалов?	Да. Служба производственной безопасности выдает их круглосуточно
Выполняются правила противопожарной защиты и оборудования, обеспечивающего безо-	Нет. После возведения новой внутренней стены некоторые части производственного помещения не могут быть защищены противопожарными средствами. Остальное оборудо-

<i>Вопрос</i>	<i>Ответ</i>
пасность работ?	вание содержится в хорошем техническом состоянии и проверяется ежемесячно
Оборудование	
Есть график проверки оборудования?	Да. Ремонтная бригада проводит работы в соответствии с «Правилами осмотра». Однако статистика отказов и озабоченность начальника отдела ремонта дает основание считать, что осмотр оборудования по обращению с кислотой проводится редко
Есть проверка предохранительных клапанов?	Да. График соблюдается
Есть график испытаний систем безопасности и перемычек?	Да. Отклонений от графика периодического осмотра нет. Однако, осмотр и ремонт их осуществляется во время производственного цикла
Если необходимые запчасти для текущего ремонта?	Да. Имеется ограниченный запас самых необходимых запчастей. Другие детали доставляются по контракту в течение 4 часов
Технологические процессы	
Соответствуют производственные операции регламенту?	Да. Обновленный 6 месяцев назад регламент находится в службе главного инженера
Соблюдает персонал этот регламент?	Нет. Последние изменения производства внедряются медленно. Операторы считают, что изменения не коснулись вопросов личной безопасности
Хорошо ли подготовлен персонал?	Да. Существует программа обучения и переподготовки, с периодическим тестированием. Аттестация оформляется документально для каждого работника
Как происходит передача смены?	Пересменка операторов – 30 минут, за это время следующая смена узнает текущее положение дел
Быт. условия приемлемы?	Да. На предприятия бытовые условия приемлемы
Используются ли разрешения на безопасную работу?	Да. Но они не обязательно предусматривают остановку процессов (например, тестирование и ремонт компонентов системы безопасности)

Аналитической группой рассматриваются задачи проекта, возможные стадии производственного цикла, химические вещества, которые могут быть использованы на каждой стадии цикла, а также состав образующихся при этом сточных вод.

Целью проверки является оценка возможных опасностей, возникающих в процессе производства, предпочтительности использования того или иного химического процесса с точки зрения его опасности и конкретных законодательных актов, регулирующих деятельность рассматриваемого предприятия. Именно в этот момент необходимо установить степень глубины и сроки всех последующих проверок безопасности. Проверка концепции проекта должна обеспечить проектировщикам обоснование необходимости и конкретного совершенствования проекта и гарантировать, что эти улучшения будут реализованы уже на стадии проектирования.

Это полезная методика (табл. 7.3, рис. 7.1), стимулирующая внутренне присущую объектам безопасность, объектом которой является концепция проекта. Присущие веществам опасные свойства рассматриваются с точки зрения защиты здоровья и жизни персонала предприятия, воздействия на население и окружающую среду. Внутренне присущая объектам безопасность достигается путем рассмотрения сначала возможности замены данного вещества более безопасным, а затем возможности сокращения запасов применяемых веществ.

Предварительный анализ опасностей

Он должен устанавливать степень опасности каждого проблемного участка предприятия, например, хранилища химической продукции и т. д. Участки характеризуются определенным количеством и свойствами опасных веществ и/или производственных процессов, что позволяет определить зоны объекта, которые нуждаются в более детальном проведении анализа опасностей. Предварительное выявление опасностей – эффективный метод определения на ранней стадии планирования деятельности предприятия, когда детали проекта и производственных процессов недостаточно ясны. Результатом исследования является список опасностей и наиболее характерных опасных ситуаций, который составляется при рассмотрении следующих производственных характеристик:

- сырье, полуфабрикаты, конечная продукция и их химическая реактивность;
- оборудование предприятия;
- планировка сооружений;
- производственная среда;
- производственная деятельность (тестирование, наладка, эксплуатация и т. д.);
- взаимодействие между компонентами техногенной системы.

Далее дается оценка степени (уровня) опасностей и в соответствии с

этим ранжируется каждая конкретная ситуация, это используется для установления приоритетов рекомендаций по повышению уровня безопасности и определения потребностей в более детальном анализе.

Упражнение 1. Исследование HAZID. Компрессор

Используя форму отчетности HAZID (табл. 7.1), выполнить упражнение методом анализа «Что произойдет если ?»:

1. Что произойдет, если в компрессоре высокая температура?
2. Что произойдет при потере охладителя?
3. Что произойдет, если рециркуляция вокруг компрессора избыточна?
4. Что произойдет при утечке смазочного материала?
5. Что произойдет при поломке задвижки клапана?
6. Что произойдет, если поток в компрессоре недостаточен?
7. Что произойдет при избыточной степени сжатия?
8. Что произойдет, если повысится температура подачи?
9. Что произойдет, если в компрессоре есть локальное возгорание?
10. Что произойдет, если в систему подачи проникнет жидкость?
11. Что произойдет, если в установку попадут твердые частицы или загрязняющие материалы?
12. Что произойдет при попадании воздуха при нарушении герметичности или ремонте?
13. Что произойдет при чрезмерном увеличении скорости или обратном вращении?
14. Что произойдет, если не откроется всасывающий клапан?
15. Что произойдет при избыточном рециркуляционном потоке?
16. Что произойдет, если заблокирован сброс?
17. Что произойдет при избыточном давлении в компрессоре?
18. Что произойдет, если обратное давление слишком велико?
19. Что произойдет при увеличении подающего напора?
20. Что произойдет, если потребность в отходящем потоке отсутствует?
21. Что произойдет, если давление не удастся контролировать?
22. Что произойдет, если всасывающий клапан закрыт?
23. Что произойдет, если подающий напор понижен или линия подачи неисправна?
24. Что произойдет в случае пониженного давления вследствие замедления скорости?
25. Что произойдет, если остановится компрессор или ухудшение его эксплуатационных качеств?
26. Что произойдет, если возникнут неполадки в компрессоре?
27. Что произойдет, если возникнет поломка сцепления ведущего шкива?
28. Что произойдет, если вибрация ослабит сцепление?

29. Что произойдет, если износится конструкционный материал или изоляция?

30. Что произойдет, если изоляция при проведении текущего ремонта не отвечает существующим требованиям?

31. Что произойдет, если не будут соблюдены процедуры запуска и текущего ремонта?

32. Что произойдет, если не сработает система управления?

33. Что произойдет, если не сработает система аварийной защиты?

34. Что произойдет, если система сброса не справится с избыточным давлением?

35. Что произойдет, если предохранительный клапан не открывается?

36. Что произойдет, если предохранительный клапан не закрывается?

37. Что произойдет, если поток через трубу сброса давления слаб?

38. Что произойдет при ухудшении качества обслуживания?

39. Что произойдет, если на компрессор действует внешнее воздействие?

40. Что произойдет при резком понижении температуры воздуха или другой экстремальной ситуации в окружающей среде?

Упражнение 2. Исследование HAZID. Производство диаммонийфосфата

На рис. 5.1 представлен непрерывный технологический процесс, в котором раствор фосфорной кислоты и раствор аммиака поступают через вентили в реактор-смеситель, где образуется диаммонийфосфат (неопасный продукт), который поступает из реактора в открытый резервуар-хранилище. Вентили, установленные в резервуарах и реакторе, снабжены выпускными отверстиями, выходящими за пределы прилегающей рабочей площади. Если в реактор дается слишком много фосфорной кислоты (по сравнению с интенсивностью подачи аммиака) образуется продукт, не соответствующий техническим условиям, но реакция сама по себе безопасна. При увеличении интенсивности подачи аммиака и фосфорной кислоты одновременно темпы высвобождения энергии могут возрасти и реактор, в соответствии с его характеристиками, может не справиться с повышением температуры и давления. Если в реактор дается слишком много аммиака (по сравнению с интенсивностью подачи фосфорной кислоты), непрореагировавший аммиак может вытечь (перелиться через резервуар с диаммонийфосфатом). В этом случае любой остаточный аммиак попадет в прилегающее производственное помещение, подвергнув опасности производственный персонал. На производственной площадке установлены приборы для обнаружения аммиака и аварийные извещатели.

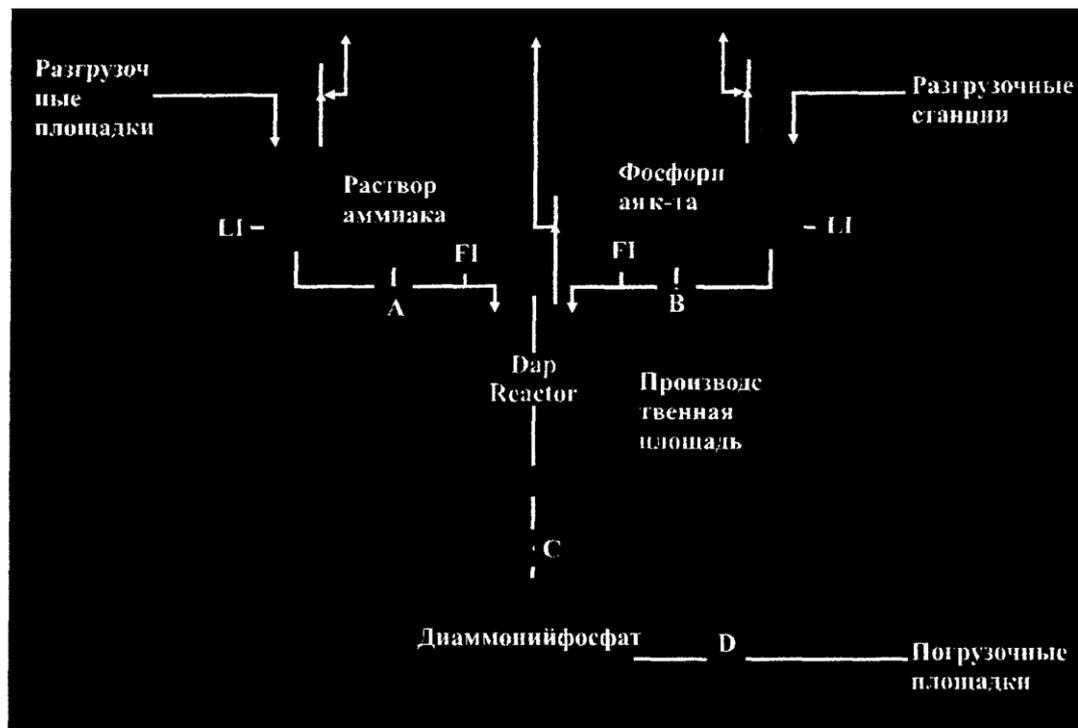


Рисунок 7.1. Непрерывный процесс в реакторе

Практическая работа 8. Исследования FTA

Описание проблем промышленной безопасности само по себе является трудной задачей. Как показала практика, решение возникающих комплексных задач должно существенно упроститься, если удастся установить первичные симптомы и причины изучаемых явлений. Описание проблем должно обязательно включать не только оценку внутренне присущих исследуемым объектам причин, порождающих опасность, но и оценку побочных нежелательных эффектов и описание порядка действий, которые необходимо предпринять в предназначенное время. При этом для более или менее сложных объектов и систем количество факторов, которые должны быть подвергнуты анализу, может достигать нескольких сотен и тысяч. Сложность современных технологических процессов, невозможность сразу охватить весь спектр явлений, способных приводить к аварийным ситуациям, делает целесообразным использование метода деревьев событий (деревьев отказов) для комплексного анализа устойчивости функционирования промышленной безопасности предприятий.

Достаточно удачным средством для нахождения компромиссов, обеспечения полного и взвешенного функционального описания проблем промышленной безопасности является использование представления знаний об изучаемых объектах и систем в виде графических логических построений.

Цель занятия – познакомить обучающихся с методологией и методи-

кой проведения исследований анализа деревьев отказов. В итоговом задании нужно построить относительно простые деревья отказов и при этом избежать общих ошибок при количественной оценке опасности.

Исследование методом ФТА основано на графическом логическом описании механизма отказов системы. Ключевые теоретические основы в ФТА – это предположение, что компоненты в системе либо работают успешно, либо отказывают полностью. До начала построения дерева отказов необходимо специально определить верхнее событие. Необходимо детальное понимание работы систем компонентов, роли операторов и учет всевозможных человеческих ошибок.

Дерево отказов представляет собой дедуктивное логическое построение, которое использует концепцию одного финального события (как правило, авария или отказ блока, всей системы) с целью нахождения всех возможных путей, при реализации которых оно может произойти.

Для этого рассматривается, какие события или их комбинации могут привести непосредственно к возникновению финального события. Затем каждое из этих событий рассматривается как вершина дерева, и процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнут такой уровень детализации, на котором полученные события уже будут неделимы в принципе или по соображениям решения задачи. Такие события называют базовыми, иницирующими, элементарными или исходными. Все остальные события – порожденными или промежуточными.

Для графического изображения простейшего дерева событий необходимо ввести базовый набор символических изображений, которые представлены на рисунке 8.1. Данные типы вершин позволяют построить дерево отказов для огромного большинства систем. Однако существуют ситуации, когда отказ наступает только при определенном порядке возникновения входных событий (отказов) или же в случае соблюдения некоторых временных условий (например, действие какого-нибудь фактора в течение определенного интервала времени), который больше допустимого, либо при некоторой комбинации этих требований. В этом случае построение и анализ деревьев отказов значительно усложняются.

Приведем некоторые термины, необходимые для понимания рассматриваемого метода.

Событие – нежелательное отклонение от нормы или ожидаемого состояния компонентов системы.

Верхнее (главное) событие – это нежелательное событие или инцидент на вершине дерева отказов, от которого спускаются вниз, пользуясь логическими воротами.

Промежуточное событие позволяет комбинировать различные исходные события, которые рассматриваются в развитии посредством условий.

Исходное событие – отказ в работе оборудования или ошибка персонала, которые при рассмотрении не разбиваются на отдельные составные

события более мелкого масштаба.

Неразвивающееся событие – возможные причины нежелательного события не рассматриваются в развитии по причине того, что условия возникновения данного события не достоверны или имеющейся информации недостаточно.

Условие (логические ворота) – логическая связь между входными событиями (событиями более низкого уровня) и отдельными выходными событиями (более высокого уровня).

Условие «и» объединяет входные события, каждое из которых должно существовать одновременно с другими.

Условие «или» используется в случае, если для определения последующего выходного события достаточно ввести данные об одном каком-либо предыдущем событии.

Минимальный набор сечений – минимальное число цепочек событий, при которых может произойти главное событие. Все события (отказы) соответствуют базовому или неразвивающемуся событию. Большинство существующих методов анализа деревьев отказов основываются на поиске и изучении множества сечений и путей дерева.

Путь (сечение) – такая комбинация базовых событий, реализация которых приводит к возникновению главного события.

Сечение (путь) – такая комбинация базовых событий, одновременная нереализация которых приводит к невозможности возникновения данного события.

Минимальный путь это группа событий или первичных источников отказов, которые могут привести к главному событию через минимальное число шагов.

Если же решается задача повышения надежности систем, то гораздо эффективнее анализ минимальных сечений дерева отказов с целью найти наиболее простые способы повышения надежности системы.

Однако следует отметить некоторые принципиальные моменты, связанные с использованием деревьев событий и отказов.

Дерево (вообще) представляет собой структуру, где каждый элемент (за исключением граничных) имеет один вход или один или более выходов, или наоборот (рис. 8.1). Символы, используемые в методе дерева отказов все зависит от того, в какую сторону проводится дерево, но не то и другое вместе. Данное ограничение, накладываемое на понятие «дерево», приводит к некоторым сложностям в построении и анализе дерева. Например, в случае дерева отказов (где все элементы, кроме вершины дерева, должны иметь один выход) обычно существует событие, имеющее более одного выхода (в качестве примера можно привести отказ электропитания или наводнение).

С точки зрения возникновения аварийных ситуаций предпочтительнее производить анализ минимальных путей дерева. Зная вероятности их ре-

лизации, можно рассчитать вероятность возникновения главного события!

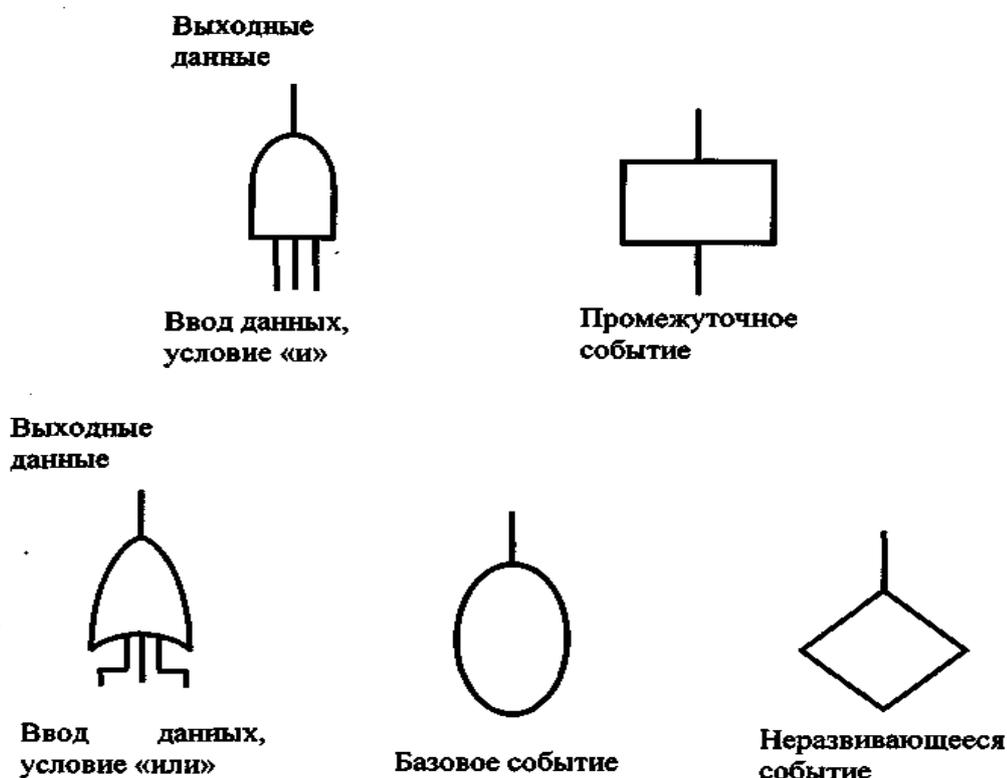


Рис. 8.1. Символы, используемые в методе дерева отказов

Второй принципиальный момент, который не учитывается существующими моделирующими алгоритмами, заключается в следующем предположении: если на входах участка логической структуры создается благоприятная комбинация условий, то со стопроцентной вероятностью должно произойти порожденное событие. В большинстве случаев так оно и есть, однако существуют ситуации, когда это условие не соблюдается, (например, попадание камня в оконное стекло не всегда приводит к тому, что оно разбивается). Для решения данной задачи в существующих алгоритмах приходится или вводить фиктивные события (функция которых заключается в том, что не всегда выдается выходной сигнал, когда на входах присутствует благоприятная комбинация входных), или корректировать входные вероятности (например, вероятность попадания камня в окно заменяются вероятностью того, что оно разобьется; но это не позволяет учесть причины, которые привели к разбиению окна).

Отличительной особенностью функционирования человека в техногенной системе является то, что ему свойственен принципиально новый тип отказа рис. 8.1. Символы, используемые в методе дерева отказов

ошибка в деятельности (временный неустойчивый отказ) и это также необходимо учитывать.

Исследования методом ФТА применяют в целях:

- выявления всех путей, которые приводят к главному нежелательному событию при определенном стечении обстоятельств;
- определения минимального числа комбинаций событий, которые могут привести к главному событию;
- качественного определения основных причин нежелательного события;
- количественной оценки частоты вероятности нежелательного события;
- идентификации общего характера отказов или их общих причин, трудно выявляемых при рассмотрении изолированных подсистем;
- анализа чувствительности отдельных событий к отклонениям параметров системы.

Дерево отказов – это графическое представление связей между отказами оборудования и аварийными ситуациями. Можно выделить четыре класса причин возникновения аварийных ситуаций:

- отказы оборудования;
- отклонения от технологического регламента;
- ошибки производственного персонала;
- внешние причины (стихийные бедствия, диверсии и т. д.).

Одним из достоинств метода является систематическое логически обоснованное построение множества отказов элементов системы, которые могут приводить к аварии. Метод деревьев отказов используется в основном в случаях, когда при отказе системы в целом может быть установлена связь между комбинациями отказов отдельных компонентов системы. Метод применяется при идентификации требований к дублированию компонентов, к защитным устройствам и контрольным системам. Проведение исследования методом дерева отказов можно также представить в виде следующих шагов.

Шаг 1. Выбор и описание системы:

- определение способа функционирования системы;
- информация о процессе, технических средствах, ошибках операторов и о свойствах:

1) опасностей, связанных с материалами, которые используются в процессе и вне его;

2) опасностей, связанных с аппаратурой и определенной структурой процесса и его компонентами (например, выброс токсичного вещества через ошибочно открытый клапан);

- определение физических границ системы.

Выбранные границы системы должны отражать наличие недостаточных данных. Должна быть указана начальная конфигурация оборудования

(необходимо указать, например, какие клапаны открыты, какие закрыты).

Шаг 2. Исследование системы. Необходимо учесть все события, включая:

- невозможные события;
- возможные события.

Каждый технологический процесс характеризуется некоторым набором переменных процесса, отклонения которых от своих рекомендованных значений могут приводить к непредвиденным химическим реакциям, превышению рабочего давления и/или температуры и, как следствие, к повреждению (разрушениям) технологического оборудования.

Находятся контролирующие переменные, изменение которых может привести к отказу блока.

Шаг 3. Определение главного события:

- требует точности и определенности;
- плохо и неточно определенное конечное событие часто является причиной некорректного анализа;
- часто включает предварительный анализ (например, методы HAZOP или FMEA);
- необходимо четко и ясно определить, что, где и когда случилось.

Шаг 4. Конструирование дерева отказов:

- рассматриваемое главное событие изображается на вершине;
- при построении дерева логическая схема отталкивается от главного события. Исходная точка – это не причины, приведшие к событию, а оно само. И только задав событие, можно начинать исследование возможных причин его появления;

- ветви дерева представляют собой все пути, по которым событие может реализовываться, а связь между исходными событиями и главным событием осуществляется через логическое условие;

- обычно не существует исходных причин, а существуют первоначальные ошибки или отказы, приводящие к развитию во времени нежелательного события. Отказы, входящие в структуру дерева отказов, могут быть поделены на три группы: первичные отказы; вторичные отказы; отказы управления. К первичным отказам относятся отказы оборудования, которые произошли в обычных условиях функционирования оборудования. Вторичные отказы происходят вследствие изменений условий работы оборудования. Отказы управления имеют место в случаях, когда нормально функционирующее оборудование не получает по каким-либо причинам управляющих сигналов. Вторичные отказы и отказы управления являются промежуточными событиями и требуют дополнительного анализа;

- в случае, если исходные причины возникновения нежелательного события находятся в прямой связи с конечным событием такая проблемная ситуация слишком проста для ее анализа с помощью метода дерева отказов.

Шаг 5. Качественный анализ:

- анализ набора минимальных сечений;
- необходимо найти способ определения возможных комбинаций отказов в работе оборудования, которые приводят к возникновению нежелательного события;
- минимальная комбинация ошибок персонала и повреждений оборудования, достаточная для возникновения нежелательного события, – это краткий вариант дерева отказов;
- алгоритм вычисления минимального краткого пути состоит из двух этапов:

1) составления таблицы возможных путей, когда сначала выбирается условие, далее исследуется число входов, а затем число ветвей дерева. Если при этом соответствующий вход также является «калиткой», то в таблицу вписывается его номер, а для конечных ветвей дерева вписывается буква, обозначающая исходный процесс;

2) составления матрицы, где условия заменяются ее входами, и этот процесс продолжается пока мы не получим главное событие через буквенное выражение;

- такие комбинации могут использоваться для классификации путей развития нежелательного события и для количественной оценки дерева отказов, если доступна необходимая информация;

- для анализа небольших деревьев могут применяться простые методы (без использования ЭВМ);

- ранжирование базовых событий может быть определено по минимальному набору событий.

Шаг 6. Количественный анализ:

Имея конечную схему дерева отказов и оценочную частоту (вероятность) для каждого базового или неразвивающегося события, можно вычислить частоту главного события или его вероятность. Расчет чувствителен к цифровым ошибкам в прогнозируемой частоте главного события, если дерево имеет повторяющиеся события в различных ветвях, которые разделены условием «и». Метод расчета начинается с базовых событий на дереве отказов и продвигается вверх к главному событию (табл. 8.1).

Таблица 8.1. Математическая связь для расчетов по методу ФТА

Условие	Входная пара (B), (C)	Вычисление выхода (A)	Время t (год)
«или»	P_B «или» P_C F_B «или» F_C	$P_A = P_B + P_C - P_B P_C = P_B + P_C$ $F_A = F_B + F_C$	t^{-1}
«и»	P_B «и» P_C F_B «и» F_C F_B «и» P_C	$P_A = P_B \cdot P_C$ не разрешено; преобразуйте к F_B «и» P_C $F_A = F_B \cdot P_C$	t^{-1}

Примечание: P – вероятность; F – частота (время⁻¹).

Важно помнить, что для условия «и» на входе может быть несколько термов вероятности, но только одна частота. Одними из двух важнейших логических значков в деревьях отказов являются значки «И». При использовании таких значков необходимо учитывать, что выходные данные даются:

- а) из входных данных в виде отказов в превентивных (защитных) действиях;
- б) из входных данных в виде отказов защитных приборов (устройств);
- в) из отказов двух приборов (устройств), действующих параллельно;
- г) из отказов двух приборов, из которых один работает, а другой выключен.

При конструировании деревьев отказов различия между этими системами не вызывают проблем, но могут возникнуть трудности на стадии оценки.

Как уже было описано, вероятность P_0 , которая является выходным данным значка «И» с двумя входными данными, существует, если вероятности входных событий P_1 и P_2 , в виде

$$P_0 = P_1 P_2.$$

Происходит событие или нет, можно описать в терминах частоты или вероятности. Отказ оборудования обычно выражается через частоту, отказ в превентивных действиях или предохранительных приборах – через вероятность.

В защитных приборах, как правило, периодически происходят отказы, и поэтому их нужно проверять. Данные по отказам таких приборов могут быть представлены как в виде вероятности отказа, так и частоты. Их взаимосвязь можно показать, как:

$$P_0 = F \tau_p / 2, \tag{8.1}$$

где P – вероятность отказа, F – уровень отказа, а τ_p – интервал тестирования.

Тогда для ситуации типа а) частота отказа

$$F_0: F_0 = F_p, \tag{8.2}$$

где P – вероятность отказа или превентивных действий, F – частота входного события, а F_0 – частота выходного события.

Для ситуации типа б) уравнение 8.2 можно применять, причем вероятность отказа в защитных мерах в данном случае находится по уравнению 8.1.

Оценка ситуации в) менее определена. Для этого можно применять приближенные модели параллельных систем, получаемых или по Маркову, или из методов функций добавочной (присоединенной) плотности. Они дают вероятность выходных данных, где события предстают в виде частоты входных данных. Когда возможно, применяется приближение для редких событий для перевода вероятности в частоту:

$$F = P/t \quad (8.3)$$

Подобным образом для ситуаций типа г) можно применять подходящие модели.

Дерево отказов может быть использовано для анализа чувствительности отдельных событий к отклонениям параметров системы. Анализ значимости ранжирует различные наборы минимальных сечений в порядке вклада в частоту общих системных отказов.

Шаг 7. Поиск недостающих данных:

- необходимы данные о частоте отказов компонентов, отсутствии защитных систем, частоты ошибок операторов;
- используемая информация должна быть достоверной;
- при наличии лишь недостаточных данных или их отсутствии требуется инженерное изучение оборудования. Необходима информация о внешних событиях. Одни данные могут быть использованы непосредственно, другие могут быть модифицированы на основе экспертной оценки.

Первичный результат количественной оценки – это частота (или вероятность) верхнего события и более низких промежуточных событий.

Обычно для исследования используются данные по коэффициентам отказов, взятые из открытой литературы, с учетом корректирующих факторов.

Для повышения достоверности оценки вероятностей исходных событий необходимо учитывать прошлый опыт работы соответствующей установки или какой-либо подобной ей на данном предприятии (статистика отказов отдельных элементов). Методы получения обработки подобной информации хорошо развиты.

Упражнение 1. Учебный пример FTA. Бак хранения жидкости

Целью данного упражнения является закрепление навыков по проведению процедуры исследования опасности методом дерева отказов (FTA).

ШАГ 1. Описание системы

Система хранения воспламеняющейся жидкости в виде диаграммы распределения ресурсов и оборудования (P&ID Process and Instrumentation Diagrams) дана на рисунке 8.2 – бак для хранения воспламеняющейся жидкости, спроектированный так, чтобы удерживать воспламеняющуюся жидкость под слабым давлением азота. Система управления (PICA-1) контролирует давление. Кроме того, бак защищен с помощью клапана, который перекрывается в аварийных ситуациях. Жидкость питает бак через автоцистерну. Насос (P-1) перекачивает воспламеняющуюся жидкость для дальнейшей переработки.

ШАГ 2. Идентификация риска

Метод может быть использован для идентификации главной опасности, такой, как выброс воспламеняющихся веществ из бака. Для нашего случая воспользуемся данными, полученными методом HAZOP (Ozog, 1985).

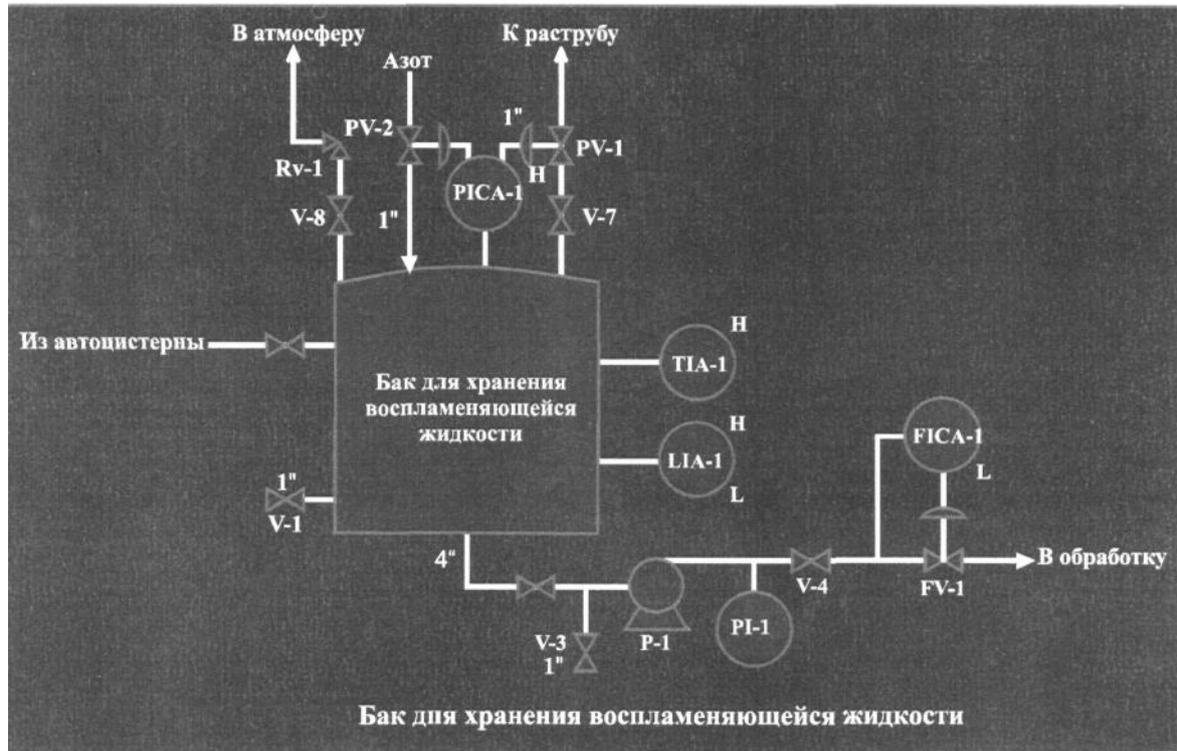


Рис. 8.2. Бак для хранения воспламеняющейся жидкости P&ID (Ozog, 1985): FV – управляющий клапан потока; P-1 – насос; PV – управляющий клапан давления; V – клапан; RV – предохранительный клапан; P – давление; T – температура; L – уровень; F – поток; I – индикатор; C – контроллер; A – сигнализатор; H – высокий; L – низкий

ШАГ 3. Построение дерева отказов

Каждое событие помечено соответственно: В для базовых или неразвитых событий, М – для промежуточных событий и Т – для главного события. Процедура начинается с верхнего события (основной выброс воспламеняющегося вещества) и определяет возможные события, которые могли привести к этому инциденту.

Таблица 8.2. Иницирующие события

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события, в год
B2	Частота разгрузки цистерны	300
B3	Воздействие от средства передвижения	$1 \cdot 10^{-5}$

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события, в год
B4	Авиакатастрофа	$1 \cdot 10^{-6}$
B5	Землетрясение	$1 \cdot 10^{-5}$
B6	Торнадо	$1 \cdot 10^{-5}$
M5	Пролив из бака	$1 \cdot 10^{-4}$
M9	Переполнение бака и истечение через RV-I	$1 \cdot 10^{-4}$
M10	Разрыв бака вследствие реакции	$1 \cdot 10^{-7}$
B15	Недостаточный объем в баке для разгружаемой цистерны	$1 \cdot 10^{-2}$
B16	Отказ или игнорирование LIA-1	$1 \cdot 10^{-2}$
B17	Недопустимое вещество в цистерне	$1 \cdot 10^{-3}$
B18	Из цистерны перед разгрузкой не взята проба	$1 \cdot 10^{-2}$
B19	Реагент реагирует с разгружаемыми веществами	$1 \cdot 10^{-1}$
B20	Рост давления превосходит пропускную скорость RV-I и PV-I	$1 \cdot 10^{-1}$
B7	Разгружаемый бак требует очистки азотом	10
M6	Индукцируется вакуум	$2 \cdot 10^{-2}$
B8	Кипение недостаточно, для предотвращения вакуума	$1 \cdot 10^{-2}$
B9	PV-2 ошибочно закрыт	$1 \cdot 10^{-2}$
B10	Отказ PICA-1 при закрытии PV-2	$1 \cdot 10^{-2}$
B11	Сбой в подаче азота	$1 \cdot 10^{-4}$
M7	Давление в баке превышено	$1 \cdot 10^{-2}$
M8	Отказ предохранительной системы при повышенном давлении	$2 \cdot 10^{-3}$
B12	Отказ PICA-1 при закрытии PV-I	$1 \cdot 10^{-2}$
M11	Превышено давление в баке	$4 \cdot 10^{-5}$
B13	Повышенная пропускная способность RV-1	$4 \cdot 10^{-5}$
B14	V-8 закрыт	$1 \cdot 10^{-3}$
M12	Высокое давление в баке	$4 \cdot 10^{-3}$
B21	Отказ или игнорирование PICA-I	$1 \cdot 10^{-2}$
B22	PV-1 ошибочно закрыт	$1 \cdot 10^{-3}$
B23	V-7 закрыт	$1 \cdot 10^{-3}$
B24	Температура во входном отверстии выше нормальной	$1 \cdot 10^{-3}$
B25	Высокое давление в оголовке факела	$1 \cdot 10^{-3}$

Главное событие может индуцироваться несколькими исходными, например:

M1. Утечка во время разгрузки автоцистерны;

M2. Разрушение бака из-за внешних событий;

B1. Повреждение сливного отверстия бака;

М3. Повреждение бака из-за взрыва;

М4. Повреждение бака из-за избыточного давления.

При этом каждое из этих событий может привести к главному событию. События М1, М2, М3 и М4 требуют дальнейшего развития. Для события В1 существует адекватная историческая информация, что позволяет считать его базовым событием. Анализ продвигается вниз на один уровень, пока все механизмы отказов не будут исследованы до соответствующей глубины. Базовые события и неразвитые события обозначены кругами и ромбами соответственно. Дальнейшее развитие неразвитых событий не считается необходимым или возможным. В таблице 8.2 приведены характерные иницирующие события.

Теперь построим схематичное дерево отказов, согласно правилам, о которых мы говорили раньше. Логические условия выбираются исходя из «здравого смысла» работы системы. Таким образом мы строим полное дерево отказов.

Конечное схематичное дерево отказов, выполненное для наглядности через буквенные обозначения в соответствии с таблицей 8.2, в основном идентично представленному. Однако некоторые наборы промежуточных событий были добавлены для большей ясности анализа (рис. 8.3).

ШАГ 4. Качественное исследование структуры

Качественная оценка производится наилучшим образом с помощью анализа минимальных сечений. Однако уже при первом просмотре выявляются 5 основных путей, ведущих к вершине. Например, В1, В3-В6.

На этом шаге исследователь должен просмотреть минимальные сечения, чтобы гарантировать, что все они представляют реальные, возможные происшествия. Минимальное сечение, которое не ведет к вершине, – показатель ошибки построения дерева или ошибки в определении минимального сечения.

ШАГ 5. Количественная оценка

Предлагается метод анализа «вход – выход». Дерево отказов должно быть внимательно просмотрено на предмет обнаружения повторяющихся событий, которые могут привести к численной ошибке. Повторяющиеся события отсутствуют. Исследователь должен ввести численные значения частоты (в год) или вероятность (безразмерную) для каждого базового события.

Расчет начинается с подножия дерева отказов и продолжается в направлении вершины. Ниже представлен расчет для самой левой ветви дерева отказов, поднимающейся к событию М1. Событие М9 «Переполнение танка и истечение через RV-1» наступает при одновременном наступлении В15 и В16, значит перемножим вероятности

$$P(M9) = P(B15) P(B16) = 1 \cdot 10^{-2} \times 1 \cdot 10^{-2} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

К М10 ведут через «И» 4 события, заданные их вероятностями,

$$P(M10) = P(B17) P(B18) P(B19) P(B20) = 1 \cdot 10^{-3} \times 1 \cdot 10^{-2} \times 1 \cdot 10^{-1} \times 1 \cdot 10^{-1}$$

$$= 1 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}.$$

М10 и М9 ведут к М5 через логический блок «ИЛИ»

$$P(M5) = P(M9) + P(M10) = 1 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-7} \approx 1 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

События М1 - промежуточное, наступающее при одновременном появлении В2, заданного частотой, и М5, заданного вероятностью

$$F(M1) = F(B2) P(M5) = 300 \text{ год}^{-1} \times 3 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}.$$

Аналогично рассчитываются все другие частоты и вероятности, а также частота главного события Т. Для самопроверки приведем рассчитанные частоты пяти основных промежуточных событий, ведущих к вершинному:

$$M1 - 3 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}; M2 - 3 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}; B1 - 1 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}; M3 - 2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}; M4 - 3 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Дерево отказов может быть использовано для анализа чувствительности отдельных событий к отклонениям параметров системы.

Проведите анализ дерева отказов с целью выдачи рекомендаций, в каких направлениях должны быть приняты меры для снижения риска главного события. Важно понимать, что решения по изменению процесса и замене оборудования требуют нового исследования и только после этого могут стать предположениями.

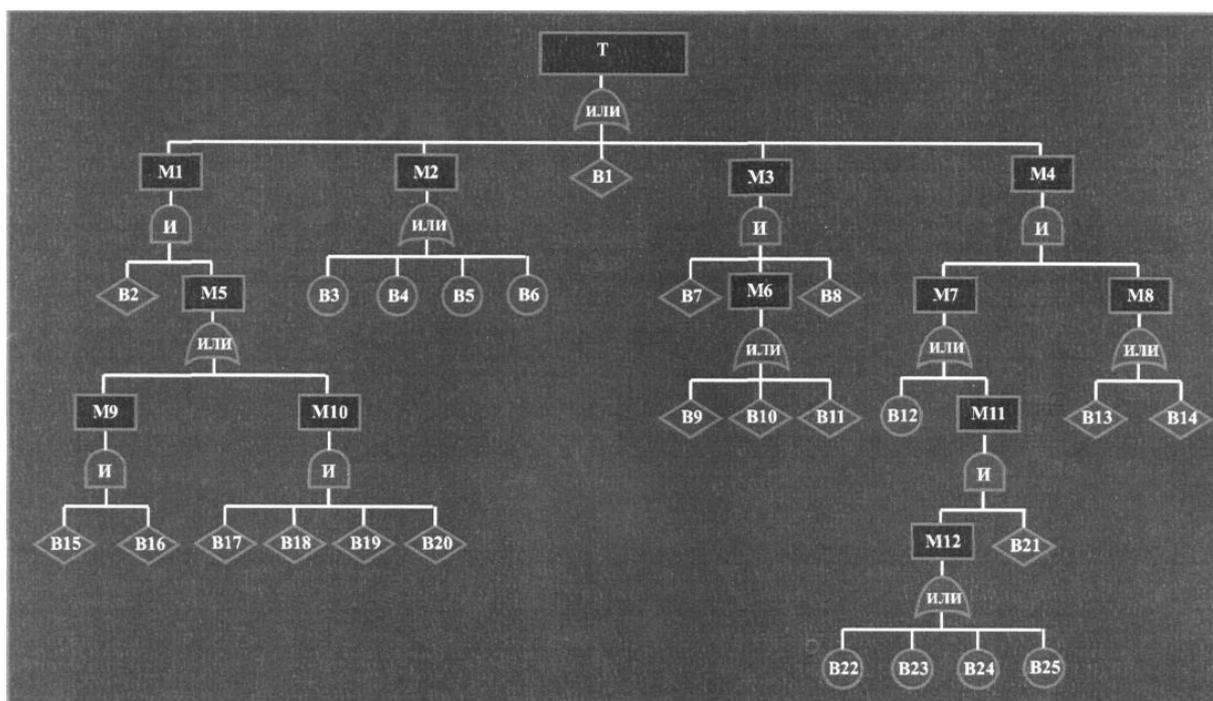


Рис. 8.3. Дерево отказов

Задание: проведите исследование ФТА (упражнения 2-6):

- 1) построить дерево отказов для рассматриваемой системы (на первом этапе - простое дерево отказов);
- 2) рассмотреть минимальное число событий, при котором может про-

изойти главное событие;

3) определить значение частоты или вероятность главного события Т.

4) провести анализ чувствительности отдельных событий к отклонениям параметров системы;

5) построить полное дерево отказов для рассматриваемой системы с учетом всех для нашего исследования возможных исходных событий;

6) рассмотреть алгоритм вычисления минимального кратчайшего пути для полного дерева отказов;

7) показать преимущества метода ФТА и недостатки.

Упражнение 2. Исследование ФТА бумажной фабрики

Задание: провести исследование ФТА бумажной фабрики (практическая работа 6) по 5 вариантам.

Вариант 1. ФТА. Железнодорожные цистерны и разгрузочные трубопроводы

Характеристика событий и их вероятность (частота)

Неполадки со шлангом или некорректное подсоединение шланга ($1 \cdot 10^{-2}$ год⁻¹). Оператор забыл закрыть или ошибочно открыл вентиль выхода в атмосферу (например, вентиль на шланге подсоединения) ($2 \cdot 10^{-1}$ год⁻¹). Движение железнодорожной цистерны при присоединенных шлангах ($8 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Дефектный или некорректно эксплуатируемый фильтр для удаления влаги ($1 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Протечки воды из системы охлаждения в систему подачи воздуха воздушного компрессора ($5 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Подача влажного воздуха из осушителя ($3 \cdot 10^{-2}$ год⁻¹). Отказ вентиля при открытии ($3 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹). Неполадки в вентилях регулировки давления в открытом положении или переход в закрытое положение ($1 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹). Оператор неправильно установил нормативное давление на вентиле регулировки давления ($2 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Отказ вентиля регулировки давления при закрытии или переход в открытое положение во время разгрузки ($3 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹). Оператор не правильно установил нормативное давление на вентиле регулировки давления ($2 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹). Протечка вентиля ($3 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹). Внешнее воздействие ($3 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹).

Вариант 2. ФТА. Система сжатого воздуха

Характеристика событий и их вероятность (частота)

Вентиль выхода сжатого воздуха ($2 \cdot 10^{-1}$ год⁻¹). Низкая подача/отсутствие подачи из компрессора ($2 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Железнодорожная цистерна переполнена поставщиком ($1 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Протечки вентиля выхода в атмосферу ($5 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Оператор не полностью закрыл или неосторожно открыл вентиль выхода в атмосферу (например, вентиль на подсоединительном шланге) ($3 \cdot 10^{-2}$ год⁻¹). Повреждение прокладок, уплотнителей или сальников ($2 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹). Воспламенение от удара ($3 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹).

Внешнее воздействие ($1 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹). Внешнее возгорание ($2 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Вода в самом хлоре, поставляемом поставщиком ($3 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Дождевая вода в местах подсоединения вентилей железнодорожных цистерн ($2 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹). Оператор подает на привод железнодорожной цистерны обычный воздух из системы вентиляции, а не специально обезвоженный воздух из компрессора ($3 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹).

Вариант 3. FTA. Поступление пара в испарители

Характеристика событий и их вероятность (частота)

Оператор забыл закрыть или ошибочно открыл вентиль подачи в систему нейтрализации ($1 \cdot 10^{-2}$ год⁻¹). Оператор не смог закрыть или ошибочно открыл вентиль в систему нейтрализации ($2 \cdot 10^{-1}$ год⁻¹). Оператор не остановил подачу хлора ($1 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Отключение испарителей хлора. ($5 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Оператор не смог открыть или неосторожно закрыл вентиль, управляемый вручную ($3 \cdot 10^{-2}$ год⁻¹). Линия не достаточно дренируется и очищается после обслуживания ($2 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Высокая концентрация воды в железнодорожной цистерне с хлором ($3 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹). Кислотная коррозия, вызванная высокой концентрацией воды ($1 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹). Внешнее воздействие ($2 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹).

Вариант 4. FTA. Испарители и газопроводы

Характеристика событий их вероятность (частота)

Оператор неправильно установил нормативное давление на вентиле регулировки давления ($1 \cdot 10^{-2}$ год⁻¹). Высокое давление в железнодорожной цистерне с хлором ($1 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Высокая подача газообразного хлора на линию отбеливания ($6 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Отказ вентилей регулировки давления при закрытии или их переход в открытое положение ($1 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Оператор не смог открыть или ошибочно закрыл вентиль в системе подачи пара ($5 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Повреждения прокладок, уплотнений или сальников ($2 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Повреждение оголовка трубы ($3 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Испаритель некорректно дренируется и очищается после периодического обслуживания испарителя ($1 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Высокая концентрация воды в газообразном хлоре, подающимся на линию отбеливания ($2 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Высокая концентрация воды на линии разгрузки хлора ($2 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹).

Вариант 5. FTA. Поступление газообразного хлора на линию отбеливания «А»

Характеристика события и их вероятность (частота)

Неполадки в вентильях регулировки давления при закрытии или их переход в открытое положение ($1 \cdot 10^{-2}$ год⁻¹). Неполадки в вентильях регулировки давления при закрытии или их переход в открытое положение ($1 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Высокая подача газообразного хлора на линию отбеливания ($6 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Оператор неправильно установил нормативное давление на вентиле

регулировки давления ($1 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Оператор забыл закрыть или ошибочно открыл входной вентиль системы нейтрализации ($1 \cdot 10^{-2}$ год⁻¹). Подтекание входного вентиля системы нейтрализации ($2 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Линия недостаточно осушается и очищается после обслуживания ($3 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹). Высокая концентрация воды в испарителе ($1 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹).

Учебно-методический комплекс
по дисциплине
«Техногенные системы и экологический риск»
для студентов 4 курса очной формы обучения
специальности 020804.65 Геоэкология

Пояснительная записка

Требования ГОС ВПО к содержанию дисциплины

Техногенные системы, их взаимодействие с окружающей средой; оценка экологического риска; технические аварии и катастрофы; меры по ликвидации их последствий.

Предмет: закономерности возникновения и реализации экологических опасностей в результате техногенного воздействия на окружающую среду, их предупреждения и уменьшения последствий.

Цели и задачи (профессиональные и образовательные).

формирование современных концептуальных основ и методологических подходов к решению проблемы обеспечения экологической безопасности и устойчивого взаимодействия человека с окружающей природной средой, формирование природоохранного и экологического мировоззрения;

дать представление о воздействии различных технических систем на природную среду, о методах оценки экологического риска, о мерах по предотвращению и ликвидации экологически опасных ситуаций и катастроф.

Место дисциплины в структуре подготовки специалиста:

Дисциплина входит в состав федерального компонента блока общепрофессиональных дисциплин. Проблема обеспечения безопасности человека и окружающей среды в условиях хозяйственной деятельности в современном мире представляет собой сложную социально-экономическую и экологическую проблему. Для решения этой проблемы необходимо проводить изучение и оценку экологической ситуации, прогнозирование развития опасной ситуации, выявлять виды опасности, оценивать уровень риска и определять управляющее воздействие для предотвращения негативных последствий от реализации экологической опасности. Содержание курса направлено на изучение и последующее применение студентами концептуальных основ и методологических подходов, направленных на решение проблемы обеспечения безопасности и устойчивого взаимодействия человека с природной средой.

Умения и навыки, приобретаемые специалистом:

- знание ключевых представлений и методологических подходов, направленных на решение проблем обеспечения безопасного и устойчивого взаимодействия человека с природной средой;
- умение классифицировать и описывать наиболее существенные загрязнения окружающей среды;
- знание уровней допустимых негативных воздействий на окружающую среду, с последствиями, возникающими при нарушении нормативных требований к уровню воздействий;
- представление об основных опасных природных процессах, причинах возникновения и механизмах воздействия;
- знание методологии оценки риска как основы прогнозирования опасных природных процессов;
- умение ранжировать опасности, выявлять приоритетные направления снижения риска;
- представление о методах прогнозирования развития и оценки последствий аварийных и чрезвычайных ситуаций;
- представление о методах предотвращения загрязнения окружающей среды и ликвидации последствий аварий и катастроф;

Итоговая форма контроля – экзамен.

Программа курса «Техногенные системы и экологический риск»

Введение. Цели и задачи курса, его структура, содержание, практическая значимость. Объект, предмет, методология оценки риска. Современные методы исследований.

Тема 1. Определение понятий «риск» и «опасность», «экологический риск» и «экологическая опасность». Общие критерии выявления и оценки экологической опасности и экологического риска, Виды экологической опасности и экологического риска по объектам и субъектам воздействия.

Тема 2. Методология оценки риска – основа для количественного определения и сравнения опасных факторов, воздействующих на человека и окружающую среду. Анализ и оценка риска. Риск, его виды, уровень риска, его расчет, оценка риска на основе доступных данных, сравнение и анализ рисков в единой шкале.

Тема 3. Понятие «опасность». Виды опасности. Основные показатели экологической опасности. Идентификация опасностей. Природа и номенклатура опасности. Источники и виды опасного воздействия. Пространственные и временные показатели опасности, вероятность ее проявления и протекания, причины и последствия.

Тема 4. Наиболее опасные воздействия на здоровье населения и окружающую среду. Систематические опасные воздействия. Основные харак-

теристики техногенного воздействия. Методы оценки и прогнозирования техногенного воздействия на окружающую среду Специальные термины, определения, единицы размерности. Классификация источников техногенного воздействия. Техногенная концентрация.

Тема 5. Оценка безопасности. Аспекты и цели безопасности. Классификация объектов, областей и критериев безопасности. Критерии безопасности: генетические, социальные, психологические, экономические, технические, биологические, экологические ландшафтные (географические), демографические, ресурсные, политико-информационные, нравственные и правовые.

Тема 6. Возможные подходы к установлению количественных критериев безопасности. Критерии безопасности индивидуальные.

Тема 7. Теория управления риском. Экономическая оценка ущерба здоровью населения.

Тема 8. Цикл управления риском. Принципы управления риском. Региональный аспект. Выделение района исследований.

Тема 9. Классификация чрезвычайных ситуаций.

Тема 10. Причины и стадии техногенных катастроф. Примеры крупнейших техногенных катастроф.

Тема 11. Цели, задачи, особенности, функции и субъекты управления социально-экономическими системами в чрезвычайных ситуациях.

Тема 12. Зона экономического риска – чрезвычайные экологические ситуации (ЧЭС) и экономические бедствия.

Тема 13. Прогноз основных опасностей и угроз на территории России в XXI веке.

Тема 14. Социальные аспекты риска. Восприятие рисков и реакция общества на них. Критерии социального и экономического развития общества, характеризующие условия устойчивого развития. Экономический подход к проблемам безопасности. Стоимостная оценка риска. Приемлемый уровень риска. Связь уровня безопасности с экономическими возможностями общества.

Тема 15. Директива ЕС Seveso II (1995). Основные положения.

Тема 16. Российское законодательство в сфере промышленной и экологической безопасности. Основные положения и документы.

Тема 17. Правовое регулирование безопасности опасных производств. Декларация промышленной безопасности производственного объекта (РД 03-357-00).

Тема 18. Сравнение западного и российского законодательства в области промышленной безопасности.

Тема 19. Базы данных по авариям. Профессиональные базы данных: MNIDAS, FACTS, NTSB, MAPS. Периодические издания.

Тема 20. Предаварийные ситуации. Информация, сбор данных.

Тема 21. Простые методы определения опасностей (HAZID). Анализ «Что произойдет если?...». Карты контроля безопасности. Проверка концепции безопасности. Предварительный анализ опасностей.

Тема 22. Упражнение по HAZID.

Тема 23. Теория и практика HAZOP. Цели, метод, исследования, группа HAZOP.

Тема 24. Метод обследования отказов и анализа их последствий (FMEA).

Тема 25. Учебный пример и упражнение по FMEA.

Тема 26. Исследования FTA.

Тема 27. Упражнение по FTA.

Тема 28. Техногенные системы: определения и классификация.

Тема 29. Методы оценки воздействия: аддитивность, синергизм и антагонизм.

Тема 30. Диагностика и эффективный химико-аналитический контроль объектов ОС. Методы контроля: биоиндикация, биотестирование.

Рабочая учебная программа

Наименование разделов и тем	Все-го	Аудиторные занятия		
		Лекции	Практические	Самостоятельные
Введение. Цели и задачи курса	4	2		2
Тема 1. Определение понятий «риск» и «опасность»	2			2
Тема 2. Методология оценки риска	4	2		2
Тема 3. Понятие «опасность»	2			2
Тема 4. Наиболее опасные воздействия	2			2
Тема 5. Оценка безопасности	2			2
Тема 6. Возможные подходы к установлению количественных критериев безопасности	4			2
Тема 7. Теория управления риском	2			2
Тема 8. Цикл управления риском	2			2
Тема 9. Классификация чрезвычайных ситуаций	2			2
Тема 10. Причины и стадии техногенных катастроф	2			2
Тема 11. Цели, задачи управления социально-экономическими системами в чрезвычайных ситуациях	6	2	2	2
	6	2	2	2

Наименование разделов и тем	Все- го	Аудиторные занятия		
		Лекции	Практи- ческие	Самостоя- тельные
Тема 12. Зона экономического риска – чрезвычайные экологические ситуации (ЧЭС) и экономические бедствия	4	2		2
Тема 13. Прогноз основных опасностей и угроз на территории России в XXI веке	4		2	2
Тема 14. Социальные аспекты риска	4	2		2
Тема 15. Директива ЕС Seveso II (1995)	4	2		2
Тема 16. Российское законодательство в сфере промышленной и экологической безопасности	4	2		2
Тема 17. Правовое регулирование безопасности опасных производств	4	2		2
Тема 18. Сравнение западного и российского законодательства в области промышленной безопасности	2			2
Тема 19. Базы данных по авариям	4		2	2
Тема 20. Предаварийные ситуации	4		2	2
Тема 21. Простые методы определения опасностей	6		2	4
Тема 22. Упражнение по HAZID	6		2	4
Тема 23. Теория и практика HAZOP	6	2		4
Тема 24. Метод обследования FMEA	6		2	4
Тема 25. Учебный пример и упражнение по FMEA	6		2	4
Тема 26. Исследования FTA	6	2		4
Тема 27. Упражнение по FTA	6	2		4
Тема 28. Техногенные системы: определения и классификация	8	2	2	4
Тема 29. Методы оценки воздействия: аддитивность, синергизм и антагонизм	6		2	4
Тема 30. Диагностика и эффективный химико-аналитический контроль объектов ОС. Методы контроля: биоиндикация, биотестирование	6		2	4
Всего	150	26	26	98

Планы и методические указания по подготовке к практическим занятиям и выполнению лабораторных работ

На практических занятиях студенты должны:

- выработать умение делать оценку геоэкологической ситуации на техногенном объекте;
- прогнозировать изменение его состояния;
- освоить типовые проектные решения, связанные с уменьшением или предупреждением возможных опасностей, предупреждением или ликвидацией экологических последствий реализации этих опасностей.

Основная форма занятий – защита студентом ответа на заданный вопрос или выполненную им самостоятельную работу, ее оппонирование, участие всех студентов в ее обсуждении. Это надо учитывать при подготовке к занятиям.

Перечень тем практических занятий:

Тема 1. Причины и стадии техногенных катастроф

Тема 2. Цели, задачи управления социально-экономическими системами в чрезвычайных ситуациях Оценка состояния водных ресурсов в соответствии с «Критериями оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия».

Тема 3. Прогноз основных опасностей и угроз на территории России в XXI веке Расчет и оценка основных медико-биологических показателей здоровья человека

Тема 4. Базы данных по авариям

Тема 5. Предаварийные ситуации

Тема 6. Простые методы определения опасностей

Тема 7. Упражнение по HAZID

Тема 8. Метод обследования FMEA

Тема 9. Учебный пример и упражнение по FMEA

Тема 10. Метод обследования FMEA

Тема 11. Учебный пример и упражнение по FMEA

Тема 12. Исследования FTA

Тема 13. Упражнение по FTA

Тема 14. Техногенные системы: определения и классификация

Тема 15. Методы оценки воздействия: аддитивность, синергизм и антагонизм

Тема 16. Диагностика и эффективный химико-аналитический контроль объектов ОС. Методы контроля: биоиндикация, биотестирование

Список литературы

Обязательная литература

Меньшиков В.В. Концептуальные основы оценки экологического риска. – М. : Международный независимый эколого-политологический ун-т, 2001.

Ридэл, Т. Е. Промышленная экология. – М. : ЮНИТИ, 2004. - 513 с.

Тапилин А.М. Техногенные объекты и экологический риск. Учебно-методическое пособие. Тверь. Изд-во ТвГУ. 2007.

Цыганов А.А. Техногенные системы и экологический риск: Учеб. пособие. Ч. 1. Задания и вопросы. – Тверь: ТвГУ, 2005.

Цыганов А.А. Техногенные системы и экологический риск: Учеб. пособие. Ч. 2. Решения и ответы. – Тверь: ТвГУ, 2005

Дополнительная литература

Быков А.А., Мурзин Н.В. проблемы анализа безопасности человека, общества, природы. СПб., 1997.

Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е. В. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 256 с.

Ваганов П.А., Ман-Сунг Им. Экологические риски: Учеб. пособие. Изд-е 2-е. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2001. – 152 с.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М., 1992. – 68с.

Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.

Методические рекомендации по индентификации опасных производственных объектов. РД 03-260-99. М., 1999.

Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов. РД 08-120-96.

Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта. РД 03-357-00. М., 2000.

Правила экспертизы декларации промышленной безопасности. ПБ 03-314-99. М., 1999.

Положение о порядке технического расследования причин аварии на опасных производственных объектах. РД 03-293-99. М., 1999.

Положение о порядке утверждения заключения экспертизы промышленной безопасности. РД 03-298-99. М., 1999.

Управление риском для здоровья в регионе и финансирование природоохранных проектов (на примере Великого Новгорода) / С.Л. Авалиани, Д.А. Шапошников, В.А. Савин, А.А. Голуб и др. – Москва: 1999. – 57 с.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 г. № 116-ФЗ // СЗ РФ, 1997, № 30, ст. 3588.

Cancer Incidence in Five Continents, 1997. Human Development Report. – New York, UNDP, 2004. – 285 p.

Harry M. Freeman. Industrial Pollution Prevention Handbook. McGraw-Hill, 1995.

U.S. Environmental Protection Agency: Risk assessment Guidance for Superfund, 1989.

U.S. EPA: Superfund Exposure Assessment manual. OERR, EPA/540/1-88/001, OSWER Directive 9285.5-1, 1988.

U.S. EPA: Superfund Public Health Evaluation manual. EPA/540/1-868/06001, OSWER Directive 9285.4-1, 1986.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Перечень основных понятий:

Техника – совокупность материальных средств, созданных человеком для повышения эффективности своей деятельности.

Технология – совокупность производственных процессов в определенной отрасли производства, а также научное описание способов производства.

Техногенное воздействие – воздействие посредством технических средств.

Техногенез – процессы и явления, обусловленные техническим воздействием человека на биосферу и ее территориальные комплексы.

Техногенный комплекс – территориальный комплекс, свойства которого в сущностных чертах обусловлены технической деятельностью человека.

Техногенный объект – технический объект, способный оказать существенное воздействие на окружающую среду; техногенный комплекс.

Техногенная система – техногенный объект как система.

Опасность – ситуация, в которой возможно возникновение факторов, поражающих человека и окружающего его среду.

Риск – вероятность реализации опасности определенного класса.

Экологический риск – риск нарушения экологического равновесия.

Банк контрольных вопросов и заданий

Что такое экологическое мировоззрение и экологическое сознание?

В чем сущность техногенеза?

Что такое техногенный комплекс?

Что порождает глобальные экологические проблемы?

В какой степени можно давать определения концепциям развития безотносительно к использованию административных методов регулирования или рыночных механизмов?

Какая концепция природопользования доминировала в советский период нашей истории и какая сейчас (фактически и как ориентир)?

Насколько разные концепции природопользования отражают возможность решения проблемы глобального экологического кризиса?

Что такое техника и где она применяется?

Какие характеристики техники являются основными?

Что такое технология и каковы основные направления ее развития?

В чем взаимосвязь науки и техники?

Чем обусловлены понятия человеческого и личного факторов?

Чем определяется характер материального отношения общества к природе?

Какова структура промышленного предприятия как техногенного комплекса?

В чем состоят ориентиры и основные принципы системного подхода?

В чем сущность системного анализа?

Являлся ли системный подход методологической основой учения о биосфере и ее переходе в ноосферу?

Являются ли понятия экосистемы и геоэкосистемы выражением системного подхода к исследованию территориальных комплексов?

Какого типа системы управления характерны для техники, производства и общества?

Задания для самостоятельной работы: подготовка реферата на одну из следующих тем (по согласованию с преподавателем)

1. Концептуальные основы экологически безопасного социально-экономического развития общества.

2. Методологические подходы к решению проблемы экологически безопасного социально-экономического развития общества.

3. Формирование природоохранного и экологического мировоззрения как фактор экологической безопасности развития общества.

4. Методология оценки риска как основа принятия решений при прогнозировании опасного развития.

5. Стоимостная оценка снижения риска как основа для принятия решений по обеспечению приемлемого уровня безопасности.

6. Управление риском как основа выбора оптимальной стратегии развития.
7. Экологический риск и методы предотвращения загрязнения вод.
8. Экологический риск и методы предотвращения загрязнения атмосферного воздуха.
9. Экологический риск применения удобрений и ядохимикатов в сельском хозяйстве, меры предотвращения и ликвидации вредных последствий.
10. Экологический риск накопления твердых отходов, их переработка, уничтожение и захоронение.
11. Ресурсосбережение и комплексное использование сырья как факторы устойчивого развития общества.
12. Биосфера как глобальная техногенная система.
13. Опасные природные явления как угроза безопасности техногенных систем.
14. Мониторинг в системе обеспечения безопасности техногенных систем.
15. Научные основы оценки экологического риска.
16. Производственные объекты как техногенная система: «человек – средства производства – производственная среда».
17. Человеко-техническая подсистема в составе техногенной системы.
18. Промышленные техногенные системы.
19. Жилищно-коммунальные техногенные системы.
20. Агротехногенные системы.
21. Техногенные аварии и катастрофы.
22. Экологическая безопасность.
23. Чрезвычайные экологические ситуации и реагирование на них.

Требования к рейтинг-контролю

Вид задания	1 модуль	2 модуль
1. Посещение лекций	5	5
3. Практические занятия	10	10
4. Домашние задания	5	
5. Работа на семинаре	5	5
6. Рубежный контроль	5	10
Итого	30	30
Экзамен		40

Вопросы для 1 модуля

1. Дайте определения терминам: опасность, уровень безопасности, риск, риск для здоровья, потенциальный риск, анализ риска, оценка экспозиции, опасные факторы, источники техногенной опасности, риск, экологический риск, реальный риск, оценка риска, управление риском.
2. Дайте классификацию риска по реципиентам воздействия, по характеру проявления и по тяжести последствий, от источника воздействия, по пространственному влиянию.
3. Психологические факторы приемлемости риска, экономические факторы приемлемости риска, Социальные факторы приемлемости риска.
4. Для чего используют и каковы критерии Эшби?
5. Определение зоны экологического бедствия, зоны чрезвычайной экологической ситуации.

Вопросы для 2 модуля

1. Критерии оценки здоровья населения.
2. Экологически обусловленные болезни, экозависимая патология.
3. Влияние условий жизни и факторов риска на здоровье населения.
4. Реальный риск, Относительный риск, Непосредственный риск.
5. Ориентировочный перечень факторов окружающей среды в связи с их возможным влиянием на уровень распространенности некоторых классов и групп болезней.
6. Референтная доза RfD.
7. Механизм канцерогенного действия, Канцерогенез, Канцероген, Канцерогенный риск, Канцерогенный потенциал (показатель канцерогенности, фактор наклона, фактор канцерогенного потенциала (Slope Factor – SF).
8. Идентификация опасностей.
9. Оценка зависимости «доза-ответ».
10. Оценка экспозиции, три главных пути поступления токсикантов в организм.
11. Какие параметры необходимо знать для расчета канцерогенного риска и коэффициентов опасности.
12. Три типа потенциального риска: риск немедленных эффектов, риск длительного (хронического) воздействия, риск специфического действия.
13. Комбинированный потенциальный риск для здоровья.
14. Характеристика риска.
15. Характеристика неопределённостей.
16. Практическое применение Концепции оценки риска. Отличие методологии оценки риска от системы государственного мониторинга.

Вопросы для подготовки к зачету

1. Создание безотходных технологий – оптимальная стратегия защиты окружающей среды.
2. Масштаб современных и прогнозируемых техногенных воздействий на окружающую среду.
3. Основные загрязнители биосферы
4. Важнейшие антропогенные факторы. Их связь и влияние на окружающую среду.
5. Концепции абсолютной безопасности и приемлемого риска. Понятия, цели, критерии.
6. Методы, позволяющие оценить степень воздействия техногенных систем на окружающую среду.
7. Влияние антропогенной нагрузки на увеличение степени экологического риска.
8. Оценка экологического риска, вызываемого загрязнением биосферы
9. Показатели, определяющие природный, техногенный и социогенный риск. Обобщенные свойства изменения риска в связи с человеческой деятельностью.
10. Риск – мера опасности.
11. Экологические факторы опасности. Экологический риск.
12. Классификация рисков по источникам их возникновения и поражающим объектам.
13. Взаимосвязь экологического риска и риска для здоровья населения.
14. Экологический подход к проблеме безопасности.
15. Оптимизация затрат на безопасность, оптимальный риск.
16. Управление риском в географической среде.
17. Экологический мониторинг. Система мониторинга: концепция и структура, принципы ее функционирования. Роль мониторинга в анализе и предупреждении опасного развития последствий глобальных проблем.
18. Мониторинг развития производительных сил и рост народонаселения. Мониторинг здоровья.
19. Основные направления экологической политики. Правовая охрана. Источники экологического права. Регулирование отношений, связанных с охраной здоровья от неблагоприятных факторов внешней среды: производственной, бытовой, природной. Нормирование техногенных воздействий.
20. Чрезвычайные экологические ситуации

***Приложение 1. Федеральный закон от 21 июля 1997 года
N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных произ-
водственных объектов»*** (в ред. Федеральных законов от 08.2000 N
122-ФЗ, от 10.01.2003 N 15-ФЗ, от 22.08.2004 N 122-ФЗ, от 09.05.2005 N
45-ФЗ, т 18.12.2006 N 232-ФЗ)

Настоящий Федеральный закон определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий.

Положения настоящего Федерального закона распространяются на все организации независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, осуществляющие деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации.

Глава I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Статья 1. Основные понятия

В целях настоящего ФЗ используются следующие понятия:

промышленная безопасность опасных производственных объектов (далее – промышленная безопасность) – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий;

авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ;

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

Статья 2. Опасные производственные объекты

1. Опасными производственными объектами в соответствии с настоящим Федеральным законом являются предприятия или их цехи, участ-

ки, площадки, а также иные производственные объекты, указанные в Приложении 1 к настоящему Федеральному закону.

2. Опасные производственные объекты подлежат регистрации в государственном реестре в порядке, устанавливаемом Правительством РФ.

Статья 3. Требования промышленной безопасности

1. Требования промышленной безопасности – условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в настоящем Федеральном законе, других федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, а также в нормативных технических документах, которые принимаются в установленном порядке и соблюдение которых обеспечивает промышленную безопасность.

2. Требования промышленной безопасности должны соответствовать нормам в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны окружающей природной среды, экологической безопасности, пожарной безопасности, охраны труда, строительства, а также требованиям государственных стандартов.

Статья 4. Правовое регулирование в области промышленной безопасности

1. Правовое регулирование в области промышленной безопасности осуществляется настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ в области промышленной безопасности.

2. Если международным договором РФ установлены иные правила, чем предусмотренные настоящим Федеральным законом, то применяются правила международного договора.

Статья 5. Федеральные органы исполнительной власти в области промышленной безопасности

(в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

1. В целях осуществления государственной политики в области промышленной безопасности Президент РФ или по его поручению Правительство РФ определяет федеральные органы исполнительной власти в области промышленной безопасности и возлагает на них осуществление соответствующего нормативного регулирования, а также специальных разрешительных, контрольных и надзорных функций в области промышленной безопасности. Федеральные органы исполнительной власти в области

промышленной безопасности имеют подведомственные им территориальные органы, создаваемые в установленном порядке.

2. Федеральные органы исполнительной власти, которым в соответствии с федеральными законами или нормативными правовыми актами Президента РФ и Правительства РФ предоставлено право осуществлять отдельные функции нормативно-правового регулирования, специальные разрешительные, контрольные или надзорные функции в области промышленной безопасности, обязаны согласовывать принимаемые ими нормативные правовые акты и нормативные технические документы, а также координировать свою деятельность в области промышленной безопасности с федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности.

Глава II. ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Статья 6. Деятельность в области промышленной безопасности (в ред. Федерального закона от 10.01.2003 N 15-ФЗ)

1. К видам деятельности в области промышленной безопасности относятся проектирование, строительство, эксплуатация, расширение, реконструкция, капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервация и ликвидация опасного производственного объекта; изготовление, монтаж, наладка, обслуживание и ремонт технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте; проведение экспертизы промышленной безопасности; подготовка и переподготовка работников опасного производственного объекта в необразовательных учреждениях (в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

КонсультантПлюс: примечание.

О лицензировании деятельности в области промышленной безопасности опасных производственных объектов см. ППРФ от 17.01.2007 N 18 и от 22.06.2006 N 389.

Отдельные виды деятельности в области промышленной безопасности подлежат лицензированию в соответствии с законодательством РФ.

2. Обязательным условием для принятия решения о выдаче лицензии на эксплуатацию является представление соискателем лицензии в лицензирующий орган разрешения на ввод опасного производственного объекта в эксплуатацию или положительного заключения экспертизы промышленной безопасности, а также декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта. (ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

Статья 7. Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте

1. Технические устройства, в том числе иностранного производства, применяемые на опасном производственном объекте, подлежат сертификации на соответствие требованиям промышленной безопасности в установленном законодательством Российской Федерации порядке. Перечень технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах и подлежащих сертификации, разрабатывается и утверждается в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации.

2. Сертификацию технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, проводят организации, аккредитованные федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

3. Правила проведения сертификации устанавливаются федеральным органом исполнительной власти в области стандартизации, метрологии и сертификации совместно с федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

4. Общий порядок и условия применения технических устройств на опасном производственном объекте устанавливаются Правительством РФ.

5. Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности в установленном порядке.

Статья 8. Требования промышленной безопасности к проектированию, строительству, реконструкции, капитальному ремонту, вводу в эксплуатацию, расширению, техническому перевооружению, консервации и ликвидации опасного производственного объекта (в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

1. Одним из обязательных условий принятия решения о начале расширения, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта является наличие положительного заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, утвержденного федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориальным органом. в ред. Федеральных законов от 22.08.2004 N 122-ФЗ, от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

2. Отклонения от проектной документации в процессе строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта не допускаются. Изме-

нения, вносимые в проектную документацию на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт опасного производственного объекта, подлежат государственной экспертизе проектной документации в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности. Изменения, вносимые в проектную документацию на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, подлежат экспертизе промышленной безопасности и согласовываются с федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориальным органом. (в ред. Федеральных законов от 22.08.2004 N 122-ФЗ, от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

3. В процессе строительства, расширения, реконструкции, капитального ремонта, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта организации, разработавшие проектную документацию, в установленном порядке осуществляют авторский надзор (в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

3.1. Соответствие построенных, реконструированных, отремонтированных опасных производственных объектов проектной документации, требованиям строительных норм, правил, стандартов и других нормативных документов устанавливается заключением уполномоченного на осуществление государственного строительного надзора федерального органа исполнительной власти или уполномоченного на осуществление государственного строительного надзора органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности. п. 3.1 введен Федеральным законом от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

4. Ввод в эксплуатацию опасного производственного объекта проводится в порядке, установленном законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности (в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

При этом проверяется готовность организации к эксплуатации опасного производственного объекта и к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии (в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

Статья 9. Требования промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта

1. Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана:

соблюдать положения настоящего Федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Фе-

дерации, а также нормативных технических документов в области промышленной безопасности;

иметь лицензию на осуществление конкретного вида деятельности в области промышленной безопасности, подлежащего лицензированию в соответствии с законодательством РФ; в ред. Федерального закона от 10.01.2003 N 15-ФЗ)

обеспечивать укомплектованность штата работников опасного производственного объекта в соответствии с установленными требованиями;

допускать к работе на опасном производственном объекте лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям и не имеющих медицинских противопоказаний к указанной работе;

обеспечивать проведение подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности;

иметь на опасном производственном объекте нормативные правовые акты и нормативные технические документы, устанавливающие правила ведения работ на опасном производственном объекте;

организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;

обеспечивать наличие и функционирование необходимых приборов и систем контроля за производственными процессами в соответствии с установленными требованиями;

обеспечивать проведение экспертизы промышленной безопасности зданий, а также проводить диагностику, испытания, освидетельствование сооружений и технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, в установленные сроки и по предъявляемому в установленном порядке предписанию федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориального органа; в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

предотвращать проникновение на опасный производственный объект посторонних лиц;

обеспечивать выполнение требований промышленной безопасности к хранению опасных веществ;

разрабатывать декларацию промышленной безопасности;

заключать договор страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта;

выполнять распоряжения и предписания федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, его территориальных органов и должностных лиц, отдаваемые ими в соответствии с полномочиями; в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

приостанавливать эксплуатацию опасного производственного объекта самостоятельно или по решению суда в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте, а также в случае обнаружения вновь

открывшихся обстоятельств, влияющих на промышленную безопасность; в ред. Федеральных законов от 22.08.2004 N 122-ФЗ, от 09.05.2005 N 45-ФЗ)

осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте, оказывать содействие государственным органам в расследовании причин аварии;

принимать участие в техническом расследовании причин аварии на опасном производственном объекте, принимать меры по устранению указанных причин и профилактике подобных аварий;

анализировать причины возникновения инцидента на опасном производственном объекте, принимать меры по устранению указанных причин и профилактике подобных инцидентов;

своевременно информировать в установленном порядке федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, его территориальные органы, а также иные органы государственной власти, органы местного самоуправления и население об аварии на опасном производственном объекте; в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

принимать меры по защите жизни и здоровья работников в случае аварии на опасном производственном объекте;

вести учет аварий и инцидентов на опасном производственном объекте;

представлять в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, или в его территориальный орган информацию о количестве аварий и инцидентов, причинах их возникновения и принятых мерах. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

2. Работники опасного производственного объекта обязаны:

соблюдать требования нормативных правовых актов и нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте и порядок действий в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте;

проходить подготовку и аттестацию в области промышленной безопасности;

незамедлительно ставить в известность своего непосредственного руководителя или в установленном порядке других должностных лиц об аварии или инциденте на опасном производственном объекте;

в установленном порядке приостанавливать работу в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте;

в установленном порядке участвовать в проведении работ по локализации аварии на опасном производственном объекте.

Статья 10. Требования промышленной безопасности по готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана:

планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте;

заключать с профессиональными аварийно-спасательными службами или с профессиональными аварийно-спасательными формированиями договоры на обслуживание, а в случаях, предусмотренных законодательством РФ, создавать собственные профессиональные аварийно-спасательные службы или профессиональные аварийно-спасательные формирования, а также нештатные аварийно-спасательные формирования из числа работников;

иметь резервы финансовых средств и материальных ресурсов для локализации и ликвидации последствий аварий в соответствии с законодательством РФ;

обучать работников действиям в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте;

создавать системы наблюдения, оповещения, связи и поддержки действий в случае аварии и поддерживать указанные системы в пригодном к использованию состоянии.

Статья 11. Производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности

1. Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности в соответствии с требованиями, устанавливаемыми Правительством Российской Федерации.

2. Сведения об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности и о работниках, уполномоченных на его осуществление, представляются в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, или в его территориальный орган (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

Статья 12. Техническое расследование причин аварии

1. По каждому факту возникновения аварии на опасном производственном объекте проводится техническое расследование ее причин.

2. Техническое расследование причин аварии проводится специальной комиссией, возглавляемой представителем федерального органа ис-

полнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориального органа. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

В состав указанной комиссии также включаются:

представители субъекта РФ и (или) органа местного самоуправления, на территории которых располагается опасный производственный объект;

представители организации, эксплуатирующей опасный производственный объект;

другие представители в соответствии с законодательством Российской Федерации.

3. Президент РФ или Правительство РФ могут принимать решение о создании государственной комиссии по техническому расследованию причин аварии и назначать председателя указанной комиссии.

4. Комиссия по техническому расследованию причин аварии может привлекать к расследованию экспертные организации и специалистов в области промышленной безопасности, изысканий, проектирования, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, страхования, изготовления оборудования и в других областях.

5. Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, и ее работники обязаны представлять комиссии по техническому расследованию причин аварии всю информацию, необходимую указанной комиссии для осуществления своих полномочий.

6. Результаты проведения технического расследования причин аварии заносятся в акт, в котором указываются причины и обстоятельства аварии, размер причиненного вреда, допущенные нарушения требований промышленной безопасности, работники, допустившие эти нарушения, а также меры, которые приняты для локализации и ликвидации последствий аварии, и содержатся предложения по предупреждению подобных аварий.

7. Материалы технического расследования причин аварии направляются в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, или в его территориальный орган, а также в иные заинтересованные государственные органы. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

8. Порядок проведения технического расследования причин аварии и оформления акта технического расследования причин аварии устанавливается федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

9. Финансирование расходов на техническое расследование причин аварии осуществляется организацией, эксплуатирующей опасный производственный объект, на котором произошла авария.

Статья 13. Экспертиза промышленной безопасности

1. Экспертизе промышленной безопасности подлежат:

проектная документация на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта; в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте;

здания и сооружения на опасном производственном объекте;

декларация промышленной безопасности, разрабатываемая в составе проектной документации на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, и иные документы, связанные с эксплуатацией опасного производственного объекта. в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

2. Экспертизу промышленной безопасности проводят организации, имеющие лицензию на проведение указанной экспертизы, за счет средств организации, предполагающей эксплуатацию опасного производственного объекта или эксплуатирующей его.

3. Результатом осуществления экспертизы промышленной безопасности является заключение.

4. Заключение экспертизы промышленной безопасности, представленное в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, или в его территориальный орган, рассматривается и утверждается ими в установленном порядке. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

5. Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности и требования к оформлению заключения экспертизы промышленной безопасности устанавливаются федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

6. Экспертиза промышленной безопасности может осуществляться одновременно с осуществлением других экспертиз в установленном порядке.

Статья 14. Разработка декларации промышленной безопасности

1. Разработка декларации промышленной безопасности предполагает всестороннюю оценку риска аварии и связанной с нею угрозы; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий, по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте; разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на опасном производственном объекте.

Перечень сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, и порядок ее оформления определяются федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

2. Настоящим Федеральным законом устанавливается обязательность разработки деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются вещества в количествах, указанных в Приложении 2 к настоящему Федеральному закону.

Обязательность разработки деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов, не указанных в абзаце первом настоящего пункта, может быть установлена Правительством Российской Федерации, а также в соответствии со своими полномочиями федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

3. Декларация промышленной безопасности разрабатывается в составе проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта. в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

Декларация промышленной безопасности уточняется или разрабатывается вновь в случае изменения сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, или в случае изменения требований промышленной безопасности. в ред. Федерального закона от 10.01.2003 N 15-ФЗ)

Для опасных производственных объектов, действующих на день вступления настоящего Федерального закона в силу, декларации промышленной безопасности разрабатываются в сроки, устанавливаемые Правительством Российской Федерации.

4. Декларация промышленной безопасности утверждается руководителем организации, эксплуатирующей опасный производственный объект.

Руководитель организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, несет ответственность за полноту и достоверность сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

5. Декларация промышленной безопасности, разрабатываемая в составе проектной документации на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, проходит экспертизу промышленной безопасности в установленном порядке. Проектная документация на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт опасного производственного объекта, содержащая декларацию промышленной безопасности, подлежит государственной эксперти-

зе в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности. в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)

6. Декларацию промышленной безопасности представляют органам государственной власти, органам местного самоуправления, общественным объединениям и гражданам в порядке, который установлен Правительством Российской Федерации.

Статья 15. Обязательное страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта

1. Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана страховать ответственность за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей природной среде в случае аварии на опасном производственном объекте.

2. Минимальный размер страховой суммы страхования ответственности за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей природной среде в случае аварии на опасном производственном объекте составляет для:

а) опасного производственного объекта, указанного в пункте 1 Приложения 1 к настоящему Федеральному закону, в случае, если на нем:

получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества в количествах, равных количествам, указанным в Приложении 2 к настоящему Федеральному закону, или превышающих их, – 1 000 000 рублей;

(в ред. Федерального закона от 07.08.2000 N 122-ФЗ)

получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества в количествах, меньших, чем количества, указанные в Приложении 2 к настоящему Федеральному закону, – 1 000 000 рублей; в ред. Федерального закона от 07.08.2000 N 122-ФЗ)

б) иного опасного производственного объекта – 100 000 рублей. (в ред. ФЗ от 07.08.2000 N 122-ФЗ)

Статья 16. Федеральный надзор в области промышленной безопасности

1. Федеральный надзор в области промышленной безопасности организуется и осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации в целях проверки выполнения организациями, эксплуатирующими опасные производственные объекты, требований промышленной безопасности.

2. Федеральный надзор в области промышленной безопасности осуществляется на принципах самостоятельности и независимости от поднадзорных организаций.

3. Федеральный надзор в области промышленной безопасности осуществляют федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, его территориальные органы и другие федеральные органы исполнительной власти в соответствии с законодательством Российской Федерации. в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

4. Должностные лица федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, при исполнении своих должностных обязанностей имеют право: в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

посещать организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты;

знакомиться с документами, необходимыми для проверки выполнения организациями, эксплуатирующими опасные производственные объекты, требований промышленной безопасности;

абзац исключен. – Федеральный закон от 10.01.2003 N 15-ФЗ;

осуществлять проверку правильности проведения технических исследований инцидентов на опасных производственных объектах, а также проверку достаточности мер, принимаемых по результатам таких исследований;

выдавать организациям, эксплуатирующим опасные производственные объекты, предписания об устранении выявленных нарушений требований промышленной безопасности;

давать в пределах своих полномочий указания в области промышленной безопасности, в том числе о необходимости осуществления экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений на опасном производственном объекте и технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте;

давать указания о выводе людей с рабочих мест в случае угрозы жизни и здоровью работников; (в ред. Федерального закона от 09.05.2005 N 45-ФЗ)

абзац исключен. – Федеральный закон от 10.01.2003 N 15-ФЗ;

привлекать к административной ответственности в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, лиц, виновных в нарушениях требований промышленной безопасности, а также направлять в правоохранительные органы материалы о привлечении указанных лиц к уголовной ответственности;

выступать в установленном порядке в суде или в арбитражном суде представи-телем федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориального органа по искам о возмещении вреда, причиненного жизни, здоровью и имуществу других

лиц вследствие нарушений требований промышленной безопасности; (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

осуществлять иные предусмотренные законодательством Российской Федерации действия, направленные на обеспечение промышленной безопасности.

Статья 16.1. Государственный надзор при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте опасных производственных объектов (введена Федеральным законом от 22.08.2004 N 122-ФЗ)

Государственный надзор при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте опасных производственных объектов осуществляется уполномоченными на осуществление государственного строительного надзора федеральным органом исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности.

Статья 17. Ответственность за нарушение законодательства в области промышленной безопасности

Лица, виновные в нарушении настоящего Федерального закона, несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Глава III. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Статья 18. Вступление в силу настоящего Федерального закона

1. Настоящий Федеральный закон вступает в силу со дня его официального опубликования.

2. Предложить Президенту РФ и поручить Правительству РФ привести свои нормативные правовые акты в соответствие с настоящим ФЗ.

Приложение 2. ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ

К категории опасных производственных объектов относятся объекты, на которых:

1) получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества:

а) воспламеняющиеся вещества – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 градусов Цельсия или ниже;

б) окисляющие вещества – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;

в) горючие вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

г) взрывчатые вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

д) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 миллиграммов на килограмм до 200 миллиграммов на килограмм включительно;

средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 миллиграммов на килограмм до 400 миллиграммов на килограмм включительно;

средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 миллиграмма на литр до 2 миллиграммов на литр включительно;

е) высокотоксичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 миллиграммов на килограмм;

средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 миллиграммов на килограмм;

средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 миллиграмма на литр;

ж) вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды, – вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности:

средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов не более 10 миллиграммов на литр;

средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, не более 10 миллиграммов на литр;

средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов не более 10 миллиграммов на литр;

2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля или при температуре нагрева воды более 115 градусов Цельсия;

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;

4) получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;

5) ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Приложение 2. Предельные количества опасных веществ, наличие которых на опасном производственном объекте является основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности

Таблица 1

Наименование опасного вещества	Предельное количество опасного вещества, т
Аммиак	500
Нитрат аммония (нитрат аммония и смеси аммония, в которых содержание азота из нитрата аммония составляет более 28 процентов массы, а также водные растворы нитрата аммония, в которых концентрация нитрата аммония превышает 90 % массы)	2500
Нитрат аммония в форме удобрений (простые удобрения на основе нитрата аммония, а также сложные удобрения, в которых содержание азота из нитрата аммония составляет более 28 % массы (сложные удобрения содержат нитрат аммония вместе с фосфатом и (или) калием)	10000
Акрилонитрил	200
Хлор	25
Оксид этилена	50
Цианистый водород	20
Фтористый водород	50
Сернистый водород	50
Диоксид серы	250
Триоксид серы	75
Алкилы	50
Фосген	0,75
Метилизоцианат	0,15

Таблица 2

Виды опасных веществ	Предельное количество опасного вещества, т
Воспламеняющиеся газы	200
Горючие жидкости, находящиеся на товарно-сырьевых складах и базах	50000
Горючие жидкости, используемые в технологическом процессе или транспортируемые по магистральному трубопроводу	200
Токсичные вещества	200
Высокотоксичные вещества	20
Окисляющие вещества	200
Взрывчатые вещества	50
Вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды	200

Примечание 1. Для опасных веществ, не указанных в таблице 1, применять данные таблицы 2.

Примечание 2. В случае, если расстояние между опасными производственными объектами менее пятисот метров, учитывается суммарное количество опасного вещества.

Примечание 3. Если применяется несколько видов опасных веществ одной и той же категории, то их суммарное пороговое количество определяется условием:

$$\sum_{j=1}^n \{m(i)/[M(i)]\} \geq 1,$$

где $m(i)$ – количество применяемого вещества; $M(i)$ – пороговое количество того же вещества в соответствии с настоящим Перечнем для всех i от 1 до n .

Технический редактор С.В. Борисова
Подписано в печать 18.10.2013 г.
Заказ № 394. Усл. печ. л. 6,5.
На 1 CD диске с этикеткой. Тираж 10 экз.
Тверской государственный университет
Адрес: Россия, 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33
Редакционно-издательское управление
Тел. РИУ: (4822) 35-60-63
Управление интеллектуальной собственности
Тел. УИС: (4822) 34-74-70