

**Европейская экономическая комиссия****Конференция Сторон Конвенции
о трансграничном воздействии
промышленных аварий****Двенадцатое совещание**

Женева, 29 ноября — 1 декабря 2022 года

Пункт 10 а) предварительной повестки дня

Содействие осуществлению:**а) Оценка риска для предупреждения
промышленных аварий****Оценка риска для предупреждения промышленных
аварий: обзор методов оценки риска****Доклад, представленный небольшой группой по оценке риска***Резюме*

Конференция Сторон на своем одиннадцатом совещании (Женева (в гибридном формате), 7–9 декабря 2020 года) просила небольшую группу по оценке рисков представить для рассмотрения на ее двенадцатом совещании два доклада о методологиях оценки рисков для химических установок в регионе ЕЭК: один доклад, содержащий введение в методологию оценки рисков для предотвращения промышленных аварий и имеющиеся программные средства, а другой — конкретные тематические исследования по методологиям оценки рисков, применяемым на отдельных промышленных установках в регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций, также охватывающий имеющиеся программные средства^a.

Настоящий доклад был подготовлен подрядчиком на основе регулярных консультаций с небольшой группой по оценке рисков, при поддержке секретариата и финансовой помощи Швейцарии. Он также был рассмотрен и поддержан Президиумом Конвенции и Рабочей группой по осуществлению. В докладе представлен обзор процесса оценки рисков, включая инструменты анализа и критерии оценки рисков. В докладе не только перечислены методы и инструменты оценки риска, но описываются преимущества и проблемы практического применения методологий оценки риска. Его следует рассматривать совместно со вторым докладом, который содержит отдельные тематические исследования на примерах использования методологий оценки риска, применяемых в регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций, и перечень некоторых программных средств, которые могут использоваться в оценке риска химических установок.



Совещанию Сторон предлагается:

- a) принять к сведению настоящий доклад, содержащий обзор методов оценки риска (ECE/CP.TEIA/2022/8);
- b) принять также к сведению второй доклад, содержащий тематические исследования и некоторые имеющиеся программные средства для оценки рисков химических установок (ECE/CP.TEIA/2022/9);
- c) рассмотреть информацию, содержащуюся в двух докладах по оценке рисков, и способствовать их использованию в дальнейшей работе, в том числе в качестве вспомогательного справочного материала;
- d) просить секретариат опубликовать доклады по оценке рисков на трех официальных рабочих языках Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций в двухгодичный период 2023–2024 годов.

^a ECE/CP.TEIA/42, п. 75.

I. Введение, справочная информация и сфера охвата

1. В 2000 году вступила в силу Конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий 1992 года Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК), призванная оказать помощь ее участникам в предотвращении промышленных аварий, обеспечении готовности к ним и реагировании на них, особенно что касается аварий, которые могут иметь трансграничные последствия. Конвенция способствует развитию трансграничного сотрудничества в области предупреждения промышленных аварий, обеспечения готовности к ним и реагирования на них между ее 41 Стороной и в других регионах, в том числе в странах Восточной и Юго-Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии, являющихся бенефициарами Программы помощи и сотрудничества Конвенции. План работы будет служить руководством для Сторон Конвенции, государств, не являющихся Сторонами в регионе ЕЭК, Президиума, Рабочей группы по осуществлению, Совместной группы экспертов по проблемам воды и промышленных аварий (Совместной группы) и секретариата в их деятельности. Хотя данная деятельность в основном ориентирована на регион ЕЭК, она может также принести пользу государствам — членам Организации Объединенных Наций за пределами региона в соответствии со стратегиями коммуникации, информационной деятельности и взаимодействия.

2. Оценка риска является неотъемлемой частью мер по предупреждению аварий, закрепленных в положениях Конвенции (например, статья 6 и приложение V). Для оказания поддержки странам ЕЭК в осуществлении соответствующих положений Конвенции был организован семинар ЕЭК по методологиям оценки рисков (Женева, 4 декабря 2018 года), в ходе которого участники имели возможность обмениваться информацией и поделиться опытом применения методологии оценки риска. Важные выводы, сделанные в ходе этого семинара, включают выявленные проблемы при проведении оценки трансграничного риска, а также необходимость более широкого обмена информацией о методологиях оценки риска, используемых в регионе ЕЭК, включая имеющиеся программные средства. Таким образом, настоящий доклад был подготовлен в соответствии с одной из основных рекомендаций семинара.

3. Данный доклад содержит общий обзор методологии оценки рисков, возникающих в результате осуществления опасной деятельности; он не претендует на полноту, а скорее представляет собой обзор методов оценки рисков, используемых в регионе ЕЭК.

4. Доклад следует рассматривать совместно с докладом «Оценка риска для предупреждения промышленных аварий: отдельные тематические исследования и имеющиеся программные средства» (далее по тексту «часть 2»). В части 2 рассматриваются конкретные примеры использования методов оценки риска применительно к химическим предприятиям в регионе ЕЭК, в том числе в

трансграничном контексте. В приложении к части 2 перечислены некоторые программные средства для использования при оценке рисков, связанных с деятельностью химических предприятий.

II. Глоссарий используемых терминов

5. В данном разделе определяются ключевые термины, используемые в области управления рисками, в разбивке на категории в зависимости от применимого элемента управления рисками (см. рис. 1).

6. Ниже приведен список общих терминов:

a) «опасность» — свойство, присущее опасному веществу или физической ситуации, которые могут нанести ущерб здоровью человека или окружающей среде¹. Опасные вещества — это материалы, перечисленные в приложении I к Конвенции;

b) «опасная деятельность» — любая деятельность, в ходе которой одно или более чем одно опасное вещество присутствует или может присутствовать в количествах, равных или превышающих предельные количества, перечисленные в приложении I к настоящей Конвенции, и которая способна привести к трансграничному воздействию;

c) «риск» — вероятность наступления определенного эффекта в течение определенного периода времени или при определенных обстоятельствах²;

d) «индивидуальный риск» — риск для человека, находящегося рядом с опасностью, включая характер вреда для человека, вероятность причинения вреда и период времени, в течение которого может быть причинен вред³;

e) «общественный (коллективный) риск» — мера риска для группы людей, часто выражаемая через распределение частотности событий с многочисленными жертвами⁴;

f) «оценка риска» — общий процесс выявления, анализа и оценки риска⁵;

g) «менеджмент риска» — согласованные действия по руководству и управлению соответствующей организацией в области риска⁶;

h) «причастная сторона» — индивидуум или организация, которые могут воздействовать на решение или деятельность, подвергаться воздействию или ощущать себя подверженными воздействию решения или деятельности⁷;

i) «трансграничное воздействие» — серьезное воздействие, имеющее трансграничные последствия для другой страны, и, как правило, связанное со здоровьем человека и окружающей средой.

7. Ниже приведен список терминов, относящихся к идентификации риска и опасности:

a) «анализ опасностей» — выявление отдельных опасностей системы, определение механизмов, через которые они могут привести к нежелательным

¹ Директива Европейского Союза «Севезо III», ст. 3 (14), URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32012L0018>.

² Centre for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Developing Quantitative Safety Risk Criteria (New York, American Institute of Chemical Engineers (AIChE), 2009).

³ Ibid.

⁴ Ibid.

⁵ International Organization for Standardization (ISO), ISO Guide 73:2009(en) Risk management — Vocabulary (2009).

⁶ Ibid.

⁷ Ibid.

событиям, и оценка последствий этих событий для здоровья человека (включая общественное здоровье), окружающей среды и имущества⁸;

b) «выявление опасности» — выявление источников риска, способных вызвать неблагоприятные воздействия/события для человека или видов окружающей среды, вместе с качественным описанием характера этих воздействий/событий⁹;

c) «исследование опасности и работоспособности (HAZOP)» — см. подраздел В.3.2;

d) «инициирующая причина/событие» — эксплуатационная ошибка, механическая неисправность или внешнее событие, которое является первым событием в последовательности развития аварии и знаменует переход от штатной к нештатной ситуации¹⁰;

e) «событие, связанное с потерей» — момент времени в нештатной ситуации, когда происходит необратимое физическое событие, способное привести к потерям и вредным последствиям¹¹;

f) «событие, связанное с нарушением герметичности» — событие, когда происходит высвобождение опасных веществ, например, в результате утечки или разрыва трубопроводных систем, резервуаров под атмосферным давлением или резервуаров под высоким давлением; может быть мгновенным или длящимся во времени;

g) «идентификация рисков» — процесс определения, составление перечня и описание элементов риска¹²;

h) «что будет, если...» — см. подраздел В.3.1.

8. Ниже приведен список терминов, связанных анализом риска:

a) «анализ риска» — процесс изучения природы и характера риска и определения уровня риска¹³;

b) «категории анализа рисков», включающие:

i) «Качественный анализ риска» — основан главным образом на описании и сравнении с использованием исторического опыта и инженерной практики, с незначительной количественной оценкой опасностей, последствий, вероятности или уровня риска¹⁴;

ii) «полуколичественный анализ риска» — включает некоторую степень количественной оценки последствий, вероятности и/или уровня риска¹⁵;

iii) «количественный анализ риска» — систематическая разработка цифровых оценок ожидаемой частоты и тяжести потенциальных инцидентов, связанных с объектом или операцией, на основе инженерной оценки и математических методов¹⁶;

c) «вычислительные модели гидродинамических процессов» — класс моделей, которые могут имитировать с очень высоким разрешением трехмерные, зависящие от времени распределения потоков ветра и жидкости и концентраций материалов. Эти модели обычно решают основные уравнения движения и сохранения

⁸ CCPS, *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*: Third Edition (New York, AIChE, 2008).

⁹ European Commission. «First Report on the Harmonization of Risk Assessment Procedures. Part 2: Appendices», Health and Consumer Protection Directorate-General. . 26–7 October 2000.

¹⁰ CCPS, *Guidelines for Hazard*.

¹¹ Ibid.

¹² ISO, ISO Guide 73:2009(en).

¹³ Ibid.

¹⁴ CCPS, «CCPS Process Safety Glossary», available at www.aiche.org/ccps/resources/glossary?page=1.

¹⁵ Ibid.

¹⁶ CCPS, *Guidelines for Hazard*.

с использованием очень малых размеров сетки и временных шагов, и требуют больших вычислительных мощностей¹⁷;

d) «оценка/анализ последствий» — процесс определения и количественной оценки неблагоприятных последствий, вызванных воздействием агента риска, независимо от частоты или вероятности;

e) «эффект домино» — возникновение вторичных событий, таких как высвобождение токсичных веществ, в результате первичного события, такого как взрыв, в результате чего увеличиваются последствия или площадь зоны воздействия. Как правило, рассматривается только в случае значительной эскалации первоначального инцидента¹⁸;

f) «дерево событий» — логическая диаграмма, графически изображающая комбинации событий и обстоятельств в последовательности развития инцидентов¹⁹;

g) «анализ типов, последствий (и критичности) отказов (FMEA/FMECA)» — см. подраздел 2.3.3;

h) «дерево неисправностей» — логическая диаграмма, графически изображающая комбинации неисправностей, которые могут привести к конкретной главной изучаемой неисправности или инциденту (главное событие)²⁰;

i) «частота» — количество событий или их последствий за определенный период времени²¹;

j) «частотный анализ» — процесс, с помощью которого определяется частотность возникновения неблагоприятного события;

k) «анализ уровней защиты (LOPA)» — см. подраздел B3.5;

l) «вероятность» — мера возможности появления события, выражаемая действительным числом из интервала от 0 до 1, где 0 соответствует невозможному, а 1 — достоверному событию²²;

m) «модели высвобождения» — модель, описывающая перенос массы и/или энергии, связанный с высвобождением из защитной оболочки материала и/или энергии и окружающую среду, в которой этот процесс происходит;

n) «системы безопасности» — оборудование и/или процедуры, предназначенные для ограничения или прекращения последовательности развития инцидента, что позволяет смягчить инцидент и его последствия²³;

o) «сценарий» — подробное описание незапланированного события или последовательности развития инцидента, которые приводят к событию потери и связанным с ним последствиям, включая успешную работу или отказ средств защиты, задействованных в последовательности развития инцидентов²⁴.

9. Ниже приведен список терминов, относящихся к анализу риска:

a) «сравнительная оценка риска» — процесс сравнения результатов анализа риска с критериями риска для определения того, является ли риск и/или его величина приемлемой или допустимой²⁵;

¹⁷ CPPS, «CCPS Process Safety Glossary».

¹⁸ Ibid.

¹⁹ CCPS, *Guidelines for Hazard*.

²⁰ Ibid.

²¹ ISO, ISO Guide 73:2009(en).

²² Ibid.

²³ CCPS, *Guidelines for Hazard*.

²⁴ CPPS, *Guidelines for Investigating Process Safety Incidents: Third Edition*, (New York, AIChE, 2019).

²⁵ ISO, ISO Guide 73:2009(en).

b) «критерий риска» — совокупность факторов, по сопоставлению с которыми оценивают значимость риска²⁶. Критерии риска основаны на установленных целях организации, внешней и внутренней области применения организации. Критерии риска могут быть сформированы на основе требований стандартов, политики, законодательных и иных требований:

- i) «критерий общественного (коллективного) риска» — критерии риска, применяемые к группе лиц и лицам, которые могут не находиться в непосредственной близости от опасности;
- ii) «критерии индивидуального риска» — критерии риска, применяемые к индивидууму, находящемуся в непосредственной близости от источника опасности;
- iii) «критерии затрат и выгод» — критерий риска, разработанный как средство определения уровня, при котором затраты на реализацию дополнительных мер по снижению риска значительно превышают выгоды, достигаемые этими мерами.

III. Обзор процесса менеджмента риска

10. Промышленные предприятия могут подвергаться рискам, которые могут оказывать воздействие на персонал, имущество, население и окружающую среду, и часто являются внутренне присущими в силу характера осуществляемой деятельности, опасности находящихся на хранении материалов, характеристик процессов или даже неэффективности систем управления. Для решения этих проблем обычно применяется систематический подход, позволяющий причастным сторонам выявлять, оценивать риски и управлять ими. В разделе 3 ниже приводится обзор концепций менеджмента риска, в частности, особое внимание уделяется компоненту оценки рисков.

11. В более широком аспекте процесс менеджмента риска предоставляет основу и структурированный метод, который позволяет операторам понять риски, связанные с опасной производственной деятельностью, и достичь приемлемого уровня риска путем принятия надлежащих мер по предотвращению и/или смягчению последствий аварий. Во-первых, необходимо определить рамки процесса менеджмента риска, включая цель и задачи исследования. Базовые условия, ограничения, входные и выходные факторы процесса менеджмента риска должны быть четко описаны, включая соображения по следующим аспектам: проект объекта или процесса, природные опасности, преднамеренные действия, человеческие ошибки, механические отказы, опасности за пределами территории объекта, воздействие на окружающую среду, эффект домино и эффективность мер аварийного реагирования. Менеджмент риска подразделяется на три последовательных компонента, дополняемых контурами обратной связи и непрерывным общением с причастными сторонами (см. рис. 1):

- a) «оценка риска» включает в себя три этапа:
 - i) «идентификация риска» — охватывает процесс определения опасностей и описание рисков, связанных с этими опасностями;
 - ii) «анализ рисков» — для измерения элементов идентифицированных рисков с точки зрения тяжести последствий и правдоподобности появления события;
 - iii) «оценка рисков» — для определения того, являются ли риски приемлемыми для заинтересованных сторон на основе заранее определенного уровня допустимого риска;
- b) «управление риском» — определяет меры по предотвращению и/или снижению риска, принимаемые на различных уровнях (например, инженерно-

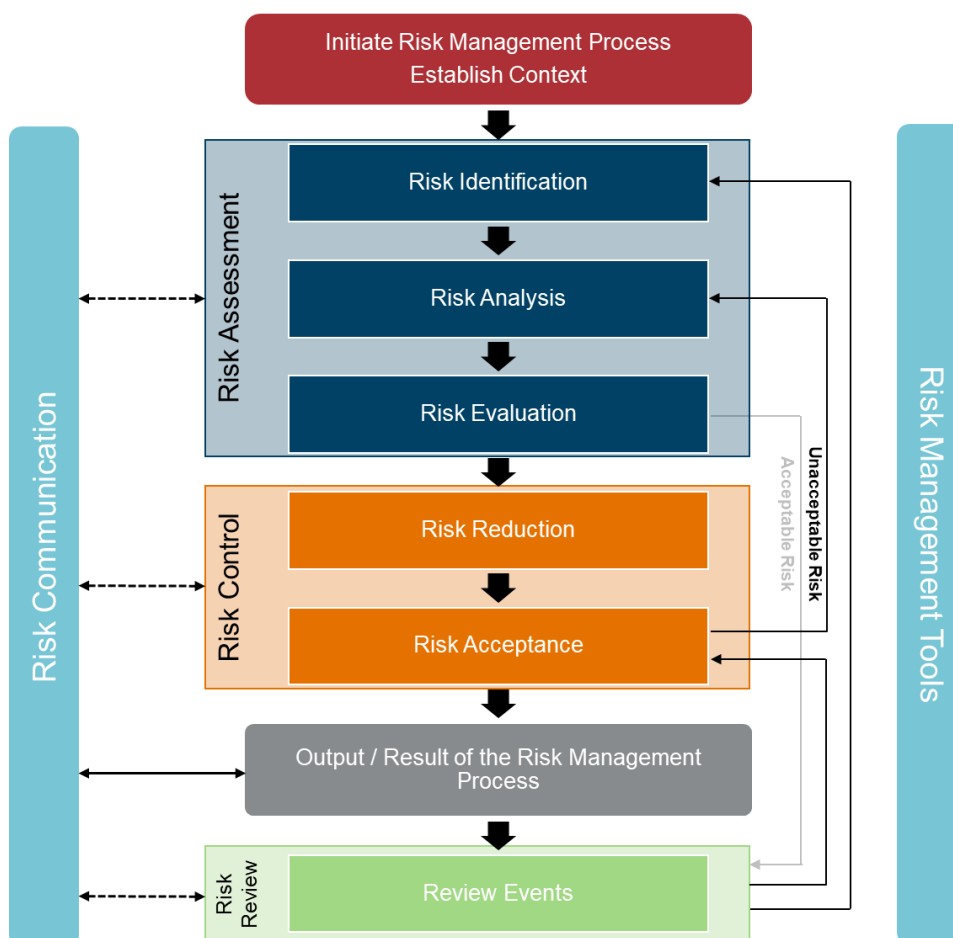
²⁶ Ibid.

технические средства технологического контроля или реализация программы менеджмента в области промышленной безопасности) для снижения вероятности возникновения событий отказа и/или тяжести последствий. Затем меры по снижению риска возвращаются на этап оценки риска, где сценарии проходят повторную оценку. Если риски признаются приемлемыми, процесс продолжается;

с) «обзор рисков» — обеспечивает средства для постоянного улучшения путем мониторинга и ревизии рисков. Расследования причин инцидентов и извлеченные уроки, опережающие и запаздывающие индикаторы, совершенствование программ обучения персонала и аудит программ могут быть использованы для ориентации работы по дальнейшему снижению риска или модификации принятия риска.

Рис. 1

Обзор процесса менеджмента риска



Источник: Автор настоящего доклада.

Примечание: Термины, используемые на рис. 1, имеют различные определения в разных организациях/структурах; поэтому возможны расхождения между пониманием читателя и тем, как эти термины используются в данном докладе²⁷ (см. рис. 1 и раздел В для пояснения).

12. Данный документ посвящен этапу оценки риска и его трем этапам — идентификации, анализу и оценке, но не охватывает другие этапы/элементы, отображенные на рис. 1.

13. Наконец, процесс оценки риска накладывается на базовые стандарты проектирования, которые различаются по странам. Внедрение методологий оценки

²⁷ Ibid.; European Commission, «First Report»; and Frans Møller Christensen and others, «Risk terminology — a platform for common understanding and better communication», *Journal of Hazardous Materials*, vol. 103, No. 3 (2003), pp. 181–203.

рисков требует предварительного соблюдения минимальных стандартов безопасности; вместе с тем, уровень безопасности, достигаемый при соблюдении норм и стандартов, также будет различаться от страны к стране. Таким образом, понимание контекста оценки риска имеет решающее значение для возможности проведения сравнений различными причастными сторонами в трансграничном контексте. Мнения многих причастных сторон о «приемлемом риске» могут существенно различаться. Согласованные критерии оценки должны быть: долгосрочной целью трансграничного сотрудничества; одинаковыми для всех типов причастных сторон; и применимы для всех химических установок.

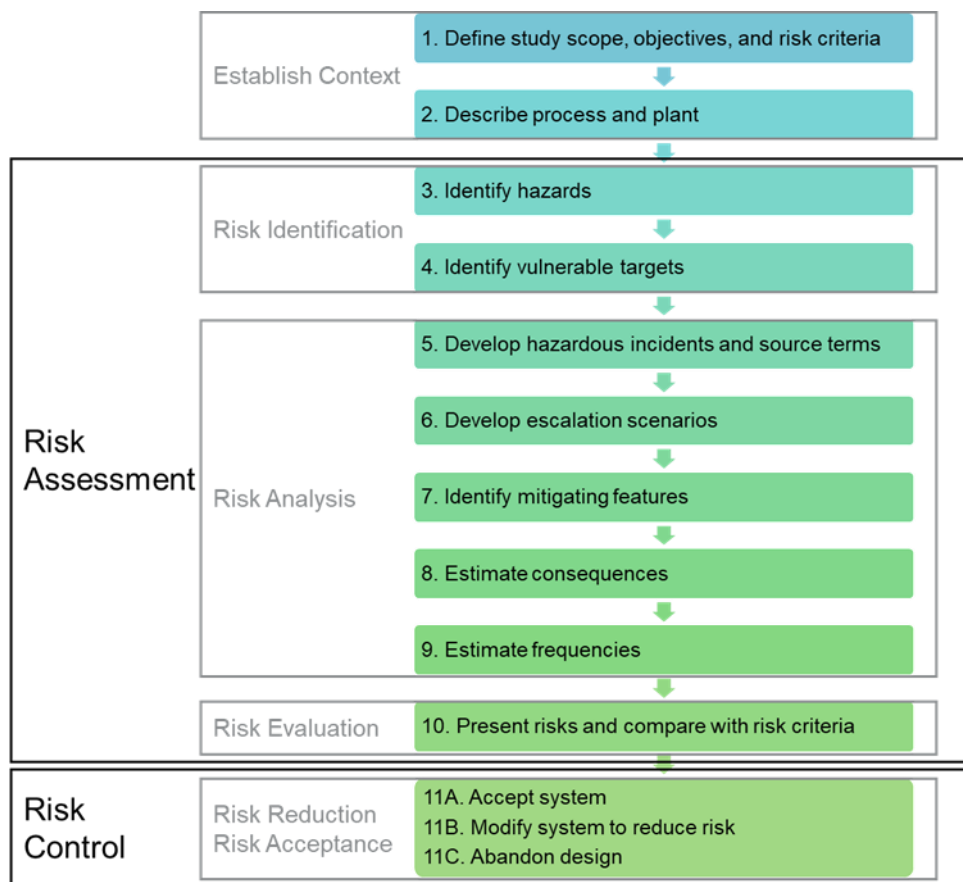
IV. Общее введение в методологию оценки риска

14. В данном докладе рассматривается первый компонент менеджмента риска: оценка риска. В широком смысле оценка риска включает в себя контроль опасных процессов; сфера применения настоящего документа ограничивается контролем острых воздействий катастрофических выбросов опасных веществ (определенных в Конвенции, приложение I) в целом и, по возможности, также в трансграничном контексте. Цель оценки риска — оценить опасность и устранить или снизить уровень связанного с ней риска с помощью превентивных и/или смягчающих мер. Как правило, предпочтение отдается превентивным мерам контроля опасности, таким как устранение или замена опасного материала или процесса; после того, как опасный материал ликвидирован, в оценку риска не следует включать нарушение герметичности оболочки, содержащий этот материал. Несмотря на свою эффективность, устранение или замещение, как правило сопряжено с трудностями для существующих процессов или установок²⁸.

15. На рис. 2 подробно представлен процесс оценки риска, включая предшествующие и последующие этапы (соответственно под заголовками «Establish context» и «Risk control» на рис. 1).

²⁸ Многие источники, включая Национальный Институт профессиональной техники безопасности и охраны здоровья, см. URL: [/www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html](https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html).

Рис. 2
Процесс оценки риска



Источник: На основе Sam Mannan, ed., *Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment, and Control — Fourth Edition* (n.p., Elsevier Incorporated, 2012).

16. Оценка рисков должна начинаться со следующих шагов по установлению контекста: определение цели и масштаба оценки, взаимодействие с причастными сторонами, постановка задач, учет человеческих, организационных и социальных факторов, рассмотрение критериев риска для принятия решений²⁹.

17. В данном разделе будут подробно рассмотрены три компонента оценки риска: идентификация риска, анализ риска и сравнительная оценка риска. Эта структура также соответствует форме 31010 Международной электротехнической комиссии³⁰. В данном разделе подробно описаны имеющиеся для проведения анализа и сравнительной оценки, описанные в приложениях IV–VI к Конвенции, и для повышения эффективности общей системы управления рисками как одной из целей долгосрочной стратегии Конвенции до 2030 года (ECE/CP.TEIA/38/Add.1).

A. Идентификация риска

18. После инициирования причастными сторонами процесса менеджмента риска и определения контекста первым шагом в проведении оценки рисков является четкое и подробное определение опасностей и потенциальных рецепторов ущерба, присутствующих на соответствующей установке или воздействующих на нее. Важно, чтобы причастные стороны выявляли риски, независимо от того, находятся ли их

²⁹ International Electrotechnical Commission (IEC)/ISO, IEC 31010:2019(en) Risk management — Risk assessment techniques (2019).

³⁰ Ibid.

источники под контролем причастных сторон³¹. На рис. 2 показано, что этап идентификации риска (пункты 3 и 4) предшествует оценке риска.

1. Понимание химических и физических опасностей

19. Идентификация опасности соответствует пункту 3 на рис. 2. Первым шагом в идентификации опасности является определение и документирование характеристик и количества опасных веществ, используемых на объекте; например сырье, промежуточные продукты и готовые изделия. Характеристики, которые необходимо учитывать, включают характер опасности (здоровье человека, физическая среда) и другие соответствующие свойства (например, плотность паров, температура кипения, воспламеняемость, коррозионная активность, токсичность и реакционная способность). Эта информация обычно указывается в паспорте безопасности, но не всегда является полной, особенно при оценке озабоченностей, связанных с химической реакционной способностью веществ (в паспорте безопасности могут быть не указаны конкретные комбинации химических веществ). Дополнительные соответствующие ресурсы включают государственные или открытые базы данных, опубликованную специальную литературу, коммерчески доступное программное обеспечение и базы данных; например, полным и широко используемым справочником служит база данных Проектного института по изучению физических свойств³². Примерами общих инструментов для идентификации опасностей являются матрицы взаимодействия и контрольные списки.

1.1 Матрица взаимодействия

20. Матрица взаимодействия — это простой инструмент, помогающий выявить опасные факторы производственного процесса путем анализа случаев несовместимости веществ на объекте. По двум осям раскладываются такие конкретные параметры, как опасные вещества, условия процесса и факторы окружающей среды³³. Затем в матрицу вводится определение последствий комбинаций параметров (например, химическое вещество А смешивается с химическим веществом В или химическое вещество А при высокой температуре).

Таблица 1

Пример матрицы химической несовместимости

	Acids (Inorganic)	Acids (Organic)	Acids (Oxidizing)	Alkali (Bases)	Oxidizers	Toxic (Inorganic)	Toxic (Organic)	Water Reactive	Organic Solvent
Acids (Inorganic)		X		X		X	X	X	X
Acids (Organic)	X		X	X	X	X	X	X	
Acids (Oxidizing)		X		X		X	X	X	X
Alkali (Bases)	X	X	X				X	X	X
Oxidizers		X					X	X	X
Toxic (Inorganic)	X	X	X				X	X	X
Toxic (Organic)	X	X	X	X	X	X			
Water Reactive	X	X	X	X	X	X			
Organic Solvent	X		X	X	X	X			

Источник: Автор настоящего доклада.

Примечание: В таблице 1 указаны случаи несовместимости классов химических веществ; применительно к объекту или процессу матрица может быть более конкретной — в ней могут

³¹ ISO, ISO 31000:2018(en) Risk Management — Guidelines (2018).

³² Government of Flanders (Belgium), *Risk Calculations Manual: Guidelines for quantitative risk analysis, indirect risks and environmental risk analysis — Version 2.0 of 1 April 2019* (Brussels).

³³ CCPS, *Guidelines for Hazard*.

указываться ожидаемые реакции и результаты несовместимости (например, экзотермическая реакция с выделением горючих газов). Это простое средство качественной оценки несет в себе внутренние ограничения, но может быть полезно в качестве инструмента раннего выявления опасности.

1.2 Контрольный список

21. Другим основным методом идентификации опасностей является контрольный список, который представляет собой список специальных вопросов, касающихся факторов опасности объекта или процесса, который должна проработать группа. Чтобы обеспечить полноту охвата и эффективность, вопросы, как правило, специфичны для объекта или процесса и обеспечивают надежную и проработанную основу для выявления опасностей. Примеры вопросов, которые могут использоваться для анализа на основе контрольного списка, включают: а) является ли материал легковоспламеняющимся, и находится ли температура вспышки ниже рабочей температуры технологического процесса; б) будет ли данное вещество представлять токсичную ингаляционную опасность для людей за пределами промплощадки при попадании в атмосферу; и с) могут ли ингредиенты представлять опасность из-за реакционной способности при введении в реактор периодического действия. Контрольные списки могут быть эффективным инструментом выявления опасностей, однако они часто не позволяют предвидеть все опасные условия и нештатные ситуации, которые могут привести к возникновению опасности. При использовании этого метода вопросы должны быть адаптируемыми и позволять учитывать мнения и необходимые изменения, сделанные экспертной группой, чтобы обеспечить надлежащий учет условий на конкретном объекте.

2. Выявление уязвимых категорий

22. К общим уязвимым категориям для оценки рисков химических объектов относятся работники, население за пределами территории объекта и экологические рецепторы (включая потенциальные трансграничные последствия).

3. Результаты этапа идентификации риска

23. Результаты этапа идентификации рисков используются в качестве входных данных для следующего этапа — анализа рисков. Типовые результаты идентификации рисков включают как химические, так и технологические опасности. Результаты по каждому из перечисленных ниже пунктов необходимы для перехода к следующему шагу — анализу рисков:

- а) перечень количеств и классов опасности опасных веществ;
- б) возможная опасность химической реактивности в результате смешивания химикатов;
- с) опасные природные явления, воздействующие на предприятие;
- д) физические опасности, связанные с технологическим процессом или объектом, такие как высокое давление или температура;
- е) общее понимание возможных сценариев, приводящих к нарушению герметичности;
- ф) перечень или карта уязвимых объектов.

В. Анализ риска

24. После идентификации риска для системы или объекта следующим шагом является определение риска, связанного с соответствующими опасностями, посредством анализа риска. Цель — определить частоту или вероятность события (например, пожара или взрыва) и уровень последствий или степени тяжести этого события. На всех этапах анализа рисков следует рассматривать как предотвращение, так и смягчение последствий. В данном разделе рассматриваются несколько методов

и инструментов, с помощью которых проводится анализ рисков и которые различаются по степени детализации, цели анализа и требуемым данным³⁴.

1. Процедура анализа риска

25. Анализ риска обычно основывается на сценариях, разработанных на этапе идентификации риска. Эти сценарии построены на основе выбранных событий, связанных с нарушением герметичности и направлены на разработку последовательностей развития аварии — от основных причин (механический отказ, человеческий фактор) до ожидаемых основных последствий (пожар, взрыв, выброс токсичных веществ) и ущерба здоровью людей и окружающей среде.

26. В качестве пособия для выбора сценария Объединенный исследовательский центр Европейской комиссии совместно с промышленностью разработал справочник с типовыми рекомендуемыми сценариями для широкого перечня обычных материалов (легковоспламеняющиеся жидкости, сжиженный природный газ, безводный аммиак и т. д.)³⁵.

27. Количество и детализация сценариев зависят от применяемого метода анализа риска. Для качественных и полуколичественных методов анализа риска причастные стороны могут рассматривать ряд сценариев, приводящих к нежелательным событиям. Вместе с тем, с помощью методов количественного анализа риска можно рассматривать ограниченное число сценариев, которые должны быть четко определены для дальнейшего анализа (например, наихудшие возможные сценарии). Для каждого определенного сценария выполняется цифровой расчет. Если полученные результаты выражены в стандартных единицах (например, потенциальное количество смертей в год, количество травм в год, количество загрязненных поверхностных или подземных вод в год), их можно суммировать, чтобы получить общие значения для совокупности рецепторов по многим отдельным сценариям.

28. Для количественных методов анализа риска выбор сценария приобретает особую важность. Определяются характеристики выброса, которые описывают сценарий выброса через оценку скорости высвобождения и общего количества выбросов³⁶. При разработке характеристик выброса очень важно определить фазу выброса, тип выброса (прорыв трубы, случайный разлив и т. д.) и продолжительность утечки. Общие характеристики выброса, которые необходимо учитывать, и методы проведения расчетов определены в опубликованных ресурсах (например, «Желтая книга» Комитета по предотвращению катастроф³⁷ или Руководство по количественному анализу рисков химического производства³⁸).

2. Методы анализа риска

29. На разных этапах процесса используется ряд различных методов анализа риска. Такие инструменты идентификации опасных технологических факторов, как контрольные списки, вопросы «что будет, если...» и HAZOP, обычно направлены на составление всех потенциальных сценариев для конкретного объекта. Второй набор инструментов анализа риска используется для изучения мер контроля и вероятности, таких как LOPA и анализ дерева неисправностей (FTA). Эти методы применяются к

³⁴ Karmen Poljansek and others, *Recommendations for national risk assessment for disaster risk management in EU: approaches for identifying, analysing and evaluating risks — version 0* (Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2019).

³⁵ Michael Struckl, *Handbook of Scenarios for Assessing Major Chemical Accident Risks* (Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2017).

³⁶ CPPS, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis: Second Edition* (New York, AIChE, 1999); and X.Seguí and others, «Methodology for the quantification of toxic dispersions originated in warehouse fires and Its application to the QRA in Catalonia (Spain)», *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 32 (November 2014), pp. 404–414.

³⁷ C.J.H. van den Bosch and R.A.P.M. Weterings, eds., CPR 14E — *Methods for the calculation of physical effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases)* — «Yellow Book» (The Hague, CPR, 1996).

³⁸ CPPS, *Guidelines for Chemical*.

выбранным сценариям для определения достаточности мер контроля, а в случае количественного или полуколичественного анализа — для определения вероятности.

30. Методы анализа риска могут быть качественными, полуколичественными или количественными — они рассматриваются в разделе ниже. Методы анализа риска можно далее в целом разделить по основным типам выводов/результатов:

а) детерминистические методы строятся на основе сценария конечной опасности для определения последствий для людей и окружающей среды при определенных заданных обстоятельствах. Поэтому эти методы не учитывают вероятность всех возможных исходов, а исследуют выбранный сценарий, например, наихудший случай или наиболее вероятное событие³⁹;

б) вероятностные методы основаны на вероятности возникновения конкретного сценария отказа (обычно отказ оборудования) и вероятности наступления различных последствий⁴⁰. Таким образом, эти методы позволяют учитывать вероятность многих сценариев, приводящих к нежелательным последствиям.

31. Наличие разнообразных методов анализа рисков обеспечивает гибкость для пользователя при выборе метода в зависимости от сложности объекта и наличия подробной информации о производственном процессе/объекте на момент проведения анализа. В данном разделе представлены методы анализа рисков, которые обычно используются в перерабатывающей промышленности. Ввиду наличия множества вариаций и гибридных подходов этот список не является исчерпывающим⁴¹. В типовом анализе риска может использоваться сочетание качественных и количественных методов; например, анализ риска для конкретного предприятия можно начать с применения качественного метода для определения всех возможных сценариев, а затем использовать дополнительные количественные методы для углубленного изучения конкретных сценариев.

2.1 Качественные методы

32. Качественные методы анализа риска, как правило, наименее сложны, поскольку не требуют использования расчетов, компьютерного моделирования или баз данных о частоте отказов. Эти методы используются в целях выработки базового понимания рисков для конкретного производственного процесса или объекта и помогают выделить системы или оборудование, которые могут нуждаться в дальнейшем анализе с использованием более детального метода. В силу присущего им характера, определяемого опытом экспертов аналитической группы, качественные методы могут быть ограничены в своей способности точно отразить риски.

2.2 Полуколичественные методы

33. Методы полуколичественного анализа риска включают некоторую степень количественной оценки последствий, вероятности и/или уровня риска; обычно используются, когда причастным сторонам требуется дополнительно уточнить количественную оценку сценариев и последствий отказов, но при этом не обязательно требуется проведение полного количественного анализа риска или отсутствуют средства для такого анализа; могут быть достаточными для объектов, где опасности не представляют значительного риска на территории и/или за пределами промплощадки; и имеют некоторые ограничения, схожие с качественными методами, такие как зависимость от субъективного мнения эксперта, но при этом дают возможность количественно оценить риск в относительном выражении, что позволяет провести более детальную сравнительную оценку риска — следующий шаг в оценке риска.

³⁹ Poljansek, *Recommendations*.

⁴⁰ J. Tixier and others, «Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants», *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 15, No. 4 (July 2002), pp. 291–303.

⁴¹ Mannan, *Lees' Loss*.

2.3 Количественные методы

34. В отличие от качественных методов, количественные методы анализа риска включают использование численных оценок тяжести и вероятности или частоты события нарушения герметичности. Методы количественного анализа рисков требуют большей строгости при их разработке и использовании. Количественные методы включают множество этапов, в том числе разработку сценариев и исходных условий, анализ последствий выбранных сценариев, определение вероятности или частоты отказов, приводящих к выбранным сценариям, и рассмотрение влияния существующих мер безопасности для предотвращения или смягчения последствий анализируемых сценариев.

3. Средства анализа риска

35. В большинстве случаев для анализа рисков необходимо использовать несколько средств, чтобы задействовать все этапы анализа рисков, указанные на рис. 2 (краткое описание см. в таблице 5). Несколько таких инструментов подробно ниже описаны.

3.1 «Что будет, если...» или «что будет, если...»/контрольный список

36. Метод «что будет, если...» состоит в использовании предварительно разработанного и основанного на сценариях списка вопросов, которые позволяют провести первоначальную идентификацию факторов опасности технологического процесса с целью выявления опасностей и потенциальных сценариев нарушения герметичности. Группа анализа изучает эти вопросы и дает подробные ответы с целью разработки рекомендаций по предотвращению или смягчению сценария нарушения герметичности (см. таблицу 2, иллюстрирующую применение метода «что будет, если...»). Алгоритм метода «что будет, если...» позволяет с большей вероятностью выявить уникальные опасности технологического процесса, чем базовый контрольный список. Однако эффективность этого метода зависит от опыта членов экспертной группы. Чтобы скомпенсировать это ограничение, данный инструмент можно использовать в сочетании с контрольным списком для проведения более тщательного и подробного анализа⁴².

Таблица 2

Результаты применения метода «что будет, если...» и «что будет, если...» в сочетании с контрольным списком для завода по производству полиуретана высокого давления низкой плотности

What-If?	Consequence/Hazard	Recommendations
Coolant pump to reactor fails	Runaway condition in reactor with potential to cause explosion/fatality	Provide accurate temperature monitoring in reactor Employ backup pump/high temperature alarm Relieve reactor pressure through automatic control to stop reactions Provide automatic shut-off of ethylene flow
Runaway condition in reactor	Explosion; fire/fatality	Provide adequate temperature control on coolant line Use heat exchanger flow control to adjust inlet temperature Install rupture disk/relief valve to relieve pressure to stop reactions Emergency shut-down procedure
Ethylene leaks out of process lines	Fire; explosion	Provide adequate flammable gas monitoring devices

Источник: На основе Mannan, Lees' Loss.

3.2 Опасность и работоспособность

37. HAZOP — это систематическое исследование связанных с объектом опасностей в химической промышленности по всему миру. Объект подразделяется на управляемые системы и подсистемы, называемые узлами. Возможные отклонения от штатных рабочих параметров в этих подсистемах изучаются группой специалистов в различных научных дисциплинах. Проводится систематическое изучение схем трубопроводов и контрольно-измерительных приборов для конкретного технологического процесса в целях определения причин аномального состояния и

⁴² CCPS, *Guidelines for Hazard*.

негативных последствий для всех вероятных отклонений от штатного режима⁴³. Метод HAZOP показан на рис. 3⁴⁴.

38. С помощью ряда управляющих слов и параметров и их комбинаций имитируются гипотетические отклонения от нормальной работы (например, отсутствие потока в процессе или высокая температура в реакторе). Примеры некоторых таких отклонений приведены в таблице 3.

Таблица 3

Управляющие слова для разработки сценариев в исследовании опасности и работоспособности

<i>Управляющее слово</i>	<i>Значение</i>	<i>Характеристика</i>	<i>Отклонение</i>
Не или нет	Полное отрицание целей проекта	Поток Уровень	Поток отсутствует Нулевой уровень
Меньше	Уменьшение количества	Поток Уровень Температура Давление Концентрация	Низкий расход Низкий уровень Низкая температура Низкое давление Низкая концентрация
Больше	Увеличение количества	Поток Уровень Температура Давление Концентрация	Высокий расход Высокий уровень Высокая температура Высокое давление Высокая концентрация
Замена	Логическая противоположность целям проекта	Поток Давление	Расход обратного потока Обратное давление
Часть	Качественное уменьшение	Концентрация Поток Уровень	Снижение концентрации Снижение расхода Снижение уровня
Так же, как	Качественное увеличение	Концентрация примеси Температура вещества Уровень примеси Давление вещества Поток примеси	Повышение концентрации Повышение температуры Повышение уровня Повышение давления Повышение скорости потока
Другой, чем	Полная замена	Концентрация желаемого вещества Уровень желаемого вещества Скорость потока желаемого вещества	Нулевая концентрация Нулевой уровень Нулевая скорость потока

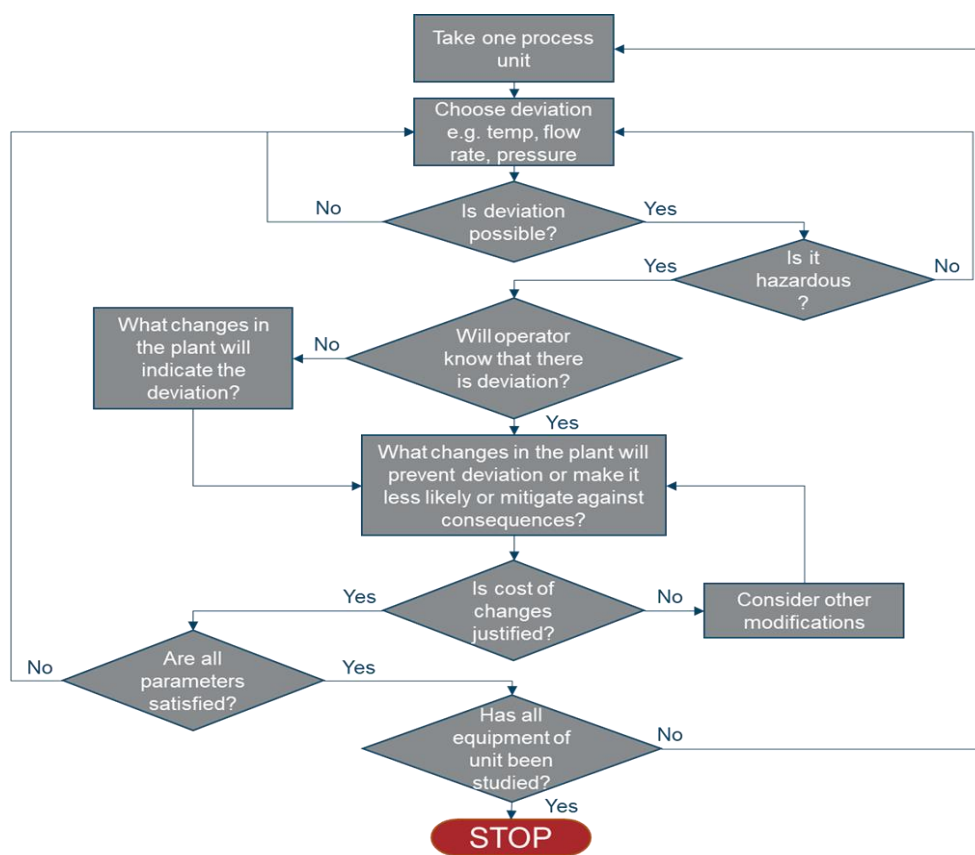
Источник: Faisal I. Khan and S. A. Abbasi, «Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries», *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 11, No. 4 (July 1998), pp. 261–277.

⁴³ P. K. Marhavidas, D. Koulouriotis and V. Gemeni, «Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000–2009», *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 24, No. 5 (September, 2011), pp. 477–523.

⁴⁴ Faisal I. Khan and S. A. Abbasi, «OptHAZOP — an effective and optimum approach for HAZOP study», *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 10, No. 3 (May 1997), pp. 191–204.

Рис. 3

Схема алгоритма процедуры исследования опасности и работоспособности



Источник: Khan, «OptHAZOP».

39. При помощи этих систематических рамок группа экспертов HAZOP определяет соответствующие меры по снижению последствий и/или частоты отклонений. Этот метод также позволяет одновременно оценить причины и последствия отклонения, и применим к любой системе или процедуре⁴⁵. Как правило, проведение экспертизы HAZOP занимает много времени и требует участия группы специалистов в различных научных дисциплинах.

3.3 Анализ видов и последствий отказов

40. Метод анализа видов и последствий отказов (FMEA) — это индуктивный метод на основе принципа «снизу — вверх», в котором совместно исследуются виды отказов выбранной единицы оборудования и последствия, связанные с отказом. Вид отказа описывает способ и характер возникновения отказа компонента системы (открытый, закрытый и т. д.), а последствия определяется реакцией системы на отказ⁴⁶. Пример рабочей таблицы FMEA приведен в таблице 4.

⁴⁵ Mannan, *Lees' Loss*.

⁴⁶ CCPS, *Guidelines for Hazard*; and J. F. W. Peeters, R.J.I. Basten and T. Tinga, «Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner», *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 172 (April 2017).

Таблица 4

Пример результатов анализа видов и последствий отказов для технологической установки

Component	Failure or Error Mode	Effects on Other System Components	Effects on Whole System	Failure Frequency	Detection Methods	Compensating Provisions and Remarks
Pressure Relief Valve	Jammed open	Increased operation of temperature sensing controller, and gas flow, due to hot water loss	Loss of hot water; greater cold water input, and greater gas consumption	Reasonably probable	Observe at pressure relief valve	Shut off water supply; reseal or replace relief valve.
	Jammed closed	None	None	Probable	Manual testing	Unless combined with other component failure, this failure has no consequence.
Temperature measuring and comparing device	Fails to react to temperature rise above preset level	Controller gas valve, burner continue to function 'on.' Pressure relief valve opens	Water temperature too high	Remote	Observe at output (faucet)	Pressure relief valve compensates. Open hot water faucet to relieve pressure. Shut off gas supply.

Источник: Mannan, Lees' Loss.

41. Метод FMEA может быть эффективным благодаря своему систематическому и структурированному подходу; вместе с тем виды отказов новых систем могут быть неизвестны из практики, и рамочная основа этого метода может не позволить сконцентрировать внимания на критических отказах. Метод FMEA может быть расширен до FMESA (анализ видов, последствий и критичности отказов) путем включения критичности вида отказа, что расширяет возможности для количественного анализа рисков⁴⁷.

3.4 Анализ опасности и работоспособности с уровнями риска

42. Метод HAZOP можно расширить, включив в него компонент анализа рисков; с помощью матрицы рисков группа может проиллюстрировать, что разработанные рекомендации адекватно снижают выявленные риски. В рабочую таблицу HAZOP можно также включить базовый риск для каждого сценария, риск при существующих мерах защиты и риск после внедрения дополнительных мер защиты.

43. Для информационного обеспечения группы HAZOP в ходе анализа риска можно использовать матрицу рисков с указанием степени тяжести и частоты (см. раздел 3.2). Если уровни риска определяются на основе консенсуса, определение тяжести последствий и вероятности часто зависит от субъективных суждений и опыта участников группы; применение количественной оценки может обеспечить более объективную и обоснованную оценку.

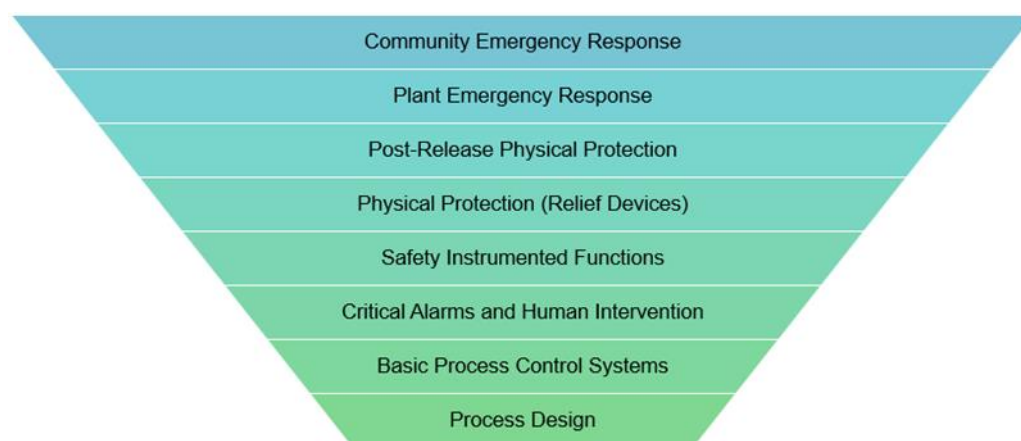
3.5 Анализ уровней защиты

44. Метод анализа уровней защиты (LOPA) — это упрощенная форма количественного анализа риска. Поскольку в этом методе для определения частоты возникновения причин, степени тяжести последствий и вероятности отказа средств защиты используются категории порядка величины, он считается полуквантитативным инструментом анализа риска⁴⁸. Средства защиты, анализируемые в LOPA, определяются как независимые уровни защиты. На рис. 4 показаны независимые уровни защиты, которые могут использоваться для защиты от опасности.

⁴⁷ Mannan, Lees' Loss.

⁴⁸ CCPS, *Guidelines for Hazard*.

Рис. 4

Независимые уровни защиты от возможной аварии

Источник: CCPS, *Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment* (New York, AIChE, 2001).

45. LOPA — это сценарный метод анализа рисков, который включает следующие этапы:

- a) определение целевого последствия, определение возможных сценариев и выбор сценария инцидента;
- b) определение причины выбранного сценария и ее частоты;
- c) определение независимых уровней защиты и оценка частоты отказа каждого независимого уровня защиты;
- d) расчет общей частоты сценария путем объединения частоты исходной причины и отказов независимых уровней защиты;
- e) определение уровня риска для сценария путем установления порядка величины последствия и продолжение сравнительной оценки риска.

46. Метод LOPA менее затратен в отношении времени и других ресурсов, чем полностью количественный метод, способствует определению более точных пар «причина — следствие», и может помочь разрешить конфликты при принятии решений, обеспечивая последовательную основу для анализа рисков⁴⁹. LOPA сам по себе не позволяет систематически выявлять опасности и должен быть основан на таком методе анализа опасностей, как HAZOP или FMEA⁵⁰.

3.6 Анализ последствий (модели высвобождения и модели последствий)

47. После определения характеристик выброса разрабатываются модели высвобождения для определения характеристик сценария, зависящих от времени. Для высвобождения жидких веществ ключевыми характеристиками являются скорость потока, скорость испарения и масштабы разлива; для выбросов газа или паров необходима информация об общем предполагаемом объеме выбросов и скорости выбросов. Эти характеристики обеспечивают средства для расчета последствий (например, размер облака пара необходим для оценки размера огненного шара и волны давления, возникающей в результате взрыва). В случае выбросов газа или паров используются модели рассеивания для оценки площади воздействия и ожидаемых средних концентраций паров. Для разработки моделей необходимы данные о скорости выброса газа, высоте выброса, атмосферных условиях, геометрических параметрах, температуре, давлении и диаметре выброса. Кроме того, учитываются плотность газа или пара, а также тип выброса (мгновенный, непрерывный или изменяющийся со

⁴⁹ CCPS, *Guidelines for Hazard*.

⁵⁰ Ibid.

временем). В приложении к части 2 перечислены программные средства, используемые для оценки территорий, затронутых выбросом.

48. Для выбранного сценария соответствующие события могут быть дополнительно изучены с помощью моделей последствий с целью определения последствий воздействия токсичных материалов, тепловых последствий пожара или последствий давления/воздействия пламени от взрыва. При взрывах и пожарах последствиями могут быть избыточное давление и радиационный тепловой поток, приводящие к увечьям или смерти; для токсичных выбросов воздействие может включать предельно допустимый уровень воздействия (например, представляющий непосредственную опасность для жизни и здоровья). На основе этих моделей воздействия можно рассчитать опасные расстояния, чтобы определить потенциальное количество погибших и пострадавших в зависимости от плотности населения. В этот анализ может быть включено изучение экологических последствий на более удаленном расстоянии от источника, например, для определения концентраций токсичных химических веществ, воздействующих на людей за пределами объекта (например, в районах жилой или коммерческой застройки), или количественной оценки объемов химических веществ, попавших в почву или водотоки.

3.7 Анализ «дерева» неисправностей

49. Метод дерева неисправностей (FTA) — это дедуктивный метод определения возникновения нештатного состояния или события, связанного с нарушением герметичности. Конечное событие дерева определяется как событие, которое необходимо анализировать, а само дерево строится путем составления списка способствующих факторов, которые могут привести к конечному событию по отдельности или в комбинации (обозначаются с помощью логических операторов «и»/«или»)⁵¹. Эти способствующие факторы далее разбиваются на базисные события, и дерево неисправностей может определить минимальные «наборы срезов», т. е. минимальные наборы отказов отдельных компонентов (и ошибок операторов), которые, если они произойдут, приведут к конечному событию (пример анализа дерева неисправностей показан на рис. 5).

50. Метод FTA позволяет экспертной группе дедуктивно определить возможные причины события и сценарии критических отказов. Структура FTA помогает визуализировать опасность и позволяет экспертной группе сосредоточить в каждый момент времени все внимание на одном сценарии или опасности⁵². В сочетании с частотой отказов дерево неисправностей предоставляет количественную информацию об интенсивности отказов для определения цепочек событий, которые представляют собой наибольший риск, и таким образом определяет, на чем следует сосредоточить меры по предотвращению и/или смягчению. Если в дереве неисправностей есть связь «и», то вероятности отказа для следующего события более высокого уровня умножаются. Если связь имеет характер «или», то вероятности отказа складываются. Также могут быть рассчитаны частоты. Метод анализа дерева неисправностей также дает возможность рассмотреть возможность принятия и учесть эффективность превентивных мер⁵³; и учесть «отказ на требование» (вероятность того, что система защиты не сможет выполнить свою функцию обеспечения безопасности, когда возникнет такая потребность).

51. Метод FTA может быть сложным и требовать глубокого понимания поведения анализируемой системы. Однако он широко используется в качестве фундаментального метода оценки частоты событий для количественного анализа рисков.

52. Недостатком FTA является то, что данные о частоте отказов и вероятности отказа на требование для отдельных компонентов системы и событий могут характеризоваться неопределенностью и могут отсутствовать, особенно если система

⁵¹ CCPS, *Guidelines for Hazard*.

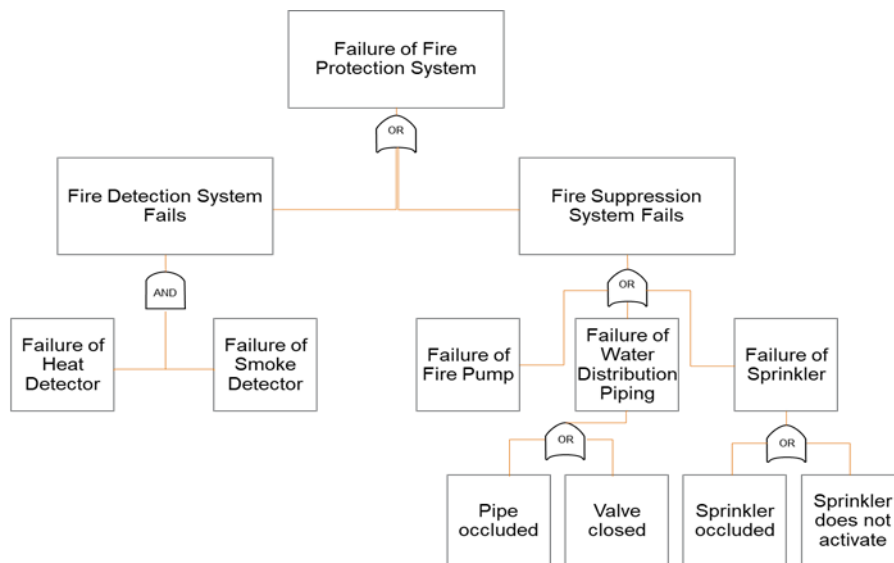
⁵² Khan, «Techniques and Methodologies».

⁵³ International Electrotechnical Commission (IEC), IEC Standard 61025:2006, «Fault Tree Analysis (FTA)» (December 2006).

или компонент являются новыми и не имеют сложившейся истории эксплуатации. В таких случаях эти данные, возможно, придется оценивать на основе инженерной практики или использовать диапазоны с анализом чувствительности, а не полагаться на данные с высокой степенью доверия. Поэтому для разработки гармонизированного процесса оценки риска в стране важно, чтобы владельцы предприятий и органы власти совместно составляли рамочные отчеты или принципы, в которых будут детализированы единые вероятности отказов.

Рис. 5

Пример диаграммы дерева неисправностей для системы противопожарной защиты



Источник: Автор настоящего доклада.

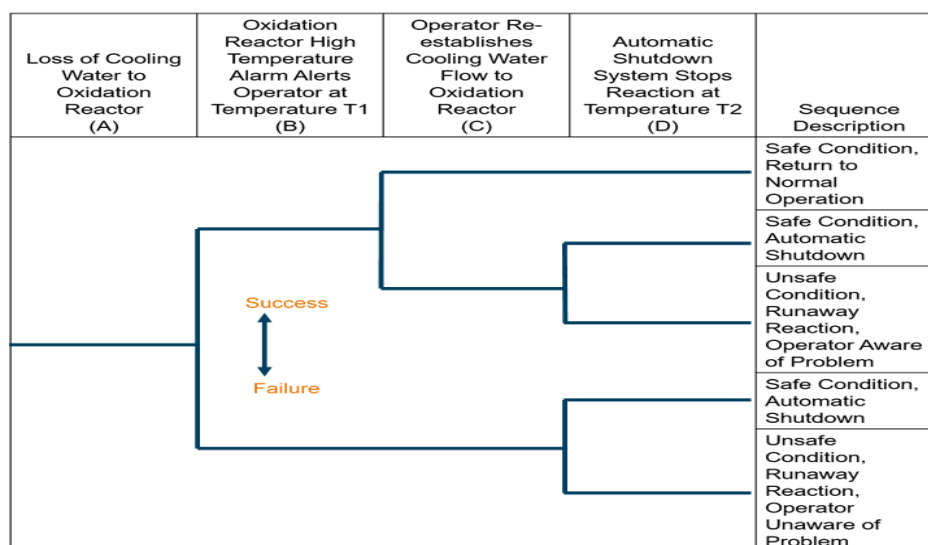
3.8 Анализ на основе метода дерева событий

53. Анализ дерева событий (ЕТА) является индуктивной процедурой определения различных сценариев, которые могли произойти при наступлении «конечного события». ЕТА — это древовидная схема, которая определяет различные последовательности событий, как неисправностей, так и успехов, которые могут привести к последствиям⁵⁴, после того, как произошло инициирующее событие (см. рис. 6).

⁵⁴ Marhaviilas «Risk Analysis».

Рис. 6

Дерево событий для примера иницирующей причины «утечка охлаждающей воды в реакторе для оксидирования»



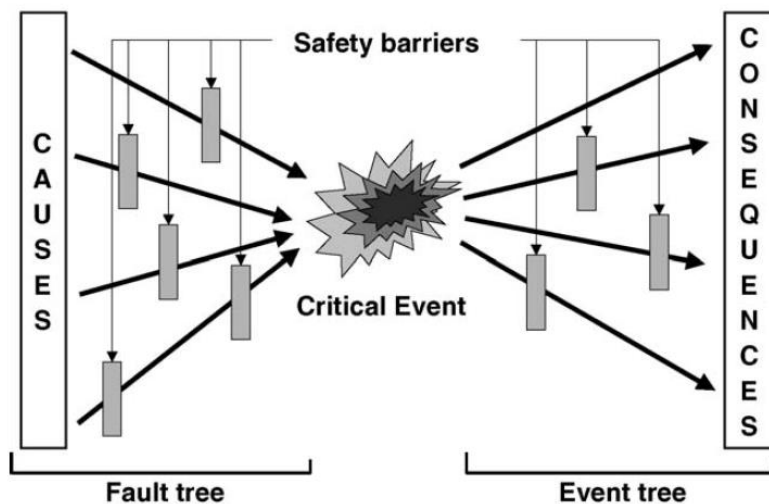
Источник: CCPS, *Guidelines for Hazard*.

54. Как и FTA, метод ЕТА позволяет графическими средствами визуализировать возможные исходы после наступления иницирующего события; однако это задача может быть сложной и трудоемкой. Эти два метода часто связаны между собой тем, что в методе FTA рассматривается вероятность наступления иницирующего события, а ЕТА — вероятность наступления одного или нескольких последствий при условии наступления иницирующего события. Соответственно, в FTA рассматриваются и учитываются меры по предотвращению, а в ЕТА рассматриваются и учитываются меры по смягчению последствий. Как и в случае с FTA, данные о частоте отказов и вероятности последствий иногда отсутствуют и поэтому требуется их оценка для проведения количественного анализа.

3.9 Модель «галстук-бабочка»

55. Модель «галстук-бабочка» (рис. 7) — это инструмент анализа рисков на основе сценариев, который чаще всего рассматривается как комбинация методов FTA и ЕТА. Событие, связанное с нарушением герметичности (или иное иницирующее событие) отображается в центре, а его причины и последствия, соответственно, слева и справа.

Рис. 7
 Модель «галстук-бабочка» из проекта ARAMIS



Источник: Valérie de Dianous and Cécile Fiévez, «ARAMIS project: A more explicit demonstration of risk control through the use of bow-tie diagrams and the evaluation of safety barrier performance», *Journal of Hazardous Materials*, vol. 130, No. 3 (March, 2006), pp. 220–233.

56. Благодаря своей наглядности и компактной структуре, модель «галстук-бабочка» является эффективным инструментом для представления основных опасностей относительно простых объектов (например, складских объектов, на которых технологические операции ограничены в силу характера этих объектов), для обмена информацией и координации деятельности с причастными сторонами, обладающими меньшим опытом в области оценки рисков, а также для обеспечения ясной основы для планирования мер реагирования в случае аварии путем демонстрации различных путей развития аварийной ситуации в результате одного и того же события нарушения герметичности и имеющихся барьеров безопасности для смягчения их последствий. Хотя модель «галстук-бабочка» в основном используется как визуальный инструмент, она может применяться в качестве метода количественного анализа риска путем использования данных дерева неисправностей и дерева событий, наряду с вероятностью возникновения или частотой отказов барьеров безопасности, для определения риска, связанного с анализируемым событием.

4. Важные соображения при выборе инструментов анализа рисков

57. Выбор инструментов анализа рисков диктуется несколькими факторами, среди которых:

- a) цели организации, проводящей анализ рисков, и требуемый уровень строгости;
- b) критерии, которые должны быть выполнены (например, количественный целевой показатель риска, целевой показатель матрицы рисков);
- c) знания персонала и имеющаяся документация в качестве основы для анализа рисков;
- d) сложность процесса;
- e) относительная величина опасности и уровни потенциального риска;
- f) стадия разработки проекта.

58. Степень строгости метода анализа рисков (например, качественный или количественный) определяется исходя из сложности технологического процесса, типа отрасли или законодательных требований конкретной страны. Если простые процессы и опасности могут быть адекватно проанализированы с помощью

качественных методов, то сложный процесс может потребовать применения количественного метода. В таблице 5 представлены преимущества и недостатки каждого из методов анализа рисков, рассмотренных в данном разделе.

Таблица 5
Сравнение инструментов и методов анализа рисков

<i>Метод/ инструмент</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>	<i>Применимые этапы оценки риска (см. рис. 2)</i>
«Что будет, если...» или «что будет, если...»/контрольный список	Определяет опасные факторы или конкретные аварийные события, которые могут привести к нежелательным последствиям Относительно прост в применении	Определяет только последствия опасности Свободно структурированный инструмент	Идентификация риска: определение опасностей и уязвимых объектов
HAZOP	Систематический метод выявления и документирования опасностей с помощью создания воображаемых ситуаций Одновременная оценка причин и последствий отклонений Всеобъемлющий охват в силу характера метода	Не включает категоризацию рисков Времяемкость Требуется детальное знание процессов; могут не подходить для трансграничного применения из-за возможной коммерческой тайны	Идентификация риска: определение опасностей и уязвимых объектов
HAZOP с уровнями риска	То же, что и HAZOP, плюс: Применим к любой системе или процедуре Включает категоризацию рисков для более точного определения опасностей и необходимости принятия мер по снижению риска	Времяемкость Для применения требуется группа в составе специалистов в различных областях Выбор рисков ограничен опытом группы экспертов по HAZOP	Идентификация риска: определение опасностей и уязвимых объектов
FMEA/FMECA	Метод индуктивного анализа для определения типов отказов путем систематического анализа каждого отдельного компонента системы Может быть расширен до количественного метода за счет использования анализа критичности (FMECA)	Отсутствуют данные из практики о поведении новых систем при сбоях Может быть затруднительно сосредоточиться на наиболее критических отказах	Анализ рисков: проработка опасных инцидентов, смягчающие факторы
LOPA	Требует меньше времени и усилий, чем полностью количественный метод Способствует определению более точных пар «причина — следствие» Обеспечивает четкое понимание уровней защиты	Не позволяет провести систематическую идентификацию опасностей Должен опираться на инструмент анализа опасности Может оказаться неэффективным для сложных сценариев	Анализ рисков: определение возможностей снижения рисков, оценка частоты

<i>Метод/ инструмент</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>	<i>Применимые этапы оценки риска (см. рис. 2)</i>
Анализ последствий	При надлежащем выполнении обеспечивает высокий уровень уверенности в результатах и надежное обоснование для принятия решений с учетом соответствующих рисков	Требуется полностью количественный анализ сценариев и моделей последствий Требуется проверка и валидация для уверенности в точности результатов	Анализ рисков: оценка последствий
FTA	Обеспечивает определение и моделирование комбинаций отказов оборудования, ошибок операторов и внешних условий, приводящих к аварии Позволяет команде в каждый момент времени сконцентрироваться на одном сценарии или опасности в деталях Метод дедуктивного моделирования Высоко структурированный метод Углубленное определение причин Предоставляет графические средства для визуализации системы и типов отказов	Чаще всего используется как метод системного уровня, а не как метод, ориентированный на последствия Требуется данные о частоте отказов оборудования	Анализ рисков: оценка частот
ETA	Высоко структурированный метод Углубленное определение причин Предоставляет графические средства для визуализации результатов	Данные о частоте отказов и вероятности воздействия последствий в ряде случаев отсутствуют Может потребоваться использование FTA в сочетании с ETA	Анализ рисков: оценка частоты
«Галстук-бабочка»	Визуальный инструмент позволяет четко понимать возможные пути развития событий Может использоваться для качественной оценки	Для глубокого понимания требуется применение FTA и ETA	Анализ рисков: определение возможностей снижения рисков

Источник: CCPS, *Guidelines for Hazard*; Mannan, *Lees' Loss*; и Peeters, «Improving failure analysis».

5. Результаты этапа идентификации риска

59. Результаты анализа рисков используются в качестве основы для следующего этапа — сравнительной оценки рисков. Типовые результаты анализа риска включают:

- перечень прошедших сравнительную оценку сценариев с указанием целевых причин и последствий;
- рассчитанные или определенные для каждого сценария уровни риска (например, риск гибели людей в результате нарушения герметичности технологической емкости из-за избыточного давления);
- применительно к трансграничному контексту подходящие методы анализа риска наземных объектов включают индивидуальный риск, общественный риск или прямые контуры последствий;

d) для документирования воздействия на окружающую среду подходит оценка последствий по пороговым значениям (экотоксичные концентрации);

e) расчет и построение диаграммы «вероятность — следствие» (кривые f–n).

С. Сравнительная оценка риска

60. Сравнительная оценка риска является следующим шагом после определения уровней риска для идентифицированных сценариев. На этом этапе разрабатывается уровень или диапазон, в пределах которого рассчитанный или определенный уровень риска является приемлемым для причастных сторон.

1. Критерии приемлемости риска

61. Чтобы определить, является ли анализируемое событие или сценарий нарушения герметичности приемлемым для причастных сторон без принятия дополнительных мер безопасности, необходимо установить приемлемый уровень или диапазон риска. Этот «допустимый» риск должен быть определен заранее в рамках разработки системы оценки риска и согласован причастными сторонами или зафиксирован в законодательной базе органами власти. Эти критерии могут варьироваться в зависимости от затрагиваемого населения (например, на территории промплощадки, за ее пределами, чувствительные рецепторы, объекты охраны окружающей среды, такие как поверхностные и подземные воды, и т. д.) и неприятия риска обществом. Важно отметить, что приемлемость риска имеет культурные, географические и политические элементы, которые могут быть причиной различий в критериях приемлемости риска среди группы стран или причастных сторон. Критерии принятия риска должны разрабатываться и применяться в соответствии с методологией анализа риска и требованиями причастных сторон:

- a) качественные: уровни риска, например высокий/средний/низкий;
- b) полуколичественные: обозначенные номерами уровни риска;
- c) количественные: численные целевые показатели риска.

1.1 Качественные или полуколичественные критерии риска

62. Матрица рисков — это типовой инструмент, используемый причастными сторонами для качественного представления многоуровневого профиля риска. Как правило, элемент существенности относится к воздействию на персонал (например, травмы, инвалидность, смертельный исход), но могут быть рассмотрены и другие факторы, такие как ущерб имуществу, воздействие на окружающую среду, остановка деятельности и репутационный вред. В таблице 6 приведен пример матрицы рисков и описание уровней.

Таблица 6

Образец матрицы рисков

		Frequency					
		1 Not likely to ever happen anywhere	2 Never happened in the industry	3 Not likely to happen in the process lifetime	4 May happen in process lifetime	5 Multiple occurrences in process lifetime	6 Multiple instances / year
Severity	1 – No effect	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	2 – Minor injury	Green	Green	Green	Green	Yellow	Orange
	3 – Major injury	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Orange
	4 – Irreversible or multiple injury	Green	Green	Yellow	Yellow	Orange	Red
	5 – Single fatality	Green	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red
	6 – Multiple fatality	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red	Red

Источник: Автор настоящего доклада.

63. Категории риска определяются заранее на основе данных причастных сторон, при этом сценарии, приводящие к повышению уровня риска, требуют принятия мер по снижению риска. В таблице 6 уровень риска в зеленой зоне в целом представляет приемлемый риск, не требующий дальнейших действий, в желтой зоне — допустимый уровень риска, требующий рассмотрения рекомендуемых действий, а в красной и оранжевой — недопустимый/неприемлемый уровень риска, требующий дополнительных действий по снижению риска.

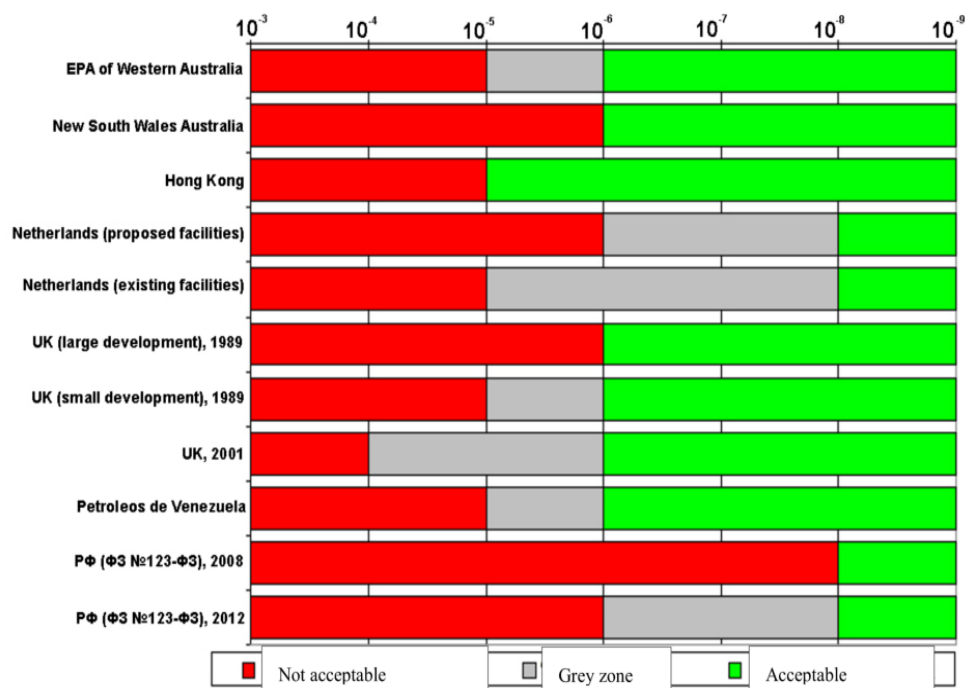
1.2 Критерии индивидуального риска

64. Критерии риска для количественного анализа риска должны быть классифицированы по количественно определяемому уровню. При рассмотрении возможных последствий для отдельного человека в контексте последствий, связанных с промышленной опасностью, используются критерии индивидуального риска.

65. Обеспечить консенсус относительно понимания того, что представляет собой «допустимый риск» среди причастных сторон, особенно в трансграничном контексте, довольно сложно. При анализе приемлемого или неприемлемого риска различия могут составлять несколько порядков (см. рис. 8). Таким образом, для достижения согласия между причастными сторонами целесообразны последующие уточнения⁵⁵.

Рис. 8

Сравнение критериев приемлемости индивидуальных рисков по странам (вероятность возникновения смертельной опасности в исчислении на одного человека в год)



Источник: Mikhail Lipsanos, «Methodological framework for risk assessment in the Russian Federation», presentation, ECE seminar on risk assessment methodologies (Geneva, 4 December 2018).

Сокращения: EPA — Агентство по охране окружающей среды; Гонконг — Гонконг, Китай; UK — Соединенное Королевство.

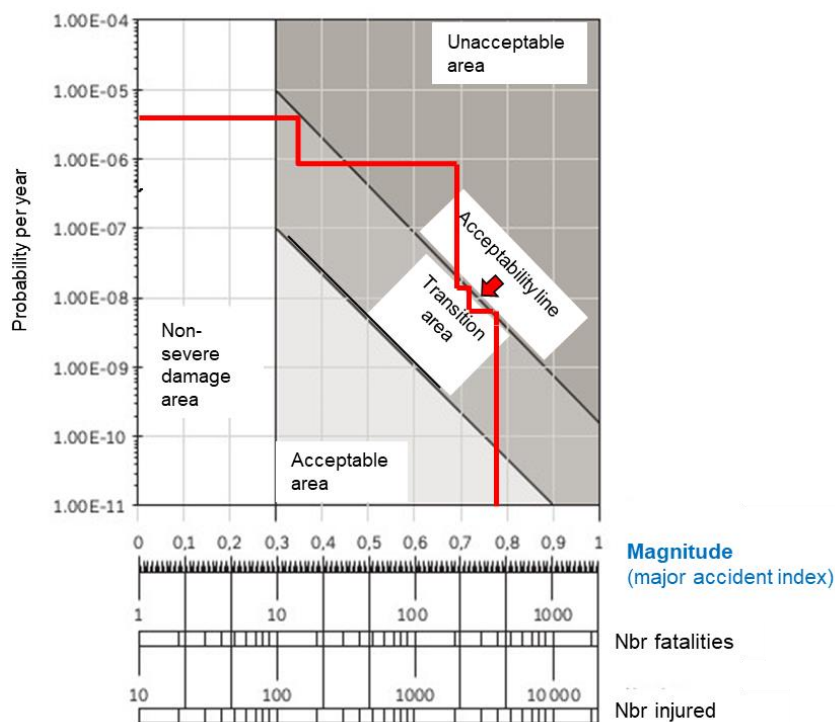
⁵⁵ Martin Merkofer, «Risk Assessment Seminar: Scope, cases selection, effect and risk assessment methodologies», presentation given at seminar on risk assessment methodologies, 4 December 2018, Geneva.

1.3 Критерии общественного риска

66. Критерии общественного риска используются в процессе сравнительной оценки риска при рассмотрении рисков для группы лиц или населения (см. рис. 9).

Рис. 9

Критерии сравнительной оценки на основе кривых f-n, применяемые в Швейцарии



Источник: Michael Hösli and others, Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung (Bern, Federal Office for the Environment, 2018).

Сокращения: Nbr — номер.

2. Настолько низкий, насколько это оправдано/практически обосновано

67. В концепции «настолько низкий, насколько это оправдано/практически обосновано» (ALARP/ALARA), преобладающей в Соединенных Штатах Америки и Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии, рассматриваются ситуации, когда уровень остаточного риска после принятия мер по снижению риска, не находится четко в «приемлемом» или «недопустимом» диапазоне. Признавая непрактичность снижения риска до нуля при непомерных затратах, принцип ALARP/ALARA позволяет пользователям соизмерять снижение риска с благом для общества. Чтобы риск был настолько низким, насколько это оправдано/практически обосновано (ALARP/ALARA), пользователь должен продемонстрировать, что затраты, связанные с дальнейшим снижением риска, «совершенно несоразмерны» полученному выигрышу⁵⁶. Термины «оправдано/практически обосновано» и «совершенно несоразмерны» несут в себе правовой смысл; их исчерпывающее толкование выходит за рамки настоящего документа.

3. Анализ затрат и выгод

68. Анализ затрат и выгод — это систематический метод оценки сильных и слабых сторон возможных мер по снижению риска с учетом экономических затрат. Строятся кривые риска с дополнительными мерами безопасности и без них; затраты, связанные

⁵⁶ CCPS, *Guidelines for Developing Quantitative*.

с этими мерами безопасности, рассчитываются и сравниваются с монетизированной выгодой от снижения риска.

69. В контексте оценки рисков для химических объектов ключевым преимуществом анализа затрат и выгод является принятие решения о выборе из нескольких вариантов обеспечения безопасности, которые позволяют достичь сопоставимое снижение рисков. Существует множество методов, включая качественные «набранные баллы риска», минимальная денежная сумма для достижения «приемлемого риска» или «совершенная несоразмерность» достигнутому снижению риска.

70. Провести численный анализ затрат и выгод в контексте оценки риска может быть затруднен с учетом сложности систем безопасности и связанных с ними затрат в течение всего жизненного цикла, включая техническое обслуживание, инспекцию и время простоя. В частности, создание приборных систем безопасности (SIS), как правило, сопряжено с очень высокими эксплуатационными расходами, связанными с техническим обслуживанием и тестированием, а также из-за помех и побочных действий, которые сложно оценить количественно. Таким образом, при сопоставлении вариантов обеспечения безопасности, как правило, рекомендуется оценка по порядку величины. Можно учитывать и другие соображения (например, простоту осуществления).

71. Применение анализа затрат и выгод в контексте безопасности человека сопряжено со значительными трудностями, важное место среди которых занимают политические и социальные последствия денежной оценки человеческой жизни, а также использование ретроспективного анализа событий в качестве основы для определения стоимости, а не наихудшей возможной аварии. Некоторые причастные стороны могут также не принимать в расчет или не знать об элементах безопасности, которые обеспечивают большую часть снижения риска, уже реализованных и учтенных до проведения исследования затрат и выгод. Следовательно, использование анализа затрат и выгод для снижения рисков, как правило, ограничено и сосредоточено на экологических (и других не относящихся к человеку) рисках. Примеры включают следующие:

a) Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, где анализ затрат и выгод применяется при определении ALARP (см. раздел C.2) на основании решения суда о том, сколько компания должна быть готова потратить на спасение жизни человека⁵⁷;

b) Швейцария, которая применяет анализ затрат и выгод в отношении экологических рисков⁵⁸.

V. Преимущества и проблемы оценки рисков

A. Преимущества оценки рисков и применение методологии оценки рисков

1. Трансграничные соображения

72. При применении в трансграничном контексте и надлежащем информировании оценка рисков может способствовать улучшению обмена информацией, пониманию различных используемых методов, улучшению менеджмента общих рисков, а также совершенствованию предотвращения промышленных аварий, обеспечения готовности к ним и ликвидации их последствий.

⁵⁷ Health and Safety Executive, «Appraisal values or “unit costs”», available at www.hse.gov.uk/economics/eauappraisal.htm.

⁵⁸ Merkofer, «Risk Assessment Seminar».

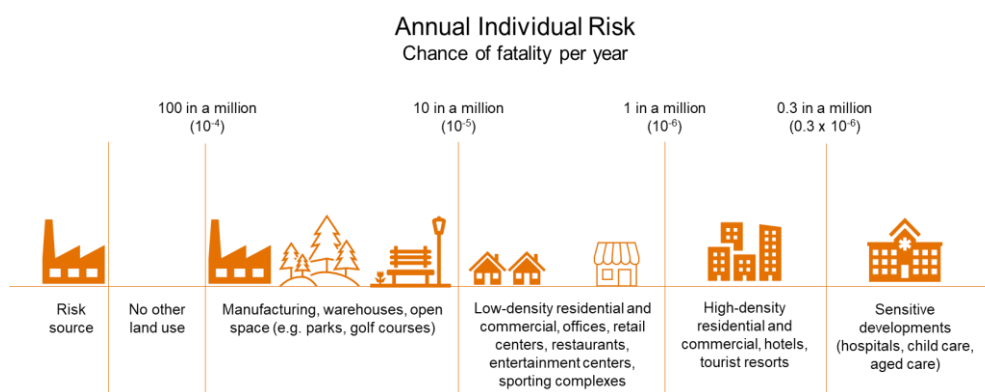
2. Планирование землепользования, защита населения/работников

73. Одной из приоритетных задач химических предприятий является локализация основных угроз аварий в пределах границ их территории, однако это не всегда возможно, когда речь идет о больших количествах опасных веществ или когда пространство ограничено. Поэтому количественный анализ рисков является необходимым для планирования землепользования и защиты населения, как внутри страны, так и за пределами национальных границ.

74. Оценка риска может способствовать планированию землепользования путем наложения широких контуров риска по порядку величины на тип землепользования (см. рис. 10). Для этого конкретного применения имеются отраслевые рекомендации от нескольких организаций⁵⁹. Сравнение результатов оценки рисков с характеристиками возможного будущего использования прилегающего пространства позволяет избежать критического воздействия. В одном из примеров карта выбросов токсичных веществ сравнивается с системами землепользования с высокой плотностью застройки для общественного пользования открытыми пространствами.

Рис. 10

Разрешенные земли и виды пользования



Источники: MIACC, Risk-based.

75. Директивным органам следует принять соответствующие меры по снижению существующих рисков для населения и окружающей среды с учетом информации, полученной в результате оценки рисков и из других источников, таких как оценка воздействия на окружающую среду. Более подробная информация о скоординированном, комплексном подходе к оценке окружающей среды и рисков содержится в Руководстве по планированию землепользования⁶⁰ в соответствии с обязательствами Сторон по Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте, Протоколу по стратегической экологической оценке к ней и Конвенции о промышленных авариях.

3. Готовность к чрезвычайным ситуациям

76. Заблаговременное информирование о потенциальных последствиях за территорией объекта позволяет специалистам по реагированию на чрезвычайные ситуации заранее спланировать важнейшие мероприятия, включая обеспечение безопасности границ территории объекта, оповещение населения о необходимости укрыться в ближайших убежищах, подготовку медицинских работников по специальным протоколам лечения и создание резервных возможностей реагирования на чрезвычайные ситуации. Эта концепция является главным направлением работы

⁵⁹ Major Industrial Accidents Council of Canada (MIACC), *Risk-based Land-use Planning Guidelines* (Ottawa, 1995).

⁶⁰ *Руководство по вопросам планирования землепользования, размещения объектов, на которых осуществляется опасная деятельность, и связанным с ними аспектам безопасности* (публикация ООН, в продаже под № E.18.II.E.6).

Межучрежденческой координационной группы по промышленным и химическим авариям⁶¹.

4. Коммуникация и координация между причастными сторонами и в трансграничном аспекте

77. Оценка риска проводится группой экспертов, специализирующихся в различных дисциплинах. Мозговые штурмы способствуют расширению участия и дальнейшему укреплению связей и координации между причастными сторонами (операторы, работники, другой персонал объекта, население за пределами территории объекта, регуляторы, заинтересованные группы, местные правоохранительные органы и правоохранительные органы соседних населенных пунктов) и за пределами границ страны. Обмен информацией между причастными сторонами в рамках этой структуры может способствовать лучшему пониманию рисков, поддержке со стороны исполнительного руководства, принятию совместных решений и снижению степени неприятия рисков в общине.

5. Согласованные методы ранжирования и контроля рисков

78. Применение комплексных, системных, подробно задокументированных, стандартизированных методов оценки рисков позволяет проводить объективные оценки и принимать более последовательные решения в области менеджмента риска. Основные сценарии можно ранжировать и определить основные факторы риска, чтобы принять соответствующие меры по снижению риска для наиболее эффективного снижения глобального уровня риска на объекте. Точная оценка вероятности сценариев, ведущих к катастрофическому событию, выявляет основные факторы риска и позволяет распределить ресурсы для снижения вероятности этих основных факторов и общего события⁶². Единые критерии оценки риска помогают обеспечить равный и высокий уровень защиты населения и окружающей среды. Периодическая ревалидация оценок риска будет способствовать непрерывному совершенствованию.

6. Демонстрация глубокой защиты

79. Концепция глубокой защиты применительно к химической промышленности называется «концепцией слоев защиты» (см. раздел В.3.5) и предполагает создание нескольких независимых и дублирующих друг друга слоев защиты для предотвращения и смягчения последствий аварий с серьезными последствиями. Методы анализа рисков позволяют проводить системное и детальное исследование отклонений параметров процесса и дают возможность создать несколько уровней защиты (включая визуализацию этих уровней, например, в модели «галстук-бабочка»).

В. Проблемы оценки рисков и применения методологии оценки рисков: внутренние ограничения методов анализа рисков

1. Внутренние ограничения методов анализа рисков

80. Некоторые методы анализа риска могут: представлять собой упрощенные представления последовательности развития аварии; содержат меньше деталей; и не выявлять все потенциальные причины или последствия для данного сценария (например, эффект домино). Эти ограничения и проблемы перечислены ниже:

а) выбор сценариев и параметров: описание или выбор сценариев могут варьировать в зависимости от субъективных суждений/опыта членов группы менеджмента риска, и это создает разнообразность подходов. Подобным образом

⁶¹ Organisation for Economic Co-operation and Development, «International efforts for industrial and chemical accidents prevention, preparedness and response», brochure (n.p., n.d.).

⁶² Jérôme Taveau and Jensen Hughes, «Fire safety engineering — Fire risk assessment — Part 3: Example of an industrial property.» ISO/TR 16732-3. 2013. ISO, Geneva.

выбор параметров (например, продолжительность события) может изменить результат анализа риска и часто основывается на субъективном суждении;

b) количество сценариев: анализ риска основывается на нескольких сценариях (или в некоторых случаях на одном сценарии). Если на объекте происходит катастрофическое событие, оно может отличаться от проанализированного и требовать подхода к реагированию, отличного от установленного. Поэтому последствия могут быть недооценены или представлены неточно;

c) требования к данным: часто для проведения анализа риска требуется множество входных параметров и переменных, особенно количественных. Точные, репрезентативные данные не всегда могут быть доступны причастным сторонам. Оценки, используемые вместо точных данных, могут характеризоваться неопределенностью;

d) внутренняя неопределенность: переменные, используемые в анализе риска, не являются точными, погодные условия в конкретный момент аварии непредсказуемы, а условия местности, технологического процесса и складского объекта могут отличаться от тех, которые были первоначально заложены в анализ риска⁶³. Эти вариации определяют внутреннюю неопределенность анализа;

e) неуниверсальность: процедуры анализа риска разработаны таким образом, что они в значительной степени зависят от свойств отдельного объекта. Даже для предприятий или объектов, которые могут быть очень похожи, анализ риска не является универсальным и должен быть адаптирован к каждому объекту и процессу;

f) результаты: результаты анализа риска не представляют собой абсолютную истину, а скорее показывают относительный риск, основанный на выбранном сценарии и условиях. Кроме того, существует тенденция к переоценке надежности и точности результатов.

2. Терминология

81. Единая терминология по оценке риска имеет решающее значение для понимания причастными сторонами друг друга в процессе принятия решений. Однако на практике разные специалисты, учреждения или страны используют разные термины для обозначения одних и тех же понятий. Кроме того, эти определения могут меняться со временем по мере уточнения существующих или введения новых понятий. Установление общей терминологии может быть непростой задачей; существует несколько всеобъемлющих глоссариев, охватывающих все аспекты оценки риска.

3. Образование, опыт и знания

82. Для проведения оценки рисков для химических установок, которые включают в себя сложные системы, необходима соответствующая квалификация. Для понимания основных концепций и применения методов оценки и снижения рисков требуется правильное сочетание образования, опыта и знаний в конкретных областях, таких как химический инжиниринг, безопасность технологических процессов и предотвращение потерь. Сформировать группу, члены которой обладают необходимыми знаниями, сложно (особенно в плане образования), поскольку лишь немногие университеты предлагают специализацию по безопасности технологических процессов. За последние годы некоторые организации (например, Американский институт инженеров-химиков; Институт инженеров-химиков) разработали системы сертификации, подтверждающие образование и опыт в области безопасности технологических процессов и предотвращения потерь, однако более глобальная система профессиональной сертификации по-прежнему отсутствует.

⁶³ Maureen Heraty Wood and Luciano Fabbri, «Challenges and opportunities for assessing global progress in reducing chemical accident risks», *Progress in Disaster Science*, vol. 4 (December 2019).

4. Базы данных по частоте

83. Существует всего несколько баз данных по частоте с абсолютными значениями, применимыми к опасным видам деятельности, при этом имеющиеся в них данные характеризуются высокой неопределенностью, учитывая возраст имеющихся баз данных и небольшое количество крупных инцидентов (с точки зрения статистики).

84. Общие отраслевые базы данных не очень подробны, и лишь немногие эксперты знают о присущих им внутренних ограничениях, поскольку данные в основном невозможно отследить (или для определения происхождения этих данных, если таковое возможно, требуется проведение серьезных исследований). Другие базы данных из других инженерных областей, в частности, для определения вероятности отказа на требование, трудно экстраполировать на химические установки, опять же из-за разнообразия оборудования, опасных веществ и условий эксплуатации.

85. В химической промышленности было предпринято лишь несколько инициатив по сбору и проверке данных о частоте из-за присущих ей проблем и объема усилий, необходимых для создания и обновления такой базы данных⁶⁴.

5. Количественная оценка воздействия на окружающую среду

86. При оценке рисков часто игнорируется оценка экологических причин природно-техногенных ЧС и последствий аварий из-за отсутствия методов и надежных физических моделей в открытом доступе. Реализация этой задачи остается сложной на практике из-за множества переменных, которые необходимо учитывать. Одним из доступных инструментов для анализа событий, связанных с природно-техногенными ЧС, является программное обеспечение RAPID-N, разработанное Объединенным исследовательским центром Европейской комиссии. Разработка и распространение физических моделей, описывающих процессы загрязнения воды и почвы (специально используемых для анализа безопасности), могли бы оказать помощь экспертам-практикам в решении этой довольно сложной задачи.

6. Ограничения в знании программного обеспечения и доступе к нему

87. На рынке имеются различные программные средства для проведения оценок риска и их элементов (см. часть 2, приложение). Участники семинара ЕЭК по методологии оценки рисков в 2018 году отметили низкую осведомленность об этих инструментах. Доступ к программному обеспечению может быть ограничен, поскольку получение и продление лицензий обычно сопряжено с высокими затратами. Поэтому владельцы объектов могут не использовать программное обеспечение, наиболее подходящее для их применения, или приобретать и продлевать лицензии только на один инструмент, который может быть применим не ко всем сценариям, подлежащим изучению. Кроме того, если владелец объекта использует программное обеспечение, отличное от того, которое использует регулирующий орган, могут возникнуть проблемы во взаимодействии между оператором и инспектором или регулятором.

7. Передовая технология

88. Отправной точкой в оценке риска в силу внутренних причин считается уровень технологии, связанный с процессом или объектом. В странах с более низким базовым уровнем технологии могут потребоваться дополнительные меры безопасности для достижения приемлемого уровня риска в сравнении с другими, более передовыми в технологическом плане странами, которые включают эти дополнительные меры безопасности в свой более высокий базовый уровень.

⁶⁴ J.R. Taylor, *Hazardous Materials Release and Accident Frequencies for Process Plant: Volume II: Process Unit Release Frequencies — Version 1, Issue 7* (Allerød, Denmark, 2006).

VI. Выводы

89. В настоящем докладе представлен общий обзор методологии оценки рисков, применимой к рискам, возникающим в результате опасной деятельности. Главными результатами части 1 являются следующие выводы:

а) оценка риска важна для информационного обоснования решений по предотвращению промышленных аварий и смягчению их последствий путем учета ее результатов при планировании землепользования и выбора площадок для размещения объектов, осуществляющих опасную деятельность;

б) обмен информацией между соседними и прибрежными странами, а также между странами региона ЕЭК играет важную роль для улучшения знаний и понимания различных методов оценки риска и использования их результатов, например, в рамках консультаций, связанных с уведомлением об опасной деятельности;

в) в долгосрочной перспективе важно согласовать определения терминов, обычно используемых в процессе оценки риска (см. раздел В), чтобы различные причастные стороны имели общее понимание, несмотря на различные профили и роли;

г) важно выработать контекстуальную основу для того, как оценка риска вписывалась в общий процесс менеджмента риска (см. раздел С и рис. 1);

д) очень важно описать различные методы, доступные для проведения оценки риска, и условия, в которых каждый метод может быть применен (см. раздел III), которые далее подразделяются на идентификацию риска (раздел А), анализ риска (раздел В) и оценку риска (раздел С).

90. В части 2 описаны конкретные примеры использования методов оценки риска применительно к химическим предприятиям в регионе ЕЭК, в том числе в трансграничном контексте. Часть 2 (приложение) содержит дополнительную информацию об имеющихся программных средствах для поддержки различных аспектов оценки риска химических установок.
