



Автор выражает признательность  
и благодарность ПАО «НК «Роснефть»  
за поддержку и участие в издании  
настоящего учебного пособия  
для студентов ВУЗов  
нефтегазового профиля

**I.S. Sivokon**

**OIL AND GAS INDUSTRY  
SAFETY AND  
OPERATION RISKS**

**STRUKTURE, EVALUATION  
AND ANALYSIS**

A Textbook



**ИЗДАТЕЛЬСКИЙ  
ЦЕНТР  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина  
2021**

**И.С. Сивоконь**

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РИСКИ  
В НЕФТЕГАЗОВОЙ  
ОТРАСЛИ**

**СТРУКТУРА, ОЦЕНКА  
И АНАЛИЗ**

Учебное пособие

*Рекомендовано ученым советом  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина  
в качестве учебного пособия для студентов  
образовательных организаций высшего образования,  
обучающихся по направлению подготовки 21.04.01  
«Нефтегазовое дело»  
(уровень магистратура)*



**ИЗДАТЕЛЬСКИЙ  
ЦЕНТР**  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина  
2021

Рецензенты:

к. б. н., начальник управления охраны окружающей среды ПАО «Полус» *Е.Л. Шор*;  
к. ф. м. н., руководитель департамента моделирования безопасности производственных процессов ООО «АИМ Холдинг» *А.Н. Черноплеков*

С34 **Сивоконь И.С.**

Производственные риски в нефтегазовой отрасли. Структура, оценка и анализ: Учебное пособие. – М.: Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021. – 184 с.: ил.  
ISBN 978-5-91961-366-4

Учебное пособие содержит материал по дисциплине «Оценка и анализ рисков» направления подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело», дающий практические знания по рискам в производственной деятельности нефтегазовых компаний и наиболее широко применяемым методам их оценки и анализа.

Рассмотрены вопросы терминологии, применяемой при оценке и анализе рисков, и ее применение с учетом особенностей различных направлений риск-ориентированных подходов в производственной деятельности нефтегазовых компаний. Описаны основные методы идентификации, оценки и анализа рисков. Такие как: «А ЧТО, ЕСЛИ...», «КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ», HAZOP и HAZID, RBI, FMEA, FMCA и RCM. Приведено описание моделей риска «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР», «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ», «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ». Основное внимание уделено описанию модели риска «Диаграмма «ГАЛСТУК-БАБОЧКА», как наиболее широко применяемой в настоящее время.

Кроме того, описаны матрицы рисков, подходы к оценке частоты реализации рисков в производственной деятельности с элементами теории надежности.

Подробно изложен один из ключевых элементов «Диаграмма «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» – «БАРЬЕР». В частности, дано представление о группах, видах и типах барьеров на диаграмме, кроме того, дано представление о факторах и механизмах деградации барьеров.

Для студентов магистратуры по нефтегазовому делу, сотрудников, работающих в нефтегазовых компаниях и участвующих в процессе управления рисками финансово хозяйственной деятельности и рискам в области ОТ, ПБ и ООС, преподавателей и экспертов, которые принимают участие в разработке и согласовании различной документации, стандартов, практических руководств, касающихся производственной и проектной деятельности в нефтегазовых компаниях.

УДК / 622.276 + 622.279/.012.003(75)

Данное издание является собственностью РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина и его репродуцирование (воспроизведение) любыми способами без согласия университета запрещается.

ISBN 978-5-91961-366-4

© Сивоконь И.С., 2021  
© Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021  
© Голубев В.С., оформление серии, 2007

## Оглавление

Введение .....	7
Цель курса «Производственные риски в нефтегазовой отрасли. Структура, оценка и анализ» .....	7
Область применения и целевая аудитория .....	8
Структура учебного пособия .....	9
<b>Глава 1. РИСКИ ВОКРУГ НАС И В НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТАХ</b> .....	<b>11</b>
1.1. Вводное самотестирование собственных знаний и навыков в области оценки и анализа рисков .....	11
1.2. Нормативно-методическое обеспечение .....	13
1.3. Определения рисков в нормативных документах РФ и внутренних документах нефтегазовых компаний .....	15
<b>Глава 2. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОЦЕНКЕ И АНАЛИЗЕ РИСКОВ</b> .....	<b>19</b>
2.1. Опасности .....	20
2.2. Иницилирующее событие .....	22
2.3. Риск-фактор .....	25
2.4. Опасное событие .....	30
2.5. Барьер .....	34
2.6. Определение условия возникновения опасного события .....	38
2.7. Заключение по главе 2 .....	40
<b>Глава 3. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ, АНАЛИЗУ И УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ</b> .....	<b>41</b>
3.1. Введение .....	41
3.2. Качественные методы оценки риска «А ЧТО, ЕСЛИ...» и «КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ» .....	47
3.3. Обзор популярных в нефтегазовой отрасли подходов к оценке, анализу и управлению производственными рисками .....	49
3.3.1. Методы HAZOP и HAZID .....	49
3.3.2. Методы предотвращения аварийности на производственных объектах RBI, FMEA, FMESA и RCM .....	59
3.4. Модель риска типа «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» .....	65
3.5. Модель риска типа «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» .....	67
3.6. Модель риска типа «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» .....	70
3.7. Метод оценки рисков «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» .....	74
3.7.1. Материал для построения диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» .....	76
3.7.2. Современный вид диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» .....	79
3.7.3. Различия между моделью «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» и диаграммой «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» .....	81
3.7.4. Связь между диаграммой «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» и комбинацией «ДЕРЕВА ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВА СОБЫТИЙ» .....	83

3.7.5. Преимущества применения методологии построения диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» для оценки и анализа рисков .....	86
3.7.6. Область применения диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» .....	87
Глава 4. «БАРЬЕРЫ» НА ДИАГРАММЕ «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» .....	89
4.1. Поддержание эффективности и работоспособности «БАРЬЕРА» .....	89
4.1.1. Дополнительные термины в связи с применением «БАРЬЕРОВ» в диаграмме «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» .....	89
4.1.2. Требования к элементам «ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ» и «МЕХАНИЗМ КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ» .....	91
4.2. Виды и типы «БАРЬЕРОВ» .....	95
4.3. Свойства «БАРЬЕРОВ» .....	97
4.4. Размещение «БАРЬЕРОВ» на ДГБ .....	101
Глава 5. ЧАСТОТА РЕАЛИЗАЦИИ РИСКОВ И ПОСЛЕДСТВИЯ .....	106
5.1. Оценка возможности реализации риска .....	106
5.1.1. «Частота» или «Вероятность», место статистики .....	106
5.1.2. Количественная оценка возможности реализации производственных рисков VS реальность .....	111
5.1.3. Частота реализации рисков, связанных с отказами оборудования ....	116
5.2. Виды и оценка негативных последствий реализации рисков .....	119
5.2.1. Шкалы для оценки последствий опасного события в риске .....	120
5.2.2. Оценка ущерба от опасных событий .....	126
5.3. Заключение к главе 5 .....	128
Глава 6. МАТРИЦЫ РИСКОВ .....	130
6.1. Принципы построения и примеры матриц рисков .....	131
6.2. Универсальная матрица рисков .....	138
Заключение .....	140
Приложение 1А. Формы для заполнения к самостоятельной работе «Безопасность по дороге из пункта «А» в пункт «Б»» .....	141
Приложение 1Б. Примеры выполнения самостоятельной работы «Безопасность по дороге из пункта «А» в пункт «Б»» .....	143
Приложение 2. Ключевые слова для проведения НАЗОР .....	155
Приложение 3. Типичные причины отклонений от нормального рабочего режима, применяемые в НАЗОР .....	161
Приложение 4. Методики оценки рисков аварий, применяемые при разработке действующих ДПБ .....	164
Приложение 5. Описание метода «Матрица последствий и вероятности» по ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 .....	170
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	174
ГЛОССАРИЙ .....	175
ЛИТЕРАТУРА .....	180

## ВВЕДЕНИЕ

### **Цель курса «Производственные риски в нефтегазовой отрасли. Структура, оценка и анализ»**

Риски в области производственной деятельности нефтегазовых компаний и задачи по их оценке, анализу и управлению касаются практически всех сотрудников: от линейного персонала на производственных объектах активов до аппарата управления в корпоративном центре. Применение риск-ориентированных подходов во всех бизнес-процессах определено как необходимое требование в рамках систем управления производственной деятельностью многих компаний и в международных стандартах [1–8]. Вместе с тем, само понятие «риск» воспринимается многими участниками процессов по управлению рисками по-разному. Это прежде всего связано с тем, что в настоящее время методические подходы к рискам активно развиваются, отсутствует общепринятая единая терминология, в силу различных областей применения риск-ориентированных подходов детально изучаются отдельные элементы, формирующие понятие риска и методов его управления, а целостная картина риска у практикующих специалистов, как правило, отсутствует.

Немалую роль в «разношёрстном» восприятии рисков и подходов к их управлению играет и тот факт, что большинство специалистов и руководителей не обучались по этой тематике системно, так сказать, «от печки». Чаще всего обучение было на уровне самообразования, участия в различных тематических тренингах или курсах повышения квалификации. Поэтому цель данного учебного пособия состоит в том, чтобы сформировать у читателя целостную картину риска и составляющих его элементов. Кроме того, для закрепления восприятия целостной картины риска в учебном пособии представлено описание наиболее широко применяемых в нефтегазовых компаниях методов оценки и анализа рисков и подробно обсуждена ключевая терминология. Таким образом, предполагается достижение цели не только целостного восприятия риска, но еще и углубленное понимание основных методов оценки и анализа риска, а также способность видеть за различными частными случаями применения рисков и терминов суть рассматриваемых вопросов.

Применение полученных знаний по терминологии, методам оценки и анализа рисков позволит читателю при необходимости глубоко и профессионально погружаться в изучение и практическое применение конкретных методов, таких как HAZOP, HAZID, RCM, RBI и т.п., принимать участие в сессиях по управлению рисками, качественно исполнять свои должностные обязанности в рамках участия в процессах управления рисками.

## Область применения и целевая аудитория

Данное учебное пособие дает практические знания по рискам в производственной деятельности нефтегазовых компаний и наиболее широко применяемым методам их оценки и анализа. Области применения приобретаемых компетенций:

- применять риск-ориентированный подход к любому бизнес-процессу последовательно, с пониманием и видением конечного целевого результата, с единой терминологией и эффективной методикой;
- участвовать в командах по проведению риск-сессий, процедурах HAZOP, HAZID, RCM;
- формировать методически корректные подходы к определению и выявлению опасностей, риск-факторов, иницирующих и опасных событий и последствий;
- принимать участие в разработке (и по мере накопления опыта организовывать разработку) диаграмм «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»;
- выявлять пробелы и ошибки, которые могут возникать при применении методов оценки и анализа рисков;
- формировать меры по управлению рисками в процессе использования диаграмм «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» и процедур HAZOP, HAZID, RCM;
- применять на практике после дополнительного изучения методы оценки и анализа рисков в процессе производственной деятельности.

Целевую аудиторию данного учебного пособия представляют собой 3 группы потенциальных читателей:

- *студенты магистратуры любых специализаций по нефтегазовому направлению* в связи с тем, что их будущая работа в нефтегазовых компаниях, независимо от должности и области производства, связана с рисками, и они неизбежно будут вовлечены в процессы управления рисками в рамках своего бизнес-процесса;
- *все сотрудники, работающие в нефтегазовых компаниях*, те, кто так или иначе задействован в процессе управления рисками на своем рабочем месте или отвечает за управление рисками в области производственной деятельности;
- *преподаватели*, те, кто так или иначе использует в своих учебных материалах риски, а также *эксперты*, участвующие в разработке и согласовании различной документации, стандартов, практических руководств, касающихся процессов оценки, анализа и управления рисками в нефтегазовой отрасли. Разумеется, ожидать полной поддержки и согласия с материалом учебного пособия от этой категории потенциальных читателей было бы наивно. В области рисков ситуация даже не такая, как у геологов, у которых, как известно «2 геолога – 3 мнения». У «рисковиков», так на-

зовем условно эту категорию специалистов, к которым имеет отношение и автор, обычно на 1-го человека может быть более 2-х мнений, а уж в команде от 2-х и более «рисковиков» – количество мнений может не поддаваться подсчёту. Но термины и понимание риска должны быть если не едины, то просто и доступно изложены для тех, кто применяет их в своей деятельности – одним из вариантов такого доступного изложения материала является настоящее учебное пособие.

Терминология и идеи, изложенные в этом учебном пособии, применимы ко всем практикам управления рисками при помощи упомянутых методов оценки, анализа и управления рисками и не ограничиваются производственными рисками, в т.ч. рисками технологических процессов, промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды. Учебное пособие предназначено для широкой аудитории: от новичков с небольшим опытом участия в процессах управления рисками или вообще без него до опытных профессионалов, которые уже имеют обширную практику.

Также необходимо отметить, что изложенный материал применим в химической/нефтегазохимической промышленности, а также в других отраслях промышленности (например, транспорт (судоходство, авиация, железнодорожное сообщение, автомобильные перевозки) горнодобывающая, атомная и здравоохранение). Помимо производственных рисков, материал учебного пособия может использоваться для управления стратегическими рисками, финансовыми рисками, рисками безопасности, рыночными рисками и т. д.

## **Структура учебного пособия**

Данная книга организована таким образом, чтобы следовать логической цепочке:

- Глава 1. Осмотреться вокруг себя, обнаружить риски в своей ежедневной активности, посмотреть, что о рисках говорят нормативно-методические документы;
- Глава 2. Изучить основные термины и определения, применимые в рисках, с разбором отдельных примеров их правильного и ошибочного толкования;
- Глава 3. Провести обзор, местами углублённый, наиболее популярных в нефтегазовой отрасли методов оценки и анализа рисков;
- Глава 4. Отдельно изучить барьеры, потому что они и есть инструмент для управления рисками;
- Глава 5. Понять, что из себя представляют, а также как могут быть оценены и измерены базовые показатели риска, связанные с его неопределённостью и негативными последствиями;

- Глава 6. На основе всего изученного поговорим о матрице рисков как основном инструменте для принятия решений по рискам и их ранжирования;
- В заключении изложено видение риска как сложного и комплексного понятия.

В приложениях к учебному пособию представлены следующие материалы.

Приложение 1А. Формы для заполнения к самостоятельной работе «Безопасность по дороге из пункта «А» в пункт «Б»». Эта самостоятельная работа важна – и ее рекомендовано выполнить прежде, чем читатель начнет ознакомление с материалом, изложенным в учебном пособии.

Приложение 1Б. Примеры выполнения самостоятельной работы «Безопасность по дороге из пункта «А» в пункт «Б»», выполненные студентами магистратуры Университета нефти и газа им. И.М. Губкина с сохранением оригинального текста. Эти примеры помогут читателю сделать самостоятельную работу и настроиться на изучение курса.

Приложение 2. Ключевые слова для проведения HAZOP.

Приложение 3. Типичные причины отклонений от нормального рабочего режима, применяемые в HAZOP.

Ранее уже было сказано, что в учебном пособии отдельные методы оценки и анализа риска изложены более подробно. HAZOP – один из этих методов. Одна из целей учебного пособия – научить принимать участие в процедуре HAZOP. Данное приложение в помощь...

Приложение 4. Методики оценки рисков аварий, применяемые при разработке действующих ДПБ. Данное приложение демонстрирует многообразие специальных документов по оценке и анализу рисков в данном случае применительно к разработке декларации промышленной безопасности для опасных производственных объектов.

Приложение 5. Описание метода «Матрица последствий и вероятности» по ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Матрица рисков – широко распространенный инструмент при оценке анализе рисков, поэтому в учебном пособии приведено его описание по ГОСТ с небольшими комментариями автора.

Данное приложение в помощь специалистам, которые планируют участвовать в HAZOP.

## Глава 1

### **РИСКИ ВОКРУГ НАС И В НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТАХ**

---

#### **1.1. Вводное самотестирование собственных знаний и навыков в области оценки и анализа рисков**

Риски – очень практичное понятие, поэтому мы начнём их изучение с исследования опасностей, которые нас окружают по дороге в университет, или на работу, или в иное место назначения, куда мы ежедневно перемещаемся условно из пункта «А» в пункт «Б». Первым заданием для самостоятельной работы будет анализ того, как обеспечить собственную безопасность наиболее характерного для читателя рутинного путешествия.

Для этого необходимо приготовить лист бумаги, ручку или карандаш и сосредоточиться. Вместо листа бумаги рекомендуется использовать специальное приложение к настоящему учебному пособию (см. приложение 1А), в которое можно записать ответы на поставленные вопросы в специальные формы.

Безопасность по дороге из пункта «А» в пункт «Б» необходимо рассмотреть как минимум по одному из наиболее понятных и привычных нижеперечисленных вариантов:

1-й – безопасность в том случае, если вы добираетесь из пункта «А» в пункт «Б» на собственном автомобиле;

2-й – безопасность в том случае, если вы добираетесь из пункта «А» в пункт «Б» на такси;

3-й – безопасность в случае, если вы добираетесь из пункта «А» в пункт «Б» на общественном транспорте или пешком.

Еще возможные варианты: на ж/д транспорте (вкл. метро), авиатранспортом.

Задача состоит в том, чтобы по каждому выбранному читателем варианту сформулировать ответы на следующие вопросы:

- Какие события могут нанести вред вашей жизни и здоровью в процессе путешествия из пункта «А» в пункт «Б»?
- Какими наихудшими возможными последствиями характеризуются события при путешествии из пункта «А» в пункт «Б»?
- Какие возможные причины этих событий?
- Что необходимо предпринять, чтобы событие не произошло?
- Какие меры необходимо предусмотреть, чтобы максимально снизить тяжесть последствий события при путешествии из пункта «А» в пункт «Б»?

Необходимо без спешки подумать и письменно ответить на поставленные вопросы.

Цели настоящего упражнения:

- на простом примере познакомиться с основными терминами, используемыми в рамках оценки и анализа рисков;
- на основе собственной самооценки понять восприятие рисков, о которых, возможно, ранее и не думали, хотя знали, что они есть;
- создать позитивный настрой на изучение курса по оценке и анализу рисков;
- немедленно применить результаты обдумывания собственной безопасности при путешествии из пункта «А» в пункт «Б» путем снижения или устранения рисков, а возможно, и изменения способа перемещения из пункта «А» в пункт «Б».

Краткая памятка по проведению упражнения представлена на рисунке 1.1.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Варианты

- ▶ **ВОДИТЕЛЬ** - вы используете собственный автомобиль;
- ▶ **КЛИЕНТ** - вы используете такси;
- ▶ **ПАССАЖИР и/или ПЕШЕХОД** - вы используете общественный транспорт или идете пешком;

- ▶ Какие события могут нанести вред жизни и здоровью людей?
- ▶ Какими наихудшими возможными последствиями характеризуются события?
- ▶ Какие возможные причины событий?
- ▶ Что необходимо предпринять, чтобы событие не произошло?
- ▶ Какие меры необходимо предусмотреть, чтобы максимально снизить тяжесть последствий события?

Рис. 1.1. Памятка по проведению упражнения «Путешествие из пункта «А» в пункт «Б»»

Потенциальные наблюдения и выводы, которые читатель может сделать на основе предложенного упражнения:

- разное отношение и оценка наиболее вероятных и наиболее опасных событий. Зависимость от индивидуальных оценок;
- задайте себе вопрос: если бы у Вас была возможность выбора, каким способом добираться в университет, какой бы способ Вы предпочли, если бы

захотели в максимальной степени себя обезопасить, не принимая во внимание скорость передвижения и затраты?

Если имеется возможность, обсудите данное упражнение с коллегами или друзьями и при этом обратите внимание, что каждый из нас, исходя из своего опыта и понимания, индивидуально воспринимает рискованность той или иной опасности.

Наличие разных точек зрения после разбора одних и тех же ситуаций подтверждает потребность в управлении рисками.

Разница лишь в масштабах предпринимаемых действий и уровне принятия решения. Как правило, чем серьезнее тяжесть последствий события, тем более «весомые» органы управления вовлекаются в процесс принятия решений. Это объясняется как охватом решаемых задач, так и масштабами вовлекаемых ресурсов.

Результаты упражнения, зафиксированные на бумаге, рекомендуется сохранить и вернуться к ним после ознакомления с материалами настоящего курса. Читатель сможет определить, в каких вопросах были сделаны ошибки и что не было учтено.

Примеры того, как справились с поставленной задачей по оценке рисков студены магистратуры (в т.ч. иностранные), приведены в приложении 1Б. В приложении 1Б представлены ответы на вопросы вышеизложенного задания в самостоятельной работе – пунктуация и текст полностью сохранены так, как было представлено в оригинальных студенческих работах. Часть заданий выполнена на английском языке. Для читателя, владеющего английским языком, будет интересно наблюдать некоторые отличия в формулировании опасностей, рисков и способов их устранения по сравнению с формулировками на русском.

## 1.2. Нормативно-методическое обеспечение<sup>1</sup>

Нормативно-методическое обеспечение (НМО) производственной деятельности с применением риск-ориентированных подходов, например, к:

- техническому обслуживанию и ремонту – RCM – Reliability Centered Maintenance (техническое обслуживание, ориентированное на надежность);
- технической диагностике – RBI – Risk Base Inspection (риск-ориентированная диагностика);
- предотвращению отказов оборудования – RCA – Root Cause Analysis (анализ первопричин), и список можно продолжать;

разработано в настоящее время не в достаточном объеме и не полностью удовлетворяет запросам отрасли, поэтому разные компании вынуждены на основе

---

<sup>1</sup> Определение нормативно-методического обеспечения см. в Глоссарии.

имеющейся нормативно-методической базы готовить собственные локальные документы, адаптированные к текущей практике.

Необходимость разработки локальных нормативных документов компаниями в дополнение к существующему национальному, международному и отраслевому НМО диктуется не наличием в них недостатков, а неизбежными обобщениями. Как правило, в упомянутых НМО формулируются применимые требования, излагаются лучшие практики и цели. Но ответ на вопрос, как ЭТО сделать в тех или иных условиях, с имеющимися компетенциями персонала, действующей организационной структурой, могут дать локальные нормативные документы, разрабатываемые каждой компанией с учетом своих специфических особенностей.

Основные НМО РФ, описывающие применение риск-ориентированных подходов к производственной деятельности:

- ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска»;
- ГОСТ Р 51901.16-2005 «Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки»;
- ГОСТ Р 51901.21-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения»;
- ГОСТ Р 51901.22-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения»;
- ГОСТ Р 51901.23-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска»;
- ГОСТ Р 51901.10-2009 «Менеджмент риска. Процедуры управления пожарным риском на предприятии»;
- ГОСТ Р 54145-2010 «Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Общая методология»;
- ГОСТ Р 54141-2010 «Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Эталонные сценарии инцидентов»;
- ГОСТ 27.310-1995 «Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения»;
- ГОСТ Р 51901.13-2005 «Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей»<sup>2</sup>;
- ГОСТ Р 54142-2010 «Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Методология построения универсального дерева событий».

Кроме ГОСТов, рискам и применению риск-ориентированных подходов посвящено много других документов Ростехнадзора, министерств и компаний, например:

- Приложение к приказу МЧС России от 10 июля 2009 года № 404 – Методика определения расчетных величин пожарного риска на производствен-

<sup>2</sup> Иное название метода – «Дерево отказов».

- ных объектах (ред. от 14.12.2010). В документе изложены общие требования к определению расчетных величин пожарного риска и порядок вычисления расчетных величин пожарного риска на объекте;
- РД 03-496-02 – Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах, которые устанавливают общие положения и порядок количественной оценки экономического ущерба от аварий на ОПО, подконтрольных Ростехнадзору;
  - Руководство по безопасности – Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах, утв. Приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144. Содержит рекомендации по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий для обеспечения требований ПБ при проектировании, строительстве, кап. ремонте, реконструкции, техническом перевооружении, эксплуатации, консервации и ликвидации опасных производственных объектов;
  - СТО Газпром 2-2.3-400-2009 – Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром».

Многообразие форм НМО по рискам представлено, в частности, в приложении 4, в котором приведен далеко не полный перечень методов оценки и анализа рисков, применяемых при разработке ДПБ [9].

### **1.3. Определения рисков в нормативных документах РФ и внутренних документах нефтегазовых компаний**

После обсуждения безопасности по дороге из пункта «А» в пункт «Б», выявления опасностей, мер по снижению вероятности негативных событий и тяжести их последствий мы готовы приступить к изучению структуры, оценки и анализа рисков. Разумеется, т.к. настоящее учебное пособие ориентировано, в первую очередь, на студентов нефтегазовых специальностей и специалистов, работающих в нефтегазовой отрасли, то и риски мы будем изучать применительно к производственной деятельности нефтегазовых компаний, компаний по нефтепереработке и нефтегазохимии.

Кроме понятия «риск» в НМО, как правило, присутствуют определения следующих понятий:

- управление рисками;
- оценка рисков;
- анализ рисков.

Но в рамках настоящего учебного пособия мы не будем концентрироваться на детальном разборе упомянутых понятий, поскольку для начала необходимо разобраться с самим риском, а уж ясное понимание риска позволит без особых трудностей перейти к процессу управления рисками, их оценкой и анализом.

Если спросить читателя и любого другого специалиста, что такое риск, то наиболее вероятно, что мы не услышим 2 одинаковых ответа, а некоторые вообще затруднятся дать определение риска. Это нормально. В ходе изучения смысла терминов, применяемых при оценке и анализе рисков, мы привыкнем к ним и, тем самым, станем понимать, что же такое риск.

Кто-то из великих физиков (Ричард Фейнман или Нильс Бор) сказал: «Понять – значит привыкнуть и научиться использовать».

Для начала изучения рисков и, тем более, работы с ними необходимо знать, а лучше еще и понимать, что такое риск.

Ниже приведены определения рисков из внутренних нормативных документов нефтегазовых компаний ПАО «Газпром нефть» и ПАО «НК «Роснефть»» и из 2-х ГОСТов:

– ПАО «Газпром нефть»:

Кодекс СУОД: *Операционный риск – возможный сценарий операционной деятельности, снижающий операционную эффективность. Если возможный сценарий реализовался, то произошло операционное происшествие;*

Интегрированная система управления рисками (ИСУР): *Риск – вероятное событие в будущем, которое может оказать отрицательное и / или положительное воздействие на достижение поставленных целей Группы компаний ГПН на всех уровнях управления;*

Стандарт Компании «Порядок выявления, оценки и минимизации рисков в области промышленной и экологической безопасности, охраны труда и гражданской защиты»: *Риск – мера защищенности жизненно важных интересов личности, общества и бизнеса компании от реализации производственных опасностей;*

– ПАО «НК «Роснефть»:

Управление рисками ПБ, ОТ и ООС: *Риск в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды – мера опасности, характеризующаяся вероятностью возникновения опасного события и тяжестью его последствий;*

– ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство:

*Риск – влияние неопределенности на цели;*

– ГОСТ Р 54505-2011. Безопасность функциональная. УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: *Риск – сочетание вероятности события и его последствий.*

На основе прочтения цитированных выше определений риска видно, что ВСЕ определения имеют отличия, уже начиная с первых слов. Риск – это:

- возможный сценарий...
- вероятное событие...
- мера защищенности...
- мера опасности...
- влияние неопределённости...
- сочетание...

К вышесказанному про различные виды определений рисков можно добавить следующие, представленные в различных нормативно-правовых актах РФ:

- риск – *вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.*

[Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (статья 2 «Основные понятия»)];

- риск – *следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей:*
  - *следствие влияния неопределенности – отклонение от ожидаемого результата или события (позитивное и/или негативное);*
  - *неопределенность – состояние полного или частичного отсутствия информации, необходимой для понимания события, его последствий и их вероятностей.*

[ГОСТ Р 51901.21-2012 Менеджмент риска. Реестр риска. Общие принципы разработки и ведения реестра (п. 3 «Термины и определения»)];

- риск аварии на ОПО – *мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и соответствующую ей тяжесть последствий.*

[Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144];

- пожарный риск – *мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.*

[Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями), ст. 2];

- экологический риск – *вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.*

[Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ, ст. 1];

- профессиональный риск – *вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных настоящим Кодексом, другими федеральными законами.*

[Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001, № 197-ФЗ, ст. 209]

Употребляемые определения рисков, к тому же закреплённые не где-нибудь, а в федеральном законодательстве, такие как «Риск аварии», «Пожарный риск», «Экологический риск», «Профессиональный риск» в своей основе содержат такой же «зоопарк» терминов, как и приведенные выше определения из локальных нормативных документов компаний и ГОСТов.

В определениях рисков часто применяют стандартные математические понятия и термины, смысл которых, известный любому специалисту, входит в противоречие с теми смыслами, которые авторы определений рисков вкладывают в формулировке.

Например, если риск – **вероятность**..., то всем сразу должно приходиться на ум: вероятность – безразмерная величина, применимая к случайному событию, которая может быть рассчитана путем деления количества испытаний, при которых случайное событие произошло, к общему количеству испытаний. И при этом мы точно знаем, что:

1) вероятность принимает значения на отрезке от 0 до 1 – это простое следствие того, что значение дроби, в которой числитель меньше или равен знаменателю, не может быть более единицы, а знаменатель и числитель при этом – натуральные<sup>3</sup> числа.

2) вероятность невозможного события равна 0, т.е. событие точно не произойдет при любом испытании;

3) вероятность достоверного события равна 1, т.е. событие точно произойдет при любом испытании.

Как после этого сопоставить стандартное понимание вероятности с профессиональным или пожарным риском – известно только авторам таких определений.

Еще хуже обстоят дела, когда риск начинают описывать через математический термин «степень», который у любого старшеклассника твердо ассоциируется со степенной функцией  $Y = X^n$ .

Разумеется, нет никаких оснований для критики приведенных выше примеров определений риска. На практике, хоть это и может показаться странным и невозможным – все они в целом правильные. Отличия связаны с рядом причин, упомянем только самые очевидные и лежащие на поверхности:

- любое определение риска формулируется применительно к определённой сфере деятельности, опасностям и видам негативных воздействий;
- риск – это комплексное понятие и его крайне сложно описать в одном, максимум 2-х предложениях;
- в каждой области, где работают с рисками, имеются разные приоритеты – или их частота, или последствия, или воздействие на целевой результат деятельности (для бизнеса), или недопустимые сценарии развития событий...

Но несмотря на многообразие определений рисков и областей человеческой деятельности, где они применяются, риск – понятие универсальное и он может быть описан в общем виде, понятном и применимом для всех заинтересованных сторон.

---

<sup>3</sup> «Бог создал натуральные числа, всё остальное – дело рук человека». Л. Кронекер (1823–1891).

## Глава 2

### ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОЦЕНКЕ И АНАЛИЗЕ РИСКОВ

---

В самостоятельной работе (приложение 1А) по обсуждению безопасности по дороге из пункта «А» в пункт «Б» читатель, наверное, уже использовал некоторые из основных терминов, используемых при оценке и анализе рисков. Кроме того, так или иначе упоминалась вероятность или частота происшествий и обсуждалось, к каким негативным последствиям может привести то или иное происшествие. Также в примерах определений рисков, приведенных в главе 1, тоже применяется много терминов, значение которых необходимо знать, т.к. это знание позволит понять природу риска.

Забегая вперед (но в данном случае мы имеем дело со стандартной дилеммой – «что раньше, курица или яйцо?») мы, прежде чем займемся изучением риска, его структуры, оценки и анализа – в настоящей главе изучим основные термины и определения.

Перечень основных терминов, применяемых при оценке и анализе рисков, следующий:

- опасность;
- риск-фактор;
- барьер;
- иницилирующее событие;
- опасное событие;
- частота;
- негативные последствия;
- условия возникновения опасного события.

При обсуждении смысла терминов, анализе примеров из практики будем по возможности придерживаться нефтегазовой тематики. В качестве методической основы для подготовки настоящей главы частично использованы подходы и стилистика изложения в материалах учебных тренингов по управлению рисками в области промышленной безопасности, охраны окружающей среды компании ПАО «НК «Роснефть»» и тренингов по управлению целостностью и надежностью оборудования с описанием рисков производственной безопасности по причине нарушения целостности оборудования в компании ПАО «Газпром нефть».

## 2.1. Опасности

Опасностью (hazard) называют то, что потенциально может причинить вред. Опасности являются частью штатного производственного процесса, и часто без их наличия производственные операции были бы невозможны. А значит, вред или ущерб причиняется как раз в том случае, если мы теряем контроль над опасностью. Опасность исследуют и показывают визуально для того, чтобы было понятно, откуда исходит риск.

**Опасность – потенциальный источник нанесения вреда людям, окружающей среде, активам или репутации.**

О чем речь?

Опасность, например, могут представлять:

- изменения внешних условий ведения производственной деятельности, такие как санкционные ограничения, колебания цен и курсов валют;
- используемые опасные вещества и/или опасные вещества, обращающиеся в оборудовании в рамках технологического процесса (кислоты, щелочи, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости, газы или твердые вещества);
- химические вещества (вкл. опасные вещества), выделяемые в окружающую среду в процессе выполнения операций (выбросы, сбросы, отходы);
- условия, в которых выполняются операции (например, давление, температура, освещение, излучения, перепад высот, скользкие поверхности).

Имеются детали двух типов, которые имеет смысл включить в формулировку опасности:

- ситуативный контекст – например, географическое местоположение, фаза производства, вид оборудования, а также другие сопутствующие описания;
- масштаб – указание масштаба обсуждаемых опасностей также может быть важной информацией. Например, какова емкость резервуара? Под каким давлением или в какой концентрации находится химическое вещество? Какое снижение цен на продукцию?

Опасности должны быть определены и описаны в их контролируемом состоянии. Описание опасности может быть сформулировано как «транспортировка топлива на бензовозе из пункта «А» в пункт «Б»», но не «взрыв бензовоза». Т. е. опасность описывает потенциально вредное вещество / процесс / деятельность, а не потерю контроля над опасностью (что есть «инициирующее событие», но об этом мы более подробно поговорим в соответствующем разделе настоящей главы) и не фактический вред, к которому может привести данный процесс (это уже будет опасным событием или его последствиями).

Полезной проверкой при определении корректности формулирования опасности будет положительный ответ на вопрос: «Является ли описанная таким образом опасность частью нашей штатной производственной деятельности?».

Приведем примеры корректного и некорректного формулирования опасностей.

А) Корректная формулировка:

- *Волатильность биржевых цен на нефть и валютных курсов.* Это явление всегда присутствует в бизнесе в штатном режиме и влияет на производственную деятельность. Понятны источник данной опасности и то, какое она может оказать влияние и чем ее можно измерить.
- *Пропан под давлением в сферическом резервуаре. Аналогично – нефть или нефтепродукты, или любое другое опасное или токсичное вещество в резервуарах, трубопроводах, автоцистернах и т.п.* Известны объём, оборудование, вещество, давление, влияние на актив, возможные воздействия на людей и окружающую среду. Также известны процессы, в которых участвуют указанные опасные вещества.
- *Управление автоцистерной при движении по автостраде.* Управление автоцистерной при движении по автостраде – это стандартное требование, чтобы из точки А попасть в точку Б. Само по себе оно не является проблемой, но содержит в себе потенциал потери контроля.
- *Вскрытие продуктивного пласта с углеводородами под давлением.* Вскрытие продуктивного пласта породы с углеводородами является частью штатной производственной деятельности для нефтегазовых компаний, но потенциально это может стать фактором причинения ущерба (например, открытый фонтан на скважине).
- *Наличие в технологическом процессе углеводородов.* Углеводороды сами по себе обладают пожароопасными и взрывоопасными свойствами.
- *Наличие в технологическом процессе углеводородов, в состав которых входит сероводород ( $H_2S$ ).* Углеводороды сами по себе обладают обычными пожароопасными и взрывоопасными свойствами, а сероводород представляет собой дополнительную токсичную опасность, что поднимает более широкий ряд вопросов с точки зрения безопасности.
- *Работы на высоте (>2 м) от опалубки.* Работы на высоте являются хорошо известным источником опасности, при этом указание значения высоты обеспечивает необходимую конкретику.
- *Транспортировка персонала на рабочую площадку и обратно на вертолете.* Действие, заключающееся в полете вертолета к месту работы, является хорошо определенной деятельностью.

Б) Некорректная формулировка:

- *Неконтролируемый пожар.* «Неконтролируемый пожар» – это не элемент штатной работы, кроме того, нет привязки к активу, не указан возможный масштаб пожара и это не является частью штатного производственного процесса.

Комментарий:

*В данном примере полезно рассмотреть следующую формулировку опасности, связанной с пожаром, например, «тушение пожара на опасном производственном объекте» может являться возможной опасностью, так как это является частью обычной деятельности МЧС. Но в данном случае важно именно этот факт подчеркнуть. Т.е. всякая опасность должна быть привязана к интересующему нас процессу. Для процесса добычи, переработки, транспортировки нефти и нефтепродуктов «тушение пожара...» не опасность, т.к. не входит в штатную деятельность, а для МЧС это штатная деятельность и в таком случае «тушение пожара на ОПО» представляет собой опасность по сравнению с аналогичным тушением пожара, но не на ОПО, а, к примеру, в жилом районе города или на птицефабрике.*

– Сероводород ( $H_2S$ ), хлор ( $Cl$ ) или любое токсичное или опасное вещество.

Масштаб опасности не установлен надлежащим образом, также неясен процесс, к которому упомянутое вещество имеет отношение.

– Отказ системы контроля. Отказ сам по себе – нештатная ситуация, и по этому признаку формулировка опасности некорректна.

– Сход с рельсов. Аналогично...

– Возгорание. Аналогично...

Вышеописанные примеры корректного и некорректного описания опасности демонстрируют, что применительно к опасности всегда важно определить или обеспечить понимание следующих параметров:

– бизнес – или производственный процесс, к которому она применима;

– масштаб опасности;

– потенциальный вред для активов, людей, окружающей среды или репутации,

– какое нежелательное событие или риск (наконец, в нашем описании появилось это слово) могут быть связаны с рассматриваемой опасностью.

## 2.2. Иницирующее событие

Всякая неприятность всегда с чего-то начинается, с какого-либо события. Опасности есть всегда, и они входят в окружающую нас и наши производственные объекты действительность до тех пор, пока не происходит нечто (событие), которое имеет свою логику развития, т.е. за ним следует цепочка следующих событий, приводящих к нежелательным, негативным последствиям, с которыми мы и связываем в интуитивном представлении риск.

Вот такое событие, после которого и в результате которого (все в этом определении важно – после, т.е. имеется последовательность последующих событий во времени, и в результате, т.е. имеет место причинно-следственная связь) является «иницирующим событием».

Разберем термин «иницирующее событие» подробно.

В наиболее общей формулировке инициирующее событие (initiating event) – событие, при наступлении которого начинается процесс.

В нашем случае, применительно к рискам, с инициирующего события начинается процесс или сценарий, в результате которого происходит опасное, нежелательное событие с ущербом.

Иницирующее событие определяется из факта, что все последующие опасные события наступают только вследствие данного события.

Пример «неправильного» определения инициирующего события мы можем найти в ГОСТ Р 54141-2010 «Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Эталонные сценарии инцидентов»:

– инициирующее событие – изначальные причины по направлению вверх каждой ветви, ведущей к критическому событию на дереве отказов...

В данном случае допущена ошибка в лингвистике, и состоит она в том, что фактически поставлен знак равенства между событием и причиной. Такие определения затрудняют понимание.

Иницирующими событиями могут быть:

а) технологические нарушения:

– отклонения технологических параметров: давления, температуры, расхода, концентрации, скорости реакции, теплоты реакции, изменение фазового состояния, загрязнение;

– спонтанные реакции: полимеризация, неконтролируемые процессы, внутренний взрыв, разложение;

– разгерметизация трубопроводов, резервуаров, сосудов, отказ прокладок, сальников;

– неисправности оборудования: насосов, клапанов, измерительных приборов, датчиков, блокировок;

– неисправности систем обеспечения: электрической, подачи воздуха или азота, водоснабжения, охлаждения, теплообмена, вентиляции;

б) отказ системы административного управления и субъективные ошибки;

в) внешние события: экстремальные погодные условия, землетрясения, воздействие других аварий, случаи вандализма, диверсии.

Достаточно корректное определение инициирующего события есть в ГОСТ Р МЭК 62502-2014:

«Иницирующее событие – событие, которое является отправной точкой дерева событий и последовательности событий, которые могут привести к различным возможным выходам».

Мы будем использовать более общее определение термина «иницирующее событие», не привязанное к конкретному методу оценки и анализа рисков и без использования слов русского языка с неоднозначным значением в рамках контекста.

**Иницирующее событие:**

- само по себе или в результате последующего развития по одному из сценариев до опасного события наносит или может нанести вред людям, окружающей среде, активам или репутации;
- определяется из факта, что все последующие опасные события наступают только вследствие данного события.

На практике при эксплуатации оборудования на ОПО, транспортных средств и в других процессах иницирующих событий не так много. Основными из них можно назвать 5 видов.

- *Нарушение целостности.* Определение целостности и нарушения целостности приведено в глоссарии и из него следует, что практически все виды отказов, не связанных с ошибками человека при эксплуатации оборудования, являются следствием события «нарушение целостности». В каждом конкретном случае дается иное название, но существа явления это не меняет.
- *Утечка.* Нарушение герметичности защитной оболочки – стенки трубопровода, сосуда, резервуара, змеевика и т.п. Во многом утечка и нарушение целостности – одно и то же, но для более ясного восприятия часто удобнее пользоваться термином «утечка». См. глоссарий и источник [10].
- *Ошибка при эксплуатации.* Тот самый «человеческий фактор». Ошибка человека при эксплуатации оборудования и реализации технологического процесса, будь то управление транспортным средством (автомобиль, поезд, телега, велосипед, самолет, вертолет, космический корабль и т.п.), бурение скважин, процессы нефтепереработки, нефтегазохимии и т.п. – сама по себе событие, которое часто может приводить к негативным последствиям. В данном случае, однако, важно различать ошибки при эксплуатации, которые отрабатываются различными предупреждающими защитными системами и не позволяют их делать, и ошибки, против которых предупреждающих систем нет, и поэтому они в определённых условиях приводят к потере контроля. Например, неумелое торможение на трассе блокируется в автомобиле антиблокировочной системой и системой стабилизации курса, поэтому излишнее давление на педаль тормоза – не ошибка, а вот позднее нажатие на педаль тормоза или превышение скорости в конкретных дорожных условиях – ошибка, которая достойна носить высокое звание «иницирующее событие».
- *Природные катаклизмы.* При проектировании объектов обычно стараются учитывать все возможные виды природных воздействия, но иногда такие воздействия превышают заранее запланированную устойчивость актива, оборудования или объекта. Пример – цунами, воздействовавшее на атомную электростанцию Фукусима, многочисленные паводки и наводнения, которых ранее не наблюдалось. Список можно продолжать...

– *Воздействие третьих лиц.* В данном случае это могут быть и криминальные воздействия, и прочие воздействия по незнанию, и террористические акты.

Важно избежать понимание «инициирующего события» как причины. С одной стороны, очень просто и легко все списать на инициирующее событие и назвать его причиной, но, с другой стороны, никакой практической пользы, кроме как избежать ответственности за происшествие, такой подход не даст.

Криминальное воздействие, в результате чего, например, произошел взрыв на ОПО. Чем не причина происшествия? Но на деле причины надо искать в ненадлежащей охране объекта, не предусмотренных в технических решениях защитах и блокировках, которые могли бы не довести до взрыва и т.п.

Или природные катаклизмы. Возьмем пример Фукусимы. А что, цунами для Японии такая уж редкость? Налицо ошибка в месте расположения станции. Или вопрос обеспечения резервного электроснабжения станции при условии, что все штатные системы, в т.ч. резервные, вышли из строя. Вопросы можно задавать еще долго – и именно в ответах на эти вопросы будут находиться причины катастрофы.

Рассмотренные примеры и основные виды инициирующих событий показывают, что любое описание или формулировка инициирующего события должны иметь связь с опасностью.

Примеры корректного и некорректного описания инициирующего события показаны в таблице 2.1.

Практика формулирования инициирующих событий, продемонстрированная в таблице 2.1, показывает: чтобы избежать ошибок – лучше начинать формулирование инициирующего события «от печки», т.е. выбрать одно или сочетание нескольких событий из основных 5-ти видов. А затем «приземлять» его к конкретной рассматриваемой ситуации.

### 2.3. Риск-фактор

Начнем с определения риск-фактора. РИСК-ФАКТОР – причина, способствующая реализации опасности и наступлению инициирующего события.

При расследовании аварий, катастроф, да и просто отдельных происшествий (а фактически это реализовавшиеся риски) «риск-фактор», если это расследование проведено правильно, так или иначе будет упомянут в качестве одной из корневых причин.

Риск-фактор отвечает на вопрос: «почему может произойти инициирующее событие»? Таких причин может быть несколько. Т. е. для одного инициирующего события может быть несколько причин. Мы уже могли наблюдать этот факт, когда проводили самостоятельную работу по оценке и анализу безопасности, когда мы добираемся из пункта «А» в пункт «Б».

Определяя риск-факторы, мы задаем направления развития событий, которые могут привести к инициирующему событию.

Таблица 2.1

## Описание инициирующего события

Опасность	Инициирующее событие	Комментарий
Бензин, хранящийся в резервуаре	Переполнение резервуара и крупный пожар на обваловке	<p><b>Некорректное описание.</b> В данном инициирующем событии объединены реальное инициирующее событие – переполнение резервуара, т.е. «утечка», с одним из возможных вариантов сценария развития событий – крупным пожаром... Корректно – переполнение резервуара или утечка из резервуара.</p>
Перевозка углеводородов автоцистернами	Столкновение с деревом	<p><b>Некорректное описание.</b> Столкновение с деревом – это не тот момент/событие, когда мы теряем контроль над опасностью, а нежелательный результат потери контроля над опасностью. Мы можем идентифицировать наше реальное инициирующее событие, задавая себе вопрос: «Что было первоначальным моментом потери контроля и привело к столкновению?». Поэтому в данном случае инициирующим событием может быть то, что привело к потере контроля за движением автоцистерны. Соответственно, это либо «ошибка водителя», либо «нарушение целостности автомобиля», либо «природные катаклизмы», например, порыв ветра, либо «воздействие третьих лиц».</p>
Вскрытие продуктивного пласта с углеводородами под давлением	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Потеря контроля над скважиной</li> <li>– Приток углеводородов</li> <li>– Поглощение бурового раствора</li> </ul>	<p><b>Некорректное описание.</b> Потеря контроля над скважиной может произойти вследствие притока углеводородов в скважину или вследствие поглощения бурового раствора в проницаемый пласт. В данном случае инициирующим событием является «утечка», более распространено употребление термина «газонефтеводопроявление», но обязательно в данном случае помнить, что «газонефтеводопроявление» – неуправляемое, т.к. обычная добыча нефти и газа из скважин – это и есть не что иное, как «газонефтеводопроявление», только управляемое, и в этом заключается цель бурения и эксплуатации скважин.</p>

Грузы, подвешенные на кране	Падение предмета	<p><b>Не вполне корректное описание.</b> Падающий объект означает потерю контроля над процессом подъема/опускания. Это может привести к нескольким возможным последствиям, но при этом имеются разные варианты снижения воздействия; то есть это – удачный выбор иницирующего события. Оно может быть дополнено как «или раскатывающийся груз» или быть изменено на «потеря контроля над грузом».</p> <p>Очевидно, что «падение предмета» в данном случае – иное название иницирующего события, такого как нарушение целостности грузопользовного оборудования и др.</p>
Бензин, хранящийся в резервуаре	Коррозия резервуара	<p><b>Некорректное описание.</b> «Коррозия резервуара» не описывает, каким образом потерян контроль над хранением углеводородов в резервуаре. «Коррозия резервуара» – следствие опасностей, которые присущи резервуарам в связи с наличием в хранимом бензине коррозионно-активных компонентов (вода, кислород, углекислый газ, соли), которые могут привести к потере контроля над опасностью (например, разгерметизации).</p> <p>В данном случае, если мы говорим о коррозии, то иницирующим событием следует считать утечку или нарушение целостности первичной защитной оболочки.</p>
Летучие углеводороды под давлением в установке	Разгерметизация в атмосферу	<p><b>Корректное описание.</b> Иницирующее событие определяет событие разгерметизации внутри технологической установки. Это достаточно для того, чтобы рассматривать барьеры для контроля возгорания, обнаружения газа, реагирования на пожар и т.п., и исключает сценарий сброс на факел.</p> <p>По-другому такое иницирующее событие можно назвать – утечка...</p>

Очень важно понимать разницу между опасностями и риск-фактором.

Опасности сами по себе не могут быть причиной риск-иницирующего события.

Например, рассмотрим опасности для надземного трубопровода или сосуда, работающего под давлением.

Опасностями могут быть: наличие агрессивных компонентов в нефти и газе, воздействие ветра или атмосферных осадков, перегрузка, повышенное давление и т.п.

**Риск-фактор:**

- причина, способствующая реализации опасности и наступлению инициирующего события;
- отвечает на вопрос «почему может произойти инициирующее событие»?

Но все вышеперечисленные опасности станут риск-факторами только тогда, когда они могут стать причиной инициирующего события (происшествия). В нашем случае сами по себе агрессивные компоненты – просто опасность, а риск-фактором они станут тогда, когда возникают такие условия или сочетание опасностей, при которых они могут превратиться в коррозию или износ и тому подобное. Минерализованная вода, углекислый газ или сероводород в сосуде или трубопроводе сами по себе отдельно – опасности, а все вместе они вызывают коррозию и превращаются в риск-фактор. Точно также ветер – опасность, а сильный ветер выше проектных значений – риск-фактор.

Примеры риск-факторов:

- физический износ;
- скрытые дефекты;
- некачественные материалы и вещества;
- внешняя коррозия;
- внутренняя коррозия и эрозия;
- ошибки / недостатки технического обслуживания;
- ошибки планирования и/или проектирования;
- гидравлические удары;
- избыточное давление;
- остаточное напряжение в конструкции;
- температурные деформации;
- вакуум выше установленного проектом;
- вибрация выше нормативной;
- внешнее воздействие (наезд, падение, удары и т. п.);
- эрозия почвы, подвижка грунта.

Важно понимать, что риск-факторы связаны с опасностями. Если вы можете сформулировать риск-фактор для инициирующего события, но не можете к это-

му риск-фактору подобрать опасности – значит, надо искать опасности или усомниться в наличии такого риск-фактора.

Примеры корректного и некорректного описания риск-фактора показаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2

## Описание риск-фактора

Риск-фактор	Иницирующее событие	Комментарий
Излишнее наполнение резервуара	Переполение резервуара (утечка)	<b>Корректное описание.</b> Риск-фактор напрямую связан с иницирующим событием без необходимости его комбинации с другими риск-факторами, и он является достоверно возможной причиной.
Для уровнемера вовремя не проведены профилактические работы	Переполение резервуара (утечка)	<b>Некорректное описание.</b> Этот риск-фактор не является непосредственной причиной переполения резервуара, оно не происходит только потому, что вовремя не проведено профилактическое обслуживание уровнемера. Риск-фактором является подача избыточного количества продукта в резервуар.
Превышение скорости для данных дорожных условий	Ошибка водителя	<b>Корректное описание.</b> Риск-фактор связан непосредственно с иницирующим событием.
Ветер во время подъемных операций	Падение предмета из-за метеоусловий	<b>Некорректное описание.</b> Ветер также может спровоцировать раскачивание груза, что в конечном итоге также приведет к падению объекта, но такое описание риск-фактора носит слишком общий характер. Лучше в качестве риск-фактора указать «сильный ветер (>40 км/час)», так как это конкретно указывает на степень сложности грузоподъемной операции и метеоусловия.
Сбой в цементировании скважины	Утечка (газо-нефтеводопроявление)	<b>Корректное описание.</b> Некачественное цементирование может позволить углеводородам пласта войти в скважину.
Подъем несбалансированного груза	Падение предмета из-за ошибки	<b>Корректное описание.</b> Использование грузоподъемного оборудования для обработки несбалансированного груза может стать причиной падения груза и является непосредственной причиной наступления иницирующего события.
Отказ антиблокировочной системы тормозов (ABS)	Нарушение целостности автомобиля	<b>Некорректное описание.</b> Это отказ в системе безопасности самого автомобиля, т.е. иницирующее событие. Более удачным был бы выбор в качестве риск-фактора для такого иницирующего события – «физический износ» или «скрытые дефекты».

## 2.4. Опасное событие

Примеры, которые мы с вами рассматривали ранее, и результаты самостоятельной работы «безопасность по дороге...» показывают, что опасные или нежелательные события могут происходить как в обычной, без каких-либо видимых или контролируемых отклонений ситуации, так при авариях или чрезвычайных ситуациях. Немного подробнее условия опасного события мы обсудим позже, а сейчас остановимся на «ОПАСНОМ СОБЫТИИ».

Событие, представляющее собой конечный результат развития инициирующего события по одному из возможных сценариев, способное нанести вред людям, окружающей среде, активам, бизнесу или репутации, в терминологии, принятой в управлении рисками, называется «ОПАСНОЕ СОБЫТИЕ».

Каждое инициирующее событие имеет ограниченный перечень соответствующих ему опасных событий.

В графических вариантах изображения риска (об этом мы тоже поговорим позднее) опасное событие находится в самом конце. Опасное событие – «ВЕРШИНА» риска. Когда оно произошло – это значит, что реализовался риск – и нам только и остается, что подсчитывать ущерб, оценивать фактическую частоту подобных событий, заниматься расследованием и компенсировать ущерб. Собственно риск в своем негативном представлении как раз и ассоциируется с опасным событием.

### **Опасное событие:**

- любое событие в процессе производственной деятельности, которое наносит или может нанести вред людям, окружающей среде, активам или репутации;**
- представляет собой конечный результат развития инициирующего события по одному из возможных сценариев.**

Однако даже когда опасное событие уже произошло, нет повода для спокойствия.

Примеры опасного события:

- травма;
- смертельный случай на производстве;
- выброс опасных веществ без возгорания;
- пожар пролива горючих жидкостей;
- взрыв ГВС (ПГВС);
- взрыв ГВС (ПГВС) с последующим пожаром;
- образование и рассеивание паровых облаков с возгоранием по маршруту дрейфа;
- распространение токсичных продуктов и воздействие вредных веществ;
- горение «колонного» шлейфа газа;
- открытый фонтан без возгорания;
- взрыв ГВС при открытом фонтане;

- разрушение (обрушение, падение, опрокидывание) конструкций и оборудования;
- авиационное происшествие;
- столкновение, съезд, опрокидывание.

Опасное событие имеет свойство эскалации.

**Эскалация** (escalation) – это распространение воздействия опасного события на оборудование или другие сферы, вызывающее увеличение последствий опасного события.

Такую возможность предусматривает ГОСТ Р ИСО 17776-2010 «Менеджмент риска. РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ УСТАНОВОК ПО ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА ИЗ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ» (Risk management. Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment for petroleum and natural gas offshore production installations).

В отдельных случаях возможен вариант, когда инициирующее событие равно опасному событию, но такие случаи – большая редкость; если вы при анализе рисков не видите разницы между инициирующим событием и опасным событием, то это сигнал, что вы, скорее всего, что-то не видите – или некорректно определено инициирующее событие.

Например, в отношении инициирующего события «разгерметизация оборудования» в обязательном порядке необходимо рассмотреть следующие опасные события:

- выброс опасных веществ без возгорания;
- пожар пролива горючих жидкостей;
- взрыв газовой (парогазовой) смеси;
- распространение токсичных продуктов на открытой площадке.

Для инициирующих событий в дорожном движении «нарушение целостности» или «ошибка водителя» и т.п., которые приводят к потере управления над автомобилем, опасные события могут быть (но не ограничиваясь этим):

- столкновение с попутным транспортом;
- столкновение с встречным транспортом...

Можно группировать опасные события на примере автомобиля:

- ДТП с травмами;
- ДТП с тяжелыми травмами или смертельным исходом;
- ДТП с материальным ущербом третьим лицам;
- и т. п.

У нас сейчас нет задачи подробно расписывать все возможные варианты опасных событий. Важно понимать их значительную вариативность по отношению к инициирующему событию. А всякая вариативность может быть как разумной, так и бессмысленной. Необходимо группировать опасные события так, как это необходимо в рамках поставленной задачи по оценке и анализу риска.

Примеры корректного и некорректного описания опасного события показаны в таблице 2.3.

Таблица 2.3

## Описание опасного события

Иницилирующее событие	Опасное событие	Комментарий
Переполнение резервуара с бензином (утечка)	Ущерб окружающей среде	<p><b>Некорректное описание.</b>            Это последствие напрямую связано с иницилирующим событием, но оно расплывчато – и не является конкретным в отношении характера или серьезности экологического ущерба.</p> <p>Это ущерб почве или водным объектам (и тогда это небольшой ручей, или большая река?), или определенным видам флоры и фауны?            В описании последствий должен быть назван объект воздействия, т.е. те на кого или на что оно повлияло.</p> <p>Добавление информации о масштабе полезно с точки зрения проектирования реагирующих барьеров и понимания адекватного уровня их состояния.</p> <p>Корректное описание в данном примере: попадание всего объёма бензина из аварийного резервуара в водный объект. Пример – происшествие в г. Норильск: – 29 мая 2020 г. в Норильске, на промышленной площадке ТЭЦ-3, которой владеет дочернее предприятие «Норильского никеля», произошла авария – из-за проседания опор под одним из резервуаров с дизельным топливом он повредился под собственным весом. В резервуаре находилось большое количество топлива, которое хранилось там на случай отключения газоснабжения ТЭЦ-3 – сообщается о 20 тысячах тонн разлитого топлива;</p> <p>– сама ТЭЦ располагалась достаточно близко к рекам Далдыкан и Амбарная, которые впадают в местное озеро Пясино.</p>
Погружение крыши резервуара (нарушение целостности)	Ущерб активам вследствие пожара на всей поверхности резервуара	<p><b>Корректное описание.</b>            Опасное событие напрямую связано с иницилирующим событием.</p>

Падающий объект (ошибка)	Задержка реализации проекта	<p><b>Некорректное описание.</b> Такое последствие сформулировано недостаточно конкретно. Возможно, идет речь о повреждении оборудования длительного изготовления, потеря которого может задержать проект на 6 мес.</p> <p>Если речь идет о большегрузном кране на критическом участке инфраструктуры, тогда задержка будет являться значительным последствием, и будет полезна какая-то информация о длительности, например, «задержка проекта на срок более 6-х месяцев», и также необходимо указать материальный ущерб и от потери оборудования, и от задержки проекта.</p>
Разгерметизация (утечка)	Эвакуация объекта	<p><b>Некорректное описание.</b> В случае разгерметизации углеводородов (неизвестно, что разгерметизируется) завод будет эвакуирован, если процесс усилится до такой степени, когда восстановление уже не будет возможным.</p> <p>Эвакуация объекта может быть и позитивной – позволит избежать еще более тяжелых последствий, которые не указаны.</p>
Потеря контроля при управлении транспортным средством (ошибка)	Травма водителя / несчастный случай при столкновении с деревом	<p><b>Корректное описание.</b> Имеется причинно-следственная связь с инициирующим событием, понятно, что может произойти и какие последствия.</p>
Потеря контроля над скважиной (ГНВП)	Большой вред морской флоре и фауне вследствие загрязнения нефтью	<p><b>Корректное описание.</b> Это последствие приемлемо, так как определяет масштаб экологического ущерба хотя бы качественно.</p>
Падение предмета (метеословия)	Повреждение от удара и полная потеря упавшего объекта	<p><b>Корректное описание.</b> Опасное событие сформулировано четко и непосредственно вытекает из инициирующего события.</p>
Потеря контроля при управлении транспортным средством (нарушение целостности)	Повреждение отбойника	<p><b>Некорректное описание.</b> Такое последствие возможно, но оно, скорее всего, будет несущественным по сравнению с другими последствиями и, возможно, лучше сгруппировать его с чем-то (например, «повреждение элементов автомобильной и дорожной инфраструктуры»).</p>

## 2.5. Барьер

Сейчас мы подошли к изучению самого сложного для восприятия термина, применяемого при оценке и анализе рисков. Это термин «барьер».

Автору настоящего учебного пособия потребовалось более 10-ти лет для того, чтобы с момента первого практического в своей работе применения понятия «барьера» достичь понимания – что же это такое. У нас с вами стоит амбициозная задача понять значение термина «барьер» и научиться им пользоваться на протяжении настоящего курса. Немного забегаая вперед, необходимо отметить, что «барьер» – ключевое понятие для целей управления рисками. Оценка и анализ риска необходимы не сами по себе, а для того, чтобы научиться управлять этим риском.

Перейдем к обсуждению барьеров (или, что одно и то же – к мерам управления).

Очень подробно и с примерами практического применения понятие барьеров описано в книге «Диаграммы «галстук-бабочка» в управлении рисками. Методическое руководство по безопасности технологических процессов», изданной Центром по безопасности химических процессов американского Института инженеров-химиков совместно с Институтом энергетики [11]. В данном разделе и в разделе, посвященном методу оценки и анализа рисков «галстук-бабочка», будут использованы подходы, изложенные в [11].

Что есть «барьер»? **БАРЬЕР** – техническая и/или организационная мера управления, направленная на то, чтобы риск не реализовался в виде одного из возможных опасных событий и их возможной потенциальной эскалации.

Барьеры снижают частоту или возможность наступления инициирующего события (предупреждающий барьер) или уменьшают последствия опасного события (реагирующий барьер).

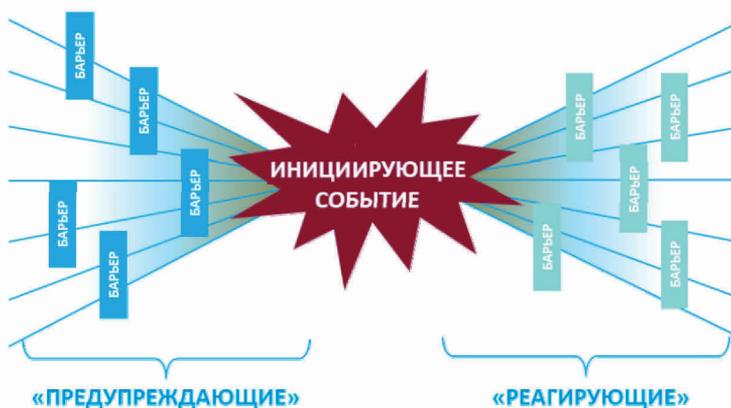
Основная информация о термине «БАРЬЕР», необходимая для его понимания и применения, представлена на рисунке 2.1.

Примерами барьеров могут быть:

- запас на коррозию;
- система пожаротушения;
- противоаварийная защита;
- каре;
- боновые ограждения;
- промышленные фильтры для очистки выбросов в атмосферу;
- очистные сооружения;
- решения по генеральному плану;
- системы эвакуации, аварийные выходы;
- огнестойкие материалы;
- система КИПиА;
- защитные ограждения;
- контроль технологических процессов.

**БАРЬЕР**

– техническая и/или организационная мера управления, направленная на управление риском, снижающая частоту наступления иницирующего события (предупреждающий барьер) или уменьшающая последствия опасного события (реагирующий барьер).



Барьеры для удобства использования, как правило, классифицируются по видам тех мер управления риском, которые снижают частоту его реализации или последствия

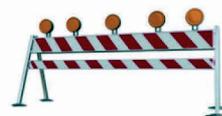


Рис. 2.1. Основные сведения по термину «БАРЬЕР»

Опыт показывает, что все предупреждающие и реагирующие барьеры можно систематизировать по группам. Один из вариантов классификации барьеров по группам или видам<sup>4</sup> (его аналоги применяются в некоторых нефтегазовых компаниях) показан на рисунке 2.2.

Это далеко не единственный вариант классификации. Очень вероятно, что данная классификация по мере развития методологии оценки и анализа рисков будет совершенствоваться и уточняться.

<sup>4</sup> Группы или виды барьеров – специалисты в отрасли применяют разные названия, для нас важно понимать, что в группу барьеров могут входить различные технические и организационные мероприятия, но они имеют общий функционал и относятся к реагирующим или предупреждающим барьерам.

**ВАЖНО:**

- Один и тот же барьер может иметь и предупреждающую, и реагирующую функцию (например, решения по генеральному плану при размещении объектов и оборудования).
- Барьером могут называться только меры или их комплекс, которые способны самостоятельно предотвратить развитие событий до реализации риска (инициирующего события).

**Виды «ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИХ» барьеров (примеры)**

1. Генеральный план, размещение объектов и оборудования
2. АСУТП (КИПиА), управление технологическими процессами
3. Противоаварийная защита (ПАЗ)
4. Исправное техническое состояние строительных конструкций
5. Исправное техническое состояние объектов и оборудования
6. Системы сброса (давления, флюиды и т.п.)
7. Система предупреждения столкновения и контроля передвижения
8. Техника и технологии для безопасного выполнения работ
9. Организация безопасного выполнения работ
10. Системы допуска к проведению работ
11. Контроль соблюдения технологии, правил и обеспечения соответствия установленным требованиям
12. Лицензирование и разрешение к ведению деятельности
13. Ограничение доступа на объекты и к оборудованию
14. Техническое диагностирование, экспертиза технического состояния объектов и оборудования

**Виды «РЕАГИРУЮЩИХ» барьеров (примеры)**

1. Ограничение распространения выбросов при разгерметизации
2. Пассивная защита людей от негативных воздействий
3. Планы и техническое обеспечение мер реагирования в нештатных ситуациях
4. Предотвращение возгорания
5. Системы аварийной остановки
6. Системы пожаротушения
7. Системы эвакуации персонала и третьих лиц из зоны поражения
8. Техника, технологии и мероприятия по устранению негативного воздействия на окружающую среду и людей

**Рис. 2.2. Виды барьеров**

Разберемся с барьерами более подробно.

В определении барьера уже указано, что барьеры могут быть предупреждающими и реагирующими, т. е. предупреждающие барьеры условно находятся

в левой части от инициирующего события, а реагирующие барьеры – в правой. Реагирующие барьеры часто называют барьерами, смягчающими последствия. Это легко видеть для рисков, связанных с пожарами. Всякий пожар имеет начало в неконтролируемом возгорании или создании условий для него – высокая температура, горючее вещество и доступ кислорода. Для того, чтобы любое, хоть и не контролируемое возгорание или условия для его возникновения не переросли в полноценный пожар, существуют смягчающие (реагирующие) меры управления:

- датчики дыма, высокой температуры – т. е. пожарная сигнализация;
- системы автоматического пожаротушения;
- исполнение конструкций из негорючих материалов;
- огнестойкие покрытия и т.п.

Из определения барьера также следует, что барьеры могут быть двух видов: технические или организационные.

**Технический барьер** – барьер, защитная функция которого достигается за счет физического наличия и/или срабатывания технических устройств и/или программного обеспечения без участия человека.

**Организационный барьер** – барьер, защитная функция которого достигается за счет административных мер, а также за счет любого сочетания применения технических устройств, решений и действий человека. Т. е. к организационным барьерам мы относим в т. ч. все варианты действий человека с применением каких-либо технических устройств.

Кроме деления барьеров на технические и организационные, они еще делятся на три типа – это **пассивные и активные** барьеры, а также **непрерывно** работающее оборудование.

При этом пассивные барьеры и барьеры, связанные с непрерывно работающим оборудованием, могут быть только технического характера.

Примером **пассивного** барьера может быть огнестойкое покрытие, расчетная толщина стенки на оборудовании, работающем под давлением с учетом надбавки на возможную коррозию и установленный запас прочности и т. п.

Примером **активного** барьера может быть система пожаротушения, аварийной остановки технологического процесса, система организации технологического процесса и т. п.

Примером барьера на основе непрерывно работающего оборудования может быть система контроля технологического процесса, пожаротушения и другие аналогичные системы, в основе которых находятся непрерывно работающие датчики, а сигнал с установленной периодичностью обрабатываются вторичными приборами.

Активные барьеры могут быть как техническими, так и организационными, при этом принято, что все активные барьеры, в которых так или иначе участвует человек, относятся к организационным барьерам.

Всего имеется 5 типов барьеров:

1-й – технический пассивный (обвалование резервуаров, защитное антикоррозионное или огнестойкое покрытие);

2-й – технический активный (система ABS в автомобиле, системы пожаротушения, которые активируются по срабатыванию датчиков, но не эксплуатируются постоянно);

3-й – технический – непрерывно работающее оборудование (система автоматического контроля технологического процесса и противоаварийной защиты);

4-й – организационный активный с превалирующим участием оборудования (системы борьбы с коррозией (электрохимзащита), системы КИПиА, которые требуют контроля оператора);

5-й – организационный активный с превалирующим участием человека (План реагирования на аварию, огнетушитель, техническая диагностика, контрольные процедуры);

Предложенные пять типов барьеров более информативно описывают весь спектр возможных категорий барьеров.

Распространенной ошибкой является отнесение активных барьеров с участием человека, в которых превалирует оборудование, только к типу «непрерывно работающее оборудование». В то время как наиболее видимые элементы такого барьера состоят из аппаратных средств (например, система обнаружения газа), такой подход не учитывает вклада человека в решающий аспект выполнения барьером своей защитной функции (например, принятие решения и нажатие кнопки аварийного останова оборудования). Если для исполнения защитной функции барьера требуется участие человека, то барьер необходимо относить к «организационному типу».

Важно при классификации барьеров понимать, что любой барьер для начала должен быть отнесен либо к предупреждающему, либо к реагирующему виду, затем барьер надо отнести к одному из видов – технический или организационный, только после этого определяем вид – пассивный, активный и непрерывно работающее оборудование.

О барьерах можно говорить еще много. Мы в рамках настоящего курса еще вернемся к барьерам, когда будем изучать построение диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» («BOWTIE»).

## 2.6. Определение условия возникновения опасного события

Мы ранее уже упоминали, что негативное воздействие на людей, окружающую среду и имущество может быть как при штатных, так и аварийных условиях.

При штатных условиях отсутствуют видимые повреждения оборудования. При этом на людей воздействуют исключительно опасные и вредные производственные факторы, а негативное воздействие на окружающую среду связано с выбросами и сбросами загрязняющих веществ, образованием, размещением и утилизацией отходов, изъятием и использованием природных ресурсов.

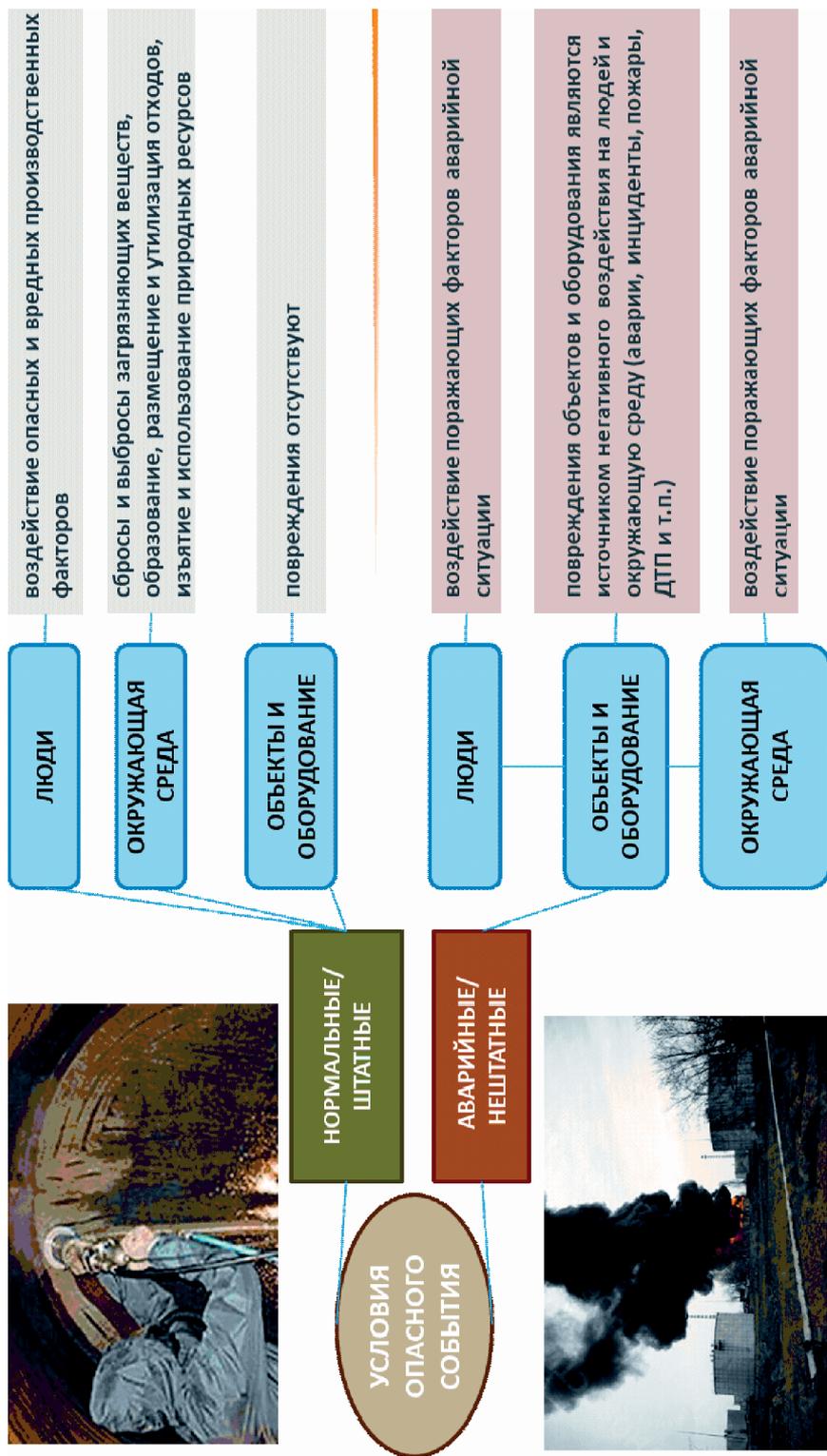


Рис. 2.3. Примеры определения условий опасного события

При аварийных условиях опасные события связаны с повреждением оборудования, в частности с авариями, инцидентами, пожарами, дорожно-транспортными происшествиями и т. п., последствия которых могут оказать воздействие как на людей, так и на окружающую среду.

Примеры определения условий опасного события показаны на рисунке 2.3.

## 2.7. Заключение по главе 2

В результате изучения материалов, изложенных в главе 2, читатель должен получить представление об основных терминах и определениях, необходимых для понимания риска, как такового, его последующей оценки и анализа. Изученные нами термины:

- опасность;
- риск-фактор;
- барьер;
- иницирующее событие;
- опасное событие;
- условия возникновения опасного события.

Кроме изученных нами понятий, есть еще 2 ключевых понятия, определяющие риск:

- частота;
- негативные последствия.

Указанные понятия будут нами подробно рассмотрены в главе 5.

Для дальнейшего освоения курса и понимания природы риска важно знать, что риск, как бы мы его ни определяли, ВСЕГДА содержит в себе событие или происшествие В БУДУЩЕМ, и кроме того, риск – это всегда НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ:

- во-первых, в том, что событие может произойти, а может и не произойти;
- во-вторых, неизвестно точно, какие именно могут быть негативные последствия от нежелательного происшествия.

Если нет неопределённости и событие уже произошло, то это НЕ РИСК, в данном случае имеет смысл говорить о реализовавшемся риске – происшествии, но это уже совсем другая история.

Сводить риск к простой вероятности (а вернее, говорить о частоте, т.к. риск оценивается, как правило, на определенном и конечном горизонте (отрезке времени)) и опасному событию тоже неверно.

Да, риск содержит в себе опасное событие, но неизвестно, какое именно из возможного набора, кроме того, каждое возможное опасное событие имеет свою неопределённость (частоту) и может вообще не произойти. Кроме того, риск не может не включать в себя ранее изученные нами опасности, иницирующие события, риск-факторы и барьеры. Чем более глубоко мы будем далее изучать понятие «риск», тем больше будет заполняться «пазл» его образа, но для краткости формулировок примем, что в первую очередь риск – это опасное событие в будущем, понимая при этом, что в такой формулировке указывается лишь «верхушка айсберга».

# СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ, АНАЛИЗУ И УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

---

### 3.1. Введение

Нефтегазовая отрасль, включая нефтепереработку, нефтегазохимию, логистику, широкую сеть хранилищ нефти, сжиженного природного газа, баз хранения нефтепродуктов и АЗС в процессе своей производственной деятельности подвержена широкому спектру негативных воздействий, которые в конечном итоге приводят к авариям и катастрофам, экологическому ущербу, банкротствам среди участников рынка. Кроме того, в нефтегазовой отрасли происходят события, которые негативно влияют на общество, государства, а в политической сфере события в нефтяной и газовой промышленности могут приводить к международным кризисам и даже военным действиям. Для любого жителя нашей планеты несложно привести примеры подобных негативных событий, так или иначе связанных с нефтью и газом.

Предметом оценки, анализа и управления рисками в нефтегазовой отрасли как раз и являются все негативные события с нежелательными последствиями. Но не те, которые уже произошли – они представляют интерес для историков, страховых компаний, специалистов по расследованию происшествий и извлечению уроков, а те события, которые пока не произошли, но могут произойти в будущем.

В таблице 3.1 приведена первая десятка наиболее значимых рисков в Российской Федерации в 2019 г., полученный путем опроса 2415 экспертов из 86 стран и опубликованный Allianz Risk Barometer в 8-м ежегодном исследовании 5-ти<sup>5</sup> ключевых бизнес-рисков.

ТОП-10 рисков для бизнеса, очевидно, применимы и более чем актуальны для нефтегазовой отрасли. Приоритеты могут быть иные, например, риски, связанные с перерывами в производстве, в том числе сбой в цепи поставок для нефтегазовой отрасли. Они не занимают первое место, по сравнению с пожарами и взрывами, но тоже вполне весомы.

В самом деле, всем как минимум, может быть интересно и полезно знать в рамках своей специальности и работы – что такого может неприятного произойти, а главное, как с этим бороться или снизить негативные последствия.

---

<sup>5</sup> <https://allianz.ru/press-center/barometr-riskov-allianz-s-kakimi-riskami-stolknutsya-kompanii-v-2019-godu/>

Таблица 3.1

## Приоритетные 10 рисков на 2019 год в Российской Федерации

Рей- тинг	Наименование риска	% упоминаний экспертов
1	Перерыв в производстве, в том числе сбои в цепи поставок	50%
2	Изменения в законодательстве и государственном регулировании (торговые войны, экономические санкции, протекционизм, Brexit, распад Еврозоны)	34%
3	Пожары, взрывы	34%
4	Потеря репутации, ценности бренда	22%
5	Киберриски (киберпреступность, сбои в работе IT-систем, уязвимость данных, штрафы)	19%
6	Макроэкономическая ситуация (программы жесткой экономии, рост цен на сырье, дефляция, инфляция)	19%
7	Рыночные изменения (волатильность, усиление конкуренции, появление новых игроков, слияния и поглощения, стагнация)	16%
8	Отзыв продукции, менеджмент качества, дефекты при серийном производстве	16%
9	Природные катаклизмы (ураганы, наводнения, землетрясения)	13%
10	Политические риски и репрессии (войны, терроризм, массовые беспорядки)	13%

НО: все сложности, проблемы и потенциальные события и угрозы, воздействующие на нефтегазовую отрасль, очень многообразны, начиная с биржевых паник, выборов глав государств и завершая нерадивостью отдельных сотрудников при выполнении простейших операций на оборудовании – описать в одной книге с разумной достаточностью невозможно. Поэтому мы будем далее концентрироваться на тех рисках, которые включают в себя возможные опасные события в будущем с негативными последствиями и связаны непосредственно с производственной деятельностью по добыче, переработке, транспортировке и отпуску конечным потребителям нефти, газа и продуктов их переработки. Указанную группу рисков мы будем называть «Производственные риски».

Производственные риски охватывают более широкую область, чем риски охраны труда, промышленной безопасности и охраны окружающей среды<sup>6</sup> (ОТ, ПБ и ООС). Дополнительно к ОТ, ПБ и ООС производственные риски включают в себя возможные негативные события, связанные с нарушениями технологии, неаварийными остановками, выпуском некачественной продукции, воздействием заинтересованных сторон на производственный процесс и т.п. Четкую границу области производственных рисков, равно как и рисков в области ОТ, ПБ и ООС, провести невозможно, но это и не требуется на практике.

<sup>6</sup> На английском языке эта область имеет аббревиатуру HSE – Health Safety Environment, а на русском языке широко известно сокращение ОТ, ПБ и ООС.

К перечисленным в таблице 3.1 ТОП-10 рисков для Российской Федерации не относятся к производственным следующие:

- изменения в законодательстве и государственном регулировании (торговые войны, экономические санкции, протекционизм, Brexit, распад Еврoзоны);
- потеря репутации, ценности бренда;
- макроэкономическая ситуация (программы жесткой экономии, рост цен на сырье, дефляция, инфляция);
- рыночные изменения (волатильность, усиление конкуренции, появление новых игроков, слияния и поглощения, стагнация);
- политические риски и репрессии (войны, терроризм, массовые беспорядки).

Однако и эти риски из ТОП-10, формально не относящиеся к производственным, в своих негативных последствиях влияют и на производство.

Приведем несколько примеров:

- рост цен на сырье может привести к реализации риска «Перерыв в производстве, в том числе сбой в цепи поставок»;
- терроризм может быть направлен на производственные объекты и стать причиной аварий и катастроф;
- потеря репутации, ценности бренда приводит к оттоку квалифицированных кадров из компании, из-за чего неизбежно повышаются аварийность и травматизм.

Главное – видеть риски, оценивать их, анализировать и управлять ими.

В текущей практике методы оценки и анализа рисков условно делятся на количественные, качественные и смешанные. Общее описание таких методов приведено в п. 5.3.1, начиная с 6-го абзаца и далее до конца пункта в ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Но для большей ясности позволим себе обсудить количественные и качественные методы оценки рисков применительно к нефтегазовой отрасли. Это связано с тем, что стилистика современных ГОСТов, особенно переводов с иностранных стандартов, такова, что на практике применять их невозможно без использования дополнительных источников. Советские ГОСТы таким недостатком не обладали и представляли собой документы, по которым можно было работать на производстве, и их строгое исполнение давало стандартный и прогнозируемый результат.

Итак, вернемся к методам оценки рисков.

Количественные методы анализируют возможные сценарии реализации рисков с использованием достаточно сложных математических и статистических приемов. Результатом количественной оценки рисков являются рассчитанная вероятность или частота реализации того или иного негативного сценария и ущерб, выраженный либо в денежной стоимости, либо в материальном выражении – будет загрязнена расчетная площадь земель, водных объектов, погибнет расчетное количество людей или будут травмированы и т.п.

Преимуществами количественной оценки рисков следует считать наличие наименее субъективного подхода (у формул нет души), но при этом требуется больше ресурсов по сравнению с качественной оценкой. Количественная оценка

рисков может быть рекомендована для сложных и/или критически важных систем безопасности.

Очевидные области применения количественных методов оценки риска – атомная энергетика, авиация и космос. Высокая производственная культура в указанных областях, известные свойства применяемых материалов, развитая система контроля, документированные случаи отказов, полнота учета и качественное расследование причин происшествий и отказов, фундаментальная и прикладная наука – обеспечивают необходимое качество исходных данных для проведения расчетов частоты реализации и последствий рисков. Кроме того, в таких отраслях имеется четкое понимание того, как применять на практике полученные результаты количественной оценки рисков.

Для нефтегазовой отрасли практически все необходимые для адекватной количественной оценки рисков предпосылки отсутствуют. Основная причина такой ситуации заключена в том, что в большинстве случаев отсутствует заказчик для проведения корректных количественных оценок. Если риски не определены, не сформулированы и непонятно, что с такими оценками делать, то и потребности нет или она, как минимум, не приоритетна с точки зрения выделения ресурсов.

Кроме того, в нефтегазовой отрасли есть специфические особенности, препятствующие широкому применению количественных методов оценки рисков.

Для начала, всегда есть геологические неопределенности, из-за которых состав флюидов и загрузка оборудования изменяются непредсказуемым образом. Пример того, к чему может привести неконтролируемое изменение состава добываемой нефти и/или условий эксплуатации, см. на фото 3.1 (фото 3.1–3.3 приведены из [12]).



**Фото 3.1. Закупорка проходного сечения нефтепромыслового трубопровода АСПО<sup>7</sup>**

<sup>7</sup> АСПО – асфальтено-смолистые парафиновые отложения.



**Фото 3.2. «Оригинальный» способ герметизации и послеаварийного ремонта емкости на одном из месторождений нефти и газа в Удмуртии, РФ**



**Фото 3.3. «Хомут» для герметизации аварийного трубопровода на нефтяном месторождении**

Также всегда есть место сокрытию происшествий и отказов или их неполному учету. Искаженная статистика по происшествиям не позволяет корректно оценить ущерб, характерные причины происшествий и мн. др. Отчасти недостатки в статистике может восполнить отраслевой опыт, но его распространение на отдельные активы не вполне правомерно, т.к. необходимо учитывать особенности актива, начиная со срока его эксплуатации и завершая анализом опыта и компетенций работающего персонала и организационной структуры.

Брак при сварке или применение ненадлежащих материалов – не такая уж редкость. Перечень непредсказуемых и неконтролируемых отклонений от проекта или установленных требований делает точность расчетов при количественной оценке рисков крайне сомнительной. В лучшем случае такие расчеты можно применять для большого количества однотипных объектов, а для конкретного

объекта или единицы оборудования количественный расчет риска в нефтегазовой отрасли практически неприменим потому, что никакие статистические модели и расчеты не смогут предвидеть наличие бревен в работающих трубопроводах или иные сюрпризы. Примеры нестандартных технических решений на работающем оборудовании, которые невозможно предвидеть при количественной оценке рисков, см. на фото 3.2 и фото 3.3.

Однако применение методов количественной оценки рисков может быть эффективно и в нефтегазовой отрасли, но для отдельных хорошо изученных производственных объектов, для которых есть надежная статистическая база, стабильные и известные условия эксплуатации и необходимые квалифицированные кадры в профильных подразделениях отраслевых институтов. К примеру, такими объектами являются магистральные нефте- и газопроводы, резервуарные парки товарной нефти, компрессорные станции. Для таких объектов есть внутренний заказчик по оценке и анализу рисков, т.к. изначально риски очень велики, а задача обеспечения безаварийной эксплуатации поставлена на государственном уровне. Опыт компаний ПАО «Газпром» и ПАО «Транснефть» демонстрирует эффективность количественной оценки рисков.

Далее мы не будем останавливаться на методах количественной оценки рисков, так как наша общая с читателем цель иная. Для нас методы оценки рисков интересны постольку, поскольку их изучение нам помогает разобраться в самом понятии «РИСК».

Качественная оценка рисков в нефтегазовых компаниях более распространена, так как не требует привлечения большого количества высококвалифицированных специалистов, и благодаря этому имеется возможность ее применения во всех структурных подразделениях компаний, вплоть до отдельного цеха или бригады. К недостаткам качественных систем оценки рисков относятся:

- субъективный процесс, т.к. имеется зависимость от мнения и даже настроения участников;
- сильно зависит от уровня знаний и опыта участников;
- такая оценка может быть неприемлема для сложных систем или сценариев, имеющих дело с техническими неопределенностями.

В мировой практике существуют десятки различных методов, систем и иных продуктов, направленных на оценку, анализ и управление рисками. Наиболее полно и широко сферу деятельности, связанную с рисками во всех отраслях промышленности и человеческой деятельности, описывает ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска». Только в данном документе упоминается и описан в общих фразах 31 метод, каждый из которых имеет свои преимущества, недостатки и области применения. В настоящей главе мы познакомимся только с некоторыми из существующих методов.

Настойчивый читатель может обратиться к упомянутому ГОСТу и попытаться погрузиться в мир рисков более глубоко. Наша задача, не перегружая читателя излишними подробностями о всех методах, показать примеры из числа наиболее распространенных в нефтегазовой отрасли подходов к оценке и анали-

зу рисков с той целью, чтобы подготовиться к встрече с РИСКОМ, как комплексным понятием, которое не сводится только к опасному событию и его частоте.

Метод, который мы будем использовать в качестве базы для изучения РИСКА – «ГАЛСТУК-БАБОЧКА», также представлен в ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 (приложение 21). По мнению ГОСТа, данный метод неприменим для идентификации риска, но, как и на солнце есть пятна, так и в ГОСТе, даже адаптированном на основе международных стандартов, тоже могут быть неточности и ошибки. Выбор метода «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» как базы для изучения РИСКА пока отнесем на ответственность автора настоящего учебного пособия. Насколько данный выбор корректен – читатель сможет оценить после прочтения всего материала в последующих главах.

Для повышения общего кругозора и развития компетенций по пониманию природы и структуры РИСКА в дополнение к методу «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» в следующих разделах рассмотрим 2 самых простых качественных метода и 5 наиболее широко применяемых в нефтегазовой промышленности методов/процедур оценки, анализа и управления рисками.

### **3.2. Качественные методы оценки риска «А ЧТО, ЕСЛИ...» и «КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ»**

Самый простой в реализации метод оценки рисков (и необходимо отметить, не потерявший свою актуальность и эффективность и сейчас) – «А что, если...». Не зря же в далекой древности появилась поговорка, применимая и в наше время: «Один дурак может задать вопросы, на которые и сто мудрецов не ответят».

Метод «А что, если...» – как раз тот самый случай, когда необходимо и жизненно важно уметь задавать неожиданные, на первый взгляд, дилетантские вопросы. «А что, если...» – это творческий анализ методом мозгового штурма, во время которого команда формулирует вопросы в формате «А что, если ...» для того, чтобы идентифицировать потенциальные опасности и проблемы в эксплуатации производственного объекта/оборудования или изучаемого процесса.

«А что, если...» – качественный метод оценки и анализа риска, и поэтому его эффективность сильно зависит от опыта и знаний членов команды и их способности задавать правильные<sup>8</sup> вопросы.

В связи с применением метода «А что, если...» логично напомнить некоторые правила формулирования вопросов при коммуникации в команде, состоящей из представителей различных специальностей<sup>9</sup>:

<sup>8</sup> «Правильно заданный вопрос – половина ответа».

<sup>9</sup> Советы по формулированию вопросов приведены по ссылке: <https://habr.com/ru/post/81046/>

- не увлекайтесь жаргоном. Ваши слушатели могут Вас неправильно понять или вообще не поймут, но будут стесняться об этом сказать, полагая, что Вы более опытный собеседник. Кто-то просто промолчит, а кто-то ответит подобным набором псевдотехнических и околонуточных слов, терминов и сокращений. В результате, возможно, и ценная мысль, заключающаяся в поставленном вопросе, затеряется за стеной недопонимания и приложения усилий к тому, чтобы Вас понять;
- говорите просто. Даже если вы полностью разбираетесь в вопросе и владеете терминологией, это не значит, что собеседники знают все те же слова. К тому же, простота сближает. Простыми и понятными словами легче добиться взаимопонимания. Есть распространенное мнение: если вы не можете объяснить младшекласснику, как это работает, значит, вы сами не понимаете;
- сформулируйте вопрос полностью. Может статься, что и вопроса нет или первая половина «вопроса» не связана со второй;
- краткость – сестра таланта. Все знают, но по-разному трактуют. Часто, например, «утаивают» часть вводных данных;
- не надо добавлять ненужную информацию, не относящуюся к вопросу;
- попробуйте самостоятельно ответить на свой же вопрос. Это вообще возможно? Например, люди часто любят задавать риторические вопросы, но ждут вполне реальных ответов.

Примеры вопросов, применимых при реализации метода «А что, если...»:

- А что, если предохранительный клапан не работает?
- А что, если параметр процесса не соответствовал норме?
- А что, если действия оператора не будут соответствовать нужной последовательности?

Метод «А что, если...» получил развитие и существует его более продвинутая версия – SWIFT (Structured what-if technique), разработанная как инструмент для проведения процедуры HAZOP, а в простых случаях и способная её заменить. Вольный русский перевод названия метода «Структурированный анализ сценариев методом «А что, если...»». Описание метода можно найти в стандарте ИЕС 31010:2019 и в ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска, приложение В.09.

Другой проверенный временем метод не столько оценки и анализа рисков, сколько их предотвращения – «КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ». Иногда его называют «Оценочный лист». Контрольный лист представляет собой анкету, которая состоит из закрытых вопросов, предполагающих 2 варианта ответа: «ДА» или «НЕТ». Иногда вопросы в контрольном листе называют вопросами критического перечня. Примеры таких вопросов:

- Имеется ли на данной емкости предохранительный клапан аварийного сброса давления?
- Приняты ли какие-либо меры безопасности, предотвращающие случайную блокировку предохранительного клапана?

- Рассчитаны ли трубы и другие компоненты системы на давление, равное или превышающее давление, при котором срабатывает предохранительный клапан?

Описание метода «КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ» можно найти в стандарте ИЕС 31010:2019 и в ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска» (приложение В.04).

### **3.3. Обзор популярных в нефтегазовой отрасли подходов к оценке, анализу и управлению производственными рисками**

#### **3.3.1. Методы HAZOP и HAZID**

Наиболее распространенная методология, а правильнее называть ее «процедура», направленная на анализ и оценку производственных рисков, – это HAZOP и ее вводная составляющая HAZID.

Названия HAZOP и HAZID расшифровываются следующим образом:

- HAZID – идентификация опасностей (Hazard Identification);
- HAZOP – анализ опасностей и работоспособности (Hazard and Operability Study).

Из аббревиатуры HAZOP следует и цель проведения – анализ потенциальных рисков (HAZard) и функциональности оборудования (OPerability) и получение ответа на вопросы:

- Безопасен ли объект анализа?
- Будет ли он безаварийно работать?

Несмотря на то, что настоящее учебное пособие не ставит целью подробное изучение основных современных подходов по оценке и анализу рисков применительно к нефтегазовой отрасли – процедуры HAZOP и HAZID в силу их очень широкого применения и высокой эффективности достойны того, чтобы остановиться на них более подробно.

Исследование HAZOP представляет собой общепризнанный международный систематизированный процесс, используемый для определения источников неисправностей, которые могут привести к крупным авариям вследствие недостатков в проекте или предлагаемых процедурах эксплуатации и технического обслуживания технологических объектов.

Процесс проведения HAZOP:

- **Что?** Систематический и всесторонний анализ производственного процесса или проекта;
- **Зачем?** Чтобы выявить недостатки производственного процесса или проекта, которые могут привести к проблемам безопасности и работоспособности объекта;
- **Как?** Коллективный анализ отклонений от цели проекта с использованием базового набора ключевых управляющих слов;

- **Когда?** «Предварительный анализ по принципиальным схемам технологических процессов» или «Полное исследование в начале стадии рабочего проектирования (перед передачей проекта на государственную экспертизу)» или «Изучение построенного объекта перед вводом в эксплуатацию» или «Изучение после реконструкции, после аварии или инцидента».

Рекомендованный порядок проведения HAZOP изложен в ряде документов нормативно-методического обеспечения (НМО), в том числе основными можно считать:

- ГОСТ Р 51901.11-2005 «Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство»;
- ГОСТ Р 54144-2010 «Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Идентификация инцидентов»;
- IEC 61882: 2001 Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide (IDT).

В соответствии с рекомендациями руководства, разработанного, но так и не утверждённого, в 2012 г. в ТНК\_ВР<sup>10</sup> «Анализ опасности и работоспособности технологических процессов (HAZOP)» (новая редакция № 2), процедура HAZOP или HAZID проводится специально подобранной группой, оптимальное количество участников которой (для каждой сессии) одновременно – 7–10 человек. Состав группы, выполняющей HAZOP, зависит от объема и границ исследования, при этом в группу могут включаться специалисты различных специальностей:

- председатель – главный инженер-технолог / главный инженер или лицо, занимающее подобную должность;
- секретарь (младший инженер-технолог);
- независимый инженер-технолог;
- представитель подразделения организации, занимающейся эксплуатацией и техническим обслуживанием;
- специалист по ОТ, ПБ и ООС (при необходимости);
- инженер-технолог;
- инженер КИПиА, инженер-механик, энергетик (при необходимости);
- старший оператор объекта (при необходимости при проведении HAZOP на уже эксплуатируемых объектах);
- менеджер проекта / представитель проектной группы;
- представитель(и) проектного института (главный инженер проекта или технолог и инженер КИПиА);
- поставщики оборудования и блочного оборудования, инженер-химик и т.д. (при необходимости).

---

<sup>10</sup> ТНК-ВР – вертикально интегрированная нефтяная компания РФ, образованная в 2003 г. и купленная в 2013 г. ПАО «НК «РОСНЕФТЬ»». Название ТНК-ВР было образовано из прежнего названия ТНК (Тюменская нефтяная компания) и ВР, которая выкупила в 2003 г. 50% акций ТНК.

При анализе несложной схемы технологического процесса члены группы могут выполнять двойную роль. При анализе сложной системы желательно участие целевых специалистов.

Председатель должен быть знаком с анализируемым объектом / технологическим процессом, но не зависим от проекта и напрямую не связан с заинтересованным производственным предприятием, быть обучен и иметь практический опыт проведения анализа HAZOP, а также обладать следующими компетенциями:

- способностью понимать технические данные и уметь видеть взаимосвязь этих данных;
- умением руководить техническими обсуждениями в группе, выполняющей анализ, особенно когда высказываются различные точки зрения;
- способностью вовлечь в работу всех членов группы;
- способностью добиться соблюдения основных правил выполнения HAZOP в соответствии с техническим заданием;
- способностью добиваться точного выполнения процесса HAZOP в соответствии с техническим заданием;
- умением не навязывать собственную точку зрения;
- соблюдать и улучшать управленческие навыки;
- способностью заслужить уважение членов группы.

Секретарь группы, выполняющей HAZOP, должен быть технически компетентным специалистом, отвечающим за заполнение и консолидацию рабочих таблиц по узлам и формирование сводной таблицы рекомендаций.

Если опыта членов группы недостаточно для того, чтобы решить какой-то вопрос, и необходимо получить консультацию другого специалиста, председатель имеет полное право обратиться к соответствующему независимому источнику, выбрав нужного специалиста.

Методология HAZOP предусматривает рассмотрение проекта или процесса по секционному (по узлам) и в целом. При этом каждый узел выявляется на тех. схеме или на схеме автоматике (или других видах схем) и выделяется определенным цветом. Пример разбивки схемы на узлы показан на рисунке 3.1. В целях формализации дискуссии группа использует список **ключевых управляющих слов**. Примеры управляющих слов: отсутствует (нет); обратный (противоположный); повышенный (больше); пониженный (меньше); другой (неправильный); и т.п.

Подробный перечень ключевых управляющих слов, применяемых в процессе проведения процедуры HAZOP и HAZID, и пояснение их значения приведены в Приложении 2.

Для каждого управляющего слова применяются различные параметры, такие как давление, температура, уровень, поток (расход).

Комбинация управляющего слова и параметра представляют собой отклонения от цели проекта, например – повышенная температура, пониженный расход и т.п. Типовая матрица отклонений показана на рисунке 3.2.

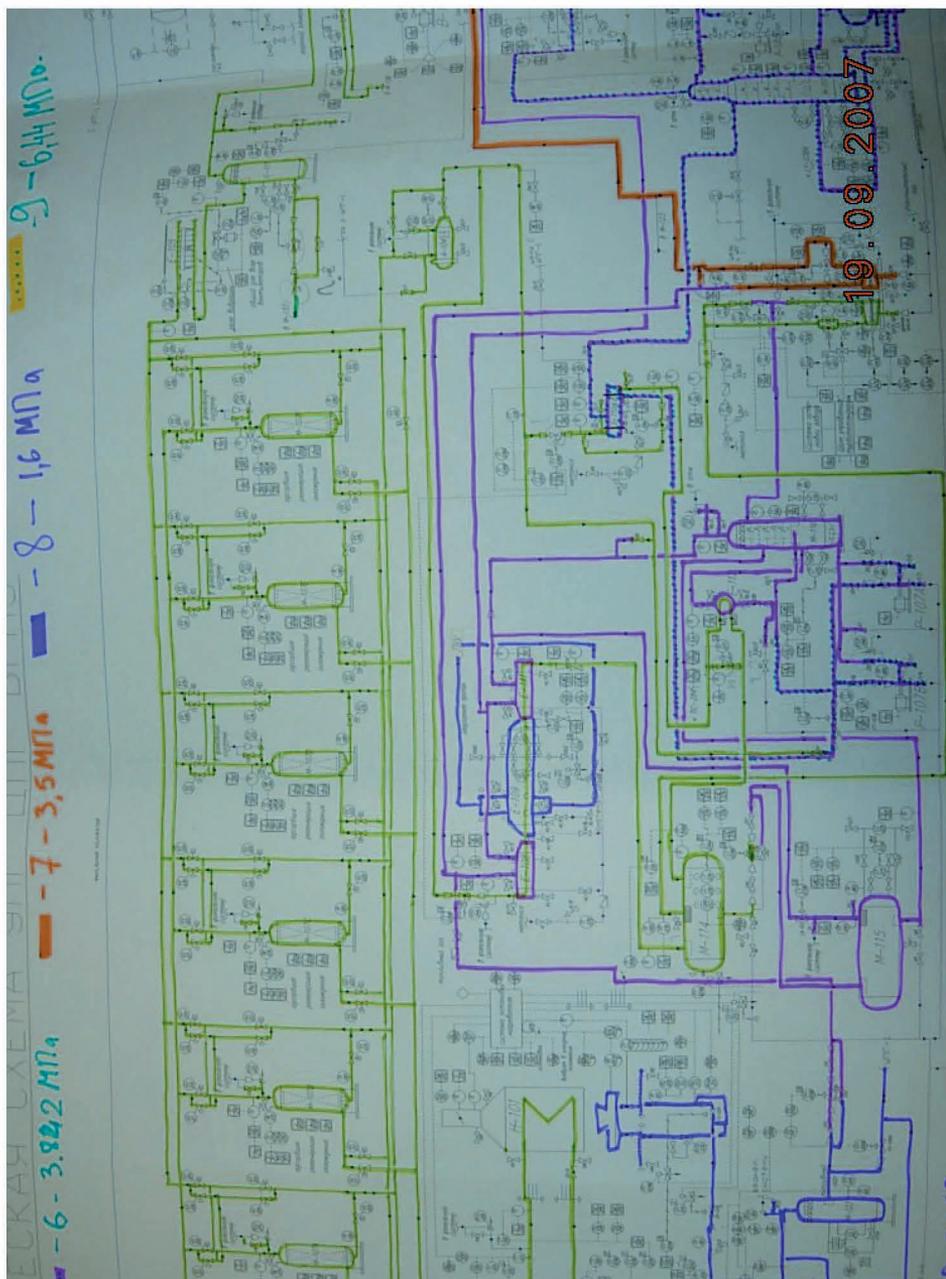


Рис. 3.1. Пример разбивки схемы объекта на узлы.  
В данном случае схема разбита на узлы по признаку рабочего давления и элемента технологической цепочки

Параметр проекта/процесса	Ключевое слово		
	БОЛЬШЕ	МЕНЬШЕ	НИКАКОЙ
ДАВЛЕНИЕ	ВЫСОКОЕ ДАВЛЕНИЕ	НИЗКОЕ ДАВЛЕНИЕ	АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ
ПОТОК	СИЛЬНЫЙ ПОТОК	СЛАБЫЙ ПОТОК	ОТСУТСТВИЕ ПОТОКА
ТЕМПЕРАТУРА	ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА	НИЗКАЯ ТЕМПЕРАТУРА	НЕ ПРИМЕНИМО
УРОВЕНЬ	ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ	НИЗКИЙ УРОВЕНЬ	ОТСУТСТВИЕ УРОВНЯ/ПУСТО
			ОБРАТНЫЙ ПОТОК
			ВАКУУМ
			ОБРАТНЫЙ ПОТОК
			САМО- ОХЛАЖДЕНИЕ
			РАЗЛОЖЕНИЕ

Рис. 3.2. Матрица отклонений

По каждому выявленному возможному отклонению группа в режиме мозгового штурма (важно!) выявляет факторы, которые могут быть причиной отклонения (например, причина отсутствия потока – отказ насоса).

После выявления всех причин группой выясняются их последствия (в области безопасности, экологии и работоспособности).

Группой определяются меры защиты от каждого последствия. В отношении наиболее опасных сценариев должно быть, по крайней мере, два независимых уровня защиты.

Оценивается адекватность мер защиты. Если они недостаточны, то разрабатываются рекомендации, которые принимаются группой единогласно (консенсус – это важно!).

Типичные причины отклонения от нормального рабочего режима работы приведены в таблице Приложения 3.

Пример возможных причин отклонения «ОТСУТСТВИЕ ПОТОКА»:

- закрыта задвижка;
- ошибочно установлена заглушка;
- неправильно установлен обратный клапан;
- отказ оборудования (клапан-регулятор, клапан-отсекатель, насос, компрессор, КИПиА и т.д.);
- прекращение энергоснабжения;
- и т.д.

Результаты работы группы при анализе каждого выявленного отклонения при отказе одной из систем или единицы оборудования фиксируются в процессе HAZOP и HAZID в табличном виде. В таблицах 3.2 и 3.3 показаны примеры фиксации выявленных опасностей при HAZOP и HAZID соответственно. По таблицам хорошо видно сходство и отличие между процедурами HAZOP и HAZID. В рамках HAZOP не только выявляются и описываются опасности, но и разрабатываются рекомендации по их устранению, чего нет в HAZID.

Как уже отмечалось ранее, в процессе проведения HAZOP рассматриваются и отдельные узлы, и проект/процесс в целом. При рассмотрении проекта/процесса в целом также используются ключевые слова, например:

- КИПиА;
- сброс давления;
- загрязнение;
- свойства химреагентов;
- возгорание;
- отказ вспомогательных систем;
- нештатные режимы эксплуатации;
- отбор проб;
- техническое обслуживание;
- коррозия/эрозия;
- размещение оборудования;
- предыдущие аварии;
- человеческий фактор и т.д.

Таблица 3.2

## Пример использования процедуры HAZOP

Ключевое слово	Причина	Последствия	Меры защиты	Рекомендации	Отв.	Риск
<b>БОЛЬШЕ</b>	Увеличение потока при аварийной разгерметизации трубопровода от резервуара(ов) до насосной	Безопасность: авария Окружающая среда: загрязнение Эксплуатация: простой, потери	Предусмотрена остановка насосов по загазованности в насосной. По периметру каре установлены датчики загазованности, установлены камеры видеонаблюдения на площадках обслуживания на эстакаде	Регламентом, Планом ликвидации аварий, рабочими инструкциями определять действия обслуживающего персонала при обнаружении загазованности	Проектный институт, эксплуатирующая организация	Низкий

Таблица 3.3

## Пример использования процедуры HAZID

Опасный фактор	Опасности и их последствия	Угроза (на что воздействует)	Меры защиты	Риск	Примечание
<b>I. Внешние воздействия</b>					
<b>Категория: опасности стихийных бедствий и вредных факторов окружающей среды</b>					
Высокая и низкая температура	Отказ оборудования, Разгерметизация трубопроводов и оборудования, выброс газа, авария. Материальный ущерб, экономические потери	Потеря рабочих характеристик смазочных материалов, частые аппаратурные пробки в линиях сброса газа	Выбор материалов, проработка стратегии технического обслуживания, укрытие от воздействия прямых солнечных лучей, обогрев бокса. Обогрев теплопутниками трубопроводов и оборудования. Климатизация помещений, теплоизоляция оборудования	Средний	Уточнить вопрос теплоизоляции оборудования. Отопление, климатология блок-боксов, инженерные изыскания
Географическое расположение, инфраструктура	Воздействие на ОС, технические объекты и объекты инфраструктуры при аварии с пожаром (взрывом)	Загрязнение ОС. Поражение персонала других объектов при аварийном взрыве	Терминал выбран с учетом удаленности от объектов производственной и производственной сферы и вне зон воздействия на ОС	Высокий	
<b>II. Опасности на объекте (технологические риски)</b>					
<b>Категория: опасные технологические факторы</b>					
Чрезмерный/нулевой уровень	Переполнение дренажной емкости и сепараторов	Остановка процесса. Нарушения подачи продукции потребителю. Экономические потери	Использованы уровнемеры автоматического (с дистанционной сигнализацией) и визуального контроля	Средний	Рассмотреть вопрос защиты от переполнения во время АОР

<b>Категория: опасные факторы технического обслуживания</b>			
Необходимость блокировки. Требуемые байпасы	Отказ оборудования	Нарушения подачи продукции потребителю. Экономические потери	Предусмотрены проектными решениями автоматические блокировки и байпасные линии, обеспечивающие безостановочную подачу газа потребителям
<b>III. Опасности, связанные с персоналом</b>			
<b>Категория: опасности для здоровья</b>			
Опасные факторы – заболевания и другие факторы опасности социального характера	Опасность минимальна, так как вероятность пребывания людей на объекте мала	Персонал	Использование только сертифицированного оборудования и средств индивидуальной защиты, подготовка и обучение персонала
			Средний
			Высокий

Для оценки возможных отклонений и их вероятных последствий (а это уже прямая связь с рисками) рассматриваются зарегистрированные и, по возможности, незарегистрированные происшествия, учитываются все извлеченные уроки. Для целей управления рисками, а в рамках процедуры HAZOP это различные отклонения от проекта/процесса, применяются меры технического контроля, такие как:

- Диагностика сосудов, трубопроводов, резервуаров и т.п.;
- система аварийного отключения;
- система контроля и управления;
- система обнаружения;
- блокировки;
- меры административного контроля: система допуска к работам, инструкции по эксплуатации/техобслуживанию, порядок действий при авариях и ЧС, обучение.

Также очень важно в рамках процедуры HAZOP рассмотреть потенциальные проблемы и риски, связанные с воздействием на персонал и окружающую среду, доступность оборудования для ТОиР<sup>11</sup> и безопасной эксплуатации, в т.ч. наличие достаточного пространства для оборудования.

Кроме всех прочих технических вопросов, один из основных факторов безопасности и устранения рисков, но и, к сожалению, наиболее сложный в управлении – человеческий фактор. Поэтому в рамках HAZOP также рассматриваются:

- интерфейс между человеком и машиной;
- конструкция оборудования;
- доступность для обслуживания/ремонта;
- требования по рабочему пространству;
- процедуры допуска к работе;
- приемы безопасной работы;
- обучение;
- достаточность численности персонала.

В результате проведения процедуры HAZOP готовится отчетная документация, и ее конечным продуктом является перечень рекомендаций по внесению изменений и дополнений в проект/процесс.

Анализ HAZOP должен оставить проверяемый письменный «след». В данном контексте «проверяемый» означает четкую запись о том, почему были сделаны рекомендации. В тех случаях, когда рекомендация не была сделана, необходима четкая запись о том, что группа HAZOP рассмотрела возможное отклонение, но сочла, что оно не представляет опасности.

Вместе с отчетом заказчику направляются вопросы, требующие принятия мер – для определения приоритетности и принятия решения. Все меры должны быть осуществлены, по возможности, как можно быстрее (до того, как проект

---

<sup>11</sup> ТОиР – техническое обслуживание и ремонт.

перейдет на следующий этап). Необходимо понимать, что не на все рекомендации, выработанные группой HAZOP, заказчик даст положительный ответ.

Успех HAZOP зависит не только от компетентности группы, которая его проводит, но и в не меньшей степени от готовности заказчика принять рекомендации к исполнению.

Преимущества, предоставляемые проведением процедур HAZOP и HAZID, изложены на рисунке 3.3.

### ***3.3.2. Методы предотвращения аварийности на производственных объектах RBI, FMEA, FMECA и RCM***

Чтобы не перегружать читателя непонятными аббревиатурами, для начала приведем расшифровку комбинаций латинских букв, содержащихся в названии раздела:

- **RBI** (Risk Based Inspections): риск-ориентированная диагностика, или другой вариант перевода – инспекции на основе фактора риска;
- **FMEA** (Failure Mode and Effects Analysis): анализ видов и воздействия отказов;
- **FMECA** (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis): анализ видов, последствий и критичности отказов;
- **RCM** (Reliability Centered Maintenance): ТОиР, направленные на обеспечение надежности выполнения функции актива, или производственного объекта, или единицы оборудования.

Методики RCM/RBI позволяют сформировать рекомендации для обеспечения приемлемого уровня рисков отказов оборудования.

RBI представляет собой систему контроля технического состояния, в которой объем, методы и периодичность контроля технического состояния задаются по результатам анализа риска эксплуатации технических устройств. Контроль технического состояния ориентирован на устранение рисков с учётом их ранжирования и приоритизации. Принятые решения по объёмам работ и применяемым методам диагностики не должны противоречить требованиям законодательства.

Документ, описывающий RBI – API Рекомендуемые практики 580, второе издание, ноябрь 2009 г.

Основной целью диагностирования на основе фактора риска (RBI) является эффективное управление рисками за счёт оптимального использования ресурсов. Как правило, RBI предусматривает распределение ресурсов диагностирования и технического обслуживания между объектами с высокой вероятностью отказа, благодаря чему удаётся сократить общий уровень совокупного риска. В некоторых ситуациях RBI подразумевает более частое диагностирование по сравнению с традиционными методиками инспектирования. В других случаях определённые объекты с невысокой вероятностью отказа могут осматриваться с меньшей регулярностью в зависимости от уровней рисков.

### Этапы жизненного цикла проекта/процесса



### Ключевые результаты реализации процедур HAZID, HAZOP

<p><b>HAZID</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Обоснованный рискми выбор проектных решений</li> <li>✓ Точность экономического обоснования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Детализация рисков</li> <li>✓ Исходные данные для проектирования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Актуализация выявленных рисков на этапе жизненного цикла объекта КС</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Актуализация выявленных рисков на этапе жизненного цикла объекта КС</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Актуализация выявленных рисков на этапе жизненного цикла объекта КС</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Актуализация выявленных рисков на этапе жизненного цикла объекта КС</li> </ul>
<p><b>HAZOP</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Выверенный и оптимальный проект</li> <li>✓ Оптимизированы решения по безопасности процесса</li> <li>✓ Гос. экспертиза</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Оптимальная стыковка проектных решений и рабочих чертежей</li> <li>✓ Устранение рисков при СМР, ПНР и Эксплуатации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Оптимальная заводская документация</li> <li>✓ Прозрачность альтернативность закупок</li> <li>✓ Снижение затрат и сокращение сроков поставки</li> <li>✓ Сокращение срока СМР</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Не допускается реализация рисков на этапе эксплуатации</li> </ul>	

□ Своевременное проведение процедур HAZID, HAZOP и т.п. сокращает длительность и оптимизирует переходы от одной стадии жизненного цикла другой (Проект – Рабочая документация, Конструкторская и заводская документация – закупки, Закупки – СМР, СМР – ПНР, ПНР – Эксплуатация и т.п.). Выполнение процедур HAZID, HAZOP и т.п. – фактор сокращения затрат, обеспечения безопасности и повышения эффективности

Рис. 3.3. Ценность для заказчика от проведения процедур HAZOP и HAZID

Этапы применения метода RBI показаны на рисунке 3.4.



Рис. 3.4. Основное содержание метода RBI

В ходе применения RBI оцениваются механизмы деградации и ранжируются риски по единицам оборудования с определением приоритетов. В процессе анализа рисков, связанных с возможными отказами оборудования, проводится:

- оценка тяжести последствий в части пожаров, взрывов, заражения токсичными веществами, вреда персоналу и третьим лицам, загрязнения окружающей среды и производственных убытков;
- оценка вероятности или частоты потери целостности под действием механизмов деградации.

RBI, как правило, применяется к статическому и динамическому оборудованию. Это, например, сосуды под давлением, трубопроводы, резервуары, динамическое оборудование (компоненты под давлением), котлы и нагреватели (компоненты под давлением), теплообменники (пучки труб и кожухи) и устройства сброса давления. В соответствии с API 580 в рамках RBI не рассматриваются следующие виды оборудования:

- оборудование КИПиА;
- электрическое оборудование;
- конструктивные элементы;
- механическое оборудование, кроме корпусов насосов и компрессоров.

Практика показывает, что такие ограничения не вполне оправданы, риск-ориентированный подход к техническому диагностированию, применяемый в RBI, вполне применим к вышеперечисленным видам.

В результате применения RBI разрабатываются стратегии технической диагностики (инспекций) с определением объема работ и их периодичности.

Необходимо отметить, что метод RBI может противоречить требованиям нормативных документов и сам по себе является инструментом оптимизации затрат.

В качестве примера можно привести устаревшее требование проводить при экспертизе промышленной безопасности промысловых трубопроводов измерение твердости. Такое требование появилось в далекие 40–50-е годы прошлого века, когда еще не были решены проблемы охрупчивания сталей в средах, содержащих сероводород. Поэтому контроль твердости металла трубопровода в процессе эксплуатации мог выявить недопустимое изменение прочностных характеристик. В настоящее время проблема охрупчивания сталей давно решена, значительная часть трубопроводов не подвержена угрозе охрупчивания, но замеры твердости делаются регулярно. Метод RBI однозначно отсеивает выполнение таких бессмысленных работ в рамках технического диагностирования в силу самой методики, которая предполагает вначале определить угрозы, риски и только затем искать пути их выявления и своевременного принятия решений.

Точно так же фактически применяется метод RBI, когда пациент сначала приходит к врачу общей практики и только после осмотра и предварительной оценки существующих угроз для здоровья врач общей практики назначает консультации у узких специалистов и специализированную диагностику.

FMEA – методика, фокусом внимания которой является анализ видов и воздействий отказов оборудования, – служит инструментом для RBI. Также ее результаты могут быть применены для реализации метода оценки и анализа рисков «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ», на котором мы более подробно остановимся далее, когда будем изучать методологию «BOWTIE» («галстук-бабочка»). В рамках FMEA экспертно анализируются все возможные отказы оборудования и его составляющих – от крепежных болтов и гаек до нарушения функций систем автоматики. Аналогично, метод FMESA представляет собой экспертный анализ возможных событий, которые могут следовать за каждым возможным отказом, и при этом оцениваются негативные последствия таких событий. Так же, как и для FMEA, результаты применения метода FMESA могут служить исходными данными к методу «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ», который мы также будем рассматривать более подробно далее.

Следующий, широко применяемый (можно дать и такое определение – «модный») в настоящее время метод снижения рисков аварий и отказов – RCM.

Базовые регламентирующие документы по RCM:

- Стандарт SAEJA 1011, 1999 г. Краткий документ с описанием критериев оценки для процесса обслуживания, ориентированного на надежность;
- Стандарт SAEJA 1012, 2002 г. Руководство по стандарту обслуживания, ориентированного на надежность (с пояснениями шагов методологии).

Причина появления метода RCM заключена в простой ежедневной дилемме: можно или нельзя эксплуатировать оборудование или объект, если мы точно знаем о наличии отдельных неисправностей или дефектов, но при этом весь предшествующий опыт нам подсказывает, что можно, т.к. эти дефекты и неисправности не критичны и даже в крайнем случае ничего неприемлемого не произойдет.

Ни один самолет гражданской авиации не поднялся бы в небо, если бы условием разрешения его эксплуатации было полное отсутствие неисправностей. Не работающая так, как надо по проекту, откидывающаяся спинка пассажирского сиденья, или заедающий замок в шкафу для одежды пилотов, или одна перегоревшая лампа в салоне и так далее (список можно продолжать) – не могут стать причиной отмены рейса, т.к. такие неисправности не влияют на безопасность полета. В другом случае, если изношена покрывка на шасси, или «заедает» руль высоты – рейс точно отменят и займутся ремонтом.

Таким образом, есть дефекты и неисправности, как бы это цинично ни звучало, приемлемые, а есть неприемлемые. Очевидно, что приемлемость или неприемлемость неисправности/дефекта зависит от рисков, с ними связанных.

RCM-методология, позволяющая эксплуатирующей организации оптимизировать свою программу по обслуживанию и ремонту производственных объектов и входящего в их состав оборудования. Методология RCM основана на постулате, согласно которому поддержание единицы оборудования или объекта в безупречном состоянии (согласно предписаниям производителя) не является самоцелью, целью же является обеспечение надёжности критичных для деятельности предприятия производственных и технологических процессов. Использование RCM позволяет максимально быстро и с наименьшими издержками вводить в строй новые и эксплуатировать существующие активы. Обслуживание по надёжности (RCM) – это процесс, используемый для определения набора действий, которые должны быть выполнены для того, чтобы актив продолжал делать то, что от него требуется, в данном производственном контексте.

**Методология RCM – допускает эксплуатацию неисправного оборудования**

**Приоритет RCM – безопасность, а не выполнение всех предписаний производителей и надзорных органов**

При этом политика управления отказами с применением RCM может включать в себя действия по техническому обслуживанию (ТО), изменения правил применения, конструктивные доработки и другие действия, нацеленные на ослабление последствий отказов [ГОСТ Р 27.606-2013].

Так же, как и все вышеперечисленные методы, RCM основывается на оценке рисков при разработке стратегии обслуживания и ремонтов оборудования.

Применение методологии RCM, которая допускает безупречное техническое состояние объекта, может входить в противоречие с требованием выполнения мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации и поддержанию нормативного состояния в соответствии с проектными решениями, действующими государственными правилами и стандартами, а также применимыми международными правилами и стандартами, ратифицированными и действующими на территории РФ или иной страны, на территории которой расположен актив.

Решение коллизии – следовать установленным нормам и правилам или эксплуатировать производственный объект, базируясь на методологии RCM, каждая компания принимает самостоятельно. На практике часто бывает дешевле заплатить штраф или формально выполнять предписания надзорных органов и проектные решения, чем тратить безумные деньги на обеспечение строгого соответствия нормативно-правовым актам.

Метод RCM по своей сути, так же как HAZOP и HAZID, представляет собой скорее процедуру, чем просто методику. RCM-анализ проводит многофункциональная группа специалистов, отвечающих за техническое обслуживание и ремонт, эксплуатацию, планирование и надежность/целостность. Но на этом список участников RCM-анализа не исчерпывается. По необходимости на различных этапах анализа могут привлекаться еще и специалисты по материально-техническому обеспечению, закупкам, инженеры-проектировщики и инженеры-технологи, специалисты по кадрам и управлению персоналом, специалисты по безопасности, а также представители заинтересованных сторон – от потребителей, до надзорных и контролирующих органов.

Результатом проведения RCM-анализа служат рекомендации для обеспечения минимального безопасного (приемлемого) уровня рисков отказов оборудования. К рекомендациям прилагаются планы по техническому обслуживанию и ремонту, технической диагностике (по аналогии с результатом метода RBI) и планы по замене оборудования или отдельных узлов, когда иными мерами обеспечить необходимую надежность уже невозможно.

Кроме того, RCM-анализ позволяет разрабатывать рекомендации по изменению конструкции, проектных решений и технологии.

При проведении RCM, как правило, выделяют 7 шагов (этапов).

1-й. Каковы функции системы и связанная с ними желаемая производительность в существующей операционной деятельности?

2-й. Каким образом система может не выполнять свои функции? Выявление функциональных отказов.

3-й. Что является причиной каждого функционального отказа и какие могут быть виды отказа?

4-й. Что происходит, когда случается каждый отказ?

5-й. Каково значение/последствия каждого отказа?

6-й. Что должно быть сделано, чтобы предотвратить или предсказать каждый отказ?

7-й. Что должно быть сделано, если предсказать или предотвратить отказ нельзя?

В процессе выполнения анализа RCM все функции, функциональные отказы и отказы оборудования ранжируются и в соответствии с приоритетом рекомендуются меры, направление на обеспечение требуемой надёжности.

Для эксплуатирующей организации ценность проведения анализа RCM и результатов его внедрения состоит в том, что достигается:

- четкое понимание методов прогнозирования и предупреждения отказов, аварий, инцидентов;
- использование методик контроля состояния с целью оптимизации объемов профилактических работ, особенно в том случае, когда для выполнения этих работ необходима остановка оборудования;
- перевод ремонтов отдельных единиц оборудования с графиков ППР на ремонт по техническому состоянию<sup>12</sup>;
- минимизация необоснованных затрат на ремонтные работы;
- продление жизненного цикла оборудования<sup>13</sup>;
- увеличение межремонтного интервала оборудования;
- изменение существующей периодичности выполнения ремонтных работ;
- оптимизация затрат на управление основными фондами предприятия;
- повышение безопасности эксплуатации производственных объектов и оборудования.

### 3.4. Модель риска типа «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР»

Модель была предложена Джеймсом Ризоном (James T. Reason) в 1990 году для наглядного представления причин возникновения и развития авиапроисшествий.

Модель используется в управлении рисками для авиации, инжиниринга и медицины, иногда также ее называют моделью кумулятивного действия (cumulative effect).

О модели «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» написано много публикаций, одну из них можно рекомендовать для самостоятельного изучения – «Книга решений. 50 моделей стратегического мышления». Авторы – Крогерус Микаэль, Чеппелер Роман. Издательство «Олимп-Бизнес», 2018, 208 с. Оригинальное название «Kleines Handbuch für strategische Entscheidungen».

**Суть модели «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР»** состоит в том, что она рассматривает любое происшествие как результат последовательности событий. При этом каждое событие имеет свою причину, которая может быть ошибкой человека, неисправностью отдельного элемента системы и т.д.

**Особенность модели** – последовательное рассмотрение всей цепочки событий с ее ответвлениями и пересечениями – делает ее широко применимой при расследованиях аварий и катастроф.

<sup>12</sup> В данном случае может возникнуть конфликт с требованиями нормативно-правовых актов.

<sup>13</sup> На отдельные единицы оборудования устанавливается ресурс, продление которого легально невозможно, но при этом объективные технические данные и опыт эксплуатации могут подтверждать возможность безопасной эксплуатации с требуемой надёжностью.



Рис. 3.5. Пример анализа риска в модели «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР»

**Визуализация модели** базируется на том, что каждое происшествие, авария или катастрофа никогда не происходит по единственной причине. Это всегда последовательное сочетание нескольких элементов, которые не выполнили свою задачу и таким образом не остановили аварию. Такие элементы в модели обозначаются ломтиками сыра, а швейцарский сыр потому, что с отверстиями. Отверстие в ломтике обозначает пробел, ошибку, дефект или иное действие или бездействие, которые не остановили ход событий, приведших к аварии или катастрофе.

Для целей управления рисками применение модели «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» не оптимально, так как излишняя вариативность на этапе, когда происшествие или авария, или катастрофа еще не произошли, превышает разумные возможности для анализа.

Но модель «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» в своем графическом представлении дает понятие барьера и уже только этот факт делает вклад данной модели в развитие методологии по оценке и анализу рисков бесценным.

При этом очевидна аналогия – ломтик сыра в модели «БАРЬЕР». Важно, что «БАРЬЕР» имеет право на свой статус барьера только в том случае, когда он самостоятельно может предотвратить развитие событий на пути к аварии или катастрофе.

На рисунке 3.5 представлено характерное изображение анализа риска по модели «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР».

При этом каждый ломтик сыра представляет собой «БАРЬЕР». В зависимости от расположения относительно иницирующего события «БАРЬЕР» (ломтик) может быть предупреждающим или реагирующим.

### 3.5. Модель риска типа «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ»

**Метод дерева отказов** – это графическое представление всей цепочки событий, последствия которых могут привести к некоторому главному событию. Один из вариантов графического представления «дерева отказов» представлен на рисунке.

В рамках изученной нами терминологии этим «некоторым главным событием» является **иницирующее событие**.

Анализ дерева отказов по ГОСТ Р 51901.13-2005 (МЭК 61025:1990) позволяет выявить пути реализации в нашей терминологии **риск-факторов**.

Метод «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» имеет более полное название «АНАЛИЗ ДЕРЕВА НЕИСПРАВНОСТЕЙ» и является модифицированным аналогом метода ФТА, изложенном в международном стандарте МЭК 61025:1990 «Анализ дерева неисправностей (ФТА)» (IEC 61025:1990 «Fault Tree Analysis (FTA)»).

В первую очередь анализ дерева отказов используется при оценке риска для определения вероятностей или частот неисправностей и аварий. Общие рекомендации по применению анализа дерева неисправностей для оценки риска и

обзор других возможных методов оценки риска приведены в ГОСТ Р 51901-2002 «Управление надежностью. Анализ риска технологических систем».

В этом способе реализован дедуктивный метод (причины – следствия), что наделяет метод самыми серьезными возможностями по поиску корневых причин событий для статичных систем, так как дает наглядную и подробную схему взаимосвязей элементов инфраструктуры и событий, влияющих на их надежность.

Подход метода «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» к анализу отказа системы представлен на рисунке 3.6. На рисунке видно, что отказ системы рассматривается через возможные отказы ее составных частей, которые, в свою очередь, могут отказать из-за отказа отдельных элементов, а отказы отдельных элементов происходят не сами по себе, а от различных воздействий.

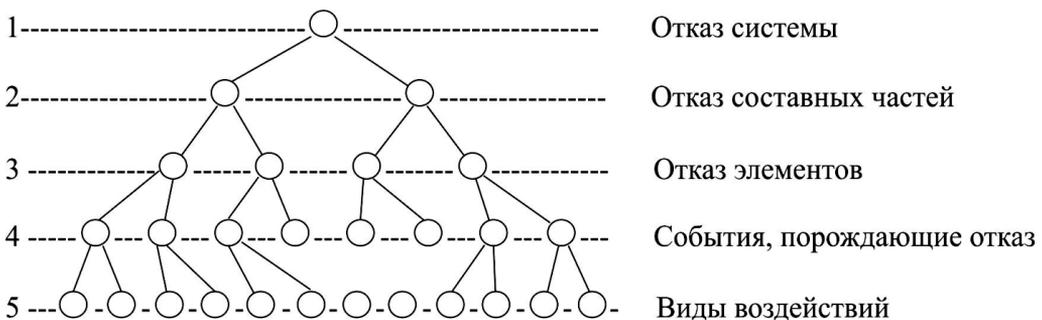


Рис. 3.6. Анализ отказа (риска) в модели «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ»

Ценность метода заключается в следующем:

- ориентирован на поиск мест отказов;
- показывает ненадежные элементы и узлы;
- удобен для применения в IT-технологиях;
- позволяет проводить количественную оценку вероятности или частоты отказов и надежности системы;
- удобен для экспертов при анализе отдельных элементов и отказов;
- показывает процесс работы всей системы или ее обособленной части;
- применим для процедур HAZOP и HAZID;
- удобство коммуникаций между специалистами из различных отраслей знаний.

Недостатки метода:

- трудоемкий и затратный;
- применяет Булеву логику, т. е. 2 состояния – «рабочее» и «отказ», поэтому промежуточные состояния не учитываются;
- имеет ограниченное применение для сложных систем и систем с большим количеством непредсказуемых отклонений, что является характерной особенностью нефтегазовых активов;
- требует высококвалифицированных узких специалистов.

Наличие непредсказуемых или плохо прогнозируемых отклонений в нефтегазовых активах и производственных объектах в большинстве случаев связано с геологическими неопределённостями, так как загрузка, физические и химические свойства флюидов, внешние условия могут изменяться и сочетаться в самых различных вариантах, которые не могут быть рассмотрены в полном объеме на стадии проектирования.

Все вышеперечисленные факторы делают применение метода «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» в нефтегазовой отрасли ограниченным, в основном на стадии проектирования объектов обустройства.

Метод «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» позволяет применять для оценки и анализа рисков понятие «БАРЬЕР». Рассмотрим простейший пример применения модели риска «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» и выделим на ней уже изученные нами термины и понятия, применяемые при оценке и анализе рисков – см. рисунок 3.7.

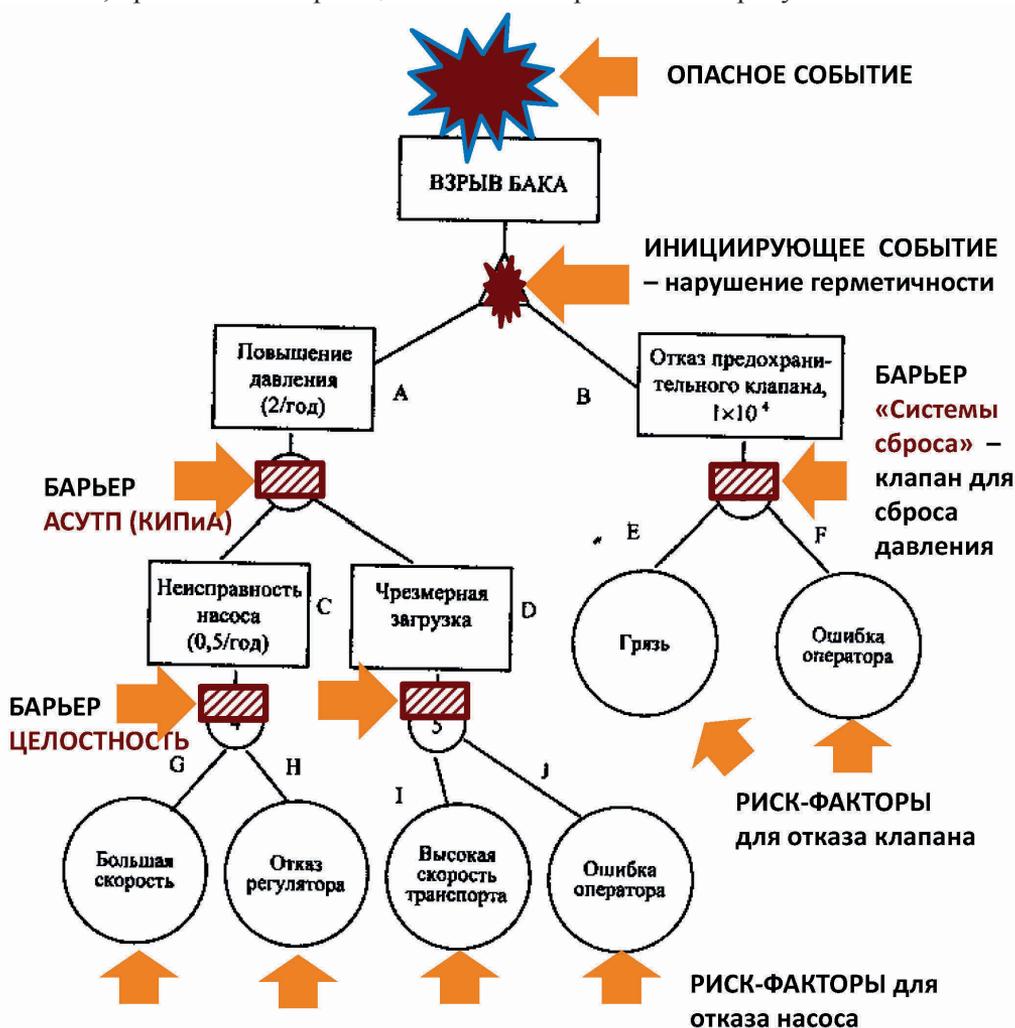


Рис. 3.7. Модель «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» с предупреждающими барьерами

Простая модель дерева отказов для бака с предохранительным клапаном, системой контроля работы подающих насосов демонстрирует наличие 3-х предупреждающих барьеров:

- СИСТЕМА СБРОСА;
- АСУТП (КИПиА);
- ЦЕЛОСТНОСТЬ (исправное техническое состояние объектов и оборудования).

Имеется в наличии формулировка опасного события – «ВЗРЫВ БАКА». На схеме отмечено и инициирующее событие – нарушение герметичности – и риск-факторы.

Следует отметить, что формулировки риск-факторов и опасного события на приведенном примере «дерева отказов» далеки от корректных и применимых для оценки и анализа риска. Но это объясняется тем, что у метода «дерева отказов» несколько иная цель – количественно оценить вероятность или частоту нежелательного события, которое поставлено на вершину «дерева».

### 3.6. Модель риска типа «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ»

В соответствии с ГОСТ Р МЭК 62502-2014 Менеджмент риска. Анализ дерева событий<sup>14</sup> «Анализ дерева событий» является индуктивной процедурой, предназначенной для моделирования возможных выходов, являющихся следствием реализации данного инициирующего события и состояний факторов защиты, а также для определения оценок частоты или вероятности возможных выходов данного инициирующего события.

Метод «Анализ дерева событий», он же ЕТА (Event Tree Analysis), впервые был применен для анализа объектов атомной промышленности в США. Затем он получил широкое распространение, как метод анализа надежности и риска, и применялся для анализа надежности ядерных установок, аэрокосмических систем, химических процессов, установок по добыче нефти и газа, транспортных систем и др.

Для простоты мы будем далее называть этот метод – «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ».

**МЕТОД «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» является продолжением метода «ДЕРЕВА ОТКАЗОВ»**  
**«ОТКАЗЫ» приводят к инициирующему событию**  
**«СОБЫТИЯ» – путь эскалации от инициирующего события к ОПАСНОМУ событию**

<sup>14</sup> Стандарт идентичен международному стандарту МЭК 62502:2010\* «Аналитические методы надежности. Анализ дерева событий (ЕТА)» (IEC 62502:2010 «Analysis techniques for dependability – Event tree analysis (ETA)»).

В противоположность другим методам анализа надежности, например, Марковскому методу<sup>15</sup>, «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» основано на относительно простых математических выводах. Однако применение метода требует наличия специальных навыков, опыта и внимательности. Кроме того, обычно полезно использовать взаимосвязь анализа дерева неисправностей (ФТА) с количественным и качественным анализом дерева событий.

Преимущества метода «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» по ГОСТ Р МЭК 62502-2014:

- применимость к системам любого типа;
- простая и информативная визуализация;
- способность оценивать несколько одномоментных отказов системы и учет зависимых событий;
- применимость для оценки системы в нормальном и в аварийном режиме функционирования;
- служит инструментом для прогноза и последующей оценки конечных опасных событий, которые невозможно прогнозировать другими методами («было ранее», «а что, если» и т.п.);
- позволяет оценивать единичные отказы, точки уязвимости системы и малоэффективные реагирующие барьеры. Может служить инструментом оптимизации затрат, повышения эффективности контроля и управления рисками;
- предоставляет возможность идентификации и прослеживания путей развития отказа системы;
- применим для процедур HAZOP и HAZID, позволяет представлять большие и сложные системы в виде более простых с помощью группировки частей исследуемой системы в функциональные единицы или подсистемы.

Пример реализации метода «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» представлен на рисунке 3.8. Числа на рисунке показывают вероятность каждого из возможных исходов на пути от инициирующего события к опасному событию.

Преимуществом «ДЕРЕВА СОБЫТИЙ» по сравнению со многими другими методами анализа риска является его способность моделировать последовательности и взаимодействия различных факторов защиты, сопровождающих появление инициирующего события. Таким образом, система и ее взаимодействия со всеми факторами защиты при развитии неблагоприятного сценария становятся наглядно представленными, что способствует дальнейшей оценке риска.

---

<sup>15</sup> В соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Марковский анализ применим в ситуации, когда будущее состояние системы зависит только от ее текущего состояния. Данный метод обычно используют для анализа ремонтнопригодных систем, которые могут работать во многих режимах и в ситуациях, когда применение анализа надежности отдельных блоков системы нецелесообразно. Метод может быть применен к более сложным системам, используя более высокий порядок процессов Маркова, и ограничен только моделью, математическими вычислениями и предположениями.



Рис. 3.8. Типовой вид количественной оценки риска с применением метода «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ»

Ограничения<sup>16</sup> метода по ГОСТ Р МЭК 62502-2014:

- иницирующие события не могут быть выявлены с помощью анализа, это задача специалистов, составляющих общий перечень иницирующих событий;
- необходимо наличие заранее подготовленных сценариев функционирования системы (специалисты, время, доп. затраты);
- не выявляет зависимость барьеров, что приводит к излишне оптимистичным оценкам показателей надежности и риска;
- для расчета вероятностей необходима статистика или большой экспертный опыт, но при этом результаты расчетов все равно имеют большую погрешность;
- метод не рассматривает систему в динамике. Например, вероятность или частота отказов растут по мере увеличения срока эксплуатации системы. Эта простая и всем понятная зависимость не воспроизводится в методе;
- динамика – слабое место методов «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ», но комбинация методов дает полное понимание мер по управлению рассматриваемым риском.

Метод «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» так же, как и метод «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ», позволяет применять барьерный подход для анализа рисков с точки зрения выстраивания мер по их снижению и устранению развития нежелательной цепи событий, приводящей к опасному событию.

<sup>16</sup> К ограничениям «ДЕРЕВА СОБЫТИЙ» относятся ограничения, общие для всех методов анализа надежности.

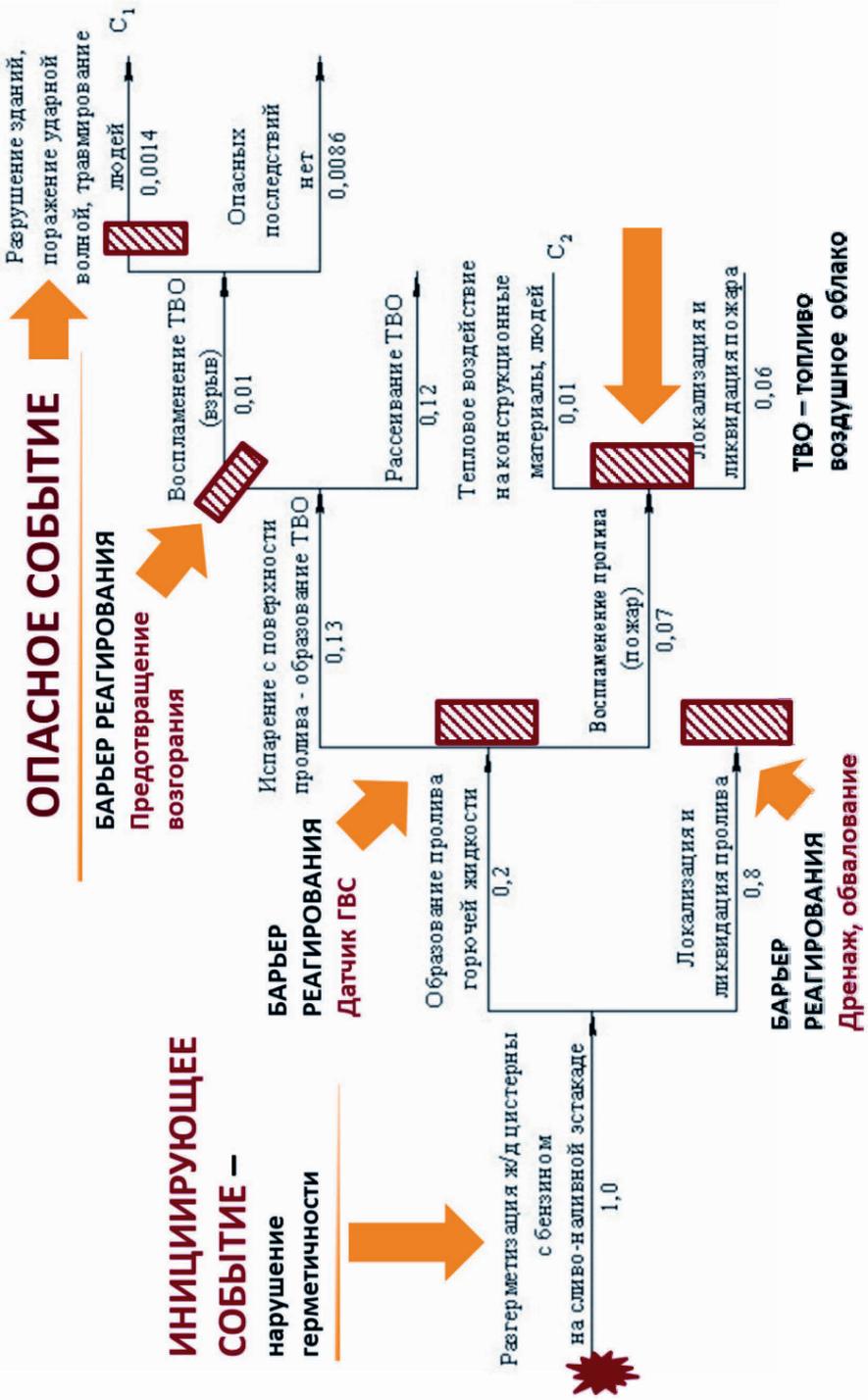


Рис. 3.9. Пример применения «БАРЬЕРОВ» в методе оценки и анализа рисков «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ»

Рассмотрим пример применения модели риска «дерево событий» для постановки реагирующих барьеров (мероприятий), цель которых – не допустить тяжелых последствий вследствие разлива по причине разгерметизации ж/д цистерны с бензином на железнодорожной эстакаде – см. рисунок 3.9.

На рисунке показаны различные сценарии развития событий после пролива бензина. Графическое представление дерева событий – очень удобный инструмент для планирования возможных мер управления (барьеров). На рисунке показаны примеры постановки реагирующих барьеров:

- ОГРАНИЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПРИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ;
- ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВОЗГОРАНИЯ;
- СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ;
- СИСТЕМЫ ЭВАКУАЦИИ ПЕРСОНАЛА И ТРЕТЬИХ ЛИЦ ИЗ ЗОНЫ ПОРАЖЕНИЯ.

На примере, изображенном на рисунке 3.9, проведите практическое упражнение.

**Задание:**

– **добавьте на рисунке реагирующие барьеры, которые помогут снизить ущерб и вероятность развития иницирующего события – разрушения здания взрывной волной с последующим травмированием людей.**

Рекомендуется рассмотреть применение следующих мероприятий из списка реагирующих барьеров:

- 1) ограничение распространения выбросов при разгерметизации;
- 2) пассивная защита людей от негативных воздействий;
- 3) планы и техническое обеспечение мер реагирования в нештатных ситуациях;
- 4) предотвращение возгорания;
- 5) системы аварийной остановки;
- 6) системы пожаротушения;
- 7) системы эвакуации персонала и третьих лиц из зоны поражения;
- 8) техника, технологии и мероприятия по устранению негативного воздействия на окружающую среду и людей.

### **3.7. Метод оценки рисков «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»**

Метод оценки рисков «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» приведен в ряде других методов оценки риска в приложении В21 ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Данный метод в настоящее время широко используется в нефтегазовых компаниях, и области его применения для оценки и анализа рисков постоянно расширяются.

В зарубежных странах метод анализа рисков «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» («VOW TIE») и применение «барьерного подхода» рекомендованы действующими надзорными и отраслевыми органами:

- Американский нефтяной институт в методических рекомендациях 96, 65-2 и 90 установил, что все операции на шельфе должны основываться на концепции барьеров;
- Исполнительный комитет по здравоохранению и безопасности (Великобритания) разработал руководство по управлению безопасностью в высокоопасных отраслях, в котором признает, что диаграммы «галстук-бабочка» должны стать обязательной составной частью всех отчетов по безопасности эксплуатируемых объектов;
- Европейская комиссия директивой по безопасности нефтегазовых операций на шельфе ввела в действие ряд правил, в соответствии с которыми для предотвращения аварий и эффективного реагирования требуется оценка рисков и идентификация барьеров;
- Международная ассоциация буровых подрядчиков разработала новую программу WellSharp, которая включает в себя барьерный подход для переосмысления обучения по борьбе с ГНВП;
- Национальное управление по безопасности и охране окружающей среды в нефтегазовой отрасли при добыче на шельфе (Австралия) в своей методической записке заявляет, что для предотвращения или снижения воздействия опасных факторов может потребоваться анализ барьеров;
- Международная ассоциация производителей нефти и газа в отчетах 456 и 544 признает важность управления барьерами и обсуждает методы поддержания и сохранения барьеров в актуальном состоянии;
- Управление по безопасности в нефтегазовой промышленности (Норвегия) в руководящем документе «Принципы управления барьерами в нефтяной отрасли» фокусируется на управлении барьерами, как на способе снизить риск возникновения аварий. Данная организация проводит свои аудиты, основываясь на концепции управления барьерами.

В Российской Федерации в 2010 г. выпущено несколько национальных стандартов из серии руководств по применению организационных мер безопасности и оценки рисков, в которых идет речь о построении диаграммы «галстук-бабочка» («песочные часы») и барьерном подходе. Однако, согласно данным документам, диаграмма «галстук-бабочка» формируется на основании полноценного дерева отказов и дерева событий, т.е. данный метод оценки риска фактически сведен к визуализации результатов оценки и анализа рисков, выполненных по методам «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ», применение которых, как уже сейчас понимаем, в нефтегазовой отрасли ограничено по ряду причин, названных ранее. На практике, особенно в зарубежных нефтегазовых компаниях, метод оценки рисков «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» имеет развитую методологию, возможно, самую логически совершенную с точки зрения «препарирования» риска на формирующие его элементы. Наиболее полное изложение метода «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» представлено в вышеупомянутой работе [11].

### **3.7.1. Материал для построения диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»**

Ранее была рассмотрена методология оценки и анализа рисков «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ». Её отличительными особенностями являются работа с риск-факторами и построение возможных путей их реализации, которые в конечном итоге приводят к инициирующему событию. Также мы рассмотрели модель «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ», которая, в свою очередь, аналогично модели «Дерево отказов» позволяет проводить анализ возможных вариантов развития инициирующего события до опасных событий, которые и олицетворяют нежелательность (ущерб) от риска и делают риск отрицательным возможным событием в будущем.

Визуализация модели «Швейцарский сыр» и введение понятия барьера делают в сочетании с «ДЕРЕВОМ ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВОМ СОБЫТИЙ» набор исходных данных для следующего шага в развитии методологии оценки и анализа рисков.

Один из великих ученых высказал глубокую мысль (цитата не дословная, но смысл отражает):

*наука тогда достигает больших успехов, когда придумывает новые удобные обозначения.*

Диаграмма «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» (далее мы будем ее называть ДГБ) как раз и является таким новым удобным обозначением, а в нашем случае это скорее визуализация, благодаря которой риски становятся понятными каждому, кто готов составить для себя труд хотя бы немного в них разобраться.

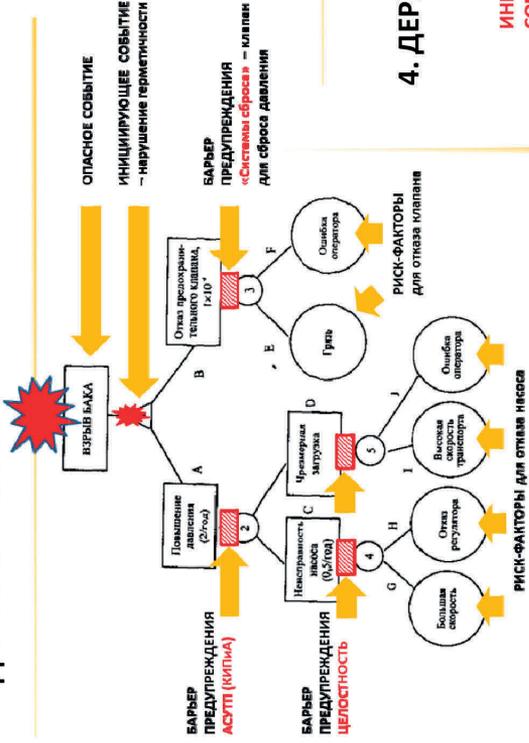
Вероятно, существуют различные версии того, как появилась визуализация риска в виде ДГБ, но мы можем сконструировать ДГБ на основе ранее рассмотренных методов оценки и анализа рисков.

Модель «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» дает нам визуализацию связей во времени между опасностью, риск-фактором и инициирующим событием. Модель «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» дает аналогичную визуализацию, но уже процесса развития инициирующего события до опасного события, с которым, как с верхушкой айсберга, часто ассоциируют риск. Модель «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» дает концепцию защитных барьеров и соответствующую визуализацию. Если сложить все перечисленные виды визуализаций, то получится не что иное, как прообраз ДГБ. Визуальное представление исходного материала для ДГБ отражено на рисунке 3.10, а на рисунке 3.11 показано, как все 3 вида визуализаций в сумме дают прообраз ДГБ.

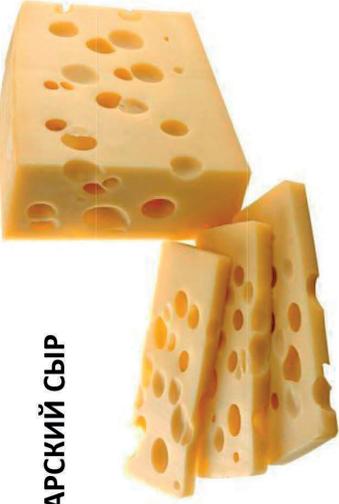
Необходимо отметить очень важное достижение ДГБ. Родившийся на ее основе метод оценки рисков анализ «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» – ни в коем случае не представляет собой простое сочетание методов, визуализация которых позволяет построить ДГБ. В данном случае родилось новое качество.

Следует вспомнить, что и «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ», и «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» являются количественными методами оценки и анализа рисков, а модель «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» вообще ограничивается рассмотрением конкретных

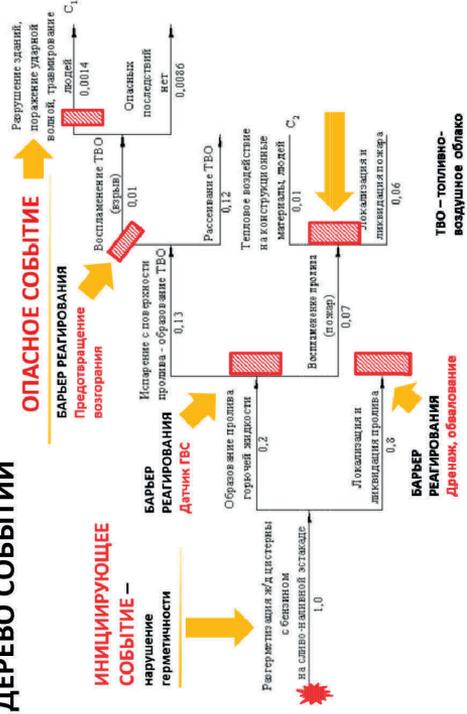
### 1. ДЕРЕВО ОТКАЗОВ



### 3. ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР



### 4. ДЕРЕВО СОБЫТИЙ



### 2. БАРЬЕР

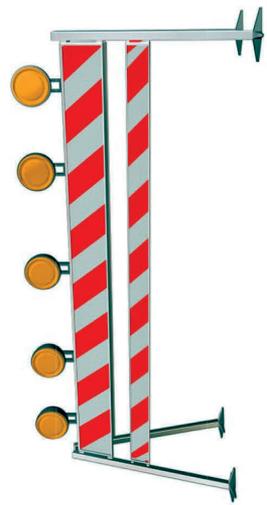


Рис. 3.10. Исходный «материал» для формирования диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»



сценариев происшествий, а все вместе они имеют серьезные ограничения в области применения и не ориентированы на то, чтобы проанализировать риск полностью. В случае с ДГБ мы имеем комплексную картину риска, которая включает в себя все формирующие риск элементы – опасности, риск-факторы, инициирующие события, барьеры и опасные события. Ясная визуализация риска с демонстрацией причинно-следственных связей позволяет отойти от необходимости количественных оценок и углублённого анализа всех технических и организационных подробностей, формирующих риск.

Процесс формирования ДГБ может проводиться на экспертном уровне путем анализа и формулирования имеющихся опасностей, связанных с ними риск-факторов и инициирующих событий, рассмотрения из практического опыта возможных вариантов опасных событий и определения доступных и/или потенциально возможных барьеров, которые сами по себе способны разрывать цепочки вероятных сценариев развития отказов до инициирующего события и последующей его эскалации до опасных событий.

Возможности ДГБ дают потенциал обобщения для характерных часто встречающихся рисков, формирования достаточного перечня предупреждающих и реагирующих барьеров, мер управления риском, приоритизации и многого другого, того, чего нет в других методах оценки и анализа рисков. И все эти преимущества не требуют значительного привлечения ресурсов, сопоставимых с требуемыми ресурсами при применении других методов, таких как «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ», «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» и т.п. Благодаря таким позитивным свойствам метод оценки рисков «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» все более широко применяется на практике.

Существуют каталоги ДГБ для различных рисков, которые используются и при проектировании объектов, т.к. дают четкое задание по формированию необходимых барьеров, и при эксплуатации для формирования программ по ТОиР и поддержания производственных объектов и оборудования активов в работоспособном и безопасном состоянии. ДГБ служит ценным исходным материалом при проведении HAZOP и HAZID, RCM, RBI и других процедур.

Некоторые подробности по отличиям и аналогиям ДГБ с моделями «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ», «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» и «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» обсудим в следующих разделах.

### ***3.7.2. Современный вид диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»***

Современный вид диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» показан на рисунке 3.12. Данная визуализация риска и его составляющих не является новой для читателя – мы применяли ее отдельными частями в разделе настоящего курса, когда изучали термины и определения.

ДГБ визуализирует риск во всех его основных деталях. Понимание терминов, применяемых при оценке и анализе рисков в сочетании с ДГБ, делает лишним любое определение риска. Коротко риск описать сложно, но его можно понимать, если для любого нежелательного события в будущем представлять соответствующую ему ДГБ.

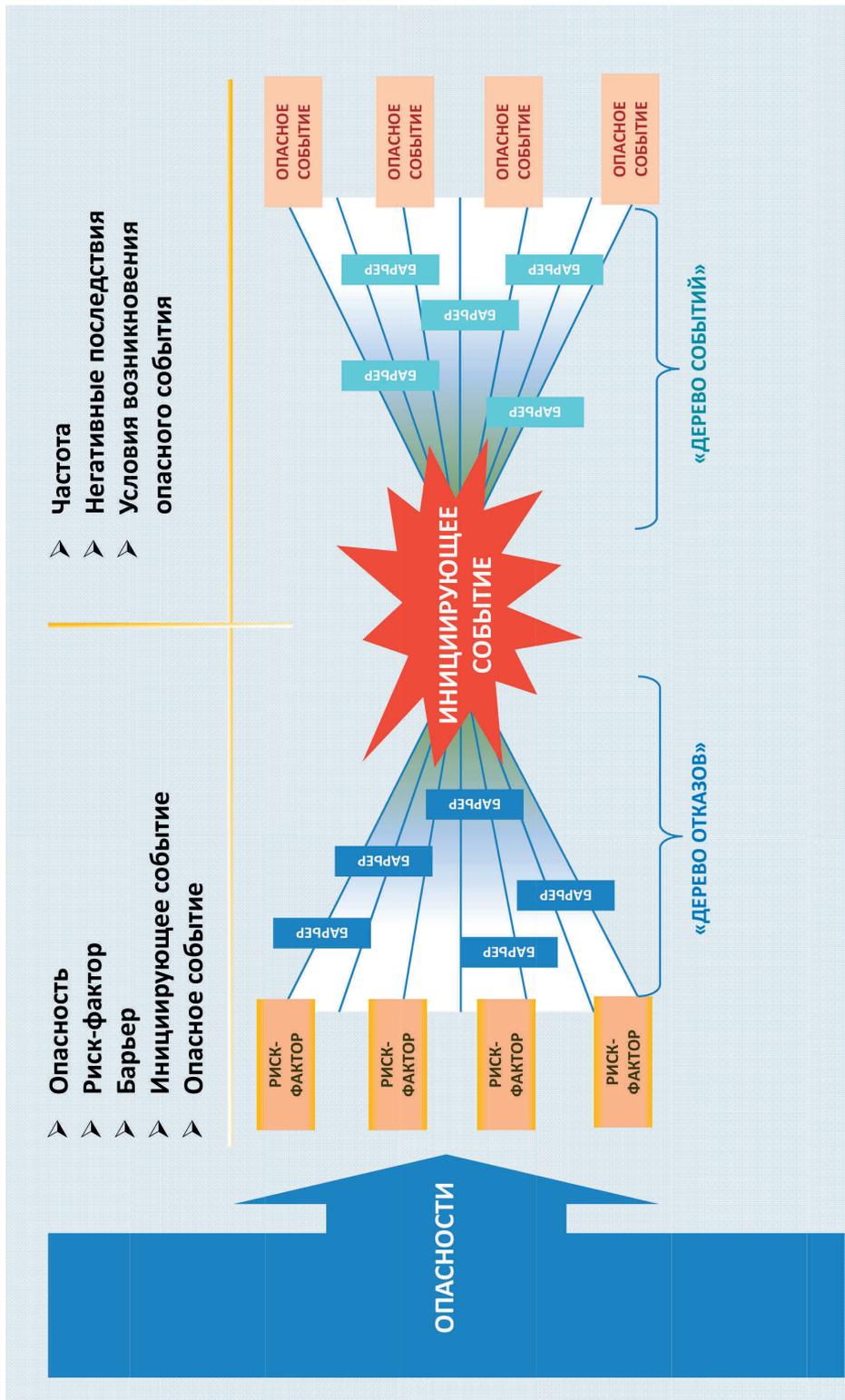


Рис. 3.12. Современный вид диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»

Современный вид ДГБ позиционирует инициирующее событие в центре. Слева изображаются опасности. Иногда в ДГБ опасности позиционируют не слева, а над инициирующим событием. Это не принципиальное отличие и базируется оно на разном отношении пользователя или составителя ДГБ к опасности.

С одной стороны, «ОПАСНОСТЬ» всегда лежит в основе возникновения инициирующего события, а с другой стороны, она всегда формирует «РИСК-ФАКТОР». При изучении терминов мы узнали, что опасность может стать фактором, только когда она может послужить причиной инициирующего события. Если для составителя ДГБ более принципиален факт связи «ОПАСНОСТИ» и инициирующего события, то опасность будет поставлена в ДГБ над символом инициирующего события. Если же для составителя ДГБ, напротив, более важно подчеркнуть связь между «ОПАСНОСТЬЮ» и «РИСК-ФАКТОРОМ», то опасности будут размещаться левее риск-фактора.

ДГБ выглядит следующим образом слева направо:

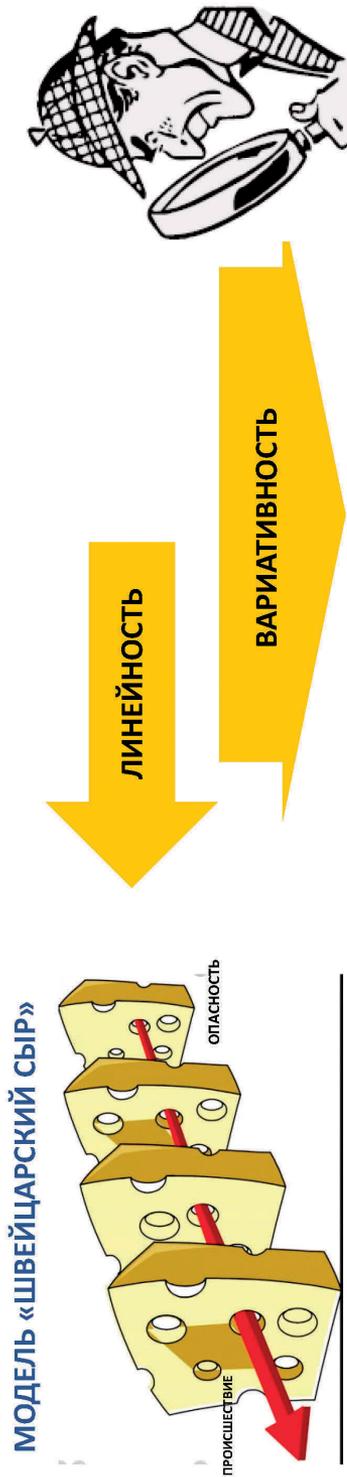
- опасность;
- риск-фактор;
- на пути от риск-фактора к инициирующему событию выставляются барьеры;
- инициирующее событие (центр ДГБ);
- на пути от инициирующего события к опасному событию выставляются реагирующие барьеры;
- и конечный результат реализации цепочки событий, включая инициирующее событие – опасные события.

### ***3.7.3. Различия между моделью «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» и диаграммой «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»***

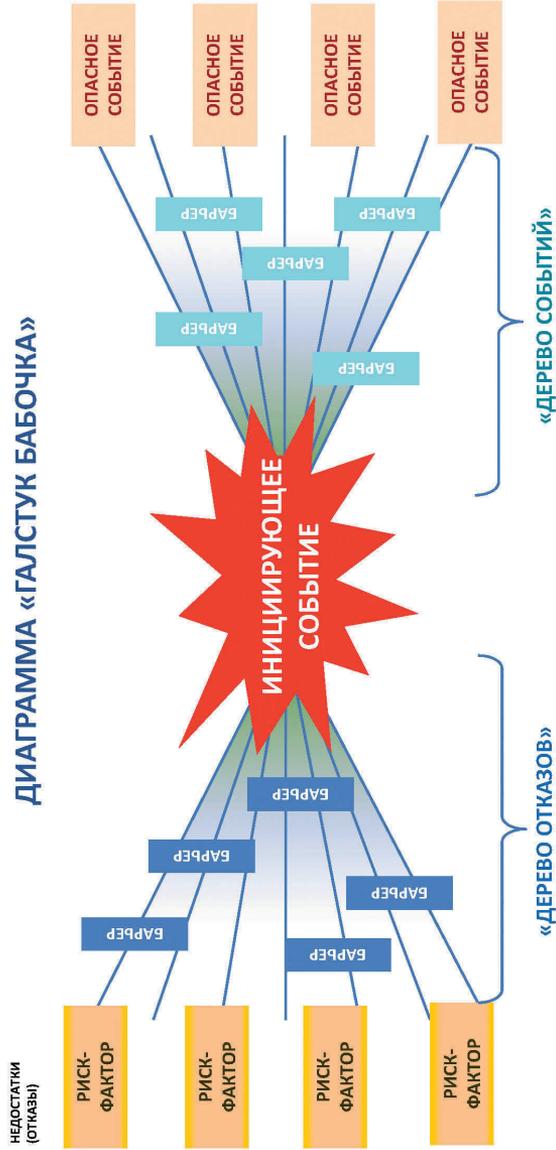
Необходимо вспомнить, что «модель швейцарского сыра» была разработана для анализа отказов системы.

Модель строится на принципах глубокоэшелонированной защиты, при этом ломтики швейцарского сыра представляют собой защитные слои (т. е. «БАРЬЕРЫ»), препятствующие тому, чтобы опасные факторы сработали и далее позволили бы случиться последствиям. «Барьеры» никогда не могут быть эффективными на 100%, у каждого имеются непредусмотренные, периодически проявляющиеся слабые стороны. Дырочки в ломтиках сыра представляют собой факторы деградации (т. е. снижения результативности или надежности) в отдельных частях системы, и их размеры и расположение непрерывно варьируются в каждом из ломтиков.

Для того чтобы произошла крупная авария, отверстия в швейцарском сыре должны выровняться по линии «траектории аварии», чтобы угроза прошла по дырочкам сквозь все защитные слои (т. е. барьеры), приведя к сбою или крупной аварии. Эта модель также демонстрирует, что при наличии сбоя в одном из барьеров задача у других барьеров также усложняется.



**ДИАГРАММА «ГАЛСТУК БАБОЧКА»**



**Рис. 3.13. Иллюстрация основного различия модели «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» и диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»**

Но в модели швейцарского сыра Ризона есть один недостаток: она представляется линейной во времени.

Однако формирование системы дырок – т. е. механизмов причинности – может происходить как через линейные, так и через нелинейные процессы

По сравнению с моделью швейцарского сыра, диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» дают лучшее представление о барьерах при различном множестве угроз (или риск-факторов) и конечных опасных событий. При этом модель «швейцарского сыра» несомненно, является основой для модели ДГБ. Иллюстрация к основному различию модели «ШВЕЙЦАРСКИЙ СЫР» и диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» представлена на рисунке 3.13.

#### ***3.7.4. Связь между диаграммой «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» и комбинацией «ДЕРЕВА ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВА СОБЫТИЙ»***

Методология применения диаграмм «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» иногда описывается как комбинация двух существующих инструментов анализа рисков, анализа дерева ошибок (неисправностей) и анализа дерева событий, что в реальности не соответствует действительности.

Визуально, вращая (как показано на рисунке 3.14) схему анализа дерева отказов по часовой стрелке (так как она обычно рисуется по вертикали), и соединяя его со схемой анализа дерева событий (которую обычно рисуют по горизонтали), получаем диаграмму «ГАЛСТУК-БАБОЧКА», соединенную в точке инициирующего события.

Между ДГБ и сочетанием методов «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» имеются существенные различия. «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ», как правило, делаются для количественной вероятности и последствий каждого из возможных или наиболее катастрофичных сценариев реализации риска.

ДГБ не ставит перед собой цель количественной оценки риска. Поэтому логические элементы, количественное обозначение вероятности и оценки последствий, детализация причин, промежуточных событий и другой подобной информации, совершенно необходимой для «ДЕРЕВА ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВА СОБЫТИЙ» в ДГБ не указываются.

ДГБ, таким образом, НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ИНСТРУМЕНТОМ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ И АНАЛИЗА РИСКА.

**Диаграмма «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» не является инструментом для количественной оценки и анализа риска**

ДГБ представляют риск и его составляющие, при этом внимание сосредоточено на создании визуально простого отображения опасностей, риск-факторов, инициирующего события, барьеров, факторов деградации и механизмов контроля деградации, а также опасных событий. О факторах деградации и механизмах контроля деградации мы будем говорить далее при изучении барьеров.

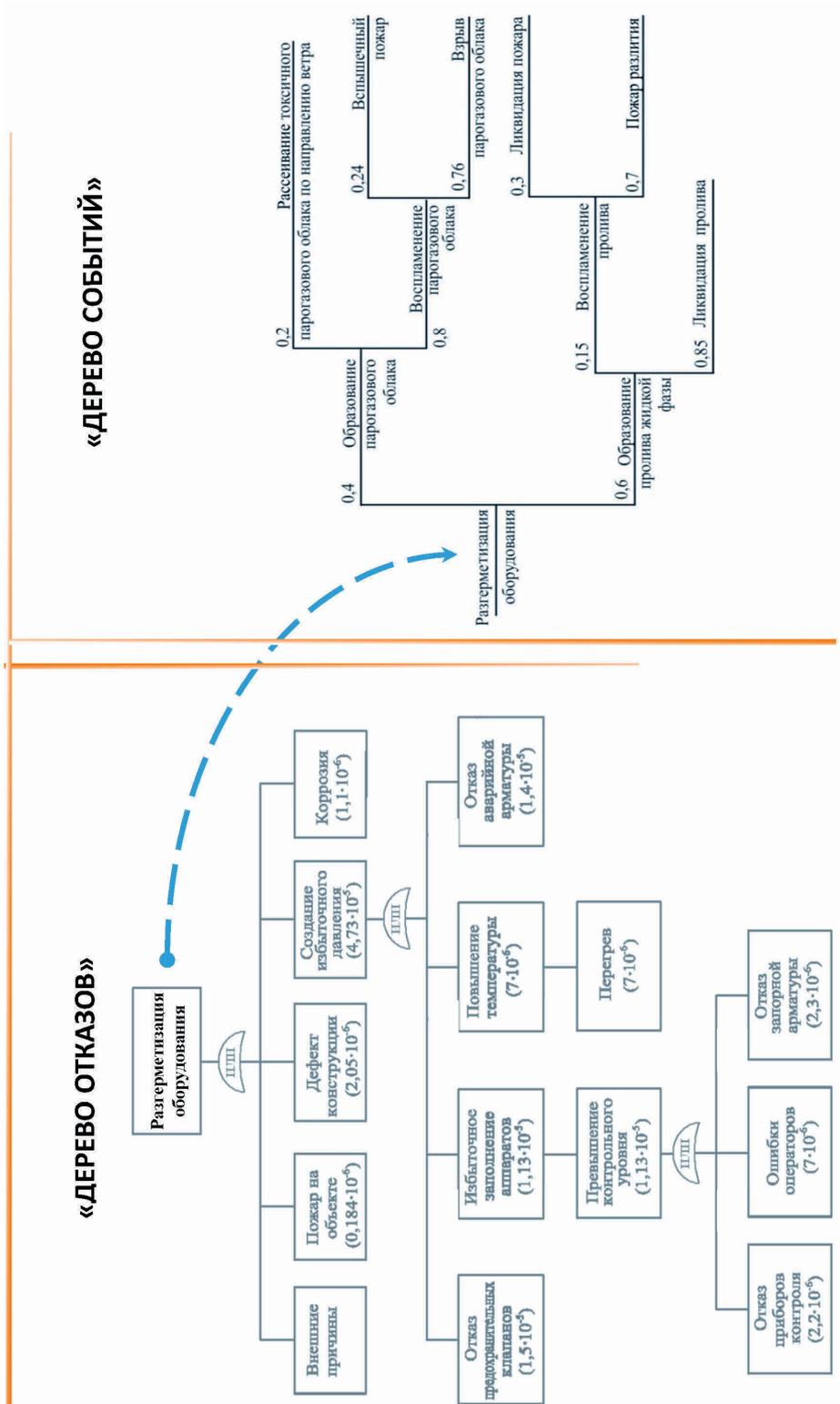


Рис. 3.14. Совмещение «ДЕРЕВА ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВА СОБЫТИЙ» для получения ДГБ

Связь между ДГБ и методами «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» прослеживается практически во всех деталях:

- «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» описывает инцидент (инициирующее событие) в терминах комбинаций базовых сбоев, которые могут их вызвать, и связывает их с логическими элементами «И» или «ИЛИ», в то время как анализ на основе ДГБ, хотя не содержит видимой Булевой логики между барьерами, но фактически визуализирует связи и логику;
- «барьер» в ДГБ был бы представлен на дереве ошибок как «потребность в барьере» и/или «отказ барьера», то есть ДГБ может включать в себя Булеву логику, но обычно она скрыта, так как не является необходимой для пользователя;
- различные риск-факторы на ДГБ – это фактически логические ворота «ИЛИ», ведущие к верхнему событию (т.е. конечное событие может быть вызвано «Угрозой А» ИЛИ «Угрозой В» ИЛИ «Угрозой С» и т.д.);
- В «ДЕРЕВЕ ОТКАЗОВ» инициирующее событие может быть либо в момент потери контроля, либо при прекращении сдерживания, как и в случае ДГБ. События могут развиваться далее, по направлению к нежелательным опасным событиям.

Некоторые правила, установленные для «ДЕРЕВА ОТКАЗОВ», применимы также к ДГБ. К ним относится и требование НЕЗАВИСИМОСТИ барьеров, которое мы будем рассматривать далее.

«ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» требует идентификации функций обеспечения безопасности, или другими словами, барьеров. Данный метод также рассматривает элементы, усиливающие факторы опасности, исключенные из ДГБ, такие как направление ветра, преждевременное или задержанное возгорание и т. д.

Схемы «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» имеют ответвления с пометками «отказ барьера» и «барьер сработал», как два различных итога. Например, в «ДЕРЕВЕ СОБЫТИЙ» «барьер сработал» означает, что развитие события остановлено, эта ветка отбрасывается или ответвление определяет другой итог:

- немедленное возгорание «вспышка огня»;
- или отложенное возгорание «взрыв».

ДГБ не показывает ветки, которые прекращают последовательность, а показывает только те, которые продолжают развитие ситуации в сторону последствий.

Поскольку «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» могут быть количественными, а ДГБ представляет эти виды анализа визуально, возможно, в будущем исследователи смогут расширить анализ на основе ДГБ до вариантов применения с количественными показателями, но в настоящее время о существовании таких примеров, доступных для общего пользования, пока неизвестно.

Некоторые программные инструменты для работы с диаграммами «галстук-бабочка» позволяют проводить количественный анализ с использованием методологии анализа уровней защиты (LORA), используя диаграмму «галстук-бабочка» в качестве отправной точки.

### **3.7.5. Преимущества применения методологии построения диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» для оценки и анализа рисков**

В качестве преимуществ применения ДГБ на практике следует отметить:

- **легкость восприятия и понимания информации**, обеспечиваемые визуально простым представлением, доступным для понимания специалистами разного уровня подготовки и специальностей;
- **гибкость** за счет разной глубины детализации в зависимости от задач и целевой аудиторией;
- **логику** в представлении причинно-следственных сценариев между опасностями, риск-факторами и конечными опасными событиями;
- **вариативность анализа рисков** путем системного анализа барьеров по всем возможным путям реализации риск-факторов и развития сценариев опасных событий;
- **взгляд с высоты птичьего полета** – общую картину состояния существующих барьеров с возможностью расстановки приоритетов среди потенциальных мероприятий по устранению выявленных недостатков.

#### **Диаграмма «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»**

- визуально простое представление, доступное для понимания специалистами разного уровня подготовки**
- разная глубина детализации в зависимости от задач и целевой аудиторией**
- представление причинно-следственных сценариев между опасностями, риск-факторами и конечными опасными событиями**
- системный анализ барьеров по всем возможным путям реализации риск-факторов и развития сценариев опасных событий**
- общая картина состояния существующих барьеров – с возможностью расстановки приоритетов среди потенциальных мероприятий по устранению выявленных недостатков**

Хорошо прорисованные ДГБ визуально очевидны для широкого круга возможных пользователей, в отличие от количественного и более сложного представления результатов оценки рисков по другим методам, которые имеют другие цели и более полезны для узких специалистов.

Для неспециалистов, рабочих, инженеров и менеджеров ДГБ обеспечивают интуитивно понятную и простую визуализацию взаимосвязей между причинами, которые приводят к потере контроля над опасными факторами, возможными последствиями, барьерами, препятствующими тому, чтобы эти события произошли, и имеющимися мерами по снижению воздействия последствий, если события все же произойдут. Чаще всего они используются, когда возникает необходимость продемонстрировать, как контролируются опасные факторы, и проиллюстрировать прямую связь между рисками и элементами системы управления.

Можно выделить следующие основные цели и задачи создания ДГБ:

- обеспечить систематический анализ барьеров вдоль путей реализации опасностей и распространения последствий, которые могут предотвратить или снизить воздействие происшествия. Это может использоваться для обеспечения процесса проектирования, или эксплуатации, или технического обслуживания, повышая осведомленность об имеющихся барьерах и роли отдельных лиц в эксплуатации или обслуживании барьеров;
- обеспечить кумулятивную картину риска посредством визуализации количества и типов барьеров, а также их состояния. Это может способствовать выявлению и расстановке приоритетов среди мер по укреплению деградировавших барьеров и механизмов контроля деградации;
- сделать процесс оценки и анализа рисков структурированным (при этом выявленные опасности, угрозы и последствия могут быть связаны в причинно-следственные сценарии), а также помочь в разработке и понимании того, каким образом могут происходить нежелательные события.

### ***3.7.6. Область применения диаграммы «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»***

ДГБ является полезным инструментом для оценки и анализа как рисков технологических процессов, так и других отраслевых рисков. Основное внимание ДГБ сосредоточено на крупных авариях, чрезвычайных ситуациях, происшествиях или иных нежелательных событиях в будущем, которые ассоциируются с рисками, поскольку как руководители, так и персонал должны понимать, по какой причине они могут произойти и какие барьеры развернуты для их предотвращения и минимизации последствий.

Несмотря на то, что использование таких диаграмм предполагает анализ возможности крупномасштабных событий с серьезными последствиями, их разработка практикуется и для менее серьезных событий, включая события, связанные с личной безопасностью.

В ДГБ рассматриваются риски возникновения происшествий на этапе эксплуатации в формате, удобном для эксплуатационного и обслуживающего персонала. Также ДГБ могут использоваться и на этапе проектирования, хотя использование на этапе эксплуатации преобладает, поскольку до этого этапа многие важные эксплуатационные барьеры не определены.

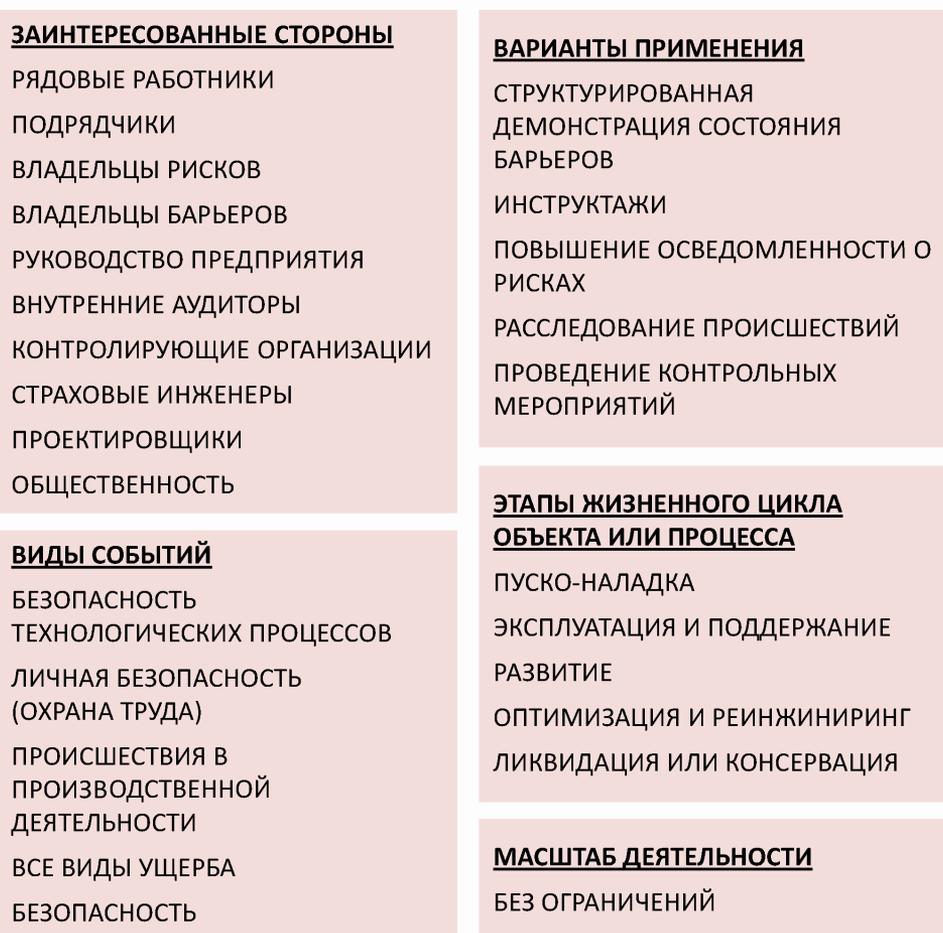
Неопределённость барьеров на этапе проектирования связана с тем, что одной из задач данного этапа является как раз выявление необходимости барьеров и их проектирование. На этапе проектирования более применимы другие методы оценки и анализа рисков, в том числе и упомянутые ранее «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» и «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ» и родственные этим методам подходы, начиная с метода «А что, если?» и завершая методом анализа причин и последствий («Cause-consequence analysis»).

Полезно использовать ДГБ на этапе пуско-наладки, в тот момент, когда требуется проанализировать достаточность и надежность заложенных в проектных решениях барьеров.

В зависимости от вариантов применения ДГБ в качестве целевой аудитории могут выступать самые различные группы заинтересованных сторон как в рамках эксплуатирующей компании, так и за ее пределами.

Основное же предназначение данной методологии – это структурирование информации о барьерах, их достаточности и состоянии для подготовки предложений по внедрению дополнительных барьеров (по отношению к существующим) в рамках проектных решений или установившейся практики мер управления рисками, в т.ч. направленных на устранение недостатков в существующих барьерах, для обоснования внедрения улучшений.

Список заинтересованных сторон, виды иницилирующих и опасных событий, этапы жизненного цикла производственных объектов, активов или бизнес-процессов, для которых представляет интерес и применима ДГБ, представлены на рисунке 3.15.



**Рис. 3.15.** Сведения по области применения, заинтересованным сторонам, этапам жизненного цикла и масштабу деятельности и видов событий с нежелательными последствиями, для которых применима ДГБ

#### 4.1. Поддержание эффективности и работоспособности «БАРЬЕРА»

Ключевое понятие для управления рисками (а именно для этого проводится их оценка и анализ) – «БАРЬЕР». Его состояние, способность выполнять свою задачу требует отдельного рассмотрения и составляет значительную часть производственной деятельности.

##### *4.1.1. Дополнительные термины в связи с применением «БАРЬЕРОВ» в диаграмме «ГАЛСТУК-БАБОЧКА»*

Ранее мы отметили, что ДГБ, кроме многих вышеперечисленных преимуществ и удобной визуализации рисков, представляет собой инструмент определения барьеров и работы с ними. Но для того, чтобы предотвратить развитие риск-факторов до реализации инициирующего события, а затем избежать эскалации инициирующего события до опасного – необходимо не просто установить и/или предусмотреть соответствующие предупреждающие и реагирующие барьеры, но еще и обеспечить их готовность к работе тогда, когда это будет необходимо.

Иными словами, «БАРЬЕР» должен быть исправным, готовым к эксплуатации и/или находящимся в эксплуатации так, чтобы исполнять свои проектные функции. Более того, недостаточно, чтобы «БАРЬЕР» был работоспособным, необходимо, чтобы он был еще и достаточно эффективным. Эффективность часто связана не только с техническим состоянием барьера или его проектными характеристиками, но и с компетенциями и практическими навыками персонала, который будет его применять.

Например, в каждом автомобиле в соответствии с правилами дорожного движения должен быть огнетушитель. Огнетушитель – типичный реагирующий «БАРЬЕР», применение которого позволяет предотвратить возгорание (в данном случае это инициирующее событие) до пожара. А сейчас задайте себе вопрос: если произойдет возгорание в Вашем автомобиле, то сможете ли Вы воспользоваться огнетушителем и предотвратить развитие возгорания до пожара Вашего авто? Наиболее вероятно, что Вы для начала будете долго искать огнетушитель, а когда все-таки найдете, то плохо или неправильно будете им пользоваться. В результате опасное событие – в виде потери авто по причине полного выгорания – произойдет. Реагирующий «БАРЬЕР» (огнетушитель) не сработал, хотя и был в наличии.

Поэтому барьеры надо «лечить», «следить за их здоровьем» и «тренировать».

На практике применительно к барьерам применяют 2 понятия:

- **ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ** – условие (ситуация, техническое состояние, дефект или ошибка), которое может снизить результативность барьера;
- **МЕХАНИЗМ КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ** – меры, которые помогают предотвратить возникновение фактора деградации.

На рисунке 4.1 показана визуализация **ФАКТОРОВ ДЕГРАДАЦИИ** и **МЕХАНИЗМОВ КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ** на ДГБ.



**Рис. 4.1. Визуализация ФАКТОРОВ ДЕГРАДАЦИИ и МЕХАНИЗМОВ КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ на ДГБ**

Работы по обеспечению исправного состояния, соответствующего проектным показателям, защиты от негативных воздействий, обеспечения надежности и работоспособности барьеров, как правило, входят в перечень мероприятий по **ПОДДЕРЖАНИЮ** и **ЭКСПЛУАТАЦИИ**. Также, если рассматривать риски в рамках производственной деятельности, то работы по устранению факторов деградации барьеров и контролю их деградации в значительной части входят в зону ответственности служб промышленной безопасности, охраны труда и охраны окружающей среды (ПБ, ОТ и ООС/HSE).

Для тех, кто не вполне знает, чем занимаются строгие и малопонятные люди из служб ПБ, ОТ и ООС – ответ на все вопросы: они управляют работоспособностью и эффективностью барьеров для рисков, связанных с вредом для человека, бизнеса и окружающей среды в процессе производственной деятельности.

Сейчас, в связи с тем, что все основные термины, применяемые при построении ДГБ, нам известны – имеется возможность определиться с порядком ее построения. Рекомендуемая последовательность построения диаграммы «галстук-бабочка» представлена на рисунке 4.2.



Рис. 4.2. Рекомендуемая последовательность построения ДГБ

#### 4.1.2. Требования к элементам «ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ» и «МЕХАНИЗМ КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ»

Понятия «ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ» и «МЕХАНИЗМ КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ» так же, как и барьеры, могут быть размещены на ДГБ. Как правило, они размещаются на более детализированных ДГБ, предназначенных для руководителей и персонала, занимающихся эксплуатацией и поддержанием производственных объектов и оборудования.

«ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ» и «МЕХАНИЗМ КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ» расширяют простую ДГБ до стандартной и на самом деле очень редко используются на практике, но могут демонстрировать отдельные вопросы, связанные с анализом состояния барьера.

«ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ» сам по себе не становится причиной наступления иницирующего события (или опасных событий), но, поскольку он ухудшает состояние барьера, вероятность достижения ситуации с нежелательными последствиями будет выше.

Если использовать модель швейцарского сыра, то механизм контроля деградации уменьшает размер дырок в барьере и обеспечивает большую уверенность в том, что «БАРЬЕР» будет эффективно выполнять свою работу. Механизм контроля деградации встает на пути, соединяющем фактор деградации и «БАРЬЕР».

Механизм контроля деградации должны показываться только на путях деградации: они напрямую не предотвращают наступление иницирующего события и не снижают воздействие опасных событий.

Механизмы контроля деградации часто не отвечает критериям, которые используют для барьера в отношении эффективности, независимости и проверяемости. Механизмы контроля деградации могут не содержать всех элементов схемы «обнаружить – принять решение – действовать», применимой для активных барьеров. Они часто основаны на человеческих и организационных факторах, которые связаны с управлением рисками и обеспечением барьеров.

Примеры механизмов контроля деградации, которые основаны на человеческих и организационных факторах, включают в себя: технические стандарты, управление подрядчиками, системы управления изменениями, обучение, оценки безопасности проводимых работ, полномочия на остановку работы.

Распространенной ошибкой является расположение механизмов контроля деградации на основных путях диаграммы «галстук-бабочка». Это вызывает путаницу по двум причинам: теряется понимание того, какие элементы механизмов контроля деградации какой именно «БАРЬЕР» поддерживают, а также возникает неверное отображение слишком большого количества барьеров на основном пути. Это может создать впечатление более глубокой защиты (то есть впечатление, что несколько барьеров защищают от одного риск-фактора), чем на самом деле, и ощущение, что риск, связанный с данным риск-фактором, адекватно контролируется.

Типичным примером механизмов контроля деградации является система управления компетентностью трудовых ресурсов. Управление компетентностью поддерживает «БАРЬЕР» основного пути, например, контроль оператора над ходом реакции, но само по себе оно не может предотвратить наступление иницирующего события «потеря контроля над реактором».

И, конечно же, механизмы контроля деградации сами по себе могут быть ухудшены собственными факторами деградации; это дополнительная тема для обсуждения, выходящая за рамки настоящего курса, поскольку потребителей данной информации не так много.

Сводные правила по формулированию «ФАКТОРА ДЕГРАДАЦИИ» и «МЕХАНИЗМА КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ» представлены на рисунке 4.3. «ФАКТОРЫ ДЕГРАДАЦИИ» в норме не должны быть выражены, как простое отрицание наличия барьера, т.е. они должны учитывать реальную причину отказа, а не только то, что «БАРЬЕР» вышел из строя.

Обычно не рекомендуется формулировать «ФАКТОРЫ ДЕГРАДАЦИИ» так, чтобы предполагалось просто отрицание наличия барьера. Например, если основным барьером является «аварийное отключение при высоком уровне», то фактор деградации не может быть назван «отказ аварийного отключения при высоком уровне». Более удачным вариантом названия для фактора деградации может быть «неправильно откалиброванное устройство измерения уровня», при этом механизмы контроля деградации могут быть названы так: «профилактические

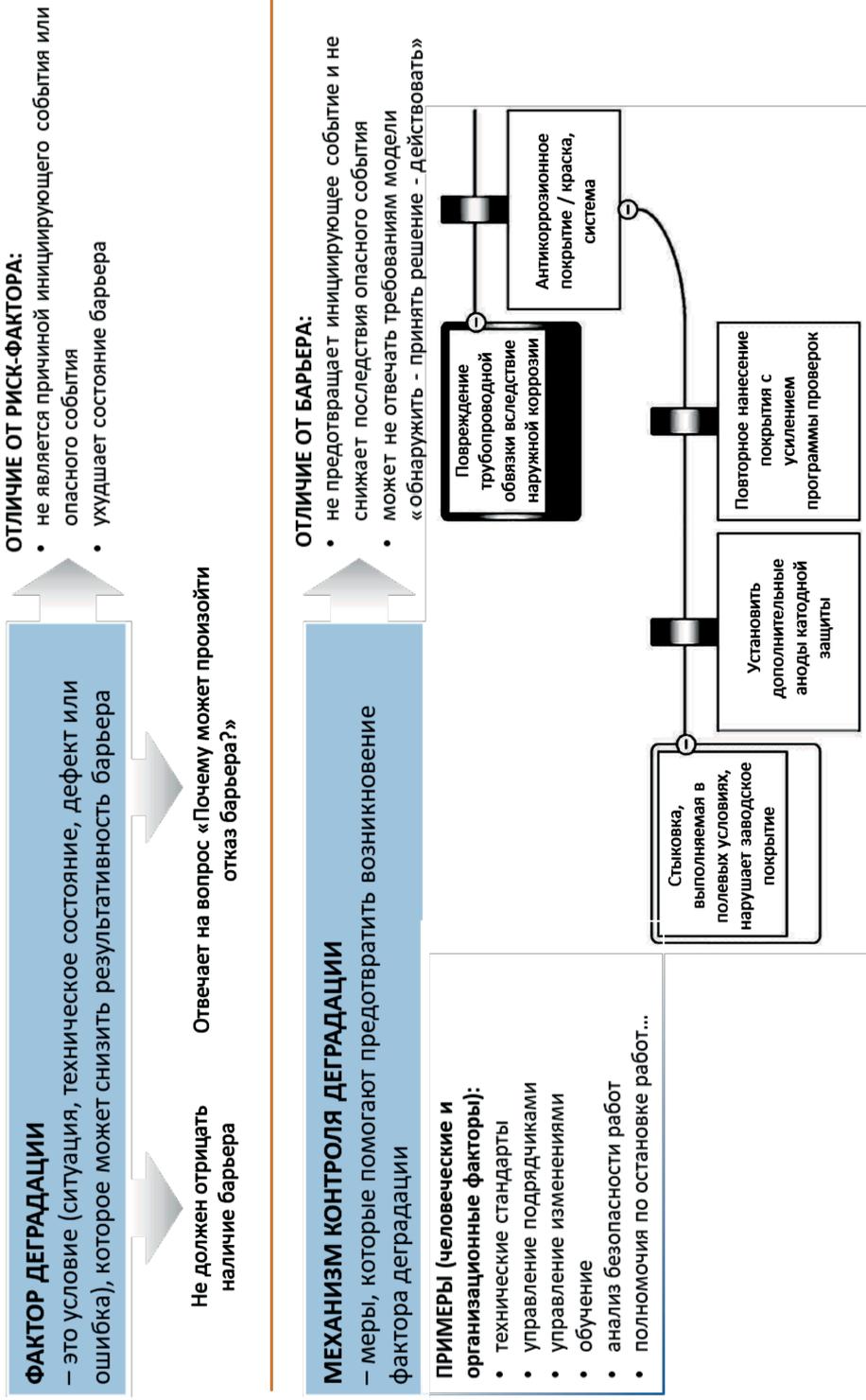


Рис. 4.3. Основные правила формулирования «ФАКТОРА ДЕГРАДАЦИИ» и «МЕХАНИЗМА КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ»

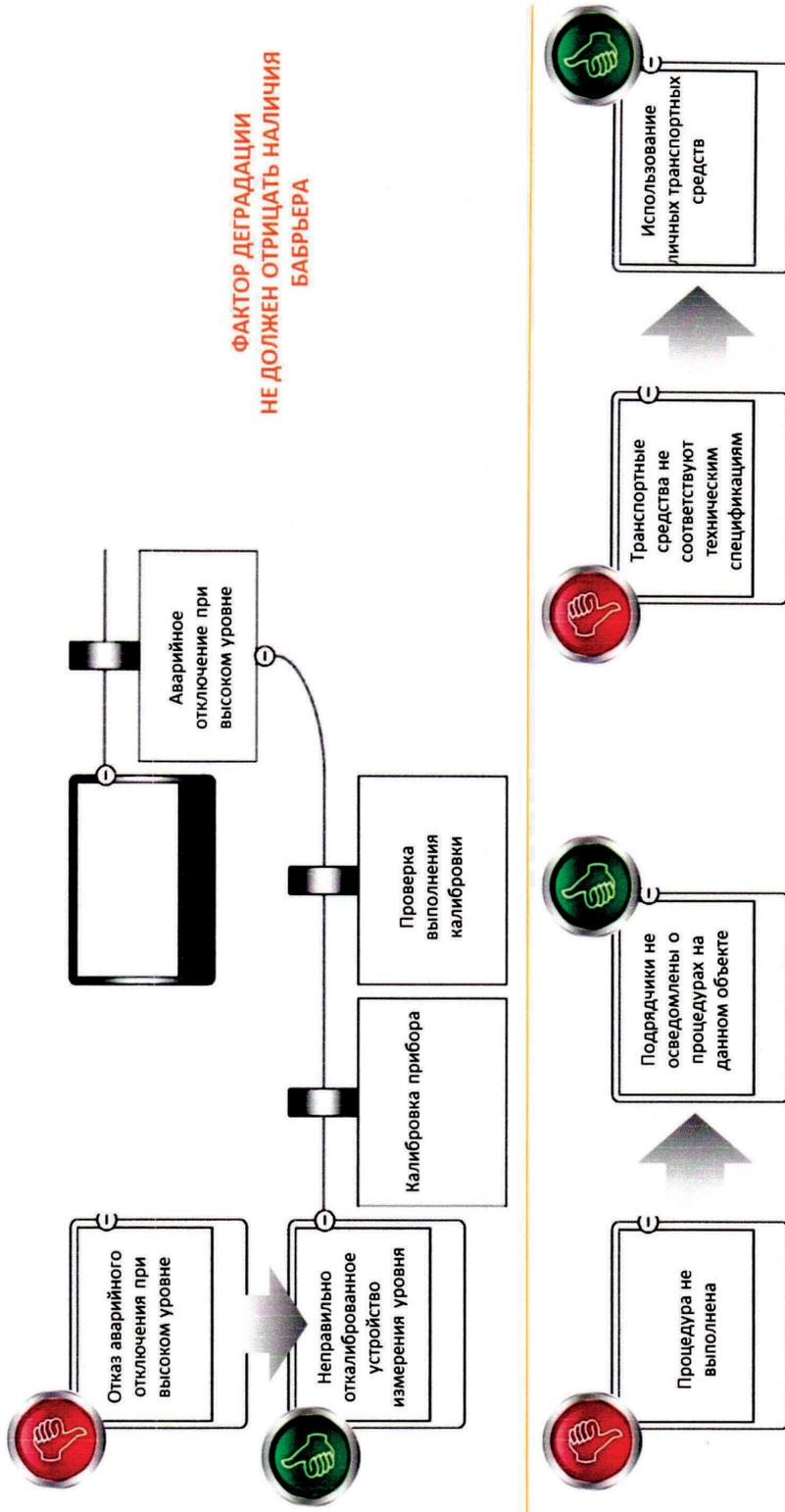


Рис. 4.4. Особенности формулирования элемента «ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ»

работы по обслуживанию приборов для измерения уровня жидкости», «калибровка прибора», а затем «проверка выполнения калибровки». Подход с использованием формулировок, предполагающих отрицание наличия барьера, может привести к появлению слишком большого количества факторов деградации.

При формулировании «ФАКТОРА ДЕГРАДАЦИИ» полезно задать вопрос: «Почему может произойти отказ барьера?». Вместо того, чтобы формулировать «процедура не выполнена», необходимо подумать о причине – потому ли это, что «подрядчики не осведомлены о процедурах на данном объекте»? «Транспортные средства не соответствуют техническим спецификациям» может на самом деле быть фактом: «использование личных транспортных средств». Преимуществом такого подхода является то, что механизмы контроля деградации затем будут нацелены конкретно на реальную проблему.

Особенности формулирования элемента «ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ» представлены на рисунке 4.4.

## 4.2. Виды и типы «БАРЬЕРОВ»

В первой части настоящего курса мы уже изучили термин и соответствующее ему понятие «БАРЬЕР».

Ранее изложенный материал по барьерам представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Виды и типы барьеров

ВИДЫ	ТЕХНИЧЕСКИЙ БАРЬЕР – «БАРЬЕР», защитная функция которого достигается за счет физического наличия и/или срабатывания технических устройств и/или программного обеспечения без участия человека		ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ БАРЬЕР – «БАРЬЕР», защитная функция которого достигается за счет административных мер, а также за счет любого сочетания применения технических устройств, решений и действий человека		
	ТИПЫ	ПАССИВНЫЕ БАРЬЕРЫ	НЕПРЕРЫВНО РАБОТАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ	АКТИВНЫЕ БАРЬЕРЫ	
оборудование без участия человека				с участием человека	
				превалирует оборудование	превалирует человек
	«БАРЬЕР» постоянно присутствует и обеспечивает свою функцию без каких-либо действий	некоторое непрерывное действие оборудования	оборудование системы безопасности активируется без участия человека	сочетание работы оборудования, программного обеспечения и как минимум одного действия человека	некоторое взаимодействие с оборудованием возможно, но функции выполняются преимущественно человеком

Также важно обратить внимание на активные барьеры. Пример с огнетушителем в автомобиле, если разбирать его далее, демонстрирует особенности активного барьера. В данном случае огнетушитель в автомобиле представляет собой активный реагирующий «БАРЬЕР» с участием (и превалирующим участием) человека. Схема работы такого барьера представлена на рисунке 4.5.

Также, прежде чем мы более подробно рассмотрим виды и типы барьеров и их особенности, важно упомянуть о наиболее распространенных ошибках при формулировании барьеров:

- 1) отображение нескольких барьеров, которые фактически являются элементами одного и того же барьера;
- 2) неинформативные названия барьеров;
- 3) расположение барьеров с неверной стороны от инициирующего события;
- 4) включение мер, которые не являются барьерами (например, механизмов контроля деградации, которые являются атрибутом путей распространения фактора деградации, например, обучение, компетентность).

### АКТИВНЫЙ БАРЬЕР АКТИВИРУЕТСЯ ПО ТРЕБОВАНИЮ



Рис. 4.5. Свойства активного барьера

Активные барьеры должны активироваться по требованию, а значит, должны иметь в себе отдельные элементы «обнаружить – принять решение – действовать».

«Обнаружение» означает процесс отслеживания изменений в состоянии процесса, при «принятии решения» определяется, какое действие необходимо выполнить для корректировки процесса в связи с обнаруженными изменениями, и в рамках «действия» принимаются конкретные меры для остановки дальнейшего развития нежелательного сценария (либо с правой, либо с левой стороны ДГБ).

Если исключить какой-либо элемент «обнаружить – принять решение – действовать» из активного барьера, то он не сможет остановить развитие нежелательной ситуации. Вот некоторые примеры:

- система пожаротушения может быть спроектирована прекрасно с точки зрения реалистичных сценариев пожара, но не будет функционировать, если в ней нет элемента «обнаружение», чтобы далее позволить человеку или контроллеру принять решение и активировать ее;
- очень хорошая аварийная сигнализация (обнаружение) неэффективна, если не приводит к соответствующим мерам реагирования. Таким образом, «БАРЬЕР» здесь мог бы быть таким – «сигнализация и реагирование оператора». Реагирование оператора включает в себя как принятие решения, так и элементы действия;
- «закрытие отсекающей задвижки» (действие) само по себе не является барьером. Система должна включать в себя элементы «обнаружить» и «принять решение», либо «БАРЬЕР» не будет функционировать по назначению.

Если какой-либо из элементов «обнаружение – решение – действие» пропущен, то отображение барьера в таком виде сформирует ложное ощущение безопасности, так как будет нарисован «БАРЬЕР», который не полностью функционален.

Для барьеров, так же, как и для оборудования, применимо понятие «НАДЕЖНОСТЬ».

Определение термина «Надёжность» по ГОСТ 27.002-2015: свойство объекта или оборудования сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Типы барьеров с экспертной оценкой надежности представлены в таблице 4.2. Пассивные барьеры, которые не требуют ни участия человека, ни непрерывно работающего оборудования – наиболее надежны. По мере усложнения оборудования, из которого состоит «БАРЬЕР», участия в барьере систем автоматики и человека надежность снижается. Минимальная надежность характерна для активных барьеров с превалирующим участием человека – вспомните ранее рассмотренный нами пример с огнетушителем.

### 4.3. Свойства «БАРЬЕРОВ»

Каждый «БАРЬЕР» должен быть эффективным, независимым и проверяемым.

**Эффективность.** Барьер предупреждения описывается как «эффективный» в том случае, если он выполняет запланированную функцию тогда, когда это требуется, и на уровне установленных нормативов, и это способно само по себе предотвратить развитие риск-фактора в инициирующее событие. Барьер реагирования описывается как «эффективный», если он способен или практически полностью снизить воздействие последствий нежелательного события, или значительно уменьшить их серьезность.

Таблица 4.2

## Надежность различных типов барьеров

НАДЕЖНОСТЬ БАРЬЕРА	ТИП БАРЬЕРА	ОПИСАНИЕ	ПРИЗНАКИ АКТИВНОГО БАРЬЕРА		ПРИМЕРЫ
			ОБНАРУ- ЖИТЬ	ПРИНЯТЬ РЕШЕНИЕ	
Наиболее надежный	Пассивный	Барьер работает за счет своего наличия	Н/П	Н/П	Обваловка, взрыво-защитная перегородка, отбойник, антикоррозийная краска
Надежность барьера равна надежности оборудования, из которого он сформирован, и мер по его защите	Непрерывно работающее оборудование	Барьер функционирует всегда	Н/П	Н/П	Система вентиляции, катодная защита наложенным током
Надежность снижена, т.к. эксплуатационная готовность <sup>17</sup> такого барьера равна произведению эксплуатационных готовностей подсистем: 1. Обнаружить 2. Принять решение 3. Действовать	Активный (оборудование без участия человека)	Все элементы барьера выполнены как технические средства	Технические средства (например, датчик давления)	Технические средства (например, логический контроллер)	Системы управления технологическими процессами и системы противоаварийной защиты

<sup>17</sup> Эксплуатационная готовность: отношение суммарного времени пребывания оборудования в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к суммарному времени пребывания оборудования в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных ТОиР за тот же период.

Надежность барьера снижена из-за наличия человеческого фактора	Активный (с участием человека) (превалирует оборудование)	Барьер представляет собой комбинацию человеческого поведения и роботехнических средств	Технические средства (например, индикатор аварийно высокого уровня и аварийная сигнализация)	Человек (например, оператор аварийную сигнализацию и реагирует)	Технические средства (например, аварийный отсечный клапан) или человек (например, оператор вручную закрывает клапан)	Клапан аварийного останова, активируемый оператором Сигнализатор утечки газа и принятие человеком решения об эвакуации
НАИМЕНЕЕ НАДЕЖНЫЙ БАРЬЕР	Активный (с участием человека) (превалирует человек)	Барьеры состоят из действий человека, часто во взаимодействии с техническими средствами	Наблюдение со стороны человека (например, оператор ходит и наблюдает на предмет обнаружения утечек)	Оценка ситуации человеком (например, решает применить останов и обеспечить оборудование)	Человек участвует при помощи технических средств (например, нажатие кнопки останова, закрытие ручками задвижки)	Обнаружение и реагирование со стороны оператора (например, во время обхода)

**Независимость.** Каждый «БАРЬЕР» должен быть независим от риск-фактора и от других барьеров на этом пути.

Например, если риск-фактором является сбой электропитания, а барьеру для функционирования требуется электропитание, такой «БАРЬЕР» на данном пути недопустим.

Независимыми также нельзя считать барьеры, отказ которых происходит по одной причине (по итогам одного события). Т.е. в идеале не должно быть причины, которая может привести к отказу всех барьеров на одном пути.

Например, в случае, когда имеются два барьера, срабатывающие от нажатия кнопки одним и тем же оператором, то деятельность оператора является общим условием, и его отсутствие может быть вероятной причиной отказа обоих барьеров. Соответственно, если наблюдается отказ одного из барьеров вследствие отсутствия оператора, то в такой ситуации наличие второго барьера практически не сделает ситуацию более безопасной и его рекомендуется либо удалить с диаграммы «галстук-бабочка», либо предусмотреть иной вариант его инициализации, например, 2-го оператора в другом месте. При этом полезно добавить примечание на диаграмму там, где барьеры были удалены из-за проблемы их отказа по одной и той же причине. Или, если зависимые барьеры были оставлены на ДГБ, полезно указать, какие это барьеры.

Риск вероятного отказа барьеров по одной и той же причине должен управляться путем добавления других барьеров. Кроме того, рекомендуется рассматривать возможность использования различных типов барьеров (таких как активные и пассивные, например, система водяного тушения и противопожарные перегородки), что в итоге позволит избежать некоторой части отказов вследствие общей причины.

**Проверяемость** (возможность проверки). Барьеры должны предполагать возможность проведения аудита/проверки/контроля для проверки их работоспособности и надежности. Формально это может быть выполнено через присвоение барьеру стандартов (или нормативов) результативности с точки зрения способности остановить развитие того или иного риск-фактора и стандартов, показателей надежности, в т.ч. одного из основных показателей – коэффициента эксплуатационной готовности.

Например, стандарт результативности для задвижки в идеале включал бы в себя «периодическое сквозное тестирование», т.е. для устройства обнаружения подается сигнал, логический контроллер реагирует и активирует конечное устройство, например, отсечную задвижку. При этом задвижка должна закрыться и обеспечивать герметичность. Проверка установленных стандартов результативности и надежности барьера подтверждает (или не подтверждает) его эффективность.

#### 4.4. Размещение «БАРЬЕРОВ» на ДГБ

При разработке ДГБ для оцениваемого и анализируемого риска важно придерживаться рекомендаций по недопущению размещения излишних, зависимых и/или несущественных барьеров. Кроме того, «БАРЬЕР» на ДГБ должен быть барьером, а не чем-то иным. ДГБ визуализирует последовательное развитие цепочки событий от опасности до нежелательного опасного события. Поэтому при составлении ДГБ придерживаются следующих рекомендаций.

- **Группировка.** При составлении ДГБ важно группировать барьеры таким образом, чтобы были представлены только «эффективные, независимые и проверяемые» барьеры. Такой подход приводит к уменьшению числа барьеров до количества от одного до пяти на каждом пути на левой и правой сторонах ДГБ. Включение ограниченного количества барьеров имеет большое преимущество в том, что такую диаграмму «галстук-бабочка» легче понять, к тому же, управленческий и оперативный персонал не получает ложного чувства безопасности, полагая, что имеется множество барьеров, в то время как на самом деле некоторые из них могут быть взаимозависимыми или фактически представлять собой механизмы контроля деградации.
- **Размещение на ДГБ именно барьеров.** Типичный пример путаницы с барьерами и их мнимым обилием – «БАРЬЕР» из вида (группы) «Исправное техническое состояние объектов и оборудования», который для оборудования, работающего под давлением, всегда представлен стальной (или из другого материала) защитной оболочкой. При этом стальная защитная оболочка проектируется с прочностью, достаточной для того, чтобы обеспечивать герметичность при рабочем и максимальном испытательном давлении, кроме того, еще закладывается определённый запас прочности и дается надбавка на коррозию и другие факторы деградации.

Сама стальная защитная оболочка может иметь факторы деградации (например, коррозия, эрозия, охрупчивание, усталость металла). Чтобы факторы деградации не разрушали её и были обеспечены предусмотренные проектом минимально допустимая толщина стенки и физические свойства материала, имеются следующие механизмы контроля факторов деградации:

- техническая диагностика;
- защита от коррозии, эрозии и т.п.;
- проведение технического обслуживания и ремонта;
- мониторинг факторов деградации;
- прочее.

Все вышеперечисленные меры, с одной стороны, очевидно, снижают риски, связанные с разгерметизацией оборудования, и стоят на пути развития таких риск-факторов, как «высокое давление в оборудовании выше максимального рабочего» или «повышенная концентрация коррозионно агрессивных компонентов

в процессе», поэтому формально могут быть представлены на ДГБ как предупреждающие барьеры вида «Исправное техническое состояние объектов и оборудования». Однако на самом деле все вышеперечисленные меры относятся к механизмам контроля деградации барьера «стальная защитная оболочка» и входят в процессы, связанные с поддержанием и эксплуатацией производственных объектов и оборудования.

Таким образом, меры по поддержанию барьеров барьерами как таковыми не являются, что, однако, не отменяет их актуальности, важности и существенного влияния на соответствующие риски.

При формулировании барьера очень важно дать ему правильное наименование, отражающее его функцию и содержание. Наименования важны, чтобы при доведении информации до сведения пользователя была ясна конкретная функция барьера. Хорошо сформулированные короткие наименования помогают довести до сведения информацию о развернутых барьерах, а также важны с точки зрения проверки качества.

– **Очередность срабатывания – временная шкала.** Барьеры должны быть размещены на ДГБ согласно временной последовательности, в которой они могут сработать. Наиболее логичным вариантом размещения барьеров на диаграмме представляется соответствие временной последовательности их срабатывания. Таким образом, совет состоит в том, чтобы расположить барьеры в том порядке, в котором они должны срабатывать, чтобы было ясно, в какой момент каждый из барьеров необходим. Часто это означает, что сначала появляется контрольная среда, предусмотренная конструкцией (например, стальная защитная оболочка, которая включает в себя критерии выбора материала, нормативы давления), затем идет эксплуатационная контрольная среда, затем автоматические блокировки и т. д.

Пример размещения барьеров в соответствии с порядком их срабатывания показана на рисунке 4.6.

1-й «БАРЬЕР» – при давлении в пределах установленных нормативов защиту от нарушения герметичности обеспечивает стальная защитная оболочка.

2-й «БАРЬЕР» – система КИПиА, которая при превышении давления сообщает оператору о нештатной ситуации или при наличии автоматизации может попытаться самостоятельно ввести процесс в заданные рамки.

3-й «БАРЬЕР» – система противоаварийной защиты, которая автоматически или по команде оператора останавливает процесс для сброса излишнего давления.

4-й «БАРЬЕР» – система аварийного сброса давления.

Каждый из вышеперечисленных барьеров начинает работать, если предыдущий «БАРЬЕР» не остановил развитие риск-фактора.

Примеры «ФАКТОРОВ ДЕГРАДАЦИИ» представлены в таблице 4.3.

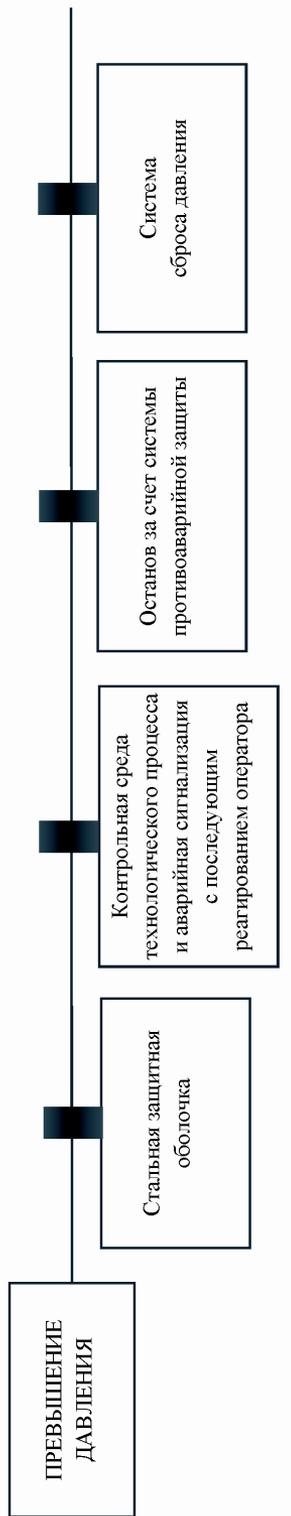
**ПРИМЕР РАЗМЕЩЕНИЯ БАРЬЕРОВ НА ВРЕМЕННОЙ ШКАЛЕ СРАБАТЫВАНИЯ****Рис. 4.6. Размещение предупреждающих барьеров в соответствии с очередностью срабатывания**

Таблица 4.3

## Примеры формулирования «ФАКТОРОВ ДЕГРАДАЦИИ»

БАРЬЕР ОСНОВНОГО ПУТИ	ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ	МЕХАНИЗМ КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ	КОММЕНТАРИЙ
Предохранительный клапан	Предохранительный клапан отсутствует/неисправен	Конструктивное исполнение должно предусматривать предохранительный клапан	<b>Некорректное описание.</b> Фактор деградации не выявляет реальную причину проблемы. «Предохранительный клапан удален для обслуживания» – пример достоверной проблемы, и это позволяет поставить защиту на случай данной ситуации, например: «запасной предохранительный клапан».
Сигнал тревоги и сбор персонала с наветренной стороны	Направление ветра непонятно из-за огромного числа обдувания на заводе или в ночное время суток	Оборудование на возвышении с подсвеченными индикаторами направления ветра	<b>Корректное описание.</b> Этот фактор деградации подчеркивает конкретное обстоятельство, при котором «БАРЬЕР» может отказать.
Предохранительный клапан	Предохранительный клапан заблокирован	Периодические стендовые испытания предохранительного клапана	<b>Некорректное описание.</b> Эта контрольная процедура не является правильной, потому что она не оказывает действие на фактор деградации «предохранительный клапан заблокирован». Использование формулировки об устранении для фактора деградации не делает понятнее того, что причина блокировки связана с закрытием отсечных клапанов.
Стальная защитная оболочка	Оборудование не соответствует технологическим требованиям	Анализ конструкции на предмет соблюдения технических стандартов. Исследование для подтверждения целостности конструкции.	<b>Корректное описание.</b> Этот фактор деградации общего характера, и он позволяет включать несколько разных мероприятий, которые необходимы для обеспечения надлежащего рассмотрения конструкции.

Аварийная сигнализация и эвакуация	Новые сотрудники или посетители, не прошедшие обучение по эвакуации	Программа целостности объекта для поддержания защитной оболочки	
		Обучение по эвакуации для всех новых сотрудников и посетителей	<p><b>Корректное описание.</b> Этот пример подчеркивает, что обучение обычно является механизмом контроля деградации. (Замечание: эвакуация сама по себе не является барьером, так как в ней нет определенных элементов, которые должны содержать активный «БАРЬЕР».)</p>
Использование ремня безопасности	Человек забыл пристегнуть ремень безопасности	Подушка безопасности	<p><b>Некорректное описание.</b> Такая формулировка механизмов контроля деградации некорректна, потому что таким образом она не воздействует на «Человек забыл пристегнуть ремень безопасности». Это должен быть «БАРЬЕР» основного пути. В данном случае фактором контроля деградации может быть раздражающий прерывистый сигнал для водителя, если ремень безопасности водителя или одного из пассажиров не пристегнут.</p>

После ознакомления с предыдущими главами настоящего учебного пособия читатель уже должен получить достаточное представление о природе и структуре риска, а также об основных, наиболее широко применяемых методах его оценки и анализа. Осталось сделать еще 2 важных шага для получения и, главное, понимания полного образа риска.

Необходимо напомнить, что риск, как бы мы его ни рассматривали, всегда включает в себя некоторое нежелательное событие или происшествие в будущем, несущее заинтересованной стороне негативные последствия. И еще крайне важное свойство риска – неопределённость. Т.е. нежелательное событие не обязательно может произойти. Поэтому с практической точки зрения о риске критически важно знать, насколько вероятна его реализация в будущем и какие именно негативные последствия могут наступить. В настоящей главе мы и поговорим о возможности реализации риска и о том, какие негативные последствия он может принести.

В настоящей главе относительно много текста и мало картинок. Для читателя, имеющего ограниченный ресурс времени и полностью доверяющего авторам, достаточно прочесть в этой главе текст, выделенный в рамку, и посмотреть на рисунки.

#### 5.1. Оценка возможности реализации риска

##### *5.1.1. «Частота» или «Вероятность», место статистики*

Ранее во введении мы уже анализировали варианты определения риска, которые начинаются со слова «ВЕРОЯТНОСТЬ...». Сложно не использовать понятие вероятности для событий или происшествий в будущем, которые во многом случайны, или, по крайней мере, точные причины их реализации нам не известны.

Однако сама случайность событий, с которыми мы связываем риски, в действительности под большим вопросом. Благодаря изучению диаграммы «Галстук-бабочка» мы знаем структуру и элементы риска, поэтому должны понимать: чтобы опасности, которые есть всегда, доросли до реализовавшегося риска (опасного события) – они должны проделать тернистый путь с преодолением предупреждающих барьеров, в определённый момент времени преобразоваться, как личинка в мотылька, в инициирующее событие, затем также преодолеть ряд реагирующих барьеров, чтобы вырасти в одно из возможных опасных событий.

Каждый шаг опасности на пути к опасному событию не случаен, даже если такой шаг связан с «непредсказуемым» человеческим фактором. Ошибки человека тоже имеют свою причину, и ими можно управлять. Технические барьеры и вовсе имеют определённую надёжность, требуют технического обслуживания и других мер по поддержанию их эффективности и работоспособности.

Тему «неслучайной» реализации рисков можно долго обосновывать в каждом конкретном их проявлении, но наиболее убедительным доказательством вторичного влияния истинной случайности на реализацию производственных рисков могут служить результаты расследований аварий и катастроф в нефтегазовой отрасли.

Одним из практических упражнений для читателя может быть:

- собрать в открытых источниках материалы расследования 4-х или 5-ти наиболее громких аварий при бурении, добыче, транспортировке и переработке нефти и газа;
- выписать все выявленные непосредственные и системные причины;
- задать самому себе вопрос: обладают ли непосредственные и системные причины свойством случайности – в том смысле, что в настоящее время не существует методов предсказания результата от какого-либо действия или процесса, аналогично тому, как мы не можем точно рассчитать результат испытания по подбрасыванию монеты – «орёл» или «решка».

Чаще всего цепь событий, которая привела к аварии или катастрофе, состоит из вполне оцениваемых и предсказуемых действий, которые ожидаемо могли произойти и привести к преодолению всех предупреждающих и реагирующих барьеров на пути от опасности к опасному событию.

Например, есть народная мудрость: «Не пили сук, на котором сидишь». Таким образом утверждается, что если пилишь сук, на котором сидишь, то неизбежно упадешь. В нашей терминологии совершенно неверно говорить: «Риск упасть при пилении сука, на котором сидишь». Это ошибочное высказывание уже потому, что в данном случае отсутствует неопределённость, которая является необходимым условием для наличия риска – если пилишь сук, на котором сидишь, то точно упадешь. Можно обсуждать, насколько быстро это произойдет, делать расчеты и прочие упражнения, но вся эта история уже не про риски.

Поэтому важно знать, что применительно как минимум к производственным рискам случайный характер их реализации в большинстве случаев или не применим полностью, или фактор случайности вторичен. Реализация производственных рисков – не результат случайных событий, а в большинстве случаев следствие определённых дефектов или недоработок в барьерах. Даже широко распространенное мнение, что в значительной степени риски реализуются по причине случайного совпадения ошибок, дефектов и пробелов в защитных и предупреждающих системах, на деле представляет собой не более чем желание переложить ответственность с реально виновных лиц на случайные совпадения опасностей и имеющихся проблем.

**Реализация производственных рисков –  
не результат случайных событий**

В определенном смысле дискуссия о случайной или неслучайной природе рисков похожа на давний и до сих пор нерешенный философский спор между детерминизмом и индетерминизмом.

Большая российская энциклопедия определяет детерминизм так:

учение об определяемости одних событий или состояний другими, в более общем виде – о взаимосвязи и взаимообусловленности всех явлений и процессов реальности.

Противоположная позиция, отрицающая детерминизм, получила название индетерминизма. Процессуальная сторона детерминизма выражается понятием «детерминация», при этом каузальная (причинная) детерминация рассматривается как частный случай детерминированности, а именно – как определяемость событий их причинами и следствиями.

В нашем случае нефтегазовая отрасль более чем реальна, аварии и катастрофы реализуются регулярно, задача управления рисками и предотвращения их реализации носит практический характер, поэтому более продуктивно придерживаться детерминизма и полагать, что все в наших руках. Вопрос только в нашем умении и настойчивости в достижении поставленных целей, а полагаться на случай можно в казино. Хотя хорошие игроки тоже далеко не всегда полагаются только на случай, а применяют теорию вероятности, так как она в казино применима, и используют чужие ошибки.

Немедленным следствием утверждения, что реализация производственных рисков не случайна, является неприменимость понятия «ВЕРОЯТНОСТЬ».

Тем не менее, необходимо сделать оговорку, чтобы не навлечь на себя гнев многих специалистов («мэтров») в области оценки и анализа рисков, которые широко, но, признаться, достаточно безуспешно, применяют понятие вероятности применительно к производственным рискам, в т.ч. рискам аварий.

**Для оценки возможности реализации  
производственных рисков –  
нельзя применять понятие «ВЕРОЯТНОСТЬ»**

Для отдельных видов риска, таких как, например, страховые риски тех же аварий, ухода из жизни или угона автомобиля, понятие вероятности вполне применимо. С точки зрения страховой компании, каждый выписанный полис – это испытание. И это испытание может закончиться для страховой компании положительно, когда страховое событие не произойдет, а может закончиться отрицательно, когда событие происходит и, к великому неудовольствию страховой компании, ей приходится выплачивать страховку владельцу полиса.

В этом случае можно говорить о вероятности страхового события в течение срока действия полиса. Для оценки такой вероятности анализируется статистика и используется могучий математический аппарат, применяемый в теории вероятности. Однако и пример страховых рисков в действительности опровергает возможность применения понятия вероятности в чистом виде – так, как она определена в теории. На практике страховые компании, прежде чем выписать полис, проверяют страхователя на наличие факторов, которые могут сократить или увеличить вероятность страховаемого ими страхового события. Отсюда и вытекают скидки в стоимости полиса для условно «хороших» страхователей и удорожание полиса для «плохих» страхователей.

Но даже пример страховых рисков демонстрирует, что на практике применительно к рискам используется не понятие «вероятность» так, как это описано в теории вероятности, а сочетание собственно вероятности и заданного промежутка времени. В случае с полисом – это срок его действия. В самом деле, страховую компанию интересует вероятность наступления страхового события только и исключительно в пределах срока действия полиса. Если событие произошло через секунду после окончания срока действия полиса – это уже проблемы страхователя.

А что такое сочетание вероятности и срока? Это ЧАСТОТА. ЧАСТОТА по определению – то, сколько раз то или иное событие происходит в течение заданного промежутка времени.

К примеру, существует частота вращения вала двигателя или частота оборотов, т.е. то, сколько раз в секунду вал двигателя делает полный оборот. Частота может быть и больше, и меньше единицы. Для оценки возможности реализации производственных рисков следует применять именно частоту.

**Для оценки возможности реализации  
производственных рисков  
следует применять «ЧАСТОТУ»**

Важно, однако, понимать, что практически невозможно оценить возможность реализации конкретного опасного события в риске, которая может произойти в случае определённого набора сценариев. Существующие методы оценки и анализа рисков, упомянутые выше, такие как «ДЕРЕВО ОТКАЗОВ» или «ДЕРЕВО СОБЫТИЙ», формально предлагают услугу количественной оценки или расчета «вероятности» / «частоты» по каждому возможному сценарию. Для целей проектирования и т.п., возможно, что-то получается, но для действующего объекта, на который влияет множество непроектных факторов, начиная с не вовремя сделанного ремонта и техобслуживания и заканчивая недоученным персоналом, оценка частоты реализации риска – дело неблагодарное. Погрешность расчета неизбежно будет неприемлемой, а трудозатраты для его проведения будут такими, что проще, полезнее и дешевле навести полный порядок на объекте

и привести его в нормативное состояние, которое соответствует проектным решениям и применимым требованиям безопасности.

Частота реализации рисков, как правило, определяется на основе статистики. Случаи, когда частоту можно рассчитать, существуют в природе, но это, скорее, исключение из общего правила. Статистика предоставляет информацию о том, сколько раз в течение суток, месяца, года, десятилетия, века то или иное опасное событие происходило в отрасли в похожих (но не полностью идентичных анализируемому риску) условиях. Поэтому формулировки частоты реализации риска на практике имеют следующие примеры:

- 1) не происходило в отрасли, но теоретически может произойти;
- 2) не происходило в нашей компании, но есть примеры в других компаниях;
- 3) происходит не чаще, чем 1 раз в 10 лет;
- 4) происходит 1–2 раза в 5 лет;
- 5) происходит не чаще, чем 1 раз в год в нашей компании;
- 6) происходит 1 и более раз в течение года в нашей компании;
- 7) происходит от 10 и более раз в течение года в нашей компании.

Подобных формулировок существует большое количество, отдельные примеры мы рассмотрим в следующей главе, посвященной матрицам рисков.

Часто вышеизложенное описание частот сопоставляют с вероятностью или частотой. Про вероятность не будем повторяться – так делать нельзя, а численные значения частоты вполне применимы:

- «происходит 1 и более раз в течение года в нашей компании» можно численно отобразить как частоту  $\Omega > 1/\text{год}$ ;
- «происходит не чаще чем 1 раз в 10 лет» эквивалентно частоте  $\Omega = 10^{-1}/\text{год}$ .

Важное уточнение:

оценка частоты реализации производственного риска для конкретного актива, или объекта, или единицы оборудования, основанная на статистических данных по объектам-аналогам, никакого отношения к реальности не имеет. В данном случае полностью уместен подход страховых компаний. Они знают статистику реализации страховых случаев, но для каждого клиента стараются выяснить его особенности с целью понять: в данном случае частота реализации риска выше или ниже, и если информации недостаточно, то могут и отказать в выдаче страхового полиса.

**Оценка возможности реализации  
производственных рисков для конкретного актива/объекта/  
единицы оборудования на основе статистики  
– неприменима и может привести к фатальным ошибкам**

Итогом нашего изложения подходов к оценке возможности реализации производственных рисков является неутешительный вывод:

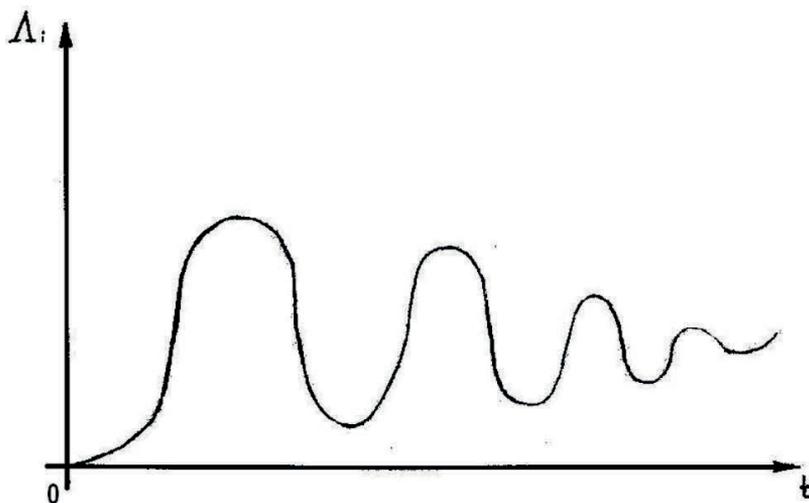
- количественная оценка возможности реализации риска для «живого» актива/объекта/единицы оборудования – сложная, затратная и неточная в связи

- с невозможностью учесть и количественно описать важные факторы, которые влияют на результаты расчета;
- оценка возможности реализации риска по статистическим данным объектов-аналогов хороша, если таких активов, объектов и единиц оборудования у вас десятки и сотни, а в каждом конкретном случае она только вредна, т.к. может привести к излишнему спокойствию;
  - также глубоко ошибочной практикой представляется применение для оценки частоты реализации рисков собственной статистики на этом же активе, объекте или единице оборудования. К чему может привести такая практика, будет показано в следующем разделе.

### ***5.1.2. Количественная оценка возможности реализации производственных рисков VS реальность***

Для начала приведем пример зависимости частоты отказов от времени, а в нашем случае каждый отказ можно считать реализовавшимся риском, и тогда известная зависимость частоты отказов от времени может служить инструментом прогноза количества реализации рисков в каждый момент времени. Такого рода зависимости изучает и рассчитывает теория надежности, см., например, учебное пособие [13].

На рисунке 5.1 приведена (из упомянутого учебного пособия по теории надежности) характерная зависимость частоты отказов для систем с однотипными элементами, такими как подшипники, или клапаны, или участки трубопроводов, которые в процессе эксплуатации восстанавливаются в случае отказа не целиком, а ремонтируются или заменяется только отказавший элемент.



**Рис. 5.1.** Характерная зависимость частоты отказов от времени для систем с однотипными элементами при условии проведения адресного ремонта отказавших элементов

Показанная на рис. 5.1 зависимость демонстрирует, что если мы рассмотрим очень типовой и очень проблемный вид объектов для любого нефтегазового актива – технологические и промышленные трубопроводы, то в любой момент времени имеющиеся тенденции роста или снижения отказов ничего не могут предсказать о том, что будет в последующие периоды, т.е. мы можем наблюдать как сохранение имеющейся тенденции к росту или снижению отказов, так и совершенно обратное.

Анализ аварийности трубопроводов – благодарное занятие с точки зрения вывода на чистую воду различных попыток строгой количественной оценки частоты отказов и будущей аварийности на основании имеющихся статистических данных и, как правило, неполной информации о техническом состоянии каждого эксплуатируемого участка трубопроводной сети.

Указанный на рис. 5.1 характер зависимости частоты отказов от времени (с обязательным наличием максимума в определённом интервале срока эксплуатации трубопроводов) в публикациях, посвящённых проблеме прогнозирования аварийности или вероятности отказов, не был выявлен или интерпретировался не как закономерное следствие из теории надёжности, а как результат сложения динамики частоты отказов на трубопроводах с различными условиями эксплуатации. Так, например, в работе «Статистический анализ надёжности нефтепромысловых трубопроводов» [14] рассчитано монотонное снижение вероятности безотказной работы нефтепромысловых трубопроводов с ростом срока эксплуатации, а приведённая фактическая аварийность на одном из месторождений в Западной Сибири с ярко выраженными 2-мя максимумами на 3-й и 6-й годы эксплуатации объясняется динамикой частоты отказов для трубопроводов с различным эксплуатационным давлением – более 2 МПа и менее 2 МПа. «Модели оценки надёжности нефтепромысловых трубопроводов с применением теории катастроф» [15] выполнен расчёт вероятности безотказной работы с применением теории катастроф (см., например, источники [16–19]) и также получено монотонное снижение вероятности с увеличением срока эксплуатации, т.е. возможность реализации рисков возрастает...

В работе «Анализ риска аварийности нефтепромысловых трубопроводных систем Нижневартовского района» [20] на основании расчётов показан монотонный рост вероятности числа отказов, т.е. снижение вероятности безотказной работы, а значит, рост возможности реализации рисков.

В работе «Аварийность трубопроводов и экологические последствия, сопряжённые с загрязнением естественных территорий (на примере Оленьего месторождения)» [21] на примере анализа аварийности нефтепромысловых трубопроводов Оленьего месторождения сделан вывод: в целом прослеживается характерная тенденция к росту аварийности трубопроводов, находящихся в длительной эксплуатации. Количество аварийных ситуаций имеет прямую пропорциональную зависимость от срока эксплуатации...

Сделанные в вышеперечисленных работах выводы о росте частоты отказов с увеличением сроков эксплуатации (в данном случае нефтепромысловых трубо-

проводов), возможно, на отдельном непродолжительном отрезке времени и подтвердились, но в целом противоречат теории надежности и реальной многолетней статистике.

Зависимость частоты отказов нефтепромысловых трубопроводов от времени соответствует рассматриваемому в теории надёжности случаю показателей надёжности восстанавливаемых изделий при отказах – так, как показано на рис. 5.1. Следствием того, что изделие при отказе подлежит восстановлению, является зависимость частоты отказов от времени с локальными максимумами. Физическая природа данного явления заключается в том, что скорость износа каждого элемента в системе разная и находится в определённом интервале от  $V_{\min}$  до  $V_{\max}$ .

Показательный пример влияния физической природы ключевого фактора деградации для трубопроводов – коррозии – закономерность изменения аварийности нефтепромысловых трубопроводов во времени, опубликованная в одноимённой работе [22] и аналогичной, более прикладной работе «Повышение надёжности трубопроводов, подверженных локальной коррозии» [23]. В данных работах анализируется зависимость частоты порывов (ЧП) нефтепромысловых трубопроводов (НПТ), связанных с коррозией, от времени их эксплуатации. Теоретически показано, что аварийность НПТ сначала возрастает, а после достижения некоторого максимума – снижается. Правомерность этого заключения иллюстрируется данными по аварийности различных типов НПТ.

Нарушение целостности НПТ из-за внутренней и внешней коррозии – частая причина аварий [24]. Эффективность мер защиты от нее, без которых масштабная добыча, транспортировка и переработка углеводородного сырья невозможны, оценивается различными показателями: «удельная аварийность», «срок до первого ремонта», «критический срок эксплуатации» и др. (см. учебное пособие «Поддержание инфраструктуры месторождений нефти и газа. Управление целостностью опасных производственных объектов» [12]). Одним из важных критериев является ЧП НПТ, т.е. факт разгерметизации НПТ из-за сквозных коррозионных повреждений. Подразумевается, что от года к году в отсутствие мер защиты эта характеристика возрастает, и чем старше труба, тем выше ЧП. Снижение или стабилизацию ЧП на НПТ определенного типа принято считать результатом мер по его защите (например, ингибиторной) или снижения коррозионной активности среды.

Несложно показать, что интуитивно ясное монотонное возрастание ЧП трубы во времени в реальных условиях не соблюдается.

Рассмотрим корродирующую поверхность металлической трубы как совокупность участков, характеризующихся (в силу различий в составе жидкости, режимах эксплуатации, металлургической неоднородности и др.) различными скоростями утонения ( $K$ ), обусловленными внутренней и внешней коррозией.

Отметим, что участки бесконечно высокой  $K$ , обеспечивающей мгновенную перфорацию трубы, среди них отсутствуют. Действительно, какое-то, пусть небольшое, время после начала эксплуатации целостность трубы сохраняется.

Отсутствуют также участки с  $K = 0$ . Несмотря на то, что  $K$  отдельных участков очень мала, она все же отлична от нуля. Коррозии с различной скоростью подвержена вся, по крайней мере, внутренняя поверхность трубы.

Между бесконечно высокой и нулевой скоростями утонения лежат значения  $K$ , характеризующие участки, ответственные за аварийность НПТ. Таким образом, распределение числа участков по скоростям коррозии имеет экстремальный характер с одним или несколькими максимумами.

Количество участков с величинами  $K$  в интервале от  $K_1$  до  $K_2$ , выраженными в мм/год, характеризует число перфораций трубы толщиной  $L$  мм за время от  $L/K_1$  до  $L/K_2$  лет, т.е. ЧП. Поскольку ремонтные работы по ликвидации порывов обычно сводятся к удалению поврежденного участка трубы, вместо которого варивается новый участок или «катушка», экстремальный характер распределения числа участков поверхности трубы по скоростям утонения определяет такой же характер частоты новых порывов во времени. Первое время ЧП определенного типа НПТ будет возрастать, однако по достижении некоторого максимума неизбежно наступит спад ЧП, причем не связанный с изменениями условий эксплуатации трубы.

Это парадоксальное на вид заключение хорошо согласуется с опытом эксплуатации НПТ. Рассмотрим данные по аварийности основных типов НПТ ПЕ «Центр» и «Юг» БЕ «Оренбург-Саратов» ТНК-ВР за 2004 год. В табл. 5.1 и 5.2 представлены величины числа порывов на километр протяженности нефтесборных сетей, напорных нефтепроводов, водоводов низкого и высокого давления, а также выкидных линий для труб различных сроков эксплуатации. Существенно, что до 2004 года какие-либо мероприятия по защите труб от внутренней коррозии на анализируемых НПТ не проводились. Внешняя защита НПТ ограничивалась, как правило, низкокачественным плёночным покрытием, выполненным в полевых условиях и поэтому имеющим многочисленные дефекты.

Таблица 5.1

**Данные по аварийности основных типов НПТ  
ПЕ «Центр» БЕ «Оренбург-Саратов» ТНК-ВР за 2004 г.**

Тип НПТ	Число порывов на километр НПТ для труб со сроками эксплуатации:				
	до 5 лет	от 5 до 10 лет	от 10 до 15 лет	от 15 до 20 лет	свыше 20 лет
нефтесборные сети	0,23	1,23	2,65	0,28	0,60
напорные нефтепроводы	0,01	0,21	0,07	0,01	0,17
водоводы низкого давления	0,06	0	0,17	0	0,47
водоводы высокого давления	0,33	0,27	0,35	0,50	0,23
выкидные линии	0,57	0,64	0,48	0,36	0,39

Таблица 5.2

**Данные по аварийности основных типов НПТ  
ПЕ «Юг» БЕ «Оренбург–Саратов» ТНК-ВР за 2004 г.**

Тип НПТ	Число порывов на километр НПТ для труб со сроками эксплуатации:				
	до 5 лет	от 5 до 10 лет	от 10 до 15 лет	от 15 до 20 лет	свыше 20 лет
нефтеборные сети	0	0,63	4,25	0,59	0,43
напорные нефтепроводы	0,10	0	–	1,47	0,07
водоводы низкого давления	0	0	0,99	0,70	0,65
водоводы высокого давления	0,01	0,54	0,70	0,31	0,31
выкидные линии	0,51	0,67	0,67	0,23	0,60

Можно видеть, что в процессе эксплуатации труб ЧП сначала возрастает, а потом заметно снижается. Например, число порывов нефтеборных сетей ПЕ «Центр» для труб со сроками эксплуатации до 5 лет составляло в 2004 году 0,23 на километр протяженности трубы. С ростом продолжительности эксплуатации труб до 5–10 лет и 10–15 лет аварийность возрастала до 1,23 и 2,65 порывов на километр, соответственно, т.е. более чем в 10 раз. Дальнейшее увеличение срока эксплуатации сопровождалось резким снижением ЧП.

Для напорных нефтепроводов и выкидных линий пик аварийности приходился на 5–10 лет эксплуатации трубы, для водоводов высокого давления – на 15–20 лет. Более длительная эксплуатация этих НПТ, как и в случае нефтеборных сетей, приводила к снижению аварийности.

Аналогичные зависимости с максимумами характерны и для НПТ ПЕ «Юг». Снижение аварийности почти в 3 раза после максимума для труб, эксплуатируемых 5–15 лет, зафиксировано для выкидных линий. Еще более резкий спад ЧП наблюдался на нефтеборных сетях.

Таким образом, представленные выше данные свидетельствуют о четко выраженной закономерности: по мере эксплуатации НПТ в отсутствие специальных мер по защите от коррозии аварийность на них сначала возрастает, а затем заметно снижается. Это обстоятельство необходимо учитывать при оценке эффективности мероприятий по защите (например, ингибиторной) НПТ от коррозии. Становится понятно, что снижение ЧП, даже значительное, далеко не всегда является следствием этих мероприятий. С другой стороны, рост ЧП может сопровождать меры, заметно снижающие скорости внутренней и/или внешней коррозии.

**Количественный расчет частоты отказов, а в общем случае частоты реализации рисков имеет неизвестную и, как правило, очень высокую погрешность, но, что еще хуже, может ошибаться в оценке их роста или снижения с течением времени**

Приведенные на основе опыта эксплуатации нефтепромысловых трубопроводов примеры реальной зависимости частоты отказов и примеры работ, в которых производились попытки получить прогнозы на основании расчетов, показывают, что ценность таких прогнозов может вызывать большие сомнения – и на их основе опасно принимать управляющие решения по обеспечению работоспособности нефтегазовых активов.

Другим, малозаметным, но принципиальным следствием вышеописанных случаев является вывод о неприменимости каких-либо статистических оценок, пусть даже с использованием серьезных численных методов расчета, для оценки ресурса или возможности отказа конкретной единицы оборудования или объекта.

Для оценки ресурса или возможности отказа в рамках оцениваемого промежутка времени должны применяться и применяются в промышленности методы выявления дефектов, оценки скорости их развития, расчеты прочности и т.п.

### 5.1.3. Частота реализации рисков, связанных с отказами оборудования

Производственные риски в значительной мере так или иначе связаны с отказами оборудования. Поэтому для понимания возможности реализации риска в будущем полезно знать, что по поводу прогнозирования отказов нам может дать теория надежности.

В связи с этим обратимся к распределению Вейбулла [25]. В нашу задачу не входит изучение самого распределения и могучего математического аппарата, который применяется в расчетах, нам важен результат его применения для расчета частоты отказов единицы оборудования при многократном использовании – см. рисунок 5.2. Часто такую визуализацию называют «Ванна Вейбулла».

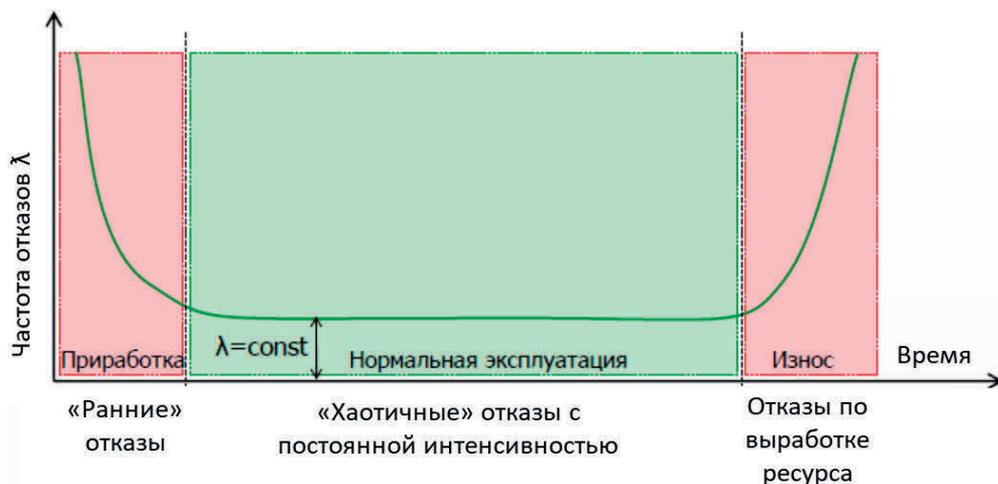


Рис. 5.2. «Ванна Вейбулла»

На рис. 5.2 показано характерное для многих технических систем и единиц оборудования распределение частоты отказов во времени в зависимости от срока эксплуатации.

В начальный период эксплуатации возможно, и так часто бывает, наличие «ранних» отказов (также это называется «ранняя аварийность», более распространенное в быту название – «детские болезни»). Причины ранних отказов могут самые разные, приведем лишь некоторые из них:

- ошибки проектирования;
- применение бракованных элементов или единиц оборудования;
- скрытые, а иногда и не скрытые дефекты строительства или сборки;
- ошибки при проведении пусконаладочных работ, которые могут приводить к порче и/или ускоренному износу;
- ошибки или неполная информация в технологических регламентах по эксплуатации и инструкциях;
- недостаток компетенций и опыта у обслуживающего персонала.

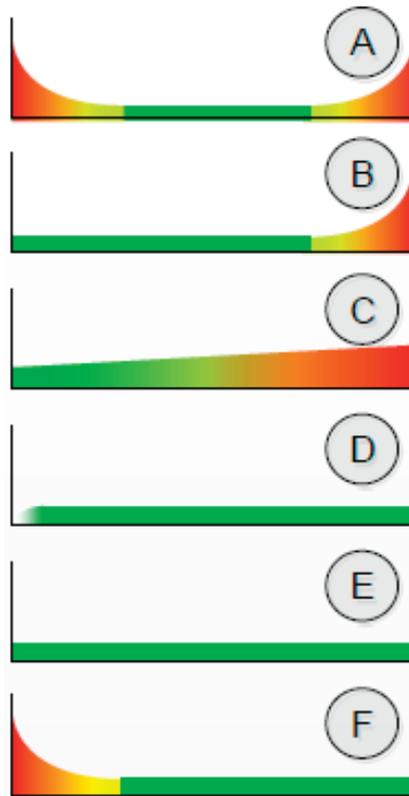
За начальным периодом с ранними отказами наступает затишье на определенный срок. Такой период называют нормальной эксплуатацией, когда отказы тоже возникают, но их называют «хаотическими». Мы-то с читателем знаем, благодаря изучению метода «ГАЛСТУК-БАБОЧКА», что и эти отказы – никакие не хаотические. Хаотическими их называет эксплуатирующая организация, которую в принципе устраивает достаточно низкая частота отказов в период нормальной эксплуатации, а расследовать их причины и тем самым в большинстве случаев выставлять напоказ собственные ошибки и недоработки никому не надо. «Хаотические» отказы в период нормальной эксплуатации тоже имеют множество причин. Вот самые характерные из них:

- проколы, ошибки, недостаточное качество и объём технического обслуживания и ремонта; все это находится в зоне прямой ответственности эксплуатирующей организации – вот, пожалуй, главная причина, почему отказы в процессе нормальной эксплуатации называют «хаотическими»;
- все те же ошибки проектирования, т.к. не все проектные ошибки станут видны в начальный период. Например, защита от экстремальных климатических условий может показать свою несостоятельность через много лет эксплуатации, если таких условий в предыдущие годы просто не было;
- недостаток компетенций и опыта – текучесть кадров никто не отменял;
- скрытые дефекты, которые не проявились в начальный период эксплуатации;
- и так далее...

Можно сказать, что причины отказов при нормальной эксплуатации также многообразны, как и в начальный период.

С наступлением физического износа частота отказов растёт и оборудование или объект переходит в так называемое предельное состояние, когда дальнейшая эксплуатация либо запрещена в соответствии с требованиями безопасности, либо ущерб от отказов становится сопоставим с полной заменой или капитальным ремонтом.

В заключение этого раздела приведем некоторые модели<sup>18</sup> отказов в визуализации, аналогичной «Ванне Вейбулла», см. рисунок 5.3.



**Рис. 5.3. Различные модели отказов для технических систем**

Модели отказов:

«А» – высокий уровень «ранних» отказов, далее «хаотичные» отказы, в конце срока эксплуатации – отказы, связанные с износом;

«В» – отсутствие ранних отказов, далее «хаотичные» отказы, в конце срока эксплуатации – отказы, связанные с износом;

«С» – равномерное повышение вероятности отказа.

Модели отказов «А», «В» и «С» в основном применимы к простым или комплексным единицам оборудования или объектам с одним доминирующим видом отказа. Частыми причинами таких отказов являются деградация поверхностей при прямом контакте с продуктом из-за коррозии, усталости и эрозии.

Динамика изменения частоты отказов в модели «С» демонстрирует типичную ошибку «теоретиков», не знающих реальность во всех ее проявлениях. На

<sup>18</sup> Модели отказов представлены по материалам тренинга «Надежность активов и целостность оборудования» компании MAINTEX (Москва, офисный парк Comcity). E-mail: info@maintex.ru

самом деле частота отказов по модели «С» должна выглядеть так же, как динамика отказов на рис. 5.1. Обратимся к следующим моделям отказов:

«D» – увеличение вероятности отказа, далее «хаотичные» отказы;

«E» – «хаотичные» отказы. Взаимосвязь между пробегом/возрастом и вероятностью отказа отсутствует;

«F» – высокий уровень «ранних» отказов, далее только «хаотичные» отказы.

Модели отказов «D», «E» и «F» характерны для комплексного оборудования (электроника, гидравлика, пневматика). Например, на практике практически все виды подшипников отказывают по схеме «E».

К моделям отказов следует добавить одно очень важное наблюдение, подтверждающееся на практике и непосредственно вытекающее из приведенных на рис. 5.3 графиков:

– большинство отказов, а соответственно, и частота реализации рисков, с ними связанных, не происходят по причине старения оборудования.

**Частота реализации рисков с инициирующим событием «ОТКАЗ ОБОРУДОВАНИЯ», как правило, не связана со старением и износом оборудования**

Поэтому, когда читатель услышит в средствах массовой информации или от коллеги о том, что риски растут, безопасность снижается оттого, что производственные мощности, инфраструктура, активы и т.п. изношены и стареют – важно знать, что это на самом деле не так. Причины надо искать в другом месте...

## 5.2. Виды и оценка негативных последствий реализации рисков

Негативные последствия производственных рисков, в т.ч. в области промышленной безопасности, охраны труда и охраны окружающей среды, могут наступить при их реализации в следующих областях:

- **для людей**, а это может быть как производственный персонал на объекте или активе, так и представители подрядных организаций или просто население, которое постоянно или временно располагается в зоне воздействия опасного события в риске. Последствия для людей могут выражаться в виде нанесения вреда здоровью, травм вплоть до смертельных случаев. Часть таких последствий может быть оценена в денежном выражении – затраты на лечение, различные компенсации, страховки и т.п., но часть последствий, такие как травмы с последующей инвалидностью или смертельные случаи, не поддаются количественной оценке в денежном выражении;
- **для окружающей среды**. В основном, вред окружающей среде заключается в загрязнении атмосферы, водных объектов и прилегающей территории. Загрязнение окружающей среды приносит вред флоре и фауне. Благодаря

развитому природоохранному законодательству в большинстве стран экологический ущерб рассчитывается по фактическому загрязнению, выставляются счета на компенсацию потерь флоре и фауне, штрафы и, кроме того, в обязательства виновника входит задача восстановления нарушенной природы и очистки от загрязнений;

– **для бизнеса.** Ущерб для бизнеса состоит из различных компонентов, каждая компания может считать его по-разному, но при любых различиях, как правило, в него входят:

1) затраты на восстановление работы объектов и активов;

2) потери выпущенной продукции (именно выпущенной, например, разлитая нефть, а не той продукции, которую не выпустили из-за реализации риска);

3) затраты на расследование причин происшествия, которое привело к реализации риска;

4) штрафы или иные выплаты за невыполнение контрактных или лицензионных обязательств;

5) штрафные санкции надзорных органов за выявленные нарушения (исключая штрафы за ущерб окружающей среде);

6) оплата ущерба третьим лицам;

7) потери от простоя в виде невыпущенной продукции;

8) прочее.

Затраты по пп. 1–6 обычно принято называть прямым ущербом для бизнеса, т.к. он наступает вне зависимости от желания владельцев компании, а прочие потери – косвенные, т.к. они оперируют не с фактами, а с оценками – что могло бы быть, если бы риск не реализовался. Ущерб, который оценивается по таким оценочным признакам, называют косвенным. На практике, особенно если в результате реализации риска происходит длительная остановка производства, косвенный ущерб может многократно превышать прямой.

– **для репутации.** Это наиболее сложно оцениваемый вид ущерба, т.к. репутацию, как и жизнь и здоровье человека, купить невозможно, ее надо годами нарабатывать, а лишиться можно от одного происшествия с большим общественным резонансом.

**Негативные последствия опасных событий при реализации рисков происходят в 4-х областях: люди, окружающая среда, бизнес, репутация**

### ***5.2.1. Шкалы для оценки последствий опасного события в риске***

Для каждой области ущерба для целей оценки величины риска можно встроить некую шкалу (метрику) последствий – от максимального значения до минимального.

Для **ущерба людям**, а он выражается в травматизме и влиянии на здоровье, такая шкала от максимума к минимуму может быть следующей (примерно такая

градация применяется в системах оценки рисков многих нефтегазовых компаний, отличаются только формулировки, шаг и количественные показатели).

«А». 25 или более смертельных случаев или случаев с полной потерей трудоспособности.

«В». 10 или более смертельных случаев или случаев с полной потерей трудоспособности.

«С». 2 или более смертельных случая или случая с полной потерей трудоспособности.

«D». Смертельный случай или случай с полной потерей трудоспособности, несколько травм с временной потерей трудоспособности, 2 и более случая острого или хронического профессионального заболевания.

«Е». Травма с временной (одна или более рабочей смены) потерей трудоспособности. Случай острого или хронического профессионального заболевания.

«F». Оказание медицинской помощи без потери трудоспособности.

«G». Нет необходимости в оказании медицинской помощи.

Пример такой шкалы оценки последствий опасных событий для людей позволяет любому риску присвоить буквенное значение от «А» до «G» по убыванию. Соответственно, если в риске опасное событие может привести к смертельному случаю работника или любого другого человека, то такой риск мы обозначим по уровню последствий для людей – «D».

Аналогично может быть выстроена шкала по **ущербу для окружающей среды**. Разумеется, т.к. экологический ущерб может быть оценен в денежном выражении, то и риск, соответственно, тоже может быть выражен в валюте страны пребывания актива или в одной из мировых валют (доллар, евро, юань и т.п.). Но оценка экологического ущерба в денежном выражении требует дополнительных расчетов и очень зависит от текущего законодательства, в том числе регионального. Поэтому для ущерба окружающей среде на практике тоже применяют описательную шкалу, привязанную к физическим параметрам загрязнений, а градацию по количественным показателям стараются привязывать к критериям чрезвычайных ситуаций или шкалы штрафов в законодательстве. Приведен типовой пример<sup>19</sup> шкалы для оценки последствий опасного события в риске для окружающей среды от максимума к минимуму.

«А». Критическое негативное воздействие:

– *Воздействие с крупным выбросом и ущербом окружающей среде, которая остаётся в «неудовлетворительном» состоянии на период > 5 лет.*

«В». Крайне высокое негативное воздействие:

– *воздействие с крупным ущербом для нечувствительной окружающей среды, которая остаётся в «неудовлетворительном» состоянии на период > 5 лет;*

<sup>19</sup> Описание уровней воздействия на окружающую среду приведено по аналогии с корпоративным стандартом компании BP: GDP 3.1-0001 Assessment, Prioritization and Management of Risk in the asset // Корпоративный стандарт BP, 2011.

– воздействие с крупным ущербом для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до «удовлетворительного» состояния за период более 1 года и до 5 лет.

«С». Высокое негативное воздействие:

– воздействие с крупным ущербом для нечувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до «удовлетворительного» состояния за период более 1 года и до 5 лет;

– воздействие с крупным ущербом для окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за 1 год;

– воздействие с крупным ущербом для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких месяцев.

«D». Значительное негативное воздействие:

– воздействие с крупным ущербом для нечувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за 1 год;

– воздействие с локальным ущербом для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за 1 год.

«E». Среднее негативное воздействие:

– воздействие с локальным ущербом для нечувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за 1 год;

– воздействие с крупным ущербом для нечувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких месяцев;

– воздействие с локальным ущербом для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких месяцев;

– воздействие с крупным ущербом для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких дней или недель.

«F». Низкое негативное воздействие:

– воздействие с локальным ущербом для нечувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких месяцев;

– воздействие с непосредственным ущербом на площадке для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких месяцев;

– воздействие с крупным ущербом для нечувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких дней или недель;

– *воздействие с локальным ущербом для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких дней или недель.*

«G». Крайне низкое негативное воздействие:

– *воздействие с непосредственным ущербом на площадке для нечувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких месяцев;*

– *воздействие с локальным ущербом для нечувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких дней или недель;*

– *воздействие с непосредственным ущербом на площадке для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких дней или недель.*

В нашем примере шкала экологического воздействия опасных событий производственных рисков ориентируется на 3 ключевых признака. Первый – это чувствительная или нечувствительная к загрязнениям территория или водный объект, второй – скорость восстановления загрязненной окружающей среды и третий – масштаб загрязнения: крупный или локальный. Возможны применение и других признаков и, как отмечалось выше, привязка к законодательству, но приведенное описание шкалы экологического ущерба можно считать достаточно универсальным именно благодаря отсутствию каких-либо прямых связей с законодательством и нормативными актами страны пребывания актива. Так и необходимо поступать в крупных компаниях, ведущих свой бизнес в разных странах и на разных континентах, т.к. оценивать риски необходимо в том числе и для того, чтобы их можно было ранжировать и выявлять наиболее приоритетные для принятия мер по их снижению или устранению.

В качестве недостатка такого обобщенного подхода к описанию шкалы в данном случае экологических последствий следует отметить, к примеру, отсутствие четкого разграничения, что считать крупным, а что локальным загрязнением или ущербом. Разные специалисты в разных странах могут по-разному ответить на данный вопрос. Но для решения таких коллизий подготавливаются специальные инструкции и пояснения.

Аналогично оценке по последствиям для людей, риски могут быть оценены и с точки зрения последствий для окружающей среды буквенными символами от «А» – критический уровень, до «G» – крайне низкий.

Самая простая метрика, или шкала, – **для оценки ущерба бизнесу**. Это связано с тем, что ущерб бизнесу оценивается в денежном выражении, поэтому и шкала привязывается к определенным суммам ущерба, прямого или косвенного, или их суммы (на усмотрение составителя шкалы). По аналогии со шкалами для ущерба людям и окружающей среде шкала ущерба бизнесу может быть такой (от максимума к минимуму):

- «А». Критическое негативное воздействие: более 10 млрд руб.
- «В». Крайне высокое негативное воздействие: от 1 млрд руб. до 10 млрд руб.
- «С». Высокое негативное воздействие: от 300 млн руб. до 1 млрд руб.
- «D». Значительное негативное воздействие: от 100 млн руб. до 300 млн руб.
- «Е». Среднее негативное воздействие: от 30 млн руб. до 100 млн руб.
- «F». Низкое негативное воздействие: от 10 млн руб. до 30 млн руб.
- «G». Крайне низкое негативное воздействие: менее 10 млн руб.

Конкретные значения интервалов величины материального ущерба для бизнеса и применяемая валюта зависят от цели и компании, для которой шкала разрабатывается. Понятно, что есть крупные компании, для которых реализация риска с ущербом менее 10 млн руб. ничего не значит для их финансов, для других и 5 млн. ущерба – путь к банкротству. Приведённый пример шкалы характерен для крупных транснациональных нефтегазовых компаний масштаба BP, Shell, ЛУКойл, Saudi Aramco, Роснефти и т.д.

Для ущерба репутации также необходима метрика или шкала, по которой можно оценить, насколько критический или незначительный ущерб может принести опасное событие для владельца производственного объекта или актива. Описание такой шкалы сильно зависит от того, как вообще понимается ущерб репутации и насколько он может быть критичен для компании. В общем случае проблемы с репутацией волнуют в большей степени те компании, которые работают в разных странах и сильно зависимы от мнения заинтересованных сторон. Напротив, компании, работающие в рамках одного региона или государства и со значительной долей государственной собственности, с одной стороны, могут себе позволить не особенно заботиться о репутации, но с другой стороны, особенно при наличии в составе собственников государственных структур – репутация компании влияет на репутацию государства, а это уже совсем иная мера ответственности.

Приведем пример шкалы для оценки ущерба репутации.

- «А». Критическое негативное воздействие:
  - *Возмущение общественности или инвесторов в глобальном масштабе. Угроза потери лицензий на мировом уровне.*
- «В». Крайне высокое негативное воздействие:
  - *Потеря лицензии на эксплуатацию значимого актива на значимом сегменте рынка<sup>20</sup>.*
  - *Вмешательство со стороны правительства значимой страны<sup>21</sup>.*
  - *Возмущение общественности или инвесторов на значимых сегментах рынка.*
  - *Ущерб отношениям с ключевыми заинтересованными сторонами.*

<sup>20</sup> Значимый сегмент рынка для компаний может быть определён по-разному. Для одной компании, это, например, США, Евросоюз, Россия, а для другой – страны Юго-Восточной Азии и т.п.

<sup>21</sup> Значимые страны тоже определяются компаниями по-разному, в варианте BP это США, Великобритания, Евросоюз, Россия.

«С». Высокое негативное воздействие:

- Потеря лицензии на эксплуатацию иного материального актива или серьёзные санкции против значимого актива на значимом рынке.
- Вмешательство со стороны правительства страны на значимом сегменте рынка.

«D». Значительное негативное воздействие:

- Серьёзные санкции против материального актива на незначимом рынке, или против других активов на значимом рынке.
- Вмешательство со стороны правительств на незначимых сегментах рынка.
- Возмущение общественности или инвесторов на незначимом сегменте рынка, или локализованное или ограниченное возмущение «заинтересованной группы» на значимом сегменте рынка.
- Продолжительное негативное освещение в национальных или международных СМИ.
- Широко распространённое негативное социальное воздействие.
- Ущерб отношениям с ключевыми заинтересованными сторонами на отдельных частях сегмента рынка.

«E». Среднее негативное воздействие:

- Прочие негативные санкции со стороны регулирующих органов.
- Ограниченное возмущение «заинтересованной группы» на незначимом рынке.
- Краткосрочное негативное освещение в национальных или международных СМИ.
- Ущерб отношениям с ключевыми заинтересованными сторонами для отдельных крупных активов.

«F». Низкое негативное воздействие:

- Несоответствие требованиям законодательства, которое не ведёт к законодательным или иным последствиям высокого уровня тяжести.
- Продолжительное освещение в местных СМИ.
- Местное негативное социальное влияние.

«G». Крайне низкое негативное воздействие:

- Краткосрочное освещение в местных СМИ.
- Определённые нарушения местных операций (например, прекращение доступа к единичной дороге менее чем на сутки).

«H». В рамках текущей производственной деятельности:

- Отдельные и краткосрочные жалобы соседей (например, жалобы о конкретном эпизоде шума).

### **5.2.2. Оценка ущерба от опасных событий**

В предыдущем разделе показано, как ущерб от опасных событий может быть ранжирован с применением метрик – шкал, адаптированных под каждую область негативных последствий. Сейчас нам предстоит обсудить возможные пути оценки тех самых последствий опасных событий.

В мировой практике существует очень большое количество методов расчета возможных последствий от различных происшествий на производстве.

Очень хорошо проработаны модели распространения пожаров для промышленных объектов, гражданских построек, зданий, сооружений и природных экосистем (распространение лесных пожаров, горение в степных регионах, пожары на торфяных болотах и т.д.). Также хорошо изучены и имеются достаточно точные математические модели распространения загрязняющих веществ в атмосфере, водных объектах, на поверхности земли и в грунтовых водах. Теория взрыва, воздействия ударной волны, пришедшая из оборонной промышленности и науки, точно и подробно описывает, а также дает количественную оценку факторов поражения и последствий взрывов.

Модели и методы расчета последствий опасных событий хорошо известны специалистам по разработке деклараций пожарной и промышленной безопасности. Методики и модели, как правило, утверждаются или вводятся в действие соответствующими приказами надзорных органов.

В рамках настоящего учебного пособия не ставится задача обзора и, тем более, изучения хотя бы основных методик и моделей. Важно отметить, что модели и методы расчета, как правило, имеют ограниченную область применения для своей отрасли промышленности. Методы расчета последствий аварий на трубопроводах отличаются у «нефтяников» (Газпром нефть, ЛУКОЙЛ, Роснефть и т.п.), «газовиков» (Газпром, Новатек, Сибур) и «магистральщиков» (Транснефть). То же на технологических установках, технологических трубопроводах и т.д.

Огромный пласт научно-технической литературы, нормативно-правовых актов и приказов надзорных органов, связанных с количественной оценкой последствий опасных событий в нефтегазовой отрасли России, представлен только своей небольшой частью в Приложении 4 – «Методики оценки рисков аварий, применяемые при разработке действующих ДПБ».

Все вышесказанное указывает на то, что в отличие от частоты реализации рисков, последствия от опасных событий на производстве поддаются достаточно корректной количественной оценке с известной погрешностью.

Применимость количественной оценки для определения последствий, а следовательно, и ущерба от опасных событий связана с тем, имеются ли для проведения расчетов достаточно надежные исходные данные и расчетные модели, основанные на законах физики, химии и других естественных наук.

**Количественная оценка последствий опасных событий в рисках – основной метод, применяемый на практике в нефтегазовой отрасли**

Для любого производства известны опасности и риск-факторы. Известны технологические способы эксплуатации объектов на любых режимах, известны количество обращающихся в технологии опасных веществ, скорости потоков, давления, климатические условия и многое другое.

Также известны все проектные меры по предотвращению инициирующих событий и меры, снижающие последствия (в нашей терминологии все это – барьеры).

При хороших исходных данных, надежных моделях расчета, основанных на законах природы – результат тоже получается пригодный для применения. Но и в этом случае не все гладко. Проблема заключается в том, что достаточно хорошо могут быть рассчитаны последствия опасных событий по так называемому наихудшему варианту. С точки зрения метода «ГАЛСТУК-БАБОЧКА», это ситуация, когда ВСЕ реагирующие барьеры не сработали. Так в большинстве случаев и делается на практике. В декларациях промышленной безопасности<sup>22</sup> (ДПБ) рассчитываются наихудшие возможные сценарии развития отказа из предположения, что реагирующие барьеры не работают.

На практике с наибольшей частотой реализуются более оптимистические сценарии развития риск-инициирующих событий по сравнению с наихудшим из возможных. Далеко не все утечки превращаются в крупные разливы с пожарами и взрывами, люди спотыкаются на производственных площадках без каких-либо последствий, отдельные возгорания могут и сами затухнуть, или их потушат находящиеся рядом операторы подручными средствами, иногда и просто может повезти. Для таких опасных событий, которые только чудом не доросли до катастрофических последствий, есть специальное название «высокопотенциальные события», на английском языке они обозначаются как HiPo (HighPotential). К всеобщей удаче, самые высококатастрофичные сценарии, приводящие к самым опасным событиям, происходят редко. Низкая частота реализации самых опасных сценариев связана с тем, что в соответствии с методом «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» срабатывают предупреждающие и реагирующие барьеры.

А раз так, то возникает потребность рассчитать частоту и возможные последствия реализации не риска с самыми тяжелыми последствиями, а так называемый «текущий уровень риска», основанный на том, что самое худшее у нас не может произойти из-за наличия барьеров безопасности или иных барьеров, устраняющих риски в рамках производственной деятельности. Так как с расче-

<sup>22</sup> Декларации промышленной безопасности (ДПБ) разрабатываются для опасных производственных объектов (ОПО) исходя из величин отношения количества опасного вещества на объекте к предельному количеству этого вещества, указанного в таблице 1 Приложения 2 Федерального закона от 21.07.97 № 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

том частоты все ясно – это сделать с приемлемой точностью для конкретного объекта в процессе эксплуатации пока никому не удалось, то иных вариантов, кроме как привлекать собственную статистическую базу или базу данных по реализовавшимся рискам, в отрасли не остается. То же касается и оценки последствий – лучшим методом, по мнению автора, может быть использование статистики. В данном случае для оценки последствий «текущего уровня риска» с учетом действующих барьеров количественная оценка тоже применима и даст хорошие результаты, но она требует больших затрат.

### 5.3. Заключение к главе 5

В рамках главы 5 мы обсудили метрики и шкалы для измерения риска. Риск – понятие многомерное, нелинейное. Его основные 2 измерения – это метрики (шкалы) для:

- оценки возможности реализации риска в будущем, и мы знаем, что такая возможность может быть выражена через частоту;
- оценки возможных последствий, которые в общем случае могут быть для людей, окружающей среды и репутации.

Также, благодаря изучению метода «ГАЛСТУК-БАБОЧКА», в качестве метрик риска могут быть использованы наличие и состояние предупреждающих и защитных барьеров, наличие опасностей и их изученность, наличие известных риск-факторов. По каждому из перечисленных компонентов диаграммы «галстук-бабочка» также могут быть разработаны метрики, и тогда риски можно будет описывать в виде многомерного вектора. Но сейчас мы не будем углубляться в глубины линейной алгебры, а пока остановимся на 2-х основных метриках: частоте и последствиях. Частота, к примеру, может быть разделена описательно на несколько интервалов так, как мы это сделали в п. 5.1.1 – 7 интервалов. Последствия от максимума к минимуму могут обозначаться буквами алфавита так, как это показано в п. 5.2.1 – буквы от «А» до «Н».

Любой риск можно описать с применением вышеизложенных шкал, к примеру, следующим образом:

- опасное событие не происходило в нашей компании, но случилось в отрасли, с возможной гибелью 2-х и более людей, с экологическим ущербом, оцениваемым как воздействие с локальным ущербом для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких месяцев, с ущербом для бизнеса от 80 до 100 млн руб. и с потенциальным негативным краткосрочным освещением в местных СМИ.

Вместо этой длинной фразы описанный риск может быть закодирован (см. описания шкал в пп. 5.1.1 и 5.2.1):

Риск	Ущерб				Частота
	Люди	Экология	Бизнес	Репутация	
Обозначение	С	Е	Е	F	2

Т.е., опустив таблицу, получим кодировку риска – **СЕЕF2**. Но в упрощении кодировки можно пойти и еще дальше. На практике часто самым важным является не набор возможных последствий во всех областях, а акцент на самое критичное последствие, а в нашем случае по шкале самое критичное последствие – «С», поэтому риск можно обозначить, опустив более мелкие последствия, например, следующим образом: **С<sub>ЕЕF</sub>2**. Делаем еще один шаг – опускаем «мелкие детали» и риск обозначается просто и понятно – **С2**.

Подобное обозначение риска через буквы и цифры очень удобно и применяется в матрицах рисков для целей приоритизации и управления. О матрицах рисков мы поговорим в следующей главе.

Метод оценки и анализа рисков, в котором основным инструментом является «МАТРИЦА РИСКОВ», упомянут в ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска» в приложении 29 и называется «Матрица последствий и вероятностей». В соответствии с упомянутым ГОСТом, «Матрица последствий и вероятностей» (далее для сокращения длины предложений будем называть ее просто «Матрица») является средством объединения качественных или смешанных оценок последствий и вероятностей и применяется для определения или ранжирования уровня риска. Формат, строки и колонки матрицы зависят от области применения, при этом очень важно, чтобы разработанная матрица соответствовала рассматриваемой ситуации.

Матрица рисков – наиболее широко применяемый метод, в первую очередь, потому, что очень хорошо визуализирует результаты оценки и анализа рисков и позволяет ранжировать их по приоритетности. В приложении 5 приведено краткое описание метода на основе ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011.

Сразу необходимо обратить внимание на неточность в самом ГОСТовском названии метода – Матрица последствий и вероятности. Мы уже знаем, что более точное название могло бы звучать так – Матрица последствий и частоты. Но так как совсем исключать применение термина «вероятность» для отдельных видов риска тоже некорректно, то с ГОСТовским названием метода можно согласиться, но помнить при этом, что в большинстве случаев, особенно когда мы рассматриваем производственные риски – мы будем иметь дело не с вероятностью, а с частотой. Еще одна сложность метода, выраженная в его названии – использование термина «матрица». Но если вспомнить определение матрицы:

«математический объект, записываемый в виде прямоугольной таблицы элементов кольца или поля (например, целых, действительных или комплексных чисел), которая представляет собой совокупность строк и столбцов, на пересечении которых находятся ее элементы», то сложностей не должно возникнуть. В нашем случае матрица рисков – это ТАБЛИЦА, столбцы и строки которой имеют названия в соответствии с применяемыми шкалами (метриками) оценки частоты и последствий, а в ячейки таблицы заносятся риски, с которыми мы работаем.

**Матрица – это таблица**

В настоящей главе мы рассмотрим несколько примеров специализированных матриц и изучим универсальную матрицу, применяемую во многих нефтегазо-

вых компаниях. Прежде чем приступить к изучению следующих разделов, рекомендуется прочесть приложение 5.

### 6.1. Принципы построения и примеры матриц рисков

Для построения матрицы необходимо определить 2 шкалы: частоты или вероятности реализации риска и последствий риска, т. е. рассматриваемого опасного события. Для вероятности/частоты шкала может быть, к примеру, такой – см. таблицу 6.1.

Таблица 6.1

#### Пример описания шкалы вероятности «Y» вероятности реализации риска в виде определённого опасного события для матрицы рисков

Шкала вероятности «Y»	Цветовое обозначение	Описание с точки зрения частоты опасного события	Оценка
Низкая		Никогда или не более часто, чем 1 раз в 20 лет	Никогда или крайне редко
Средняя		От 1 раза в 20 лет до 1 раза в 5 лет	Маловероятно
Высокая		От 1 раза в 5 лет до 1 раза в год	Вероятно
Крайне высокая		Более чем 1 раз в год	Опасное событие точно произойдёт

Шкала последствий опасного события «X» может иметь применение для нескольких видов последствий, описанных в п. 5.2: ущерба людям, окружающей среде и репутации. Это связано с тем, что трудно совместить в одной оценке последствия, которые могут быть выражены в стоимости, и последствия, материальная оценка которых невозможна или имеет большую неоднозначность.

Последствия опасного события (происшествия) в производственной деятельности нефтегазовых компаний чаще всего затрагивают не одну, а несколько областей, в том числе и три перечисленные выше. Поэтому в общем случае матрица рисков может быть построена с одной шкалой вероятности, но при нескольких шкалах, соответствующих различным видам последствий. Примеры шкалы последствий приведены в таблице 6.2.

Приведём несколько матриц рисков, построенных на основе вышеописанных подходов к формулированию шкалы вероятностей и последствий. Используют матрицы разного размера, например, 3x3, 4x4, 5x5, 5x4 и т. д.

**Пример № 1.** Матрица оценки риска коррозии по API RP581 & DnV G101 показана на рисунке 6.1.

В данной матрице используется 5 категорий по вероятности и 5 категорий по последствиям, и применяются они для оценки риска, связанного с нарушением целостности по причине различных коррозионных дефектов. Соответственно,

Таблица 6.2

## Пример описания шкалы «X» последствий для матрицы рисков

Шкала последствий «X»	Цветовое обозначение	Оценка с точки зрения промышленной безопасности и охраны труда	Интегральная оценка последствий для производства и окружающей среды
Низкие		Незначительные нарушения, отсутствие вреда здоровью и жизни людей	Незначительная или не нуждающаяся в принятии мер. Незначительная утечка с пренебрежимо малым воздействием
Средние		Нарушение норм и правил промышленной безопасности, травмы и непродолжительная потеря работоспособности для персонала	Необходимо принятие умеренных или ограниченных мер в течение короткого промежутка времени. Выброс нетоксичных веществ
Высокие		Нарушение производственного цикла, постоянная потеря работоспособности и смертельный случай	Необходимо принятие серьезных/существенных мер. Выброс незначительного количества токсичных веществ
Крайне высокие		Полная дезинтеграция объекта, групповой смертельный случай	Необходимо проведение капитальных или продолжительных мероприятий. Значительный выброс загрязняющих веществ. Выброс токсичных веществ

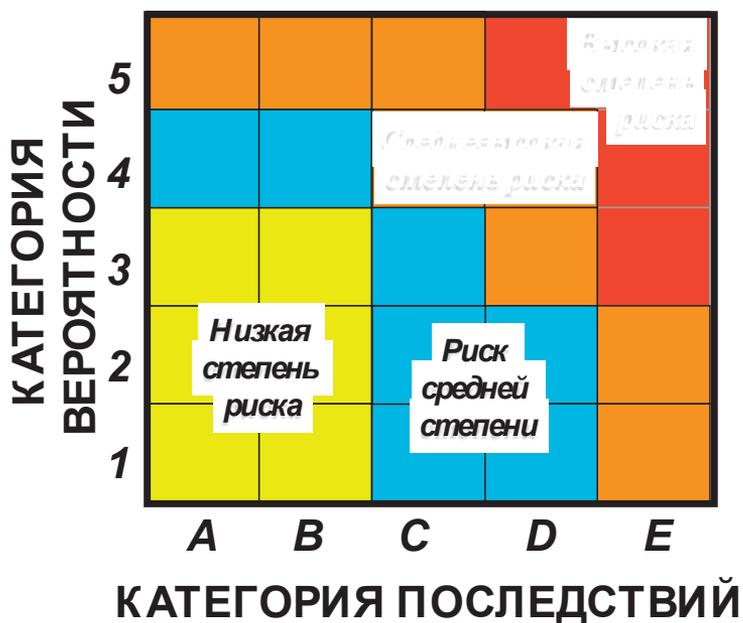


Рис. 6.1. Матрица риска коррозии по API RP581

для каждого типа и размера дефекта оценивается риск, этот риск и является основой риск-ориентированного подхода к диагностированию. Суть последнего очень проста: надо искать те риски, дефекты от которых максимальные; остальные риски и соответствующие им дефекты принять к сведению или перевести в статус мониторинга и не тратить усилия на их целенаправленный поиск.

**Пример № 2.** Матрица оценки риска коррозии, которая содержит только по 3 категории вероятности и последствий.

Обратите внимание на то, что различные методики оценки используют либо возрастающий, либо убывающий численный масштаб для количественного определения риска. Цветом на матрице показывают области с высокой, средней и прочими степенями риска. Также можно установить уровень толерантности путём назначения какой-либо области на матрице – статуса, где риски неприемлемы. На матрицах, показанных на рисунках 6.1 и 6.2, такой зоной можно считать красную область. Соответственно, риски, расположенные в жёлтой зоне матрицы на рисунке 6.1 и в зелёной зоне матрицы на рисунке 6.2, можно оценить как приемлемые, и по ним не требуется никаких дополнительных мероприятий, кроме мониторинга.

		Последствия отказа		
Вероятность отказа		Высокие	Средние	Низкие
Высокая		1	2	3
Средняя		2	3	4
Низкая		3	4	5

Рис. 6.2. Упрощённая матрица риска коррозии

**Пример № 3.** Матрица для оценки необходимости проведения технического диагностирования на инфраструктурных объектах нефтедобычи в компании SHELL. Она относится ко всё той же риск-ориентированной диагностике – Risk Base Inspection (RBI).

Матрица RBI компании SHELL показана на рисунке 6.3.

Буквенные обозначения на матрице SHELL обозначают сокращение оценки рисков с английского языка:

N = no (нет)

L = low (низкий)

M = medium (средний)  
 MH = medium high (средне-высокий)  
 H = high (высокий)  
 E = extremely (чрезвычайный)

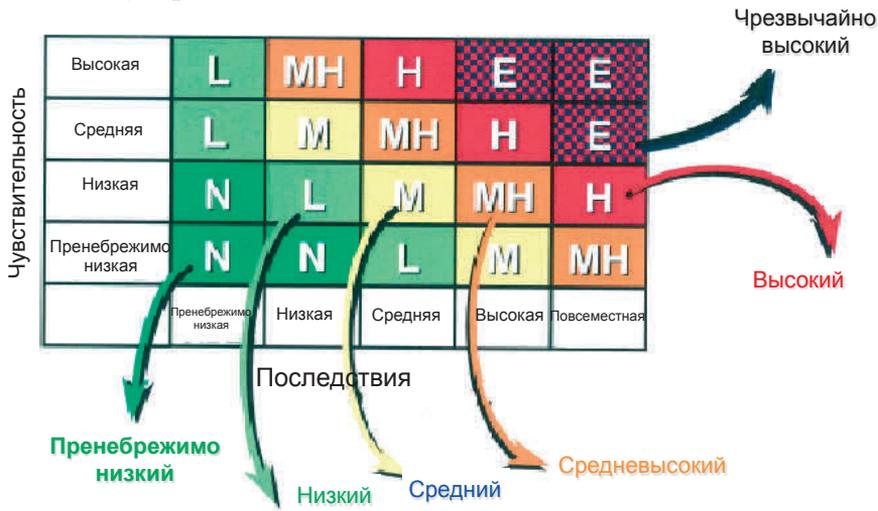


Рис. 6.3. Матрица 4x5 Shell (S-RBI)

**Пример № 4.** Матрица 5 x 4 (компания Exxon-Mobil), см. рисунок 6.4.

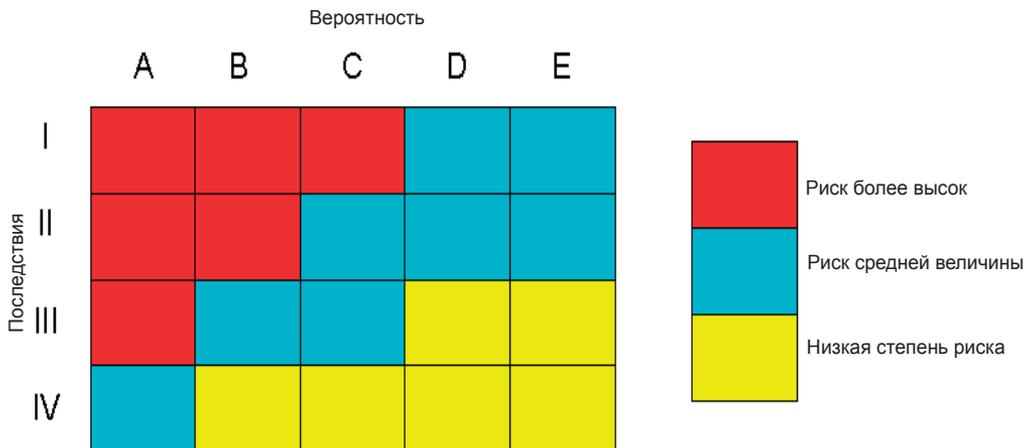


Рис. 6.4. Матрица 5 x 4 (компания Exxon-Mobil)

**Пример № 5.** Ранжирование уровней критичности нарушения целостности трубопроводов.

Используется матрица 6 x 10, для того чтобы охватить широкий спектр последствий и вероятности отказов. Далее значения критичности отказов ранжируются по 7 уровням для приоритизации от «очень высокого» до «очень низкого».

Матрица рисков нарушения целостности трубопроводов показана на рисунке 6.5.

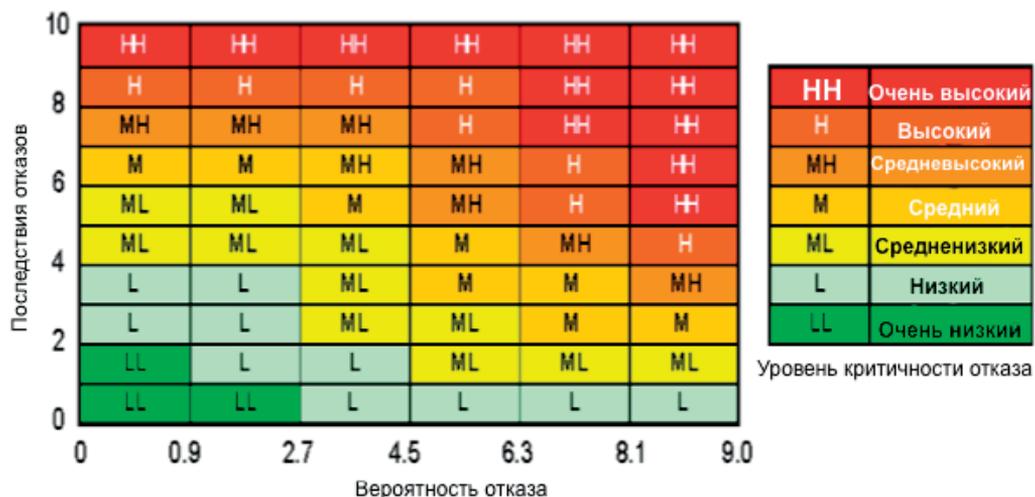


Рис. 6.5. Матрица рисков нарушения целостности трубопроводов

Определение зон с очень высоким или низким риском на матрицах, изображённых на рисунках 6.1–6.5, различно. Наиболее показателен пример матрицы приоритизации трубопроводов (рисунок 6.5), в которой в красную (высокоприоритетную и рискованную) зону попадают все объекты с последствиями отказа от 8 до 10 баллов, независимо от вероятности. Аналогично в зону с низким риском попадают все объекты с низкими последствиями – до 1 балла, вне зависимости от вероятности нарушения целостности.

В матрицах на рисунках 6.1–6.4 подход к определению зон другой. Видно, что зоны имеют границы, расположенные по диагонали, т. е. в красную и другие зоны попадают риски по принципу их абсолютной величины, являющейся произведением вероятности и последствий.

Подход к оценке рисков для приоритизации трубопроводов представляется более обоснованным, если исходить из постулата, что все потенциальные риски с тяжёлыми последствиями в принципе неприемлемы, и их необходимо ликвидировать. Такой подход особенно актуален, когда в определении вероятности события могут быть большие погрешности. В случае с трубопроводами это так, потому что на многие объекты, построенные ещё в 70–90-е годы, не имеется проектной и исполнительной документации, методы технического диагностирования, как правило, не могут дать на 100% достоверную информацию об объектах. По этим причинам многие объекты представляют из себя «вещь в себе», и неизвестно, с какой стороны можно ожидать от них нарушений целостности.

**Пример № 6.** Матрица рисков для целей управления надежностью и целостностью оборудования.

Для целей управления надёжностью и целостностью оборудования, реализации методологий RCM и RBI может применяться матрица рисков, представленная на рисунке 6.6. Данная матрица представляет собой модификацию стандартной матрицы рисков 5x5. Матрица рисков, связанных с нарушением целостности оборудования, имеет размерность 25x25, в которой секция 5x5 соответствует одной ячейке матрицы 5x5. Увеличение размерности матрицы обеспечивает более точное ранжирование рисков, необходимое для декомпозиции, связанной с тем, что риски могут рассматриваться индивидуально по каждой единице оборудования.

В матрице на рисунке 6.6 выделены следующие категории для идентифицированных рисков в процессе эксплуатации оборудования, связанных с нарушением целостности: «низкие риски», «риски ниже среднего», «средние риски», «высокие риски» и «очень высокие риски». Матрица, приведённая на рисунке, представляет собой таблицу, которая содержит 25 строк и 25 столбцов. Соответственно, каждая единица оборудования, для которой определены вероятность/частота и последствия по 25-ти балльной шкале, может быть размещена в одной из ячеек матрицы, а в зависимости от окраски ячейки каждая единица оборудования относится к одной из 5-ти категорий риска.

Если для опасного события по причине отказа или нарушения целостности оборудования имеется возможность определить негативные последствия в денежном выражении, а частота из балльной оценки может быть переведена в абсолютное значение, то категория оборудования и, соответственно, категория риска могут определяться по матрице, в которой шкалы соответствуют ущербу в денежном выражении, а частота исчисляется в абсолютных значениях.

В зависимости от того, куда (в какую область) отдельная единица оборудования попала на матрице рисков, могут формироваться стратегии<sup>23</sup> технического ремонта и обслуживания.

А) Оборудование или объекты 1-й категории риска (**«Очень высокий»**) – меры по техническому диагностированию и ревизии в объёмах, обеспечивающих отсутствие отказов с реализацией принципа проведения планово-предупредительных мероприятий (диагностика, ТО, ремонт, капитальный ремонт, ревизия, замена) в объёмах, превышающих требования проекта, изготовителей оборудования и применимых требований законодательства и надзорных органов.

Должны быть приняты следующие решения по бизнес-планированию:

- стратегия ТОиР – планово-предупредительный ремонт (если применимо);
- выполнить работы по ремонту, или капитальному ремонту, или замене (выбор по наиболее экономически привлекательному варианту), цель – перевести оборудование в область приемлемого риска;

<sup>23</sup> Описание видов стратегий ТОиР – «планово-предупредительный ремонт», «по техническому состоянию» и «до отказа» см. в Глоссарии.

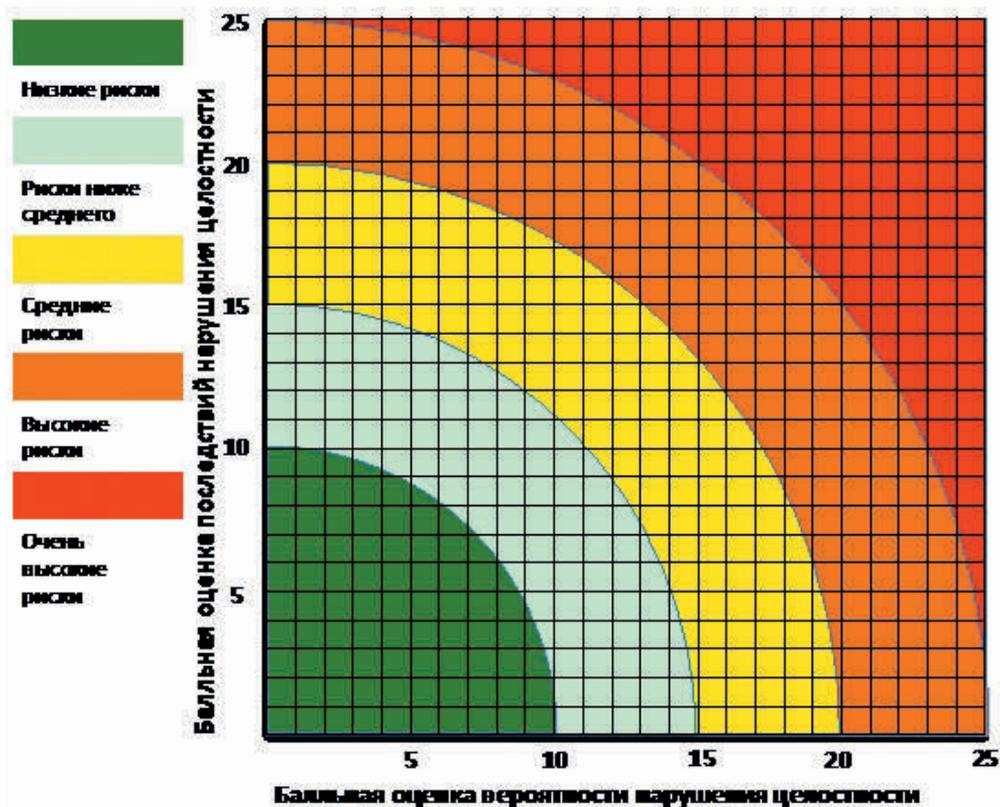


Рис. 6.6. Матрица рисков нарушений целостности оборудования (отказов) с раскраской по категориям

– мероприятия по защите – рассмотреть возможность их применения для сокращения рисков и продления срока эксплуатации оборудования.

Б) Оборудование 2-й категории риска («**Высокий**») – обеспечиваются мероприятиями в соответствии с требованиями технической документации на единицы оборудования и дополнительными работами в области технического диагностирования, постоянного визуального контроля тех. состояния и приборного контроля технологических параметров.

Должны быть приняты следующие решения по бизнес-планированию:

- стратегия ТОиР – планово-предупредительный ремонт (если применимо), оценить критичность отказов, провести экономический анализ и оценить применимость стратегии «по техническому состоянию» или «до отказа»;
- выполнить работы по ремонту, или капитальному ремонту, или замене (выбор по наиболее экономически привлекательному варианту), цель – перевести оборудование в область приемлемого риска для сокращения последствий отказов;
- рассмотреть возможность применения мероприятий по защите для сокращения рисков и продления срока эксплуатации оборудования.

В) Оборудование 3-й категории риска («Средний») обслуживается аналогично оборудованию 2-й категории с оптимизацией периодичности объемов работ на основании опыта эксплуатации, методологий RBI и RCM.

Г) Оборудование 4-й (и ниже) категории риска («Ниже среднего» и «Низкий») – может эксплуатироваться по реализации мер по ТО и ремонту «по техническому состоянию» или «до отказа».

Д) Оборудование 5-й категории риска («Низкий») – эксплуатируется «до отказа». По факту отказа проводятся работы по восстановлению работоспособности.

## 6.2. Универсальная матрица рисков

Универсальная матрица рисков применяется, как правило, в крупных компаниях, и она необходима для того, чтобы на ней можно было разместить все имеющиеся производственные риски и связанные с ними опасные события. Такое «упражнение» позволяет распределить все риски по различным владельцам и установить личную ответственность руководителей – кто и за что отвечает. Свойство «универсальности», рассматриваемой в данном разделе матрицы, связано, в первую очередь, ее применимостью к любым рискам и компаниям.

Внешний вид универсальной Матрицы представлен на рисунке 6.7.

Универсальная Матрица рисков

Последствия рисков (опасных событий)				Частота реализации рисков (опасных событий)						
Люди	Окружающая среда	Бизнес	Репутация	1	2	3	4	5	6	7
A	A	A	A	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
B	B	B	B	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
C	C	C	C	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
D	D	D	D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
E	E	E	E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
F	F	F	F	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
G	G	G	G	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Неприменимо	Неприменимо	Неприменимо	H	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7

Рис. 6.7. Универсальная матрица рисков

Описание шкал, применимых для универсальной Матрицы рисков, представлено в разделах 5.1 – для частоты и 5.2 – для ущерба людям, окружающей среде, бизнесу и репутации.

Так же, как и любая другая матрица, универсальная матрица для каждой своей ячейки устанавливает свою категорию риска. На нашем примере категорий 5, но может быть и больше, и меньше, на усмотрение составителей:

- «черный» соответствует самым критическим рискам, ответственность за которые обычно принимает на себя топ-менеджмент компаний;
- «красный» соответствует критическим рискам, за которые отвечают руководители более низких уровней, например, руководитель бизнес-направления. Для нефтегазовых компаний это разведка и добыча, нефтепереработка, нефтегазохимия, коммерция и логистика, розничные продажи;
- «желтый» соответствует средним рискам, за которые отвечают, как правило, руководители дочерних обществ компаний;
- «светло-зеленый» соответствует низким рискам, за которые отвечают руководители структурных подразделений дочерних обществ;
- «зеленый» соответствует крайне низким рискам, за которые отвечают руководители среднего и младшего звена.

Матрицы рисков, аналогичные матрице, показанной на рис. 6.7, применяются в различных компаниях, таких как Роснефть и ВР. Рискам после их оценки и анализа присваиваются индексы: A1, F7, G3 и так далее. Как делается кодировка, мы уже видели на примере в разделе 5.3.

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

Основной целью изучения курса, изложенного в настоящем учебном пособии, являлось совместное с читателем построение (или формирование) целостной картины риска и составляющих его элементов. На базе полученной информации о рисках, тем не менее, не представляется возможным дать его краткое определение. Более того, имеется уверенность, что такое емкое и точное определение риска, которое корректно объединит все элементы и понятия, имеющие отношение к формированию риска – дать крайне сложно, если вообще возможно. Поэтому приведенные в главе 1 примеры определений риска из различных документов НМО не обладают полнотой, а всего лишь отражают приоритетные параметры или показатели риска, важные для целей того или иного документа.

На что может быть похож риск визуально? Самая содержательная визуальная картина риска – это диаграмма «ГАЛСТУК-БАБОЧКА» (ДГБ), но и она не содержит в себе метрики по вероятной частоте реализации опасных событий, составляющих риски, и вероятным последствиям. 2 ключевых параметра риска – вероятная частота и последствия опасных событий – наилучшим образом визуализируются на матрице рисков.

Может быть, риск можно представить, как сумму образов «ДГБ + Матрица»? Однако и этого недостаточно для полной картины риска. Необходимо еще добавлять цепочки, связанные с поддержанием барьеров в работоспособном состоянии, рассматривать различные варианты иницирующих событий, сочетаний опасностей, последствия опасных событий в 4-х областях. Т.е. в итоге риск будет представляться множеством различных ДГБ, несколькими матрицами, своими ДГБ для барьеров и ДГБ для ДГБ барьеров и так далее.

На основании вышесказанного предлагается «замять для ясности» вопрос по определению риска. В поиске лучшего определения можно затратить много сил и энергии, а не лучше ли просто понимать, что такое риск? Примером, когда нет необходимости искать определения сложных комплексных понятий, может служить такое явление в нашей окружающей действительности, как ГОРОД. В источниках можно найти много определений «ГОРОД – это...», но каждое из них будет отражать лишь малую часть этого очень сложного и комплексного понятия с его домами, улицами, коммунальной инфраструктурой, системой управления и, наконец, населяющими ГОРОД людьми.

**Приложение 1А****Формы для заполнения к самостоятельной работе  
«Безопасность по дороге из пункта «А» в пункт «Б»»**

1. Какие события могут нанести вред жизни и здоровью людей?

1.1.

---

---

1.2.

---

---

1.3.

---

---

2. Какими наихудшими возможными последствиями характеризуются события?

2.1.

---

---

2.2.

---

---

2.3.

---

---

3. Какие возможные причины событий?

3.1.

---

---

3.2.

---

---

3.3.

---

---

4. Какие меры необходимо предусмотреть, чтобы максимально снизить тяжесть последствий события?

4.1.

---

---

4.2.

---

---

4.3.

---

---

**Наблюдения:**

Как по-разному оценивают люди наиболее вероятные и наиболее опасные события.

---

---

Если бы у Вас была возможность выбора, каким способом добираться в университет, какой бы способ Вы предпочли, если бы захотели в максимальной степени себя обезопасить, не принимая во внимание скорость передвижения и затраты?

---

---

**Приложение 1Б****Примеры выполнения самостоятельной работы  
«Безопасность по дороге из пункта «А» в пункт «Б»»****Самостоятельная работа № 1****Вариант: Пешком**

В данной работе обозначаем пункт «А» как арендуемую студентом квартиру в Москве, а пункт «Б» – университет.

Для большего понимания этой работы:

- начало пункта «А» считается у выхода из подъезда здания;
- начало пункта «Б» – вход в университет.

Это делается, чтоб обойти дополнительные риски и проблемы, находящиеся в зданиях, как, например: заключение в лифте или закрытие соседом в квартире, пожар или обрушение здания.

Таким образом, мы рассматриваем опасности только по траектории движения между пунктами «А» и «Б» – и одновременно понимаем, что в этих пунктах существует свое множество дополнительных рисков и опасностей.

Для того, чтобы полностью проанализировать всевозможные риски и опасности, нужно обратить внимание в какое время года, в каких погодных и других стихийных условиях происходит маршрут передвижения. При выполнении работы будем считать, что на момент передвижения по маршруту настоящее время года – зима.

Также нужно учесть физическое состояние и здоровье объекта исследования, в этом случае студента, где у него наблюдается идеальное здоровье без хронических заболеваний и он не имеет вредных привычек (находится в трезвом состоянии).

1. Какие события могут нанести вред жизни и здоровью людей?

- *Автоавария.*
- *Сход снега с крыши.*
- *Встреча с преступностью (воровство, маньяк).*
- *Погодные условия в зимний период (гололед, метель).*

2. Какими наихудшими возможными последствиями характеризуются события?

- *Летальный исход, кома, получение инвалидности, травмы.*
- *Летальный исход, кома, получение инвалидности, травмы.*
- *Летальный исход, кома, получение инвалидности, травмы, лишение имущества.*
- *Летальный исход, кома, получение инвалидности, травмы.*

### 3. Какие возможные причины событий?

- *Несоблюдение правил дорожного движения (переход в неположенном месте дороги); нетрезвое состояние водителя и его невнимательность; гололед и метель (то есть погодные условия) – потеря управления транспортным средством; потеря видимости дороги и дорожных знаков у водителя и пешехода; невнимательность пешехода.*
- *Невнимательность и рассеянность пешехода; несоблюдение техники безопасности рабочих (если сход снега происходит по плану организаций) либо неприменение мер организациями зданий (района) для устранения опасностей в виде схода снега с крыши.*
- *Передвижение поодиночке; нарушенное состояние психического здоровья того, кто является преступающим закон; несоблюдение мер безопасности (держат деньги, телефон и другие ценные вещи в руках).*
- *Неприменение мер организациями зданий (района) для устранения опасностей в виде гололеда на пешеходных дорожках либо чрезвычайного количества снега (из-за резкого перепада температур возможно образование льда, если вовремя его не убрать – возможно наложение нового снега на лед, что создает невидимую опасность); непринятие во внимание предупреждения МЧС или других информационных организаций (например, не находиться рядом с деревьями и шаткими конструкциями).*

### 4. Какие меры необходимо предусмотреть, чтобы максимально снизить тяжесть последствий события?

- *Быть внимательным на проезжей части, знать правила дорожного движения и соблюдать их; не использовать гаджеты и наушники во время передвижения; использовать светоотражающие предметы; водителю не принимать алкогольные и психотропные вещества; запастись достаточным количеством времени, чтоб не спешить и не пренебрегать возможными опасностями; следить за правильностью расстановки дорожных знаков, их актуальностью и надлежащим состоянием со стороны ответственных организаций.*
- *Обходить на расстоянии от зданий; обращать внимание на окружающее вокруг; не торопиться; предупреждать о проведении работ ограждающими знаками; своевременное принятие мер по устранению опасностей в виде излишнего образования снега на крышах.*
- *Не передвигаться по одному (особенно в темное время суток) либо передвигаться по хорошо освещенным и полным людей улицам; быть внимательным по отношению к окружающему вокруг; не держать на виду деньги, гаджеты и другие ценности; иметь и использовать индивидуальные средства защиты (прим. – использовать звуковые сигналы).*
- *Держать свободные руки на виду; не использовать наушники и гаджеты; обращать внимание на предупреждения информационных организаций (МЧС, новости, погода); не спешить; выходить заранее до наступления*

*опасной погоды; не находиться рядом с деревьями и шаткими конструкциями; наблюдение и применение мер организациями, ответственными за состояние зданий и улиц.*

### **Наблюдения:**

Как по-разному оценивают люди наиболее вероятные и наиболее опасные события.

- Опасности и риски бывают разными, как и поведение совершенно разных людей. Один человек может быть настолько одержим нехваткой времени, что он совсем не будет обращать внимания на повседневные опасности, такие как пересечение дороги в неположенном месте и для него это будет нормально, а для другого это будет противоположная реакция – он будет с осторожностью все наблюдать и ждать там, где это нужно.*
- Иногда людям нужно что-то испытать или увидеть самим, чтоб впредь быть осторожными и внимательными ко всему, что происходит вокруг. Часто эта ответственность продолжается краткое время, пока еще вспоминается страх пережитой опасности. А если говорить про наиболее опасные события, они реже происходят, люди живут как будто бы они не существовали.*
- Многие думают: «это со мной не случится». Хороший пример – страны, поздно принимающие меры в борьбе с коронавирусом. Другой пример уже в нефтяной отрасли – это ситуация до Макондо, где люди знали риски, но были приоритеты в пользу сокращения затрат на разное обслуживание. Это нам показывает, что пока что-то не произойдет – никто не станет заботиться об этом, как в повседневной жизни с людьми, так и на уровне государства и в международных компаниях.*

Если бы у Вас была возможность выбора, каким способом добираться в университет, какой бы способ Вы предпочли, если бы захотели в максимальной степени себя обезопасить, не принимая во внимание скорость передвижения и затраты?

- После проведенного исследования можно сказать, что большинство рисков, находящихся при перемещении пешком по траектории из пункта «А» в пункт «Б», можно обойти, когда принимает меры сам объект испытания (студент), даже если ответственные организации не принимают меры.*
- Если смотреть на другие виды перемещения (такси, метро, автобус), имеется больше рисков, которые не зависят от объекта испытания, так как вождение этих мощных машин лежит в руках другого человека, на которого объект испытания не может повлиять (трезвое состояние, физическое здоровье).*
- Если смотреть по варианту перемещения на своем автомобиле, конечно, управление у объекта испытания: он сидит в мощной машине, которая*

*ему дает большие ответственности. Это переводится на увеличение рисков под стресс, под спешку, под использование наушников и гаджетов и так далее.*

- Общество в наше время растет и растет, технологии развиваются и наши города увеличиваются, это увеличивает расстояние с нашего местонахождения до требуемого пункта назначения. Это вынуждает нас идти на больший риск, чтобы добраться до места назначения. Если бы время было бесконечным и сила моих ног была неустанной, я бы всегда выбирал передвигаться пешком.*

## **Самостоятельная работа № 2**

### **Вариант: комбинированный (пешком и на общественном транспорте)**

1. Какие события могут нанести вред жизни и здоровью людей?

- ДТП (как в транспорте, так вне его, например, на пешеходном переходе).*
- Личная неосторожность (падение и т.д.).*
- Погодные условия (падение деревьев, переохлаждение/перегревание организма и т.д.).*
- Случайность (противоправные действия третьих лиц; теракт; падение предметов с высоты и т.д.).*

2. Какими наихудшими возможными последствиями характеризуются события?

- Утраченное время.*
- Материальный ущерб.*
- Ущерб здоровью разной степени тяжести одному и более лицам.*
- Смерть одного и более лиц.*

3. Какие возможные причины событий?

- Проблемы с квалификацией персонала (водителей общественного транспорта и т.д.).*
- Проблемы технического характера (износ, поломки, дефекты).*
- Человеческий фактор (со стороны как субъекта, так и окружающих).*
- Непреодолимая сила.*

4. Какие меры необходимо предусмотреть, чтобы максимально снизить тяжесть последствий события?

- Соблюдение правил безопасности поведения на улице.*
- Повышенная внимательность, осторожность.*
- Осведомленность об обстановке по пути из пункта А в пункт Б (погодные условия, иные происходящие события).*
- Необходимо также предусмотреть другие пути достижения пункта Б в случае неожиданных ситуаций.*

**Наблюдения:**

Как по-разному оценивают люди наиболее вероятные и наиболее опасные события.

- *В зависимости от своего жизненного опыта, определенных знаний, ситуаций, субъективных мнений люди по-разному воспринимают ту или иную ситуацию с точки зрения опасности.*
- *Один из самых простых примеров – аэрофобия. Вероятность падения самолета крайне мала, однако есть достаточно большое количество людей, продолжающих бояться летать.*

Если бы у Вас была возможность выбора, каким способом добираться в университет, какой бы способ Вы предпочли, если бы захотели в максимальной степени себя обезопасить, не принимая во внимание скорость передвижения и затраты?

- *По моему опыту, самый безопасный способ – личный автомобиль. Если допустить, что правила дорожного движения соблюдаются всеми участниками движения, то одна из основных причин самого опасного события (в данном случае ДТП) сведена к минимуму.*
- *Также в таком случае человек более защищен от погодных условий, противоправных действий третьих лиц и т.д. Основными причинами, по которым может быть нанесен вред здоровью или может возникнуть угроза жизни человека, остаются человеческий фактор и проблемы технического характера.*

**Самостоятельная работа № 3****Вариант: на собственном автомобиле**

1. Какие события могут нанести вред жизни и здоровью людей?

- *Дорожно-транспортное происшествие (столкновение с другой машиной или пешеходом).*
- *Потеря контроля над автомобилем.*
- *Природные катаклизмы.*
- *Контакт дыхательных органов человека с выхлопными газами и вредными веществами (пыль от шин).*

2. Какими наихудшими возможными последствиями характеризуются события?

- *Травма водителя/пассажира, несчастный случай с летальным исходом, поломка автомобиля.*
- *Столкновение с деревом, другой машиной, попадание в ДТП.*
- *Плохая видимость в случае снега/дождя, потеря контроля над автомобилем, столкновение с упавшим на дорогу деревом в случае урагана.*
- *Кислородное голодание, хроническая болезнь легких, аллергические реакции, конъюнктивит/ринит.*

### 3. Какие возможные причины событий?

- *Несоблюдение скоростного режима, основных частей, невнимательность на дороге, вина другого водителя/пешехода, поломка автомобиля (например, тормозов), недостаточная дистанция на дороге.*
- *Вождение в состоянии усталости, алкогольного или наркотического опьянения, отвлечение от вождения на телефон и рекламные щиты по дороге.*
- *Непогода.*
- *Некачественный материал шин, неисправность салонных фильтров, использование машины неэкологичного/ некачественного топлива.*

### 4. Какие меры необходимо предусмотреть, чтобы максимально снизить тяжесть последствий события?

- *Следить за скоростным режимом, следить за ситуацией на дороге; пристегнутый ремень безопасности; регулярный тех. осмотр автомобиля, соблюдение ПДД.*
- *Отложить телефон подальше на время езды, концентрироваться, не водить в состоянии опьянения, в случае сильной усталости лучше не ехать самому за рулем, а заказать такси.*
- *Экипировка машины (зимняя/летняя резина), повышенная внимательность на дороге; в случае сильной непогоды при возможности остаться дома.*
- *Покупать шины хорошего качества, катализаторы на выхлопные трубы, соответствующие стандарту, плановый тех. осмотр.*

### **Наблюдения:**

Как по-разному оценивают люди наиболее вероятные и наиболее опасные события.

- *Это зависит от ценностей человека и от того, что его волнует больше всего. Например, если у человека плохая ситуация в материальном плане, он будет больше озабочен событиями, которые могут привести к поломке автомобиля, нежели к хроническим болезням легких, например. Или, наоборот, когда у человека слабый иммунитет, проблемы со здоровьем, и он знает об этом, он будет больше опасаться событий, которые могут причинить вред здоровью.*
- *Также это зависит от уровня вождения (мнения человека о его уровне вождения). Человек, который считает, что он хорошо водит машину, не будет считать наиболее опасным событием потерю контроля над автомобилем, потому что будет думать, что это его коснуться не может. Он будет недооценивать опасность ДТП.*

Если бы у Вас была возможность выбора, каким способом добираться в университет, какой бы способ Вы предпочли, если бы захотели в максимальной степени себя обезопасить, не принимая во внимание скорость передвижения и затраты?

- Я бы точно не выбрала такси, потому что в этом случае многое бы зависело не от меня – например, самочувствие водителя, соблюдение им ПДД и его контроль над ситуацией на дороге, а также то, как он следит за техническим состоянием своего автомобиля.
- Скорее всего, я бы выбрала вариант передвижения пешком, так как в этом случае легче маневрировать на тротуаре, можно выбрать маршрут с минимальным количеством пешеходных переходов, почти исключаются риски, связанные с состоянием усталости.

#### Самостоятельная работа № 4

##### Вариант: на собственном автомобиле

##### 1. Какие события могут нанести вред жизни и здоровью людей?

- Дорожно-транспортное происшествие по моей вине (столкновение с автомобилем/человеком/натуральными преградами/искусственными преградами).
- Дорожно-транспортное происшествие по вине другого водителя (столкновение с автомобилем).
- Погодные условия (сильный дождь – аквапланирование, гололед – заносы, неконтролируемое скольжение, снегопады – застревание, замерзание).
- Природные катаклизмы (ураган, торнадо, град – повреждение автомобиля сторонними предметами, землетрясения).
- Повреждения кожи, слизистых (некачественные материалы машины, плесень, пыль, плесень и грибок на салонном фильтре), отравление газами.

##### 2. Какими наихудшими возможными последствиями характеризуются события?

- Летальный исход, сильные травмы человека, по чьей вине было совершено ДТП, и пострадавшего в результате ДТП, повреждение государственного/личного имущества, повреждения автомобиля (подлежит восстановлению/не подлежит восстановлению)
- Аквапланирование – потеря контроля над автомобилем может повлечь собой занос, выезд на встречную полосу/обочину с дальнейшими аварийными последствиями вплоть до переворота. Гололед влечет за собой как заносы и потеря управления на скорости, так и проблемы, связанные с движением автомобиля под горку, что может повлечь за собой откатывание автомобиля назад и создание аварийной ситуации. Снегопады влекут за собой заснеживание дороги, что не позволяет полноценно видеть дорожную разметку и может привести к аварийным ситуациям, а также при сильном снегопаде неполноприводные автомобили могут застревать посередине дороги и тем самым создавать аварийные ситуации.
- Ураган может повлечь повреждения автомобиля и водителя путем воздействия на него предметами, поднятыми в воздух ветром (сорванные крыши, лопаты, леса). Град может повредить автомобиль большими ле-

*довыми комьями, загородив видимость и повредив автомобиль, что может привести к аварии.*

- *Повреждение слизистых и отравление газами может привести к плохому самочувствию человека, в плохих случаях может привести к летальному исходу или образованию опухолей из-за протяженного воздействия среды. Могут развиваться конъюнктивит, ринит и другие хронические болезни.*

### 3. Какие возможные причины событий?

- *Вождение в нетрезвом виде, потеря управления из-за плохого самочувствия, поломка основных узлов автомобиля (отказ тормозов, лопнуло колесо, слом рейки руля, разрыв ремня двигателя), несоблюдение ПДД (проезд на красный, разворот через сплошную, превышение скорости), реакция на раздражитель (пассажир, укус насекомого, крик пешехода, клаксон другого автомобиля) ...*
- *Неблагоприятный прогноз погоды, смешение холодного и теплого ветра и все то, что влияет на метеоусловия.*
- *Некачественное исполнение салона автомобиля, старость автомобиля, неправильный уход, несвоевременное обслуживание (старый катализатор, несменный салонный фильтр).*

### 4. Какие меры необходимо предусмотреть, чтобы максимально снизить тяжесть последствий события?

- *Воздержаться от употребления алкоголя в разрешенный период до вождения автомобиля. Соблюдать правила дорожного движения (скоростной режим, разметку). Чувствовать свое состояние, при усталости лучше воздержаться от поездок на личном автомобиле, как и при других проявлениях недомогания.*
- *При вождении на дорогах общего пользования придерживаться менее агрессивной манеры езды. Для ситуации 1.2 самое главное – при начале движения убедиться в безопасности маневра, так как предыдущий участник движения мог не завершить маневр во время своей очереди.*
- *Проверять прогнозы погоды и визуально наблюдать за изменениями метеоусловий.*
- *Следить за исправностью автомобиля. Совершать визуальную проверку автомобиля перед началом движения (колеса, звук двигателя). Тщательно соблюдать график ТО, предписанный производителем, и проходить промежуточные техобслуживание для выявления возможных проблем. Заблаговременно менять запчасти автомобиля, срок которых подходит к концу, поддерживать автомобиль в надлежащем виде (смена фильтров, мойка, химчистка).*

**Наблюдения:**

Как по-разному оценивают люди наиболее вероятные и наиболее опасные события.

- *Каждый из вышеупомянутых рисков имеет место быть с определенной вероятностью. Например, торнадо при поездке от общежития до университета очень маловероятен, однако если проследить движение в утреннем трафике, то можно заметить множество нарушений ПДД другими водителями.*
- *Тут же можно сказать и вот о чем: человек, который опаздывает на работу, скорее всего, проспал, а значит, поздно лег, отсюда вывод, что недосып мог повлечь рассеянность и не такую острую реакцию, которая может сказаться на вождении.*
- *Также следует заметить, что поломка автомобиля более вероятна, чем цунами в центре Москвы. Я могу сделать вывод о том, что вероятность возникновения того или иного события очень варьируется, но, на мой взгляд, наиболее частые прецеденты – аварии с небольшими повреждениями по невнимательности.*

Если бы у Вас была возможность выбора, каким способом добираться в университет, какой бы способ Вы предпочли, если бы захотели в максимальной степени себя обезопасить, не принимая во внимание скорость передвижения и затраты?

- *Если бы у меня была возможность выбора, на чем ехать, особенно в данный период времени (коронавирусная инфекция), я бы выбрал личный автомобиль. При езде на личном автомобиле исключается риск того, что водителю (пассажирам транспортного средства я являюсь в двух других ситуациях) может также стать плохо или он нарушит (особенно водители такси).*
- *Доверяя свою жизнь другому человеку, мы подвергаем себя еще большему риску. В случае с общественным транспортом прибавляется риск воровства или «затапывания» (особенно утром). Таким образом, мой выбор падает на автомобиль.*

**Самостоятельная работа № 5****Variant: traveling by car**

1. Which events can harm the life and health of people?

- *Collision or traffic accident.*
- *Carbon-monoxide leaking into driver cabin.*
- *Fire on the vehicle.*
- *Object falling from height at the vehicle.*

2. What are the worst possible consequences of these events?

- *Worst possible consequence is death of participants in traffic. If the driver survives as impaired person, due to accident and is trialed and convicted for involuntary manslaughter, while having to pay for expenses property damage is possibly the worst-case scenario.*
- *Fainting or death due to carbon-monoxide poisoning that leads to impairment or death of the participants in the traffic, combined with property damage.*
- *Burning to death or impairment of the traffic participants that could lead to spreading of the fire into the environment, causing environmental damage.*
- *Object falling from sky could lead to loss of traffic control that would lead to impairment or death of traffic participants, as well as property damage.*

3. What are the possible causes of the events?

- *There are various possibilities that could cause collision. Fatigue and reckless driving are most often cases. Inebriation, unfavourable weather conditions, driving without passed exam, not enough driving experience, reckless driving, mechanical problem with the vehicle and many others could lead to this event.*
- *Carbon-monoxide poisoning and its entrance into driver cabin indicates mechanical failure. There could be problem with exhaust pipe. It could be leaking, which allows CO to enter the cabin.*
- *Fire could exist if its fuel, heat and air exist. If there is leaking of fuel combined with heat, a fire could start to spread. In addition, if some kind of glass that gathers sun-rays, like magnifying glass, is inside the car and it comes in contact with the sun, it could lead to rising of heat. That would lead to fire.*
- *Various objects could fall from the sky. It could be induced by humans, such as waste from airplanes and satellites. It could be natural like, rocks from eruption, hail, and meteors.*

4. Which actions should be provided to minimize the severity of the event's consequences?

- *Follow rules of traffic. Drive safely and without the influence of mind-altering the driving exam, and don't cheat or drive with fake driver's licence. If you are feeling that you are an inexperienced driver, take additional course for driving improvement.*
- *Vehicle needs to be maintained often. It should be checked for mechanical errors, and every indication, such as unusual smell, sound or behavior should be checked as soon as possible.*
- *Vehicle must be checked for malfunctions. Every leak or rupture must be repaired. Every potential fuel source should be kept as far from the vehicle as possible, and adequate temperature level of the vehicle should be maintained.*
- *Rules of traffic should be followed. In some areas near roads, there are signs that say that there are rock slides. Sometimes if the driver is driving more slowly, he could notice some unexpected object falling from the sky.*

**Observations:**

How differently people evaluate the most probable and most dangerous events?

- *Usually different people see different risks. Some of these different views is based on learning, and some is based on experience. One person cannot always see all the risks. That is why safety engineers must work in multidisciplinary teams, in order to minimize potential events.*

If you had the choice of how to get to the university, which method would you prefer if you wanted to protect yourself to the maximum extent, not taking into account the speed of movement and costs?

- *I would prefer to walk on foot. I believe that in such manner I would eliminate the risks that I could have made by a vehicle.*

**Самостоятельная работа № 6****Variant: combined**

1. Which events can harm the life and health of people?

- *Car accident.*
- *Kidnapping during a taxi ride.*

2. What are the worst possible consequences of these events?

- *Serious health damage, injuries, ruptures after car accident.*
- *Death of car accident participants.*
- *Material damage. When car is broken and damaged, one should pay money for its repairment.*
- *Kidnapping may lead both to material and health damage. For example, after such a stressful event one should pay money not only for physical treatment but for mental treatment as well.*

3. What are the possible causes of the events?

- *The damages in car control system: damage of breaks, damage of steering.*
- *The driver's health and physical conditions. In case of a lack of sleep driver's concentration may suffer, which lead to a car accident.*

4. Which actions should be provided to minimize the severity of the event's consequences?

- *Safety precautions while driving a car (fastened seat belts, control over the current state of a car (whether breaks work properly)).*
- *Regular car repairment and inspection of its conditions.*
- *Keep being constantly alert while driving a car.*
- *Carrying the means of self-defending with oneself (gas bottle) as a safety precaution against kidnapping.*

**Observations:**

How differently people evaluate the most probable and most dangerous events.

– *How differently people evaluate the most probable and most dangerous events depends on their character and life experience.*

If you had the choice of how to get to the university, which method would you prefer if you wanted to protect yourself to the maximum extent, not taking into account the speed of movement and costs?

– *I consider the option “on foot” to be the best and safest. The two things you should control to avoid the accident are the car movement and road condition (whether obstacles are present or not).*

## Приложение 2

Ключевые слова<sup>24</sup> для проведения HAZOP

Ключевое слово	Определение
<b>ОТСУТСТВИЕ ПОТОКА</b>	Закрыта клиновая задвижка – неправильная стыковка труб – установлена скользящая заглушка – неправильно установлен обратный клапан – отказ оборудования (клапана-регулятора, клапана-отсекателя, насоса, сосуда, контрольно-измерительных приборов и т.д.) – клапан-регулятор отказал в закрытом положении – неправильно рассчитан перепад давления – ошибка в определении неисправности – отсутствие электроэнергии – и т.д.
<b>ОБРАТНЫЙ ПОТОК</b>	Неисправность или отсутствие обратных клапанов (следует учесть, что обратные клапаны обычно не предотвращают повышение давления) – сифонный эффект – неправильное дифференциальное давление – двусторонний поток – аварийный сброс газа – неправильная стыковка труб – и т.д.
<b>УВЕЛИЧЕНИЕ ПОТОКА</b>	Открыт байпасный клапан – увеличена мощность насоса – насосы работают одновременно – снижен напор насоса – изменение плотности флюида – порыв (утечка) трубки теплообменника – изношены или сняты ограничительные диафрагмы – крестообразное соединение систем – отказ клапана-регулятора – механизм клапана изменился – клапан-регулятор отказал в открытом положении – разрыв трубы – серьезная утечка – открыта не та задвижка, которая нужна – незначительные утечки из мест соединений трубопроводов – пробочное течение (глобулярный режим потока).
<b>УМЕНЬШЕНИЕ ПОТОКА</b>	Ограничение потока в трубе – фильтр засорился – неисправны насосы, загрязнены сосуды, трубопроводы, клапаны или диафрагмы – изменения плотности или вязкости флюидов – разница (конкурирующая) напоров и производительности насосов – неправильно отрегулирован дроссельный клапан (неумышленно) – и т.д.
<b>ПОВЫШЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ</b>	Расчетное давление, спецификации труб, сосудов, фитингов и контрольно-измерительных приборов – проблемы резкого повышения давления – утечки из заблокированных систем высокого давления – прорыв газа (плохо работает система сброса газа) – недостаточны или неверны процедуры отсекания для предохранительных клапанов – повышение давления в результате перегрева – поршневые насосы – клапаны-регуляторы давления откали в закрытом или открытом положении – повышено давление на входе центробежного насоса – перекрыт отвод к манометру – и т.д.

<sup>24</sup> Таблицы Приложений 2 и 3 приведены из руководства ТНК-ВР «Анализ опасности и работоспособности технологических процессов (HAZOP)» (новая редакция № 2).

Продолжение таблицы

Ключевое слово	Определение
<b>ПОНИЖЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ</b>	Образование вакуума – конденсация – растворение газа в жидкости – ограничение на всасывающей линии насоса/компрессора – обнаруженная утечка – процедура дренирования сосуда – образование пробки пластового газа – разгрузка вакуума – и т.д.
<b>ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ</b>	Выход изолирован или заблокирован – входящий поток выше выходящего – отказ клапана-регулятора – неправильно измеряется уровень – конденсация в вентиляционном трубопроводе – переполнение сосуда – отказ сигнализации уровня – недостаточно времени на реагирование – и т.д.
<b>ПОНИЖЕНИЕ УРОВНЯ</b>	Остановлен входящий поток – утечка – поток на выходе превышает поток на входе – отказ клапана-регулятора – неправильный замер уровня – двухфазный поток – перекрыт отвод к манометру – неправильно рассчитана продолжительность пребывания в сосуде – недостаточное смешивание
<b>ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ</b>	Пожар – условия окружающей среды – засорились или неисправны трубки теплообменника – вода не охлаждается – отказ клапана-регулятора – отказ клапана-регулятора печи – пожар внутри – отказ реактивной системы управления – попадание нагреваемой среды в технологическую жидкость – теплоспутники – регенерация – выжиг (удаление) кокса – теплота реакции, поглощение или растворение – сторела защита – и т.д.
<b>ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ</b>	Работа в условиях пониженной температуры – условия окружающей среды – понижение давления – засорились или неисправны трубки теплообменника – потери тепла – понижение давления в системе сжиженного газа – эффект Джоуля-Томпсона – эндотермическая реакция – и т.д.
<b>КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ</b>	Стратегия контроля – местоположение приборов – недостаток контрольно-измерительных приборов – избыток информации – время реагирования – уставки срабатывания сигнализации и отключений – время, которое имеет оператор на вмешательство – проверка системы сигнализации и отключения оборудования – ложные сигналы – противопожарная защита – приборная панель и ее местоположение – автоматические/ручные системы управления установкой и человеческий фактор (ошибки) – пробоотборники – отказ датчика – отказ клапана-регулятора или исполнительного элемента системы регулирования – режим отказа на вход данных вне диапазона – недостаток документации – компьютерный контроль – механические и PLC блокировки – шунтированные блокировки – отказ системы защиты КИП – неисправная сигнализация – и т.д.
<b>СБРОС</b>	Схема защиты при сбросе давления – основа конструкции сброса (условия: технологический процесс/пожар, запуск/останов и т.д.) – тип устройства для сброса давления и надежности – результаты осмотра/испытания – местоположение сброса с предохранительного клапана – воздействие на экологию – двухфазный поток – влияние «узкого места» или реконструкции на требования к производительности системы сброса – условия запус-

	<p>ка – материалы, используемые для строительства – температура поврежденных дисков – профилактика и философия поиска неисправности – отказ административного контроля – блокировка предохранительных клапанов – ограничение потока входных/выходных трубопроводов – закупорка системы сброса – частота использования предохранительного клапана – устройство сброса не подвержено рабочей температуре или рабочему давлению – местоположение устройства сброса – ситуации, близкие к аварийным – и т.д.</p>
<b>ЗАГРЯЗНЕНИЕ</b>	<p>Протечка клапанов – утечки в трубах теплообменника – несоответствующее исходное сырье / спецификация – недостаточный контроль качества – отказ системы контроля процесса и промежуточные /побочные продукты – недостаточное смешивание – поступление воздуха, вода или ржавчина – произвольное смешивание – взрывоопасные смеси – соединенные между собой системы (особенно сервисные и изоляционные системы) – неправильно выбранные добавки или катализаторы – операции для подготовки к запуску или останову – промывка растворителей – и т.д.</p>
<b>СВОЙСТВА ХИМРЕАГЕНТОВ</b>	<p>Реакционная способность – устойчивость/разложение – управляемые реакции – давление насыщенных паров – температура насыщения химических веществ – растворимость – кристаллизация – размер механических частиц – осаждение (отстаивание) механических частиц – сублимация – вязкость – неконтролируемое смешивание – изменение фазы – фазовое разделение – возгораемость – токсичность – информация по паспорту безопасности вещества и т.д.</p>
<b>ПОРЫВ ТРУБЫ (СОСУДА)</b>	<p><b>ОПАСНОСТИ:</b> Токсичность – вероятность возникновения пожара/взрыва – высокое давление – температура – вероятность нанесения вреда вне производственного объекта – наиболее неблагоприятный вариант по плану управления степенями риска или альтернативный сценарий выброса – воздействие на окружающую среду. <b>ОБНАРУЖЕНИЕ:</b> Методы – необходимое время – детекторы – видимость – порог ощущения запаха – видеомониторы – плановые проверки. <b>СМЯГЧЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ:</b> имеющиеся методы – точки отключения – длительность утечки – методы локализации – аварийные мероприятия на месте разливов – процедуры/обучение – снижение запасов. <b>ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ:</b> зона пожаротушения – наличие пожарной команды – дренажная система пожаротушения – стратегия пожаротушения – необходимые меры по ликвидации аварии – сигнализации – процедуры эвакуации – аварийные душевые/станции для промывки глаз – местонахождение ВДА (ИП). <b>ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ:</b> устранение основной причины – строительные материалы – процедуры технического обслуживания/обеспечения механической целостности – механическое напряжение – процедуры подъема грузов – защита от превышения давления – выявление дефекта – методы проверки.</p>

Продолжение таблицы

Ключевое слово	Определение
<b>ВОЗГОРАНИЕ</b>	СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО – схема заземления – емкости/оборудование с изоляцией – жидкости с низкой электропроводностью – заполнение емкостей с разбрызгиванием – изолированные сетчатые фильтры и компоненты клапана – образование и ее удаление пыли – шланги – временное заземление для слива/налива – ППО систем заземления – ОТКРЫТОЕ ПЛАМЯ – факелы – дежурные горелки – огневые подогреватели – ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ – въезд транспортного средства – классификация электрических устройств – молния – нагреваемые поверхности – огневые работы/сварка – наряды-допуски для огневых работ – люди на объекте – ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ – самовозгорание – верхние и нижние пределы воспламенения – температура вспышки – тройственный фактор возгорания – ОКРУЖАЮЩАЯ ЗОНА.
<b>ОТКАЗ ОТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ</b>	Отказ воздуха КИП/пара/азота/охлаждающей воды/силового гидравлики/воды или другой системы – загрязнение воздуха КИП, азота и т.д. – телекоммуникации – системы обогрева и вентиляции – компьютеры – резервные системы – предохранительные системы – предыдущие отказы – и т.д.
<b>НЕСАТАТНАЯ СИТУАЦИЯ</b>	Продувка – промывка – пуск – нормальный останов – аварийный останов – эксплуатация в аварийных условиях – суровые погодные условия – разливы – пожар – капремонты – эксплуатация в нерабочую смену – пере-сменка – сжигание на факеле – байпасированные предохранительные устройства – время (последователь-ность) – пуск после аварийного останова – регенерация – выжиг кокса – разливы/локализация разливов – планы эвакуации – процедуры байпасирования – использование экстренных мер – график работы по продленным сменам – предыдущие происшествия и предаварийные ситуации – привлечение подрядчиков – и т.д.
<b>ПРОБОТБОР</b>	Вредное воздействие на персонал – предназначение пробы – пробоотборник – контроль состояния окружаю-щей среды, разливов и утечек – процедура пробоотбора – время до получения результата анализа – калибровка автоматических пробоотборников – надежность, точность, или представительная проба – диагностика резуль-тата – промышленная гигиена (воздействие на персонал/контроль) – утилизация материалов проб – вмешатель-ство оператора – изменение технологического процесса в зависимости от результата анализа – и т.д.
<b>ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ</b>	Процедуры технического обслуживания (устные, письменные) – эксплуатация работающего оборудования – профилактическое техническое обслуживание – прогностическое техническое обслуживание – принципы про-изведения отключения – дренаж – продувка – чистка – осушка – установка заглушек – затягивание болтов без останова технологического процесса – холодная и горячая врезка – доступ – план спасательных работ – обуче-ние – опрессовка – система выдачи нарядов-допусков – маркировка выключателей – ограниченное пространст-во – подрядчики – установленное/неустановленное запасное оборудование – наличие запасных частей – изме-

	<p>ненные технические параметры – хранение запасных частей – каталог запасных частей и т.д. – проведение испытаний запасного оборудования – и т.д.</p> <p><b>КОРРОЗИЯ / ЭРОЗИЯ</b></p> <p>Технические условия – внутренняя/внешняя коррозионная защита – коррозия под изоляцией – схема катодной защиты – охрупчивание – коррозионное растрескивание под напряжением, скорость жидкости – осмотры (испытания/контроль трубных обвязок, емкостей, теплообменников и т.д.) – и т.д.</p> <p><b>РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ</b></p> <p>Доступ к приборам КИП на площадке – доступ к оборудованию и клапанам (персонал технического обслуживания не имеет доступа к оборудованию, необходим доступ к клапанам для подготовки оборудования к техобслуживанию) – воздействие на системы дренажа/ канализации – стандартные требования/применимые правила по расстоянию между единицами оборудования – маршруты эвакуации – системы противопожарной безопасности – местонахождение дыхательного аппарата – расположение точки нижнего предела взрываемости и достаточность обеспечения защиты – аварийные душевые/станции для промывки глаз – расположение точек сбора и источников выбросов относительно местонахождения персонала – расположение/доступ к запорным клапанам – необходимость подъема тяжелого оборудования над технологическими линиями – опасность падения с высоты.</p>
<b>ПРЕДЫДУЩИЕ ПРОИСШЕСТВИЯ</b>	<p>Происшествия на аналогичных технологических процессах – изучение всех предыдущих происшествий, способных привести к катастрофическим последствиям, включая предаварийные ситуации – незарегистрированные происшествия.</p> <p>Рассматривались ли опасные факторы в ходе расследования причин аварии?</p> <p>Были ли выполнены рекомендации исследования причин аварии?</p> <p>Была ли устранена основная причина (причины) аварии?</p>
<b>УЧАСТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА</b>	<p>Возможность снимать показания местных КИП – действия во время аварийной ситуации – соотношение автоматического и ручного режимов управления – изменения, воздействующие на процедуры или методы безопасного ведения работ – ясность предупреждающих знаков/ярлыков – связь – несогласованность при эксплуатации клапанов – непонимание информации, выдаваемой компьютерными системами или местными КИП – соответствие выполняемому заданию – редко выполняемые рабочие задачи – методы распознавания проблем технологического процесса, отказов, состояния, реакции на внесенные изменения – возможность ошибки оператора – наличие процедур, выполняющихся в течение более чем одной рабочей смены – отклонения от письменных процедур.</p>

Продолжение таблицы

Ключевое слово	Определение
<b>ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ</b>	<p>Обучение – письменные процедуры по эксплуатации и техническому обслуживанию (точные, включающие все необходимые изменения, выполняемые) – соответствие выполняемым обязанностям – системы/сигнализации обнаружения пожара и газа – схемы выполнения аварийного останова – планы действий в нештатных ситуациях – предыдущие предаварийные ситуации – утилизация стоков – опасные факторы, создаваемые другими объектами (прилегающие складские площади / технологические установки) – испытание аварийного оборудования – соблюдение местных/федеральных норм и правил – неликвидные запасы склада химреагентов – освещение – промышленная гигиена: средства индивидуальной защиты – расположение аварийных душевых/станций для промывки глаз – программа ознакомления общественности о действиях при авариях – паспорт безопасности вещества – время реагирования при тушении пожара – обучение действиям в аварийных ситуациях – предельно допустимые концентрации материалов, применяемых в технологическом процессе, и методы их обнаружения – средства оказания первой /медицинской помощи – уровень шума – риск при поднятии тяжестей (травмы позвоночника) – и т.д.</p>

## Приложение 3

## Типичные причины отклонений от нормального рабочего режима, применяемые в HAZOP

Условие	Объяснение
<b>ОТСУТСТВИЕ ПОТОКА</b>	Неправильное распределение потока – блокировка – неверно установленные заглушки – плохо пригнан обратный клапан – разрыв трубы – серьезная утечка – отказ оборудования (клапан-регулятор/клапан-отсекатель, насос, сосуд и т.д.) – неправильно рассчитано дифференциальное давление – ошибочная изоляция – и т.д.
<b>ОБРАТНЫЙ ПОТОК</b>	Неисправен обратный клапан – сифонирование – неправильно рассчитано дифференциальное давление – двусторонний поток – аварийный сброс газа – неправильная работа – и т.д.
<b>УВЕЛИЧЕНИЕ ПОТОКА</b>	Повышение производительности насоса – повышение давления на входе – понижение напора насоса – повышение плотности флюида – протечка трубок теплообменника – стирание диафрагмы – крестообразное соединение систем – отказ системы контроля – и т.д.
<b>УМЕНЬШЕНИЕ ПОТОКА</b>	Ограничение потока в трубопроводе из-за его сужения – засорен фильтр – неисправны насосы – засорение сосудов, клапанов, дроссельный вентиль или диафрагма – проблемы, связанные с изменением плотности или вязкости флюида – неправильная спецификация технологического флюида – и т.д.
<b>ПОВЫШЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ</b>	Проблемы, связанные с перепадом давления – утечки из взаимосвязанной системы высокого давления – прорыв газа (недостаточный сброс) – процедуры отсекаания неисправных клапанов системы сброса газа – повышение давления в результате нагрева – поршневые насосы – отказ предохранительного клапана в открытом положении – и т.д.
<b>ПОНИЖЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ</b>	Создание вакуума – конденсация – растворение газа в жидкости – ограничение на входе насоса/компрессора – обнаруженная утечка – дренаж сосуда – и т.д.
<b>ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ</b>	Условия окружающей среды – засорены или неисправны трубки теплообменника – пожар – вода не охлаждается – неисправен регулятор (контроль) – отказ регулятора огневого нагревателя – внутренний пожар – отказ системы регулирования с обратной связью – и т.д.
<b>ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ</b>	Условия окружающей среды – понижение давления – засорены или неисправны трубки теплообменника – потери тепла – и т.д.
<b>ПОВЫШЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ФЛЮИДА</b>	Неверные технические характеристики материала – неверное значение температуры.

Продолжение таблицы

Условие	Объяснение
<b>ПОНИЖЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ФЛЮИДА</b>	Неправильные технические характеристики материала – ошибочная температура.
<b>ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА</b>	Утечки в запорных клапанах – утечки в трубах теплообменника – изменение фазы – неправильный состав сырья / неправильные технические параметры – несоответствующий контроль качества – процедуры управления технологическим процессом – и т.д.
<b>ЗАГРЯЗНЕНИЕ</b>	Утечки в трубах теплообменника или запорных клапанах – неправильная эксплуатация системы – объединение систем – влияние коррозии – неверные присадки – попадание воздуха – условия пуска и останова – и т.д.
<b>СБРОС</b>	Принципы выполнения сброса – тип ограничителя давления и его надежность – расположение выброса предохранительного клапана – последствия загрязнения – и т.д.
<b>КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ</b>	Принципы управления технологическим процессом – расположение контрольно-измерительных приборов – время отклика – уставки сигнализаций и отключений – время на вмешательство оператора – проверка сигнализаций и отключений – защита от возгорания – электронное отключение/регулирующие усилители – расположение и индикаторы панели управления – автоматический/ручной блок и участие человеческого фактора – и т.д.
<b>ОТБОР ПРОБ</b>	Процедура отбора проб – время до получения результата анализа – калибровка автоматического пробоотборника/надежность – точность показаний по представительной пробе – диагностика результата – и т.д.
<b>КОРРОЗИЯ/ ЭРОЗИЯ</b>	Схема катодной защиты – внутренняя/внешняя защита от коррозии – технические характеристики – охрупчивание цинка – коррозионное растрескивание под напряжением (хлориды) – скорость жидкости – зоны разбрызгивания стойка – и т.д.
<b>ОТКАЗ СИСТЕМ</b>	Отказ КИП воздуха / пара / азота / охлаждающей воды / силовой гидравлики / электропитания – системы обогрева и вентиляции телекоммуникационных систем – компьютеры – и т.д.
<b>ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ</b>	Отглушение – дренаж – продувка – очистка – осушка – заглушки – доступ – план спасательных работ – обучение – опрессовка – система нарядов/допусков на проведение работ – контроль состояния – и т.д.
<b>ЭЛЕКТРОСТАТИ- ЧЕСКАЯ ЗАЩИТА</b>	Схема заземления – емкости/оборудование с изоляцией – жидкости с низкой электропроводностью – заполнение емкостей с разбрызгиванием – электрически изолированные жидкости – изолированные сетчатые фильтры и компоненты клапана – образование пыли и удаление – шланги – и т.д.

<b>РЕЗЕРВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ</b>	Установленное/неустановленное запасное оборудование – наличие запасных частей – измененные технические параметры – хранение запасных частей – каталог запасных частей – и т.д.
<b>ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ</b>	Система/сигнализация обнаружения пожара и утечки газа – схема аварийного останова – время реагирования при тушении пожара – обучение действиям в чрезвычайных ситуациях и крайне опасных ситуациях – планы ликвидации аварий – ПДК материалов технологического процесса и методы их обнаружения – уровни шума – меры обеспечения безопасности – знание опасных воздействий материалов – средства для оказания первой/медицинской помощи – удаление сточных вод – опасные факторы, создаваемые другими (смежные складские площадки, технологические установки и т.д.) – проверка аварийного оборудования – соблюдение местных/федеральных норм – и т.д.

## Приложение 4

## Методики оценки рисков аварий, применяемые при разработке действующих ДПБ

№ п/п	Применяемые в ДПБ методики оценки рисков аварий на ОПО	Область применения методики
1	Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404	Определение расчетных величин пожарного риска на производственных объектах устанавливает порядок расчета величин пожарного риска на производственных объектах
2	Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности. Приказ Ростехнадзора от 27 декабря 2013 г. № 646	Количественная оценка риска аварий для опасных производственных объектов нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности
3	Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах ОАО «АК «Транснефть»» (утверждено приказом ОАО «АК «Транснефть» от 30.12.99 г. № 152)	Используется при разработке деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов магистральных нефтепроводов
4	Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ. Приказ Ростехнадзора от 20.04.2015 № 158	Все ОПО
5	Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности. Приказ Ростехнадзора от 29.06.2016 г. №272	Нефтегазоперерабатывающая, нефте- и газохимическая промышленность
6	Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазодобычи. Приказ Ростехнадзора от 17.08.2015 г. №317	Для нефтегазодобывающих предприятий
7	Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей. Приказ Ростехнадзора от 17.09.2015 г. №366	Распространяется на технологические трубопроводы, эстакады, средства транспортирования, связанные с перемещением взрывопожароопасных жидкостей внутри промышленных площадок ОПО
8	Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах. Приказ Ростехнадзора от 13.05.2015 г. №189	Взрывопожароопасные химические, нефтехимические и нефтеперерабатывающие производства

9	Метод оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приземлемого риска чрезвычайных ситуаций. 09.01.2008. № 1-4-60-9	Оценка риска, связанного с возможным воздействием поражающих факторов ЧС техногенного характера, обусловленных пожарами, взрывами и выбросами токсических веществ, на: – персонал опасных объектов; – население, проживающее или работающее на прилегающей территории; – имущество государства, физических и юридических лиц; – окружающую среду
10	Метод анализа пожарной безопасности технологических процессов. Постановление Госстандарта РФ от 03.08.1998. № 304	Устанавливает общие требования пожарной безопасности к технологическим процессам различного назначения всех отраслей экономики страны и любых форм собственности
11	Метод моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ. Приказ Ростехнадзора от 20.04.2015 № 158	Распространяется на опасные производственные объекты, на которых возможны случаи выброса газообразных или жидких ОВ в однофазном или двухфазном состоянии с плотностью, большей, чем плотность воздуха при соответствующих условиях
12	Метод определения вероятности возникновения пожара (взрыва) в пожароопасном объекте. ГОСТ 12.1.004-91	Устанавливает порядок расчета вероятности возникновения пожара (взрыва) в объекте и изделии
13	Метод определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. Приказ Ростехнадзора от 15.07.2013 № 306	Количественная оценка риска аварий для обеспечения требований промышленной безопасности при проектировании, строительстве, капитальном ремонте, техническом перевооружении, реконструкции, эксплуатации, консервации и ликвидации технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей
14	Метод оценки последствий аварийных выбросов опасных веществ. Приказ Ростехнадзора от 14.12.2007 № 859	Применяются при расчете зон распространения опасных веществ в атмосфере при промышленных авариях
15	Метод оценки ущерба от аварий на опасных производственных объектах. Постановление Госгортехнадзора России от 29.10.2002 № 63	Оценка ущерба при расследовании аварии на опасном производственном объекте, разработке декларации промышленной безопасности, страховании ответственности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты

Продолжение таблицы

№ п/п	Применяемые в ДПБ методики оценки рисков аварии на ОПО	Область применения методики
16	Метод проведения анализа риска опасных производственных объектов. Постановление Госгортехнадзора РФ от 10.07.2001 № 30	Устанавливает методические принципы, термины и понятия анализа риска, общие требования к процедуре и оформлению результатов, а также представляет основные методы анализа опасностей и риска аварий на опасных производственных объектах
17	Метод расчета радиусов зон разрушений при взрывах ГВС. Приказ Ростехнадзора от 11.03.2013 № 96	Для химических, нефтехимических и нефтегазоперерабатывающих производств
18	Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром». СТО Газпром 2-2-3-400-2009	Для газодобывающих предприятий
19	Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности. Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382	Устанавливает порядок определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках и распространяется на здания классов функциональной пожарной опасности
20	Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. Минтопэнерго, 1996 г.	Для магистральных, а также промысловых нефтепроводов
21	Методика оценки последствий аварий на пожаро-, взрывоопасных объектах. МЧС России, 1994 г.	Объекты по хранению, переработке и транспортировке сжиженных углеводородных газов, сжатых углеводородных газов, ЛВЖ <sup>25</sup> , конденсированных взрывчатых веществ
22	Методика оценки последствий аварий на пожаровзрывоопасных объектах (Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий. МЧС РФ. Книга 2)	Предназначена для оценки последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке сжиженных углеводородных газов, сжатых углеводородных газов, ЛВЖ, конденсированных взрывчатых веществ

<sup>25</sup> ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

23	Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей. Приказ Ростехнадзора от 31.03.2016 № 137	Все ОПО
24	Методика оценки последствий аварийных выбросов опасных веществ «ТОКСИ», утв. ОАО «НПЦ «Промышленная безопасность»» 13.09.2006, согл. с Ростехнадзором письмом от 09.08.2006 № 12-01-29/1592	Для нефтегазодобывающих предприятий
25	Методика по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС. М., ВНИИ ГОЧС, 1994 г.	Для нефтегазодобывающих предприятий
26	Методика расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при свободном горении нефти и нефтепродуктов. Самарский областной комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 1996 г.	Все ОПО
27	Методики определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. Утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995 г.	Для нефтегазодобывающих предприятий
28	Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144	Все ОПО
29	Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и магистральных нефтепродуктопроводов. Приказ Ростехнадзора от 17.06.2016 г. № 228	Магистральные нефтепроводы и магистральные нефтепродуктопроводы
30	Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «ГАЗПРОМ». СТО ГАЗПРОМ 2-2.3-351-2009	На опасные производственные объекты ОАО «Газпром», в том числе линейную часть МГ, переходы через протяженные водные преграды, КС, ГРС, ЛЧ и насосные станции МК, подземные хранилища природного газа в пористых структурах и отложениях каменной соли
31	Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах ОАО АК «Гранснефть». Руководящий документ. Утверждено приказом АК «Гранснефть» от 30.12.1999 № 152. Согласовано письмом Госгортехнадзора России от 07.07.1999 № 10-03/418	Для магистральных нефтепроводов

Продолжение таблицы

№ п/п	Применяемые в ДПБ методики оценки рисков аварии на ОПО	Область применения методики
32	Определение радиуса воздействия продуктов сгорания паровоздушного облака в случае пожара-вспышки. Руководство по оценке пожарного риска для промышленных предприятий. И.А. Болодян, Ю.Н. Шебеко, В.Л.Карпов, В.И.Макеев и др. – М.: ВНИИПО, 2006. – 93 с.	Все ОПО
33	РД 03-26-2007 Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ	Применяются при расчете зон распространения опасных веществ в атмосфере при промышленных авариях
34	РД 03-357-00 Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта. Постановление Госгортехнадзора РФ от 26 апреля 2000 г. № 23	Все ОПО
35	РД 03-409-01 Методика оценки последствий аварийных взрывов ТВС	Для нефтедобывающих предприятий
36	РД 03-418-01 Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов	Для нефтедобывающих предприятий
37	РД 03-496-02 Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах	Для нефтедобывающих предприятий
38	РД 08-120-96 Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов	Объекты, использующие пожаровзрывоопасные и опасные химические вещества
39	РД - 13.020.00-КТН-148-11 Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах	Для нефтегазодобывающих предприятий
40	РД 52.04.253-90 Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. Утв. Штабом ГО СССР, 1991.	Для нефтегазодобывающих предприятий

41	Руководства по оценке пожарного риска для промышленных предприятий. ВНИИПО МЧС России, 2006 г.	Промышленные предприятия с наличием горючих газов, легко воспламеняющихся и горючих жидкостей, а также сжиженных углеводородных газов, сжиженного природного газа и твердой пожарной нагрузки
42	Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф и стихийных бедствий в РСЧС. Книга 1, 2. М., ВНИИ ГОЧС, 1997 г.	Для оценки последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке сжиженных углеводородных газов, сжатых углеводородных газов, легко воспламеняющихся жидкостей, конденсированных взрывчатых веществ

**Приложение 5****Описание метода<sup>26</sup> «Матрица последствий и вероятности»<sup>27</sup>  
по ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011****П5.1. Область применения**

Матрицу применяют для ранжирования рисков, их источников и мер по обработке риска на основании уровня риска. Матрицу обычно применяют в качестве средства предварительной оценки, если было выявлено несколько видов риска, например, для определения того, какой риск требует дальнейшего или более подробного анализа, какой риск необходимо обрабатывать в первую очередь, а какой следует рассматривать на более высоком уровне менеджмента.

**Комментарий:**

- на практике так и происходит. Матрицу рисков применяют после того, как риски оценены и возникает необходимость их сравнить и определить, который из них более приоритетен для последующей более глубокой проработки.
- также матрица служит основным элементом различных отчетов по управлению рисками и применяется для обоснования принятия управленческих решений.

Данную матрицу применяют и для отбора видов риска, не требующих дальнейшего рассмотрения, а также для определения приемлемости или неприемлемости риска в соответствии с матрицей.

Применение матрицы способствует обмену информацией об общем восприятии качественных уровней риска в организации. Способ, которым устанавливают уровни риска, и правила принятия решения, относящиеся к нему, должны соответствовать особенностям организации и ее деятельности.

Форму матрицы применяют для анализа критичности в FMECA или для установления приоритетов после применения исследования HAZOP. Ее также можно применять в ситуациях, когда имеется недостаточно данных для подробного анализа, или в случае, когда ситуация не оправдывает затраты времени и усилий на проведение количественного анализа.

**Комментарий:**

- не только. Как уже упоминалось – матрица применяется как инструмент для принятия решений и визуализации отчетности практически во всех методах оценки и анализа рисков.

<sup>26</sup> В данном приложении приведено не дословное описание метода, как в ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010- 2011. Описание и терминология приведены в соответствие с подходом к рискам в настоящем учебном пособии.

<sup>27</sup> Чтобы не вводить в заблуждение читателя, ГОСТовское применение термина «вероятность» в тексте заменено на более точное, применительно к оценке рисков, понятие «частота».

## II.5.2. Входные данные

Входными данными к процессу являются шкалы последствий и вероятностей, установленные в соответствии с требованиями потребителя, и матрица, которая их объединяет.

Шкала (или шкалы) последствий должна охватывать весь диапазон типов исследуемых последствий (например, финансовые потери, безопасность, окружающая среда или другие параметры в зависимости от области применения) и учитывать возможность последствий: от максимально возможных до наименее вероятных.

Шкала может иметь любое количество точек. Наиболее распространены шкалы, имеющие 3, 4 или 5 точек.

### Комментарий:

*– практика показывает, что специализированные матрицы действительно имеют шкалы на 3, 4, 5 точек, но универсальные Матрицы для сравнения разных рисков уже содержат шкалы по 6, 7 и 8 точек, а специализированные матрицы для больших массивов рисков на однотипном оборудовании могут иметь шкалы по 100 точек.*

Шкала частоты также может иметь любое количество точек. Определения частоты необходимо выбирать настолько точными и однозначными, насколько это возможно. Если для определения различных частот применяются численные значения, то должны быть представлены единицы измерения. Шкала частоты должна охватывать диапазон, соответствующий проводимому исследованию, с учетом того, что самая низкая частота должна быть приемлемой для наибольшего определенного последствия.

Уровни риска, установленные для ячеек таблицы, зависят от определений, применяемых для шкал частоты и последствий. Матрица может быть построена с преимущественным влиянием последствий или частоты – или она может быть симметричной, в зависимости от случая применения. Уровни риска могут быть связаны с правилами принятия решения при помощи, например, уровня внимания со стороны руководства, или шкалы времени, которое требуется для соответствующего реагирования.

Оценочные шкалы и матрица могут быть разработаны и на основе количественных шкал. Например, по отношению к надежности шкала частоты может отображать приближенное значение интенсивности отказов, а шкала последствий – затраты, вызванные отказом, в денежных единицах.

Применение данного метода требует наличия специалистов соответствующей компетентности (предпочтительно – опытной группы) и всех имеющихся данных для обоснования экспертных заключений о последствиях и частоте.

### II.5.3. Процесс выполнения метода

Для ранжирования рисков пользователь должен прежде всего подобрать описание последствий, которое наилучшим образом соответствует ситуации, определить частоту, с которой эти последствия произойдут. Затем определить с помощью матрицы уровень риска.

Многие опасные события могут иметь диапазон результатов с различными соответствующими частотами. Незначительные проблемы обычно происходят чаще, чем катастрофические события. Поэтому можно ранжировать часто получаемые результаты, наиболее серьезные или другие сочетания вероятности и последствий.

Во многих случаях требуется уделять внимание наиболее серьезным возможным опасным событиям, поскольку они представляют наибольшую угрозу и являются наиболее значительными. В некоторых случаях необходимо ранжировать как обычные проблемы, так и маловероятные катастрофы (опасные события) как отдельные виды риска (инициирующие события). При этом следует рассматривать частоту, связанную с выбранным опасным событием, а не частоту инициирующего события.

Уровень риска, определяемый по матрице, может быть связан с правилом принятия решений, например, о необходимости проведения обработки риска, назначения уровня ответственности руководства, когда чем выше риск – тем выше уровень руководителя, который за него отвечает.

### II.5.4. Выходные данные

Выходными данными являются класс каждого опасного события или перечень опасных событий с указанием уровня значимости.

Комментарий:

*– каждый риск, а точнее, опасное событие, в него входящее, попадает в ту или иную ячейку таблицы – матрицы. Особенность матрицы в том, что каждая её ячейка может быть покрашена в различные цвета, чаще всего от красного до зеленого. Красному цвету присваивают наибольшую критичность, а зеленому – минимальную. Класс опасного события – это и есть некоторая категория его приоритетности или значимости.*

### II.5.5. Преимущества и недостатки

Преимуществами метода являются:

- относительная простота использования;
- обеспечение быстрого ранжирования риска по уровням значимости.

Метод имеет следующие недостатки:

- матрица должна быть разработана для конкретных обстоятельств, т. к. затруднительно составить универсальную матрицу, которую организация может применить в любых обстоятельствах;

- как правило, трудно однозначно установить необходимые шкалы;
- применение матрицы весьма субъективно и в значительной степени зависит от специалиста, выполняющего оценку;
- риски нельзя объединять (т. е. нельзя установить, что определенное количество низких рисков или низкий риск, выявленный определенное количество раз, эквивалентны среднему риску);
- объединение или сравнение уровней риска для различных категорий последствий представляет определенные трудности;
- результаты зависят от уровня детализации анализа, т. е. чем более подробный анализ, тем больше сценариев, каждый из которых имеет более низкую вероятность. Все это приводит к недооценке фактического уровня риска. Способ, которым группируют сценарии при описании риска, должен быть единообразным и должен быть определен в начале исследования.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

**ГНВП** – газонефтеводопроявление

**ДПБ** – декларация промышленной безопасности

**КИП** – контрольно-измерительные приборы

**НМО** – нормативно-методическое обеспечение

**ОПО** – опасный производственный объект

**ТО** – техническое обслуживание

**ТОиР** – техническое обслуживание и ремонт

**ETA** – анализ дерева событий (Eventtree analysis)

**HAZID** – идентификация опасностей (Hazard Identification)

**HAZOP** – анализ опасностей и работоспособности (Hazard and Operability)

**FMEA** – анализ видов и воздействия отказов (Failure Mode and Effects Analysis)

**FMECA** – анализ видов, последствий и критичности отказов (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis)

**FTA** – анализ дерева неисправностей (Fault Tree Analysis)

**RBI** – риск-ориентированная диагностика (Risk Based Inspections)

**RCM** – ТОиР, направленное на обеспечение надежности (Reliability Centered Maintenance)

## ГЛОССАРИЙ

**Актив:** совокупность имущества и денежных средств, включая здания, сооружения, машины и оборудование, которые представляют собой ценность для организации.

**Барьер:**

– техническая и/или организационная мера управления, направленная на управление рисков, снижающая частоту наступления иницирующего события (предупреждающий барьер) или уменьшающая последствия опасного события (реагирующий барьер);

– для удобства использования, как правило, классифицируются, по видам тех мер управления риском, которые снижают частоту его реализации или последствия.

**Декларация промышленной безопасности:** обязательный документ для опасных производственных объектов I и II классов опасности, содержащий всестороннюю оценку риска аварий и связанных с ними угроз, анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий...[9].

**Защитная оболочка первичная:** резервуар, сосуд, труба, грузовой автомобиль, вагон или другая емкость, предназначенная для содержания в ней какого-либо материала, как правило, с целью хранения, сепарирования, переработки или транспортировки [10].

**Защитная оболочка вторичная:** непроницаемый физический барьер, специально предназначенный для ликвидации последствий выброса в окружающую среду материалов, нарушивших целостность первичной защитной оболочки. Ко вторичным защитным оболочкам в том числе относятся насыпи вокруг резервуаров, бордюры вокруг технологического оборудования, системы сбора дренажа, наружная стена резервуаров с открытым верхом и двойными стенками и т. п. [10].

**Иницирующее событие:**

– само по себе (или в результате последующего развития по одному из сценариев до опасного события) наносит или может нанести вред людям, окружающей среде, активам или репутации;

– определяется из факта, что все последующие опасные события наступают только вследствие данного события.

**Критическое оборудование/объект:** оборудование/объект, отказ которого может привести к последствиям, неприемлемым по классификации принятой в компании системы оценки рисков.

**Надёжность:** свойство объекта или оборудования сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Для решения практических задач оценки, прогнозирования и планирования надёжности используются различные параметры, наиболее распространенными среди которых являются:

- вероятность отказа (или безотказной работы) в заданный период времени;
- частота отказов;
- среднее время (интервал) наработки на отказ;
- остаточный ресурс – оставшееся время до отказа;
- коэффициент технической готовности.

**Нарушение целостности:** наличие дефектов оборудования (недопустимых отклонений от заданных проектных показателей), которые появляются в связи со старением, износом, негативным воздействием внешних и внутренних факторов.

Нарушение целостности оборудования в рамках производственного процесса рассматривается как ключевое рисковое событие (инициирующее событие), из-за которого может произойти отказ, полная или частичная потеря работоспособности оборудования.

**Нормативно-методическое обеспечение:** применительно к компании или организации в рамках системы управления, в т.ч. с применением риск-ориентированных подходов – это документы организационного, распорядительного, методического, нормативного, технического и экономического (или сочетания, например, технико-экономического) содержания, а также справочники, глоссарии и учебные материалы, используемые в рамках производственной и всех иных видов деятельности, утвержденные и/или принятые к исполнению в установленном порядке руководством компании или организации или уполномоченным на это коллегиальным органом.

Нормативно-методическое обеспечение может быть разработано компанией или организацией самостоятельно, может быть принято в готовом или адаптированном виде со стороны. Применимое законодательство, нормативно-правовые акты государственных органов, обязательные для исполнения, также входят в нормативно-методическое обеспечение.

**Поддержание работоспособности/исправности оборудования:** технические и организационные мероприятия, обеспечивающие:

- защиту оборудования или объектов на активах от внутренних и внешних факторов природного, техногенного и антропогенного происхождения, которые могут привести к нарушению целостности (и, как следствие, отказам) и/или ухудшить эксплуатационные свойства;
- восстановление целостности.

**Приемлемый (требуемый) уровень надёжности:** надёжность, доведенная до показателя, который организация требует от объекта или оборудования, учитывая свои правовые обязательства и собственную политику в области промышленной и экологической безопасности, охраны труда и гражданской защиты, а также задачи выполнения производственных планов и достижения эффективности.

**Производственное происшествие:** незапланированное или бесконтрольное нарушение целостности первичной защитной оболочки, содержащей какой-либо материал, в т.ч. нетоксичные и невоспламеняющиеся материалы (например, пар, горячую воду, азот, сжатый углекислый газ или сжатый воздух) технологического процесса, или нежелательное событие или состояние, которое при небольшом изменении обстоятельств может привести к выбросу материала [10].

**Оборудование:**

а) совокупность машин, механизмов, приборов, устройств, используемых в производственной деятельности;

б) технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, – машины, технологическое оборудование, системы машин и (или) оборудования, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации опасного производственного объекта [абзац введен Федеральным законом от 19.07.2011 № 248-ФЗ].

**Оборудование резервное:** дополнительные единицы оборудования, имеющиеся в наличии, предназначенные для обеспечения непрерывности (или требуемого ритма) производства при выведении действующих единиц оборудования в плановые ремонты в соответствии с системой ТОиР или в случае отказа основного оборудования.

**Опасное событие:**

– любое событие в процессе производственной деятельности, которое наносит или может нанести вред людям, окружающей среде, активам или репутации;

– представляет собой конечный результат развития иницирующего события по одному из возможных сценариев.

**Опасность:** потенциальный источник нанесения вреда людям, окружающей среде, активам или репутации.

**Опасный производственный объект:** предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, указанные в Приложении 1 к Федеральному закону от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [9].

**Отказ:** событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния оборудования/объекта [ГОСТ-27.002.2015].

**Ранняя аварийность:** отказы и аварии на оборудовании в начальный период эксплуатации, как правило, не более 3-х лет. Оборудование после ввода в эксплуатацию имеет достаточно высокие риски, это проявляется в том, что наблюдается существенный уровень отказов (вплоть до аварий). «Ранняя аварийность» обусловлена причинами, возникающими на этапе создания и запуска в эксплуатацию оборудования/объектов: ошибки в проектных решениях; некачественные материалы; некачественный монтаж (сборка); непроjektные пусковые режимы эксплуатации; прочее.

**Ремонт:** комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности производственных объектов и оборудования и восстановлению ресурсов оборудования. Подразделяется на капитальный, средний, текущий, плановый, неплановый, регламентированный, по текущему состоянию [ГОСТ 18322-2016].

**Ремонт капитальный (КР):** ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного (или близкого к полному) восстановления ресурса производственных объектов и оборудования с заменой или восстановлением любых их частей, включая базовые [ГОСТ 18322-2016].

**Ремонт плановый (scheduled repair):** ремонт, постановка на который требуется в соответствии с документацией [ГОСТ 18322-2016].

**Ремонт неплановый (unscheduled repair):** ремонт, постановка на который осуществляется без предварительного назначения [ГОСТ 18322-2016].

**Ремонт регламентированный (regulated repair):** плановый ремонт, выполняемый независимо от технического состояния объекта в момент начала ремонта, в объеме и с периодичностью, установленными в документации [ГОСТ 18322-2016].

**Ремонт текущий (current repair):** плановый ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности объекта и состоящий в замене и/или восстановлении отдельных легкодоступных его частей [ГОСТ 18322-2016].

**Ремонт по «техническому состоянию» (Condition-Based Maintenance):** ремонт, при котором контроль технического состояния выполняется с периодичностью и в объеме, согласно нормативно-технической документации и/или с применением методологии RBI. Объем и момент начала ремонта определяются техническим состоянием оборудования.

**Риск-фактор:**

– причина, способствующая реализации опасности и наступлению иницирующего события;

– отвечает на вопрос «почему может произойти иницирующее событие?».

**Стратегия ТОиР:** обобщающая модель действий, необходимых для достижения поставленных целей, путём координации и распределения соответствующих ресурсов; набор правил для принятия решений, которыми служба ТОиР руководствуется в своей деятельности по обеспечению работоспособности производственных объектов и оборудования. Основными стратегиями ТОиР являются:

- стратегия планово-предупредительных ремонтов;
- стратегия ремонтов по техническому состоянию;
- стратегия эксплуатации оборудования до «отказа».

**Стратегия планово-предупредительных ремонтов (ППР / PPM, англ.: Planned Preventive Maintenance):** стратегия ТОиР, заключающаяся в планировании и проведении предупредительного технического обслуживания и ремонтов исходя из статистических сведений о сроках службы оборудования. В зависимости от типа оборудования ППР может выполняться «по периодичности» (как правило, для статического оборудования) и «по наработке» (как правило, для динамического оборудования).

**Стратегия ремонтов по техническому состоянию (СВМ, англ.: Condition-Based Maintenance):** стратегия ТОиР, заключающаяся в определении объема и момента начала ремонта по фактическому техническому состоянию производственных объектов и оборудования. Контроль технического состояния выполняется с применением технических средств диагностики с периодичностью и в объеме согласно НМО и / или с применением методологии RBI.

**Стратегия эксплуатации оборудования до «отказа» (RTF, англ.: Run-to-Failure):** стратегия ТОиР, заключающаяся в эксплуатации оборудования до вы-

хода его из строя, при котором проводят замену или восстановление работоспособности (ремонт или капитальный ремонт) отказавшего оборудования.

**Техническое обслуживание (ТО):** комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности производственных объектов и оборудования в процессе их технической эксплуатации, хранения и транспортировки, направленный на снижение тяжести последствий или предотвращение отказов [ГОСТ 18322-2016].

*Примечание.* ТО проводится для практически всех видов оборудования и объектов и служит для поддержания их работоспособности, безотказной эксплуатации. ТО поддерживает риски отказов в интервале от минимального (ограниченного риском ранней аварийности) до максимально приемлемого риска для данного вида оборудования на активе. Основанием для проведения ТО на оборудовании являются проектные решения, требования НТД РФ или государства пребывания актива, документация изготовителя, внутренние нормативные методические документы компаний. Ключевой признак, по которому работы по поддержанию работоспособного и безопасного состояния оборудования должны быть отнесены к ТО – причина их проведения, заключающаяся в необходимости исполнения заранее установленных требований.

**Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР):** совокупность технического обслуживания и ремонта, необходимых для поддержания работоспособности или исправности и восстановления производственных объектов и оборудования.

**Утечка:** производственное происшествие [10] с выбросом материала через первичную защитную оболочку.

**Ущерб от опасных событий:** сумма следующих составляющих, если применимо:

а) расходы, необходимые для восстановления целостности оборудования/объекта и устранения последствий опасного события, а также прочие прямые потери, связанные с возмещением третьим лицам ущерба, причиненного им в результате опасного события, включая компенсацию имущественного ущерба и компенсацию ущерба жизни/здоровью третьих лиц;

б) дополнительные расходы и упущенная выгода, возникшие вследствие нарушения сложившихся производственных процессов по причине реализации опасного события, а также косвенные потери, обусловленные невозможностью работников участвовать в текущей производственной деятельности в результате несчастных случаев.

**Целостность:** состояние оборудования или опасного производственного объекта, соответствующее его проектным характеристикам с допустимыми отклонениями.

**Эксплуатация оборудования до «отказа»:** эксплуатация оборудования до выхода его из строя, при котором проводят замену или восстановление работоспособности (ремонт или капитальный ремонт) отказавшего оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ISO 45001. Первое издание, март 2018. Системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда. Требования и руководство по их применению.
2. ГОСТ Р 55.0.01-2014/ИСО 55000:2014 Управление активами. Национальная система стандартов. Общее представление, принципы и терминология.
3. 7 Fundamentals of an operationally excellent management system. Dr. ChitramLutchman, Douglas Evans, Waddah Ghanem, Dr. Rohanie Maharaj. 2015 by Taylor & Francis Group, LLC.
4. Operations Integrity Management System. Exxon Mobil. 5959 Las Colinas Boulevard Irving, Texas 75039-2298. URL: <https://clck.ru/P5tXW> (дата обращения 14.06.2020)
5. Health, Safety and Environmental Management System. Phillips 66. URL: <https://clck.ru/P5tYZ> (дата обращения 14.06.2020)
6. SCRIBD, BP Selection and Deployment of a Mobile Workforce and Decision Support System. URL: <https://clck.ru/P5tZx> (дата обращения 18.06.2020)
7. Operational Excellence Management System. An Overview of the OEMS. Chevron Corporation 6001 Bollinger Canyon Road San Ramon, CA 94583. URL: <https://clck.ru/P5tbJ> (дата обращения 20.05.2019)
8. Третьяков Е. Системы управления операционной деятельностью (Operations Management System, OMS): опыт западных компаний. URL: <https://clck.ru/P5tch> (дата обращения 17.05.2019)
9. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями и дополнениями), ст. 14.
10. П.3. Термины, определения, сокращения и аббревиатуры. Методические рекомендации ANSI/API RP 754 «Показатели безопасности процесса для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности», второе издание, апрель 2016.
11. Bow ties risk management: a concept book for process safety/ CCPS (Center for Chemical Process Safety), in association with the Energy Institute, London, UK/ Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.: American Institute of Chemical Engineers. ISBN 9781119490388 (Adobe PDF)| ISBN 9781119490340(epub) | ISBN 9781119490305(handcover).
12. Поддержание инфраструктуры месторождений нефти и газа. Управление Целостностью опасных производственных объектов // Андреева Н.Н., Сивоконь И.С. – М.: Издательство РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2015. 192 с.: ил.
13. Основы теории надежности: учебное пособие / Н.Н. Кокушин, А.А. Тихонов, С.Г. Петров, В.Е. Головкин, И.В. Ключкин; ГОУВПО СПбГТУРП. – СПб, 2011. – 77 с.: ил. С. 48, табл. 1.
14. В.А. Острейковский, Я.В. Силин. Статистический анализ надёжности нефтепромысловых трубопроводов // Нефтегазовое дело, 2008, URL: <http://www.ogbus.ru>. url: [http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Ostreikovskiy/Ostreikovskiy\\_1.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Ostreikovskiy/Ostreikovskiy_1.pdf) (дата обращения 29.11.2020 г.)
15. В.А. Острейковский, А.О. Генюш, Я.В. Силин. Модели оценки надёжности нефтепромысловых трубопроводов с применением теории катастроф/ URL: <http://www.ipdn.ru/rics/pdf/900.pdf> (дата обращения 18 февраля 2014 г.).
16. Арнольд В.И. Теория катастроф. 3-е изд., доп. М.: Наука, 1990. 128 с.
17. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и её приложения. М.: Мир, 1980. 607 с.
18. Томпсон Дж. М. Т. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике. М.: Мир, 1985. 254 с.

19. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф: в 2 кн. М.: Мир, 1984.
20. Х.Ф. Азизов, Г.К. Ходжаева. Анализ риска аварийности нефтепромысловых трубопроводных систем Нижневарттовского района // Вестник НГГУ. 2009. № 1. С. 49–52.
21. А.В. Косов. Аварийность трубопроводов и экологические последствия, сопряжённые с загрязнением естественных территорий (на примере Оленьего месторождения) // Вестник Томского гос. университета. 2009. № 322. С. 261–264.
22. Sivokon I.S., Andreev N.N. Regularities of oilfield leak rate variation in time // Int. J. of Corrosion and Scale Inhibition. – 2014, 3. № 2. P. 101–104.
23. И.С. Сивоконь. Повышение надёжности трубопроводов, подверженных локальной коррозии // Коррозия. «Территория «Нефтегаз»» № 5, 2014. С. 36–42.
24. И.С. Сивоконь. Проблема локальной коррозии и её влияние на целостность трубопроводов. // Коррозия. «Территория «Нефтегаз»». 2008. № 1. С. 50–54.
25. ГОСТ Р 50779.27–2017 (МЭК 61649:2008) Статистические методы. Распределение Вейбулла. Анализ данных (IEC 61649:2008, Weibull analysis, MOD).

## Сведения об авторе



### **СИВОКОНЬ Илья Сергеевич**

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры проектирования систем обустройства месторождений углеводородов РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина.

В разные годы работал заведующим лаборатории экологического мониторинга в научном и проектном институте «Нижевар-

товскНИПИнефть», заместителем директора по научной работе Института природопользования «NDIИtd», заместителем главного инженера по обеспечению производства нефтедобывающего совместного предприятия ООО СП «Ваньёганнефть», начальником отдела по управлению целостностью объектов нефтедобычи в ТНК-ВР, руководителем проекта в Центре развития СУОД. В настоящее время начальник отдела промышленной безопасности, рисков и целостности ПАО «НК «Роснефть»».

Области научных интересов:

- изучение механизмов углекислотной коррозии нефтепромыслового оборудования;
- методы лабораторных испытаний ингибиторов коррозии;
- экологическая оценка влияния разработки нефтяных месторождений на окружающую среду;
- техническое диагностирование методами неразрушающего контроля трубопроводов;
- анализ рисков, организации и управления процессами поддержания нефтепромыслового оборудования в безопасном и работоспособном состоянии.

Автор более 70 научных публикаций, автор производственно-практического издания «Управление целостностью инфраструктуры. Теория и практика», соавтор учебных пособий «Нормативное обеспечение проектирования обустройства месторождений углеводородов» и «Поддержание инфраструктуры месторождений нефти и газа. Управление целостностью опасных производственных объектов».

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**Сивоконь** Илья Сергеевич

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РИСКИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ.  
СТРУКТУРА, ОЦЕНКА И АНАЛИЗ**

Редактор *Т.К. Рубинская*  
Художник-график *М.С. Голубева*  
Технический редактор *Г.В. Лехова*  
Корректор *Е.В. Бытракова*  
Компьютерная верстка *Ю.А. Титова*

---

Подписано в печать 10.08.2021    Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 15,4. Уч.-изд. л. 16,0. Тираж 500 экз. Заказ 02425-21.

---

ISBN 978-5-91961-366-4



9 785919 613664

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати».  
142100, г. Подольск, Революционный проспект, 80/42.  
Тел. 8 (4967) 69-97-22, 8 (4967) 69-97-29. E-mail: zakaz@pfop.ru



**Для заметок**