

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Экология и безопасность жизнедеятельности»

АНАЛИЗ РИСКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания
к практическим занятиям по дисциплине
«Надежность технических систем и техногенный риск»
очной и заочной форм обучения для студентов направления
20.03.01 «Техносферная безопасность»
(направленность «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»)

Курган 2023

Кафедра: «Экология и безопасность жизнедеятельности».

Дисциплина: «Надежность технических систем и техногенный риск»
(направление 20.03.01 «Техносферная безопасность»).

Составил: канд. техн. наук, доц. С. К. Белякин.

Печатается в соответствии с планом издания, утвержденным
методическим советом университета «16» декабря 2021 года.

Утверждены на заседании кафедры «15» декабря 2022 года.

Введение

Аварии последних десятилетий закономерно приводят к выводу: двигаясь по пути технического прогресса, человек подвергает себя все большему риску. Только в нашей стране за последние 30 лет от техногенных аварий пострадало более 10 млн человек, из них погибло более 600 тыс. Созданная для защиты человека от внешних воздействий, в наше время техносфера сама становится источником опасности: растет мощность промышленных установок, усложняются технологии, возрастает влияние предприятий друг на друга, работа оборудования все больше зависит от правильности действий персонала, управляющего им. Риск и масштаб аварий значительно возросли. Необходимы меры по защите человека и окружающей среды (ОС) от опасностей, порождаемых техносферой — аварий на опасных производственных объектах (ОПО). Эти меры значимы на протяжении всего жизненного цикла ОПО, но особенно на стадии его проектирования. Так как именно на этом этапе можно добиться значительного повышения безопасности ОПО без существенного увеличения его стоимости.

Обычно уровень опасности от ОПО, функционирующего в штатном, предусмотренном проектом режиме, несравненно ниже уровня опасности, который представляет ОПО в условиях аварийной ситуации. Соответственно и оценки аварийного риска обычно имеют большие значения, чем оценки риска от того же объекта, функционирующего в штатном режиме. Различие оценок обычно бывает настолько большим, что именно оценки аварийного риска принимаются за меру уровня опасности, порождаемой ОПО.

До недавнего времени при проектировании ОПО исходили из принципа «абсолютной безопасности»: стремились сделать абсолютно надежную технику и провозглашали промышленные объекты абсолютно безопасными. В наше время подход к оценке возможности аварий существенно изменился.

Если проанализировать различные аварии на ОПО, можно выделить ряд общих причин: ошибки в проектах, неправильные решения о месте постройки ОПО и режимах их эксплуатации, недооценка подготовки персонала, халатность и беспечность. Но анализ случившихся аварий на ОПО не решает всех проблем. Необходимо не только находить слабые звенья в технологических цепочках, но и предсказывать, как будут развиваться события, вызванные аварией на ОПО, указывать, как добиться уменьшения их последствий. На смену технике безопасности — своду правил работы с техникой — должна прийти теория безопасности, или теория риска. Имея дело со сложными системами, теория риска не стремится проконтролировать все возможные аварии на ОПО, поскольку рассмотреть все варианты невозможно,

но стремится предотвратить события, приводящие к тяжелым авариям на ОПО. Если техника безопасности ставит своей целью не допустить никаких аварий на ОПО, что отвечает концепции «абсолютной безопасности» техногенного объекта, то теория риска исходит из того, что ничто нельзя сделать абсолютно надежным. Необходимо знать вероятность аварии на ОПО, прогноз ущерба от такой аварии. И если эти величины малы (мала величина аварийного риска), логично заявлять, что ОПО безопасен.

Обычно в практике научного прогнозирования под риском понимается величина, в которую входят и вероятности аварий на ОПО, и ущербы от этих аварий.

Различают следующие методы определения величины риска:

- статистический, опирающийся на статистическую обработку данных об авариях;
- модельный, строящий модели воздействия вредных факторов на человека и ОС, которые могут описывать как последствия обычной работы предприятия, так и ущерб от аварий на ОПО;
- экспертный, основанный на оценке вероятности аварии на ОПО не по данным вычислений, а по мнению опытных экспертов;
- социологический, основанный на определении уровня опасности по результатам социологических опросов больших групп людей.

Концепция «приемлемого уровня риска» (концепция «предельного уровня риска») утверждает, что «право на существование» имеют техногенные объекты, для которых величина риска не превышает некоторого предельно допустимого значения. Отсюда следует общий подход к оценке уровня опасности, порождаемой ОПО. Этот подход включает прогнозирование вероятностей и ущербов от аварий на ОПО, расчет оценок риска и сопоставление с некоторыми критическими значениями.

Подход, основанный на концепции приемлемого уровня риска, первоначально разрабатывался применительно к объектам атомной энергетики. Первое систематическое исследование по оценкам риска было организовано Комиссией по атомной энергии США и завершилось в 1977 году выпуском отчета «Анализ безопасности реактора», в котором профессор Н. Расмуссен и руководимая им группа исследователей предложили методологию и представили результаты прогнозирования оценок риска объектов атомной энергетики. Очень быстро исследования по Расмуссену стали стандартной процедурой, проводимой на протяжении всего жизненного цикла ОПО, начиная с этапа проектирования до момента окончания его существования. И на всем жизненном цикле ОПО контролю подлежат величины риска.

К настоящему времени концепция предельного уровня риска во многих

странах Европы и в США получила не только общественное признание, но и законодательное оформление. Решение о том, какой уровень риска считать приемлемым, носит политический характер и во многом определяется экономическими возможностями страны.

В странах Евросоюза рассматриваются как приемлемые значения индивидуального риска в интервале 10^{-8} до 10^{-4} в год. Индивидуальный риск больше 10^{-4} в год повсеместно признается неприемлемым. Большинство западных авторов останавливаются на величине критического уровня риска 10^{-6} в год. При этом руководствуются величиной фонового риска - 10^{-3} по данным статистики. Так как общий риск является суммой фонового и аварийного индивидуального рисков, последний предлагается принять равным $1/1000$ от фонового риска, или 10^{-6} , тогда им можно будет пренебречь при сложении.

Необходимо отметить, что общепризнанных критических значений индивидуального риска для конкретных видов ОПО нет. Выбор конкретного значения в рекомендуемом разными учеными интервале от 10^{-8} до $5 \cdot 10^{-5}$ зависит от особенностей ОПО, уровня аварийности, уровня экономического развития страны.

Величина максимально приемлемого уровня индивидуального риска — 10^{-6} в год. То есть вероятность гибели человека в течение года не должна превышать одного шанса из миллиона. Индивидуальный риск 10^{-8} в год считается пренебрежимо малым.

Средний уровень индивидуального риска для населения России на два порядка превышает допустимый уровень, принятый в других странах мира. Анализ риска предполагает процедуру нахождения величины риска от ОПО, сравнение ее с критическим значением и в случае превышения переход к разработке мероприятий по снижению уровня риска. Этот подход противодействия авариям и катастрофам реализован в России в постановлении Правительства РФ [1]. Программа [1] предполагает обобщение и развитие теоретических и практических основ анализа и управления комплексным риском от ЧС природного и техногенного характера.

1 Основные определения

Авария — разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на ОПО, неконтролируемые взрыв, сброс и (или) выброс опасных веществ.

Анализ риска аварии — процесс идентификации опасностей и оценки риска аварии на ОПО для отдельных лиц или групп людей, имущества или ОС.

Идентификация опасностей аварии — процесс выявления и признания, что опасности аварии на ОПО существуют, и определения их характеристик.

Опасность аварии — угроза, возможность причинения ущерба человеку, имуществу и (или) ОС вследствие аварии на ОПО. Опасности аварий на ОПО связаны с возможностью разрушения сооружений и (или) технических устройств, взрывом, сбросом и (или) выбросом опасных веществ с последующим причинением ущерба человеку, имуществу и (или) нанесением вреда ОС.

Опасные вещества — воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные вещества и вещества, представляющие опасность для ОС, перечисленные в [2].

Оценка риска аварии — процесс, используемый для определения вероятности (или частоты) и степени тяжести последствий реализации опасностей аварий на ОПО для здоровья человека, имущества и (или) ОС. Оценка риска включает анализ вероятности (или частоты), анализ последствий и их сочетания.

Приемлемый риск аварии — риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических соображений. Риск эксплуатации ОПО является приемлемым, если ради выгоды, получаемой от эксплуатации ОПО, общество готово пойти на этот риск.

Риск аварии — мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на ОПО и тяжесть ее последствий.

Основными количественными показателями риска аварии на ОПО являются:

- технический риск — вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за определенный период функционирования ОПО; индивидуальный риск — частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий на ОПО;

- потенциальный территориальный риск (или потенциальный риск) — частота реализации поражающих факторов аварии на ОПО в рассматриваемой точке территории;

- коллективный риск — ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий на ОПО за определенное время;

- социальный риск, или F/N-кривая — зависимость частоты возникновения событий F, в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек от числа пострадавших, характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасностей;

- ожидаемый ущерб — ожидаемая величина экономического ущерба от

возможной аварии на ОПО за определенное время.

Требования промышленной безопасности (ПБ) — условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в федеральных законах и иных нормативных правовых актах РФ, а также в нормативных технических документах, которые принимаются в установленном порядке и соблюдение которых обеспечивает ПБ.

Ущерб от аварии — потери (убытки) в производственной и непроизводственной сфере жизнедеятельности человека, вред ОС, причиненные в результате аварии на ОПО и исчисляемые в денежном эквиваленте.

2 Оценки риска как характеристики уровня опасности ОПО

2.1 Опасность, порождаемая техногенным объектом

Понятие «опасность, порождаемая ОПО» имеет несколько аспектов. Первый аспект связан с количественной характеристикой уровня опасности. Бесспорно, что всякий промышленно значимый объект представляет определенную опасность для жизнедеятельности человека, для ОС. Вопрос заключается в том, насколько велика опасность, связанная с ОПО. С точки зрения уровня порождаемой опасности ОПО отличаются друг от друга количественными показателями. Если количественные показатели уровня опасности не достигают критических значений, то уровень опасности считается приемлемым.

Таким образом, обсуждая уровень опасности, порождаемый ОПО, в первую очередь необходимо определить характеристики, которыми можно численно описать этот уровень. Причем эти характеристики должны быть применимы к различным ОПО. Затем необходимо принять критерии безопасности: указать численные значения этих характеристик, при которых ОПО считаются безопасными для жизнедеятельности человека и для ОС.

Анализ величины риска позволяет дифференцировать ОПО по угрозе, которую они представляют для человека и для ОС, и даёт возможность провести дифференциацию территорий по уровню потенциальной опасности. В терминах оценок риска выражаются критерии безопасности.

Второй аспект понятия «опасность, порождаемая ОПО» связан с восприятием опасности человеком. Человек воспринимает уровень опасности, «навязанный» ему обстоятельствами, иначе, чем уровень опасности, принимаемый им добровольно. Например, человек согласен мириться с высоким уровнем опасности, связанным с поездкой в автомобиле по

оживленной магистрали, но не согласен мириться со значительно меньшим уровнем опасности, связанным с находящимся вблизи ОПО. Рабочие и служащие, работающие на ОПО и получающие зарплату, будут согласны мириться с его достаточно высокой степенью опасности в отличие от населения, проживающего в районе этого ОПО. Следовательно, полагаться на оценки, основанные на восприятии опасности тем или иным человеком нельзя. Но необходимо учитывать, что уровень опасности от ОПО всегда будет восприниматься населением острее, чем уровень опасности, добровольно принимаемый человеком (даже если первый менее значителен).

Разнообразие проявления опасности соответствует разнообразию оценок риска, что нашло отражение в классификации оценок. В зависимости от режима функционирования исследуемого ОПО выделяют оценки риска, связанные со штатным режимом функционирования ОПО, и оценки риска, характеризующие последствия аварии на ОПО. Последние называются оценками аварийного риска. Эти два вида риска иногда называют реальным и потенциальным риском соответственно.

Выделение оценок аварийного риска в отдельную категорию в общем случае носит условный характер и отражает его количественную сторону. Обычно уровень опасности аварийного ОПО существенно выше уровня опасности от ОПО, функционирующего в штатном режиме, когда ожидаемые воздействия на состояние здоровья человека и ОС незначительны. В этой связи оценки аварийного риска, как правило, характеризуют верхнюю границу уровня опасности, порождаемого ОПО.

Оценки риска могут быть классифицированы по признаку: кто или что воспринимает опасность, то есть является *объектом риска*. Так можно выделить оценки риска относительно *состояния здоровья человека*, оценки риска относительно *состояния ОС*. В частности, для ОПО с наличием химических веществ, где источником потенциальной опасности в первую очередь являются высокотоксичные для живых организмов вещества, в качестве объекта риска обычно выступает человек.

Последний из признаков, по которым классифицируются оценки риска — *мера ущерба*. Если речь идет о последствиях аварии на ОПО относительно человека, то мера ущерба — это единица измерения последствий относительно состояния здоровья человека.

В каких случаях возникает необходимость в анализе уровня аварийной опасности и управлении уровнем опасности? Можно выделить следующие основные области приложения теории аварийного риска:

- поддержка принятия решений по выбору принципиальных схем и основных технологических приемов на ОПО, обеспечивающих

приемлемый уровень безопасности жизнедеятельности человека и безопасности ОС;

- поддержка принятия решений по размещению ОПО;
- разработка планов обеспечения безопасности жизнедеятельности человека и защиты ОС в случае возникновения ЧС, обусловленных антропогенными катастрофами.

2.2 Модель прогноза аварийного риска

Количественной характеристикой риска является функция от частоты аварий на ОПО и ожидаемого ущерба. Обычно аварийный риск исчисляется в единицах ущерба, отнесенных ко времени. Определяющее соотношение для прогнозирования оценок аварийного риска может быть представлено в виде:

$$R_{ap} = \sum P_i Y_i, \quad (1)$$

где R_{ap} – уровень риска, выраженный через математическое ожидание ущерба;

P_i – вероятность возникновения опасного события i -го класса;

Y_i – величина ущерба при i -ом событии.

Суммирование в выражении (1) производится по всей совокупности аварийных процессов, которые могут иметь место на ОПО.

Из приведенного соотношения следует, что прогноз уровня аварийной опасности связан с частотным анализом возможных аварийных процессов и с прогнозом ущерба при аварии на ОПО.

При рассмотрении точечного источника опасности, то есть когда в качестве объекта рассматривается технологический процесс или емкость с химическим веществом, оценка условного аварийного риска характеризует прогнозируемые последствия конкретной аварии. Для многих аварийных сценариев и ОПО, в частности, для объектов с наличием высокотоксичных веществ, где главным поражающим воздействием является токсическое воздействие, прогнозируемые последствия аварии и, соответственно, величина ущерба U^z зависят от климатических условий (температуры воздуха, скорости ветра, направления ветра и т. д.). Поэтому в выражение для оценки условного аварийного риска входит частота (вероятность) проявления k -го набора климатических характеристик ОС - ν_k .

Оценка условного аварийного риска W_k является характеристикой уровня опасности, порождаемой ОПО, при условии, что аварийная ситуация развивалась по определенному сценарию. В зависимости от вида аварийного воздействия и способа его передачи строятся конкретные выражения для оценок условного аварийного риска.

Поле оценок локального аварийного риска, связанного с ОПО, может быть представлено на карте местности в виде изолиний, отвечающих различным уровням равного риска R^* (рисунок 1).



Рисунок 1 – Представление локального риска на карте местности

Уровень аварийной опасности, связанный с конкретной аварией и отнесенный к некоторой территории, характеризуется интегральной оценкой условного аварийного риска $W^z(\Omega)$ и интегральной оценкой условного аварийного группового риска $W^z(\Omega)$.

Климатические параметры отвечают максимальному поражающему эффекту. В частности, если под областью Ω понимается территория населенного пункта, то направление вектора скорости ветра соответствует направлению от ОПО к населенному пункту. Остальные климатические параметры находятся из условия максимального поражающего эффекта (максимального числа пораженных объектов риска) в области Ω .

Последствия аварийных воздействий на объекты риска в пределах определенной территории могут быть описаны функциональной зависимостью прогнозируемой частоты F от величины потерь N при аварии. Дискретный аналог этой зависимости, известный под названием «F-N-кривой» (Frequency - Number), широко используется при анализе. F-N- кривая представляет собой

график зависимости накопленной (кумулятивной) частоты от последствий аварий, выражаемых обычно в виде числа летальных исходов (рисунок 2).

Если объект риска находится в зоне влияния нескольких ОПО, разнесенных на плоскости, то оценки риска для него учитывают вклад каждого ОПО.

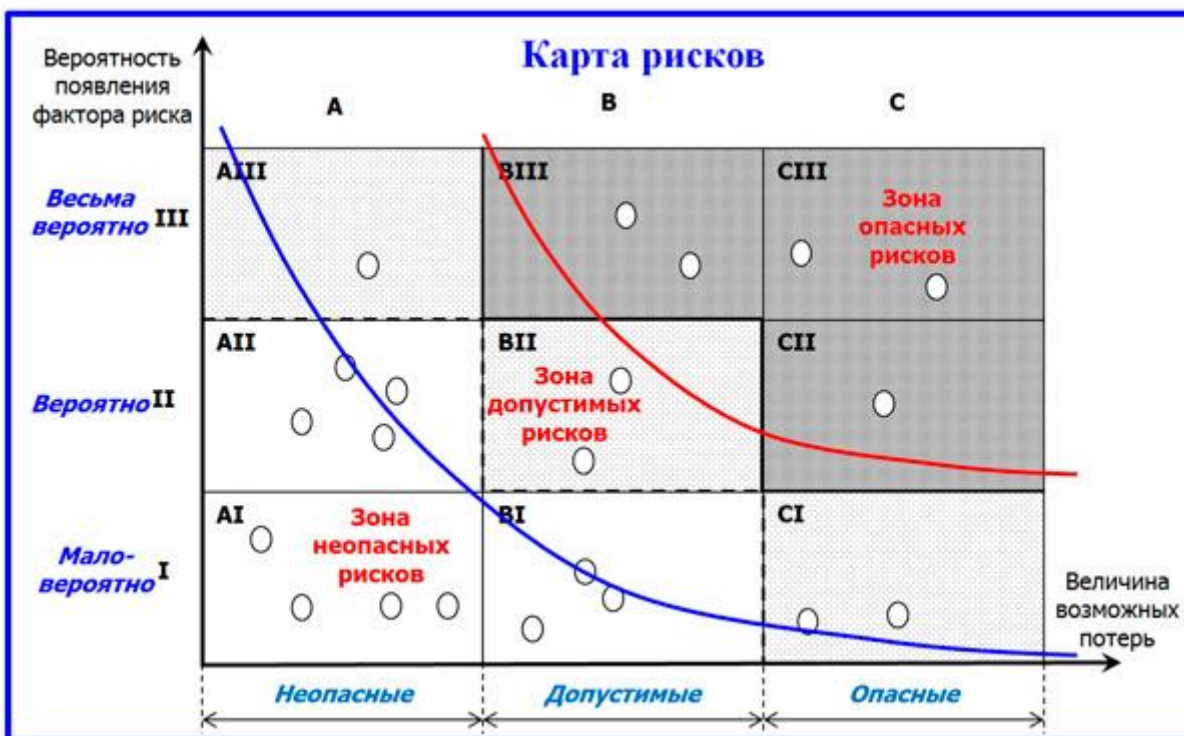


Рисунок 2 – Пример F-N-кривой

Представленные оценки риска характеризуют верхнюю границу уровня опасности, в том смысле, что они построены в предположении отсутствия каких-либо действий, направленных на ослабление последствий аварий.

Временной интервал прогнозирования последствий химических аварий ограничен временем токсического воздействия на потенциальные объекты риска. В частности, если при химической аварии организуется эвакуация населения, то прогноз последствий аварий ограничен временным интервалом с момента аварии до момента эвакуации.

2.3 Прогнозирование частотных характеристик аварийных процессов

Прогнозирование частотных характеристик аварийных процессов – важный этап анализа аварийного риска. Согласно соотношению для оценки аварийного риска (1), одним из факторов, определяющим уровень аварийной опасности от ОПО, является частота возникновения на ОПО аварийной ситуации P_z , влекущей за собой определенный ущерб. Прогнозируемое

значение частоты P_z определяется:

- частотой (вероятностью) события, инициирующего аварийный процесс;
- частотой (вероятностью) развития аварийного процесса по определенному сценарию, зависящему от имманентных свойств ОПО;
- частотой (вероятностью) того, что внешние по отношению к ОПО условия (например, характеристики погодных условий) во временном интервале, отвечающем аварийному процессу, будут характеризоваться определенным набором численных характеристик.

В общем случае все указанные частоты (вероятности) прогнозируются независимо. При оценке частот (вероятностей) случайных процессов и событий могут быть использованы различные подходы. Например, оценки по ретроспективным данным, оценки с помощью марковских моделей, оценки с помощью деревьев отказов (ДО) и деревьев событий (ДС) и т. д.

ДС, отвечающие аварийному сценарию, обычно строятся в три этапа. На первом этапе составляется список инициирующих аварийю событий. Для построения списка используется документация по конструкции ОПО, по технологии производства и т. д. На втором этапе выявляются аварийные события, которые могут нанести существенный ущерб. На третьем этапе устанавливаются связи между инициирующими событиями и аварийными событиями, приводящими к ущербу. Листьями ДС обычно являются инициирующие события, а корнем – аварийное событие. Каждое событие, отраженное в ДС, может включать события более низкого уровня. Например, если в качестве события рассматривается отказ оборудования, то в качестве событий более низкого уровня выступают события отказа элементов оборудования. Отметим, что при прогнозировании последствий аварий невозможно охватить все последовательности, которые теоретически могут привести к ущербу. В этой связи важен предварительный анализ, который позволяет выделить те последовательности событий, которые вносят значимый вклад в последствия аварий.

Все события, входящие в ДС, характеризуются определенными вероятностями. Если известны вероятности всех событий, входящих в ДС, то переход к вероятности аварийного сценария осуществляется по правилам расчета вероятности сложного события. Таким образом, ДС с соответствующими вероятностями описывает наиболее значимые аварийные сценарии с учетом особенностей технологии, оборудования, конструкции ОПО.

Наиболее ответственной задачей частотного анализа является определение вероятностей событий, входящих в ДС. Для этой цели обычно используются соответствующие статистические данные и эмпирические

функции распределений, построенные по статистическим данным.

В случае если статистической информации для оценки вероятностей недостаточно, используются экспертные оценки. Иногда использование экспертных оценок – единственная возможность оценки частот и, соответственно, вероятностей.

Особенно это относится к случаям, когда прогнозируются последствия аварий и катастроф на уникальных ОПО, где используются нестандартные технологии, высокотоксичные и взрывчатые вещества, на ОПО, относительно которых отсутствует статистическая информация об авариях. Недостаток статистической информации заменяется знаниями и интуицией эксперта, основанной на знаниях о физических и химических процессах, протекающих при возникновении предпосылок и развитии аварийных ситуаций на ОПО.

Вероятности событий, рассчитанные на основе информации, накопленной за определенный интервал времени в прошлом, могут быть экстраполированы на будущее с использованием закона распределения во времени случайных величин. Вид закона распределения определяется многими факторами. Действительно, события, входящие в аварийный сценарий, могут иметь различную природу: события, связанные с работой технических устройств, события, связанные с природными катаклизмами, события, связанные с человеческим фактором. Событиям различной природы будут отвечать различные законы распределения частот. Соответственно и распределения вероятностей событий будут описываться различными функциями распределений.

Если известны распределения всех случайных величин, то возможен более детальный анализ аварийных сценариев. При этом возможно выделение последствий аварий, связанных с конкретными причинами технического характера, с конкретными природными явлениями, с причинами, относящимися к человеческому фактору.

Полученные в результате анализа значения частот в дальнейшем используются для прогнозирования и оценок аварийного риска.

2.4 Показатели риска

Всесторонняя оценка риска аварий основывается на анализе причин (отказы технических устройств, ошибки персонала, внешние воздействия) возникновения и условий развития аварий, поражения производственного персонала, населения, причинения ущерба имуществу эксплуатирующей организации или третьим лицам, вреда ОС. Чтобы подчеркнуть, что речь идет об «измеряемой» величине, используется понятие «степень риска», или

«уровень риска». Степень риска аварий на ОПО, эксплуатация которого связана со множеством опасностей, определяется на основе учета соответствующих показателей риска. В общем случае показатели риска выражаются в виде сочетания (комбинации) вероятности (или частоты) и тяжести последствий рассматриваемых нежелательных событий [3].

Ниже даны краткие характеристики основных количественных показателей риска.

При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, выделяют технический риск, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности.

Технический риск – комплексный показатель надежности элементов техносферы. Он выражает вероятность аварии при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений и в общем виде определяется по формуле [3]:

$$R_T = D_T(t)/T(f),$$

где R_T – технический риск;

D_T – число происшествий вследствие отказов техники в единицу времени t на идентичных технических системах и объектах;

T – число идентичных технических систем и объектов, подверженных общему фактору риска f .

Одной из наиболее часто употребляемых характеристик опасности является **индивидуальный риск** – частота поражения отдельного индивидуума (человека) в результате воздействия исследуемых факторов опасности. В общем случае количественно (численно) индивидуальный риск выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу, рискующих за определенный период времени. При расчете распределения риска по территории вокруг ОПО (картировании риска) индивидуальный риск определяется потенциальным территориальным риском и вероятностью нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов. Индивидуальный риск во многом определяется квалификацией и готовностью индивидуума к действиям в опасной ситуации, его защищенностью. Индивидуальный риск, как правило, следует определять не для каждого человека, а для групп людей, характеризующихся примерно одинаковым временем пребывания в различных опасных зонах и использующих одинаковые средства защиты. Рекомендуется оценивать индивидуальный риск отдельно для персонала ОПО и для населения прилегающей территории или при необходимости для более узких групп, например для рабочих различных специальностей.

Индивидуальный риск обусловлен вероятностью реализации потенциальных опасностей при возникновении опасных ситуаций относительно какого-либо индивида. Величину индивидуального риска можно определить по числу реализовавшихся факторов риска [3]:

$$R_{и} = P(t)/L(f),$$

где $R_{и}$ – индивидуальный риск;

P – число пострадавших (погибших) в единицу времени t от определенного фактора риска f ;

L – число людей, подверженных соответствующему фактору риска f в единицу времени t .

Другим комплексным показателем риска, характеризующим пространственное распределение опасности по ОПО и близлежащей территории, является **потенциальный территориальный риск** – частота реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории.

Потенциальный территориальный риск не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства. Предполагается, что условная вероятность нахождения объекта воздействия равна единице (то есть человек находится в данной точке пространства в течение всего рассматриваемого промежутка времени).

Потенциальный риск не зависит от того, находится ли ОПО в многолюдном или пустынном месте и его значение может изменяться в широком интервале. Потенциальный риск выражает собой потенциал максимально возможной опасности для конкретных объектов воздействия, находящихся в данной точке пространства. Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального риска при крупных авариях. Распределения потенциального риска и населения в исследуемом районе позволяют получить количественную оценку социального риска для населения. Для этого нужно рассчитать количество пораженных при каждом сценарии от каждого источника опасности и затем определить частоту событий F , при которой может пострадать на том или ином уровне N и более человек.

Масштабы потенциального территориального риска R^m оцениваются процентным соотношением площади кризисных или катастрофических территорий ΔS общей площади рассматриваемого биогеоценоза S [8]:

$$R^m = \Delta S * 100/S,$$

Дополнительным косвенным критерием потенциального территориального риска может служить интегральный показатель безопасности территории, соотносимый с динамикой плотности населения (численности работающих) [8]:

$$O_t = \pm \Delta M(t)/S,$$

где O_t – уровень безопасности территории;

S – площадь исследуемой территории;

ΔM – динамика прироста численности населения (работающих) в течение периода наблюдения t [8].

Положительные значения уровней безопасности позволяют разделять территории по степени благополучия, и наоборот, отрицательные значения уровней – по степени опасности. Кроме того, динамика уровня безопасности территории позволяет судить об изменении безопасности ситуации на ней за длительные промежутки времени, определить зоны бедствия или благополучия.

Социальный риск характеризует масштаб и вероятность (частоту) аварий и определяется функцией распределения потерь (ущерба), у которой есть установившееся название F/N – кривая (в зарубежных работах – кривая Фармера). В общем случае в зависимости от задач анализа под N можно понимать и общее число пострадавших, и число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий. Соответственно критерий приемлемого риска будет определяться уже не числом для отдельного события, а кривой, построенной для различных сценариев аварии с учетом их вероятности. В настоящее время общераспространенным подходом для определения приемлемости риска является использование двух кривых, когда, например, в логарифмических координатах определены F/N -кривые приемлемого и неприемлемого риска смертельного травмирования. Область между этими кривыми определяет промежуточную степень риска, вопрос о снижении которой следует решать, исходя из специфики производства и региональных условий.

Социальный риск характеризует масштабы и тяжесть негативных последствий ЧС, а также различного рода явлений и преобразований, снижающих качество жизни людей. По существу – это риск для группы или сообщества людей. Оценить его можно, например, по динамике смертности, рассчитанной на 1000 человек соответствующей группы [3]:

$$R_c = 1000 (C_2 - C_1)/L,$$

где R_c – социальный риск;

C_1 – число умерших в единицу времени t (смертность) в исследуемой группе в начале периода наблюдения, например до развития ЧС;

C_2 – смертность в той же группе людей в конце периода наблюдения, например на стадиях затухания ЧС;

L – общая численность исследуемой группы.

Другой количественной интегральной мерой опасности ОПО является

коллективный риск, определяющий ожидаемое количество пострадавших в результате аварий на ОПО за определенное время.

2.5 Информационная поддержка прогнозирования

В процессе прогнозирования требуется разнообразная информация относительно источников опасности, сред, передающих опасность, объектов риска и пр. Эта информация составляет информационную поддержку прогнозирования. Можно выделить три раздела информационной поддержки, которые обычно присутствуют при прогнозировании последствий антропогенных аварий и катастроф:

- геоинформационная система (ГИС) района размещения ОПО;
- индивидуальные свойства опасных веществ;
- климатические характеристики.

Качественные и количественные требования к информационной поддержке определяются многими факторами. Но главный фактор – точность (достоверность) прогнозирования: чем выше точность, тем более высокие требования предъявляются к информационной поддержке.

Прогноз последствий антропогенных аварий и катастроф строится с учетом множества факторов, связанных с районом, где расположен ОПО. К этим факторам относятся, например, рельеф местности, уровень залегания грунтовых вод, состав почв, плотность населения, дифференцированная по возрастному, половому составу, склонность населения, проживающего в районе, к определенным видам заболеваний и т. д. Для хранения, организации доступа и представления разнообразной информации, имеющей «территориальную привязку», служит ГИС района расположения ОПО.

Часть информации ГИС используется при решении задач прогнозирования. В зависимости от вида прогноза, например, информация о рельефе местности в районе аварии может быть востребована для расчета распространения примеси в атмосфере, для прогнозирования зон затопления (в случае аварии на плотине водохранилища). Другая часть информации ГИС (например, расположение населенных пунктов относительно изучаемого ОПО) используется на стадии анализа уровня опасности: величина ущерба при аварии зависит от взаимного расположения объектов риска и места аварии.

При детальном анализе учитывается, что восприятие аварийного воздействия объектом риска зависит от свойств самого объекта риска. Например, вероятность летального исхода для человека при токсическом воздействии зависит от состояния здоровья человека. То есть при детальном анализе требуется уточнение исходной информации.

Результаты прогнозирования удобно представлять на цифровой карте района размещения ОПО.

Пространственный масштаб задач прогнозирования предопределяет территориальный охват ГИС. В общем случае территориальный охват ГИС при оценке последствий аварий должен определяться максимальным из пространственных масштабов задач прогнозирования. Центр области должен отвечать расположению ОПО, относительно которого выполняется прогноз последствий аварий.

Детальность представления информации в ГИС – определенный компромисс между желаемым и возможным. По крайней мере, детальность должна соответствовать требуемой точности решения задач прогнозирования и, соответственно, требуемой достоверности прогноза последствий аварий. Можно отметить, что в большинстве случаев наибольшую ошибку в прогнозировании вносят допущения, используемые в физико-математических моделях возникновения и распространения аварийных воздействий. Следовательно, выбор базового масштаба при создании тематических слоев должен быть согласован со степенью соответствия математических моделей реальным физическим процессам (степенью адекватности моделей). Кроме того, должны быть приняты во внимание и сроки выполнения работ.

Важный раздел информационной поддержки составляют индивидуальные свойства опасных веществ. Эти свойства используются при построении моделей возникновения и распространения аварийных воздействий. Численные значения, характеризующие свойства опасных веществ, используются при прогнозировании величин аварийных воздействий и при прогнозировании эффективности аварийных воздействий. Например, характеристики токсических свойств веществ используются в моделях поражения объектов риска при токсическом воздействии.

Роль климатических характеристик в информационной поддержке прогнозирования определяется соотношением (3). Действительно, для некоторых видов аварий величина аварийного воздействия (например размер территории) и уровень поражения объектов риска зависят от климатических характеристик. Например, последствия химических аварий при попадании токсичных веществ в атмосферу обычно зависят от значений климатических параметров. При прогнозировании оценок риска используются средние частоты проявления климатических характеристик. Частоты усредняются на временных интервалах порядка нескольких десятков лет.

В общем случае информационная поддержка прогнозирования не ограничивается тремя указанными разделами. Каждый прогноз имеет свои особенности, которые отражаются в информационной поддержке.

2.6 Прогнозирование уровня аварийной опасности

Что лежит в основе прогнозирования уровня аварийной опасности? Как и всякий прогноз, он может быть построен с использованием различных подходов. Например, по результатам обработки статистического материала по последствиям аварий и катастроф на ОПО, на основе экспертных оценок и т. д. Однако указанные подходы применимы в основном для прогнозирования последствий типовых аварийных ситуаций на типовых ОПО.

Если же стоит вопрос о прогнозировании последствий аварий на ОПО, которые не имеют аналогов, по которым отсутствует достоверная статистическая информация, то, возможно, единственным подходом к прогнозированию последствий является подход, основанный на результатах компьютерного прогнозирования. Действительно, процесс возникновения и развития источника опасности при аварии, процесс передачи аварийного воздействия объекту риска может быть описан в рамках той или иной физико-математической модели. Реакция объекта риска на аварийное воздействие также может быть описана соответствующей математической моделью. Компьютерный эксперимент, построенный на основе моделей, позволяет прогнозировать характеристики источника опасности, динамику распространения аварийных воздействий, уровень воздействий на объекты риска и последствия воздействий для объектов риска.

Эффективность компьютерного прогнозирования наиболее значима при исследовании сложных, многофакторных задач, к которым относятся задачи прогноза последствий техногенных катастроф. Более того, учитывая, что в некоторых случаях (например, для ОПО с наличием химических веществ) проведение крупномасштабных экспериментальных работ по определению последствий аварий затруднено, методы, основанные на компьютерном моделировании, являются определяющими при прогнозе последствий аварий.

Следует отметить, что существует несколько подходов к решению задач прогнозирования в рамках компьютерного моделирования. Обычно прогноз строится на основе выполнения численного анализа физико-математических моделей. Кроме того, при математическом описании процессов используются различные регрессионные модели оценки. Точность (достоверность) прогноза определяется, в первую очередь, точностью физико-математического описания моделируемого процесса (адекватностью модели), а также точностью задания параметров физико-химических свойств веществ, участвующих в процессах. Абсолютно точный прогноз принципиально не может быть выполнен. Прогноз строится на основе тех или иных модельных представлений, а всякая модель – лишь определенное приближение к

действительности. Речь может идти исключительно о прогнозе с определенной степенью достоверности. Конечно, по мере изучения процессов возникновения и распространения аварийного воздействия, по мере уточнения свойств взаимодействующих веществ, достоверность (точность) прогноза будет повышаться.

Прогноз последствий аварий строится относительно конкретного ОПО. При этом обычно рассматриваются наиболее значимые по последствиям аварийные сценарии. Последствия конкретной аварии характеризуются условными (относительно конкретного аварийного сценария) оценками риска. Так, на рисунке 3 представлена схема прогнозирования последствий аварий на ОПО с токсичными веществами. Согласно схеме, расчету предшествует предварительный анализ, в рамках которого выделяются наиболее значимые сценарии. В данном случае предполагается, что наиболее существенные аварии связаны с попаданием токсичных веществ в ОС. По соответствующим сценарию моделям рассчитываются характеристики источников опасности – массы токсичных веществ, попадающих в ОС. Далее моделируются процессы распространения веществ в ОС при наихудших сочетаниях климатических факторов. По динамике распространения токсичных веществ в ОС определяется поле эффективных доз веществ, воздействующих на объекты риска. При этом каждая точка расчетного пространства характеризуется своим значением эффективной дозы. Впоследствии по полю значений эффективных доз веществ, используя модели «доза-эффект», определяются полевые значения величин ущерба относительно конкретных объектов риска.

По результатам прогноза ущерба, отвечающего аварии, и результатам частотного анализа рассчитываются условные оценки риска по формуле (3). Переход к оценкам риска, характеризующим уровень опасности от ОПО, осуществляется с учетом интенсивностей возникновения аварийных ситуаций.

Прогноз уровня аварийной опасности в пределах некоторой территории осуществляется с учетом всех значимых, с точки зрения последствий аварий, ОПО, размещенных на территории. В данном случае под ОПО может пониматься отдельная установка, производственное помещение, участок железнодорожной линии и т. д.

3 Методика анализа риска

Анализ риска аварий на ОПО является составной частью управления ПБ. Анализ риска заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных событий.

Результаты анализа риска используются при декларировании ПБ ОПО, при экспертизе ПБ, при обосновании технических решений по обеспечению безопасности, при страховании, при экономическом анализе безопасности по критериям «стоимость-безопасность-выгода», при оценке воздействия хозяйственной деятельности на ОС и других процедурах, связанных с анализом безопасности.

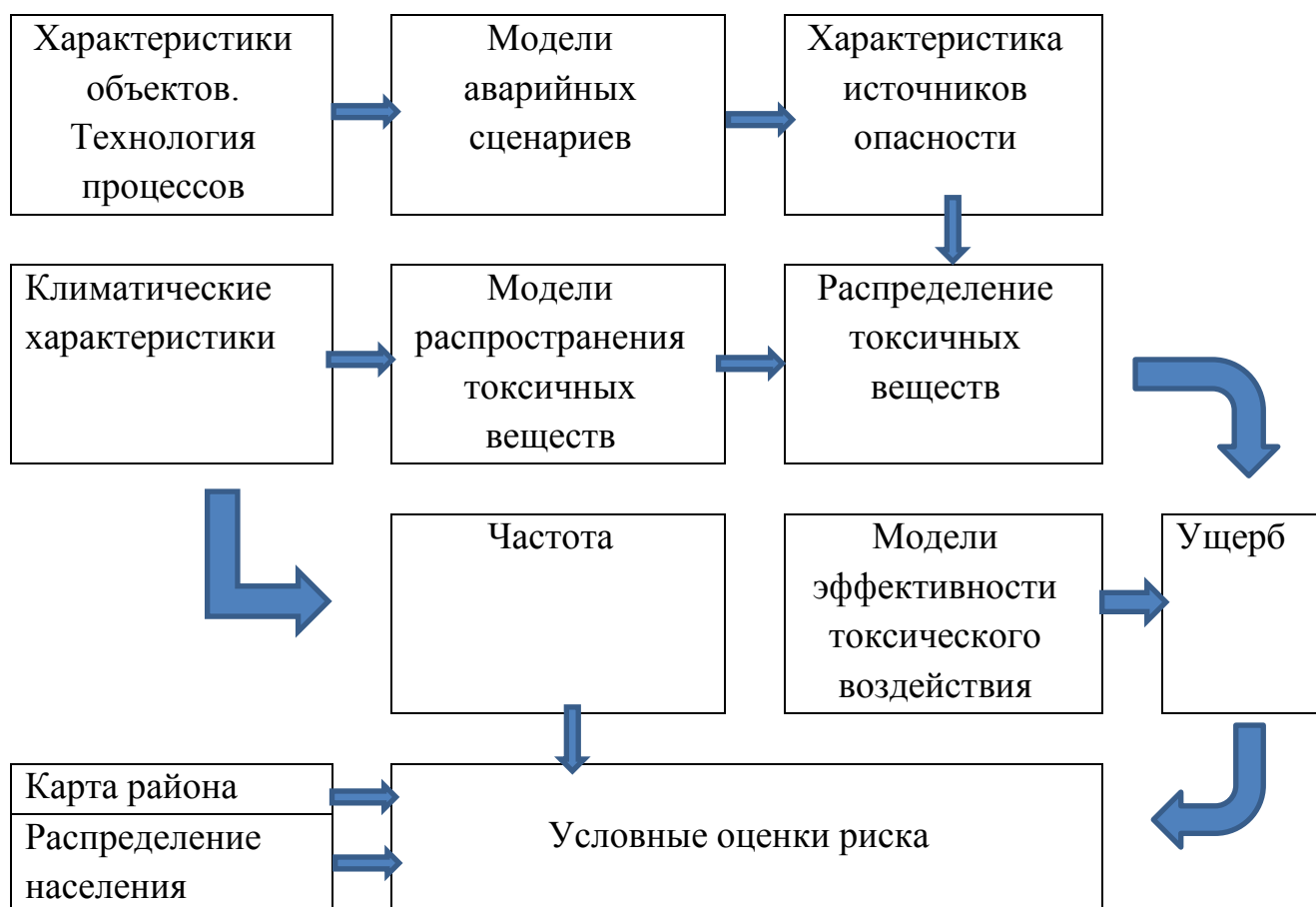


Рисунок 3 – Схема прогнозирования последствий химических аварий

Методические указания [4] являются основой для разработки методических документов (отраслевых методических указаний, рекомендаций, руководств, методик и т. п.) по проведению анализа риска на конкретных ОПО.

Основные задачи анализа риска аварий на ОПО заключаются в предоставлении лицам, принимающим решения:

- объективной информации о состоянии ПБ ОПО;
- сведений о наиболее опасных, «слабых» местах с точки зрения безопасности;
- обоснованных рекомендаций по уменьшению риска.

4 Порядок проведения анализа риска

4.1 Основные этапы анализа риска

Процесс проведения анализа риска включает следующие основные этапы:

- планирование и организацию работ;
- идентификацию опасностей;
- оценку риска;
- разработку рекомендаций по уменьшению риска.

4.2 Планирование и организация работ по анализу риска

На этапе планирования работ следует:

- определить анализируемый ОПО и дать его общее описание;
- описать причины и проблемы, которые вызвали необходимость проведения анализа риска;
- определить и описать источники информации об ОПО;
- указать ограничения исходных данных, финансовых ресурсов и другие обстоятельства, определяющие глубину, полноту и детальность проводимого анализа риска;
- четко определить цели и задачи проводимого анализа риска;
- обосновать используемые методы анализа риска;
- определить критерии приемлемого риска.

Для обеспечения качества анализа риска следует использовать знание закономерностей возникновения и развития аварий на ОПО. Если существуют результаты анализа риска для подобного ОПО или аналогичных технических устройств, применяемых на ОПО, то их можно применять в качестве исходной информации. Однако при этом следует показать, что объекты и процессы подобны, а имеющиеся отличия не будут вносить значительных изменений в результаты анализа.

Цели и задачи анализа риска могут различаться и конкретизироваться на разных этапах жизненного цикла ОПО.

На этапе размещения (обоснования инвестиций или проведения предпроектных работ) или проектирования ОПО целью анализа риска, как правило, является:

- выявление опасностей и априорная количественная оценка риска с учетом воздействия поражающих факторов аварии на персонал, население, имущество и ОС;
- обеспечение учета результатов при анализе приемлемости

предложенных решений и выборе оптимальных вариантов размещения ОПО, применяемых технических устройств, зданий и сооружений ОПО, включая особенности окружающей местности, расположение иных ОПО и экономическую эффективность;

- обеспечение информацией для разработки инструкций, технологического регламента и планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций на ОПО;
- оценка альтернативных предложений по размещению ОПО или техническим решениям.

На этапе ввода в эксплуатацию (вывода из эксплуатации) ОПО целью анализа риска могут быть:

- выявление опасностей и оценка последствий аварий, уточнение оценок риска, полученных на предыдущих этапах функционирования ОПО;
- проверка соответствия условий эксплуатации требованиям ПБ;
- разработка и уточнение инструкций по вводу в эксплуатацию (выводу из эксплуатации) ОПО.

На этапе эксплуатации или реконструкции ОПО целью анализа риска может быть:

- проверка соответствия условий эксплуатации требованиям ПБ;
- уточнение информации об основных опасностях и рисках (в том числе при декларировании ПБ);
- разработка рекомендаций по организации деятельности надзорных органов;
- совершенствование инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию, планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций на ОПО;
- оценка эффекта изменения в организационных структурах, приемах практической работы и технического обслуживания в отношении совершенствования системы управления ПБ.

При выборе методов анализа риска следует учитывать цели, задачи анализа, сложность рассматриваемых ОПО, наличие необходимых данных и квалификацию привлекаемых для проведения анализа специалистов. Приоритетными в использовании являются методические материалы, согласованные или утвержденные Ростехнадзором.

На этапе планирования выявляются управленческие решения, которые должны быть приняты, а также требующиеся для этого исходные и выходные данные.

Основным требованием к выбору или определению критерия приемлемого риска является его обоснованность и определенность. Критерии

приемлемого риска следует определять исходя из совокупности условий, включающих определенные требования безопасности и количественные показатели опасности. Приемлемость риска может выражаться в виде условий выполнения определенных требований безопасности, в том числе количественных критериев.

Основой для определения критериев приемлемого риска являются:

- нормы и правила ПБ или иные документы по безопасности в анализируемой области;
- сведения о происшедших авариях, инцидентах и их последствиях;
- опыт практической деятельности;
- социально-экономическая выгода от эксплуатации ОПО.

4.3 Идентификация опасностей

Основные задачи этапа идентификации опасностей – выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации. Это ответственный этап анализа, так как невыявленные на этом этапе опасности не подвергаются дальнейшему рассмотрению и исчезают из поля зрения.

При идентификации следует определить, какие элементы, технические устройства, технологические блоки или процессы в технологической системе требуют более серьезного анализа и какие представляют меньший интерес с точки зрения безопасности.

Результатом идентификации опасностей являются:

- перечень нежелательных событий;
- описание источников опасности, факторов риска, условий возникновения и развития нежелательных событий (например, сценариев возможных аварий);
- предварительные оценки опасности и риска.

Идентификация опасностей завершается также выбором дальнейшего направления деятельности. В качестве вариантов дальнейших действий может быть:

- решение прекратить дальнейший анализ ввиду незначительности опасностей или достаточности полученных предварительных оценок;
- решение о проведении более детального анализа опасностей и оценки риска;
- выработка предварительных рекомендаций по уменьшению опасностей.

4.4 Оценка риска

Основные задачи этапа оценки риска:

- определение частот возникновения всех нежелательных событий
- оценка последствий возникновения нежелательных событий;
- обобщение оценок риска.

Для определения частоты нежелательных событий рекомендуется использовать:

- статистические данные по аварийности и надежности технологической системы, соответствующие специфике ОПО или виду деятельности;
- логические методы анализа «деревьев событий», «деревьев отказов», имитационные модели возникновения аварий в системе «человек – машина»;
- экспертные оценки путем учета мнения специалистов в данной области.

Оценка последствий включает анализ возможных воздействий на людей, имущество и (или) ОС. Для оценки последствий необходимо оценить физические эффекты нежелательных событий (отказы, разрушения технических устройств, зданий, сооружений, пожары, взрывы, выбросы токсичных веществ и т.д.), уточнить объекты, которые могут быть подвергнуты опасности. При анализе последствий аварий необходимо использовать модели аварийных процессов и критерии поражения, разрушения изучаемых объектов воздействия, учитывать ограничения применяемых моделей. Следует также учитывать и выявлять связь масштабов последствий с частотой их возникновения.

Обобщенная оценка риска (или степень риска) аварий должна отражать состояние ПБ с учетом показателей риска от всех нежелательных событий, которые могут произойти на ОПР, и основываться на результатах:

- интегрирования показателей рисков всех нежелательных событий (сценариев аварий) с учетом их взаимного влияния;
- анализа неопределенности и точности полученных результатов;
- анализа соответствия условий эксплуатации ПБ и критериям приемлемого риска.

При обобщении оценок риска следует проанализировать неопределенность и точность полученных результатов. Имеется много неопределенностей, связанных с оценкой риска. Как правило, основными источниками неопределенностей являются неполнота информации по надежности оборудования и человеческим ошибкам, принимаемые предположения и допущения используемых моделей аварийного процесса. Чтобы правильно интерпретировать результаты оценки риска, необходимо

понимать характер неопределенностей и их причины. Источники неопределенности следует идентифицировать (например, человеческий фактор), оценить и представить в результатах.

4.5 Разработка рекомендаций по уменьшению риска

Разработка рекомендаций по уменьшению риска является заключительным этапом анализа риска. В рекомендациях представляются обоснованные меры по уменьшению риска, основанные на результатах оценок риска.

Меры по уменьшению риска могут носить технический и (или) организационный характер. При выборе мер решающее значение имеет общая оценка действенности и надежности мер, оказывающих влияние на риск, а также размер затрат на их реализацию.

На стадии эксплуатации ОПО организационные меры могут компенсировать ограниченные возможности для принятия технических мер по уменьшению риска.

При разработке мер по уменьшению риска необходимо учитывать, что вследствие возможной ограниченности ресурсов в первую очередь должны разрабатываться простейшие и связанные с наименьшими затратами рекомендации, а также меры на перспективу.

В большинстве случаев первоочередными мерами обеспечения безопасности являются меры предупреждения аварии. Выбор планируемых для внедрения мер безопасности имеет следующие приоритеты:

- меры по уменьшению вероятности возникновения аварийной ситуации (меры по уменьшению вероятности возникновения инцидента, меры по уменьшению вероятности перерастания инцидента в аварийную ситуацию);
- меры по уменьшению тяжести последствий аварии (меры, предусматриваемые при проектировании ОПО (например, выбор несущих конструкций, запорной арматуры), меры, относящиеся к системам противоаварийной защиты и контроля (например, применение газоанализаторов, меры, касающиеся готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации последствий аварий).

При необходимости обоснования и оценки эффективности предлагаемых мер по уменьшению риска рекомендуется придерживаться двух альтернативных целей их оптимизации:

- при заданных средствах обеспечить максимальное снижение риска эксплуатации ОПО;

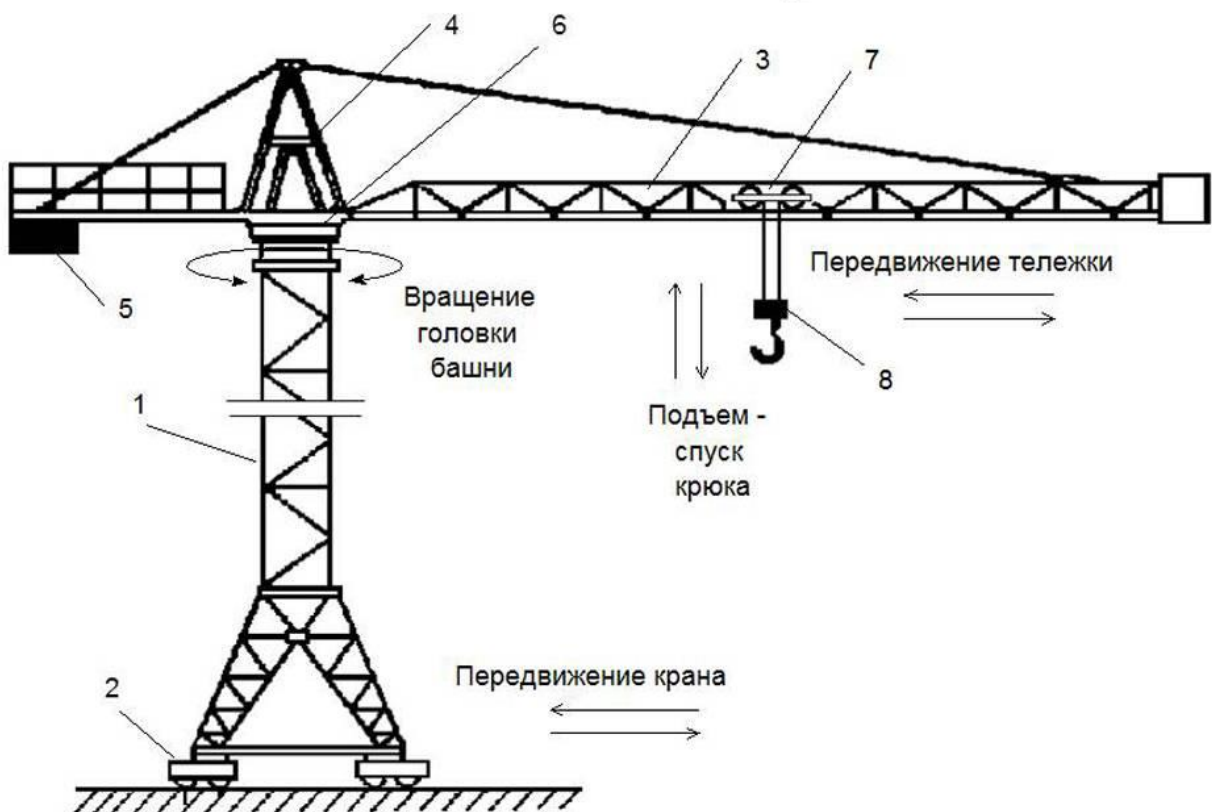
- при минимальных затратах обеспечить снижение риска до приемлемого уровня.

Для определения приоритетности выполнения мер по уменьшению риска в условиях заданных средств или ограниченности ресурсов следует:

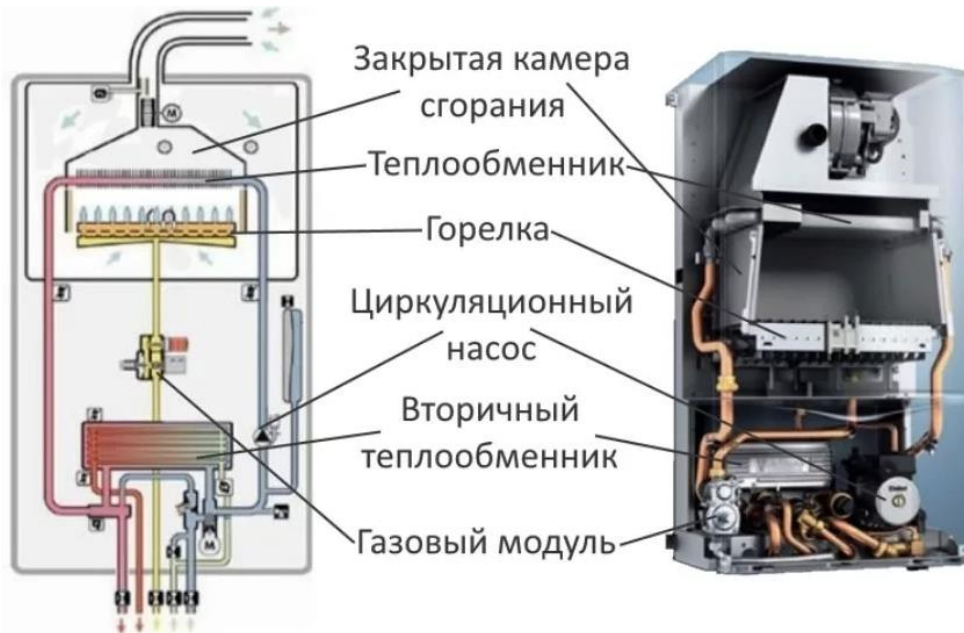
- определить совокупность мер, которые могут быть реализованы при заданных объемах финансирования;
- ранжировать эти меры по показателю «эффективность – затраты»;
- обосновать и оценить эффективность предлагаемых мер.

5 Для заданного варианта выполнить оценку риска выхода из строя устройства

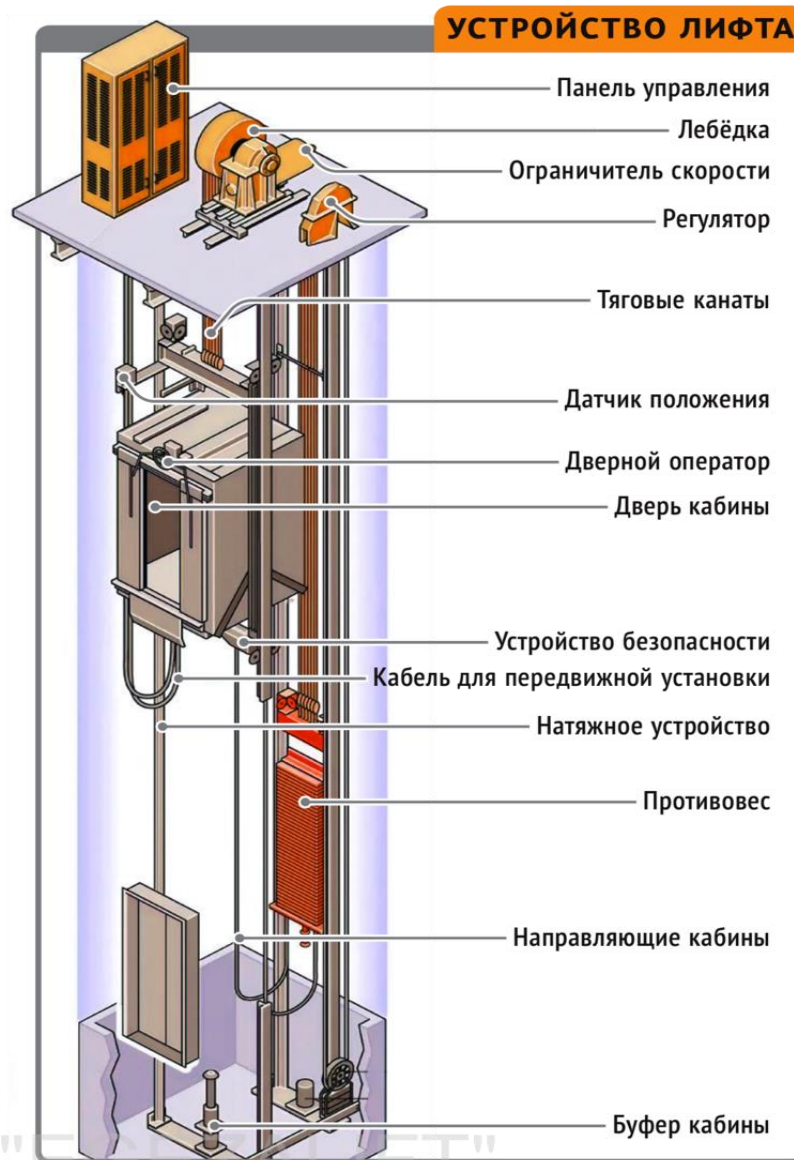
Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3



Вариант 4

Магистраль подачи воздуха в ресивер

Разгрузочный клапан

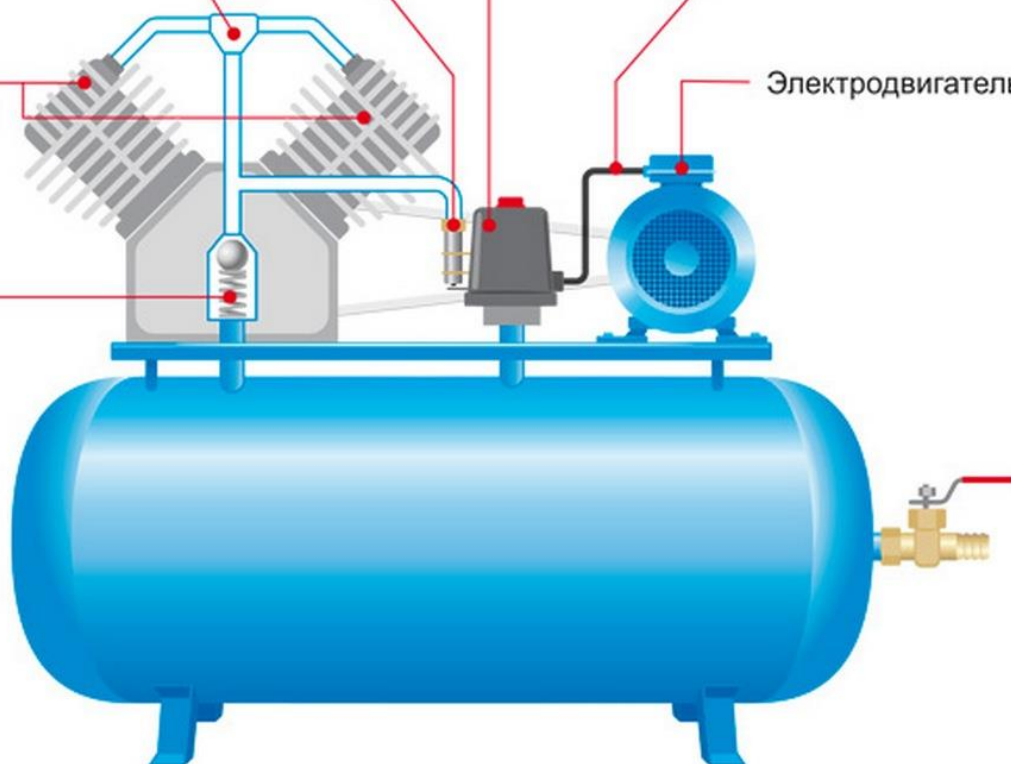
Реле давления серии РДК

Цепь управления электродвигателем

Головка компрессора

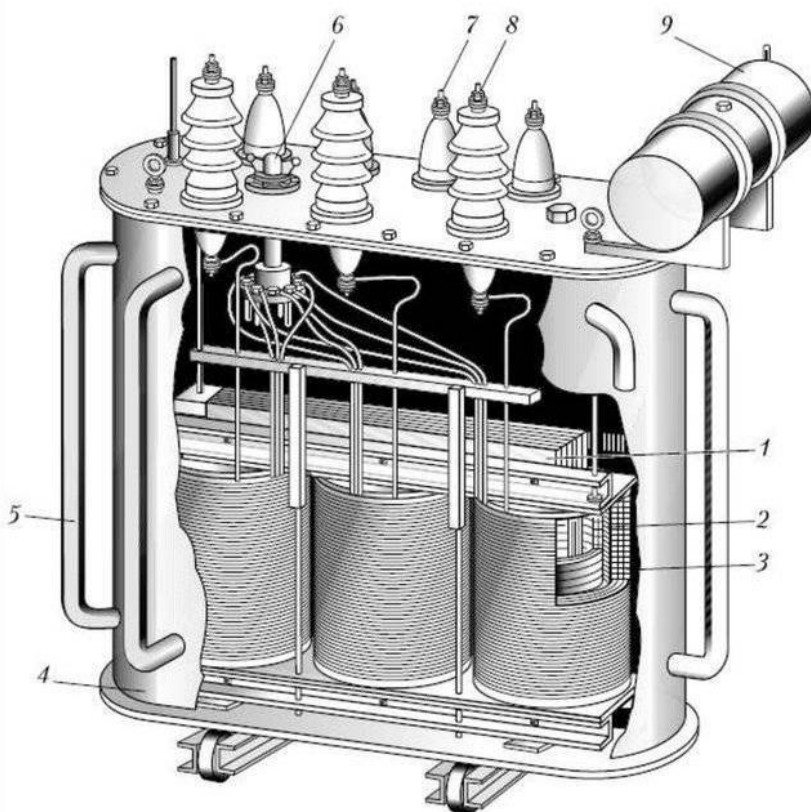
Электродвигатель

Обратный клапан



Вариант 5

Трансформатор с масляным охлаждением



1-магнитопрвод

2,3- обмотки

4-бак

5-трубы радиатора

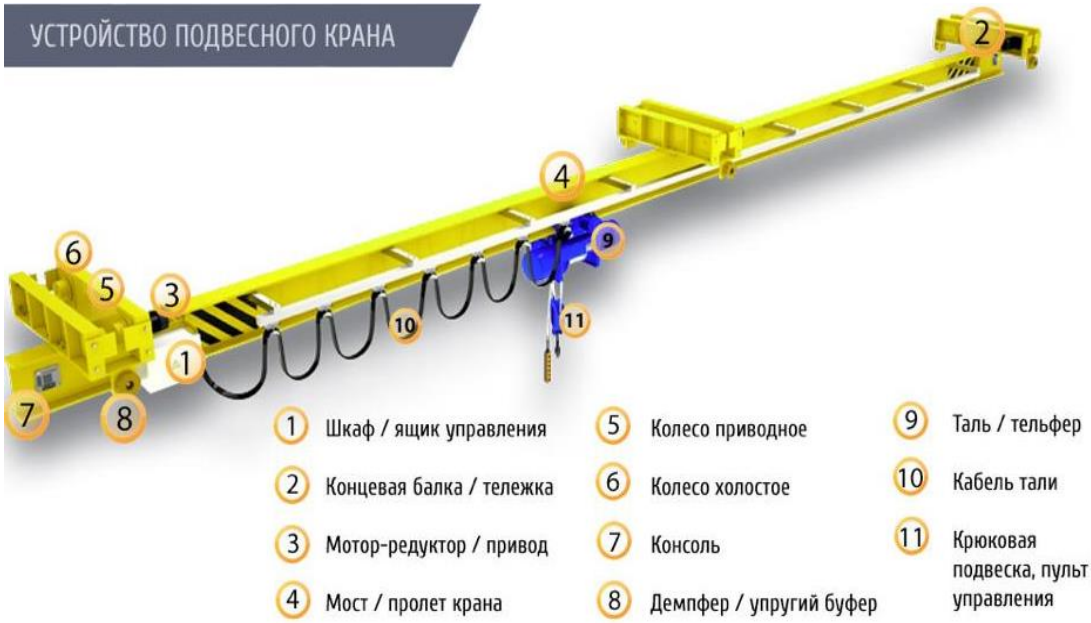
6-рукоятка переключателя напряжения

7,8 -вводы

9- расширительный бак

Вариант 6

УСТРОЙСТВО ПОДВЕСНОГО КРАНА



- | | | |
|----------------------------|---------------------------|--|
| 1 Шкаф / ящик управления | 5 Колесо приводное | 9 Таль / тельфер |
| 2 Концевая балка / тележка | 6 Колесо холостое | 10 Кабель тали |
| 3 Мотор-редуктор / привод | 7 Консоль | 11 Крюковая подвеска, пульт управления |
| 4 Мост / пролет крана | 8 Демпфер / упругий буфер | |

Список литературы

- 1 О федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года»: Постановление Правительства РФ от 7 июля 2011 г. № 555.
- 2 О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.97 № 116-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 1997. – № 30. – Ст. 3588.
- 3 Тимофеева С. С. Надежность технических систем и техногенный риск: учебное пособие / С. С. Тимофеева. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2016. – Ч. 2. – 116 с.
- 4 Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов РД 03-418-01 (утв. постановлением Федерального горного и промышленного надзора России от 10 июля 2001 г. № 30).
- 5 Белов П. Г. Моделирование опасных процессов в техносфере / П. Г. Белов. – Москва : Изд-во Академии гражданской защиты МЧС РФ, 1999. – 124 с.
- 6 Положение о порядке оформления декларации промышленной безопасности и перечне сведений, содержащихся в ней (РД 03-315-99). Утверждено постановлением Госгортехнадзора России от 07.09.99 № 66.
- 7 Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах. Руководящий документ. – 2-е изд. – Москва : Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002.
- 8 Безбородова О. Е. Теория риска для управления качеством окружающей среды: учебное пособие / О. Е. Безбородова. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 96 с.

Белякин Сергей Константинович

АНАЛИЗ РИСКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания
к практическим занятиям по дисциплине
«Надежность технических систем и техногенный риск»
очной и заочной форм обучения для студентов направления
20.03.01 «Техносферная безопасность»
(направленность «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»)

Редактор Н. М. Быкова

Подписано в печать 17.02.2023	Формат 60x84 1/16	Бумага 80 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 2,0	Уч.-изд. л. 2,0
Заказ 08	Тираж 25	

Библиотечно-издательский центр КГУ.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63, стр. 4.
Курганский государственный университет.