

Актуальные проблемы защиты потенциально-опасных объектов и пути решения по снижению аварийных рисков

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Савельев Дмитрий Вячеславович, старший преподаватель кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств, доцент, кандидат военных наук;

Развитие промышленности снижает социально-экономический риск. Это приводит к появлению новых видов опасностей для населения и окружающей среды. В настоящее время на потенциально опасных объектах (ПОО) сосредоточены такие запасы отравляющих, взрывчатых и радиоактивных веществ, которые при авариях и катастрофах достаточны для нанесения невосполнимых потерь окружающей среды и даже для полного уничтожения жизни на земле. В последние годы растёт интенсивность опасных технологических аварий и катастроф. Для сегодняшнего мира характерно при уменьшении вероятности каждого события увеличение масштабов последствий.

Так, в среднем ущерб от каждой единичной аварии, происходящей в химической и нефтехимической отраслях Западной Европы оценивается в 20 млн. долларов. Поэтому одной из главных проблем устойчивого развития экономики общества является разработка методов обеспечения безопасности как человека и среды его обитания, так и промышленных объектов.

Целью работы должно быть разработка основ методологии управления риском при эксплуатации ПОО, способствующей обеспечению надёжности функционирования и требуемого уровня безопасности, адекватных современному уровню требований, а также использованию методов ситуационного анализа и управления. Оценка пожарных рисков осуществляется с целью определить - отвечает данный объект защиты (здание или сооружение) необходимым стандартам ПБ или нет.

В последнее время прогнозирование рисков пожарной опасности придаётся большое значение. Это определяется общей концепцией

деятельности подразделений МЧС России, заключающейся в концентрации больших усилий и ресурсов на проблеме предотвращения ЧС. Такая задача решается при прогнозировании пожарной опасности отраслей промышленности. Её актуальность связана со значительным износом основных фондов промышленности.

В настоящее время общая площадь урбанизированных территорий Земли составляет около 19 млн км² или более 20% непригодной территории суши. Особенно интенсивно процессы урбанизации протекают в развитых странах.

Техногенный риск обусловлен существованием на нашей планете социосферы и её жизнью. Социосфера возникла в процессе формирования земной цивилизации.

Рассмотрим основные элементы структуры техногенного риска для здоровья и жизни персонала при выполнении им профессиональных обязанностей и населения прилегающих к объекту территорий (рисунок 1).

Источниками опасности для объектов Техносферы являются окружающая природная среда, другие объекты Техносферы, само общество. В них при определенных условиях возникают события инициирующие аварии и катастрофы на объектах промышленности, в ходе которых формируются внешние воздействия на объекты (нерегламентированные, аварийные, поражающие и др.), а также ошибочные и несанкционированные действия.

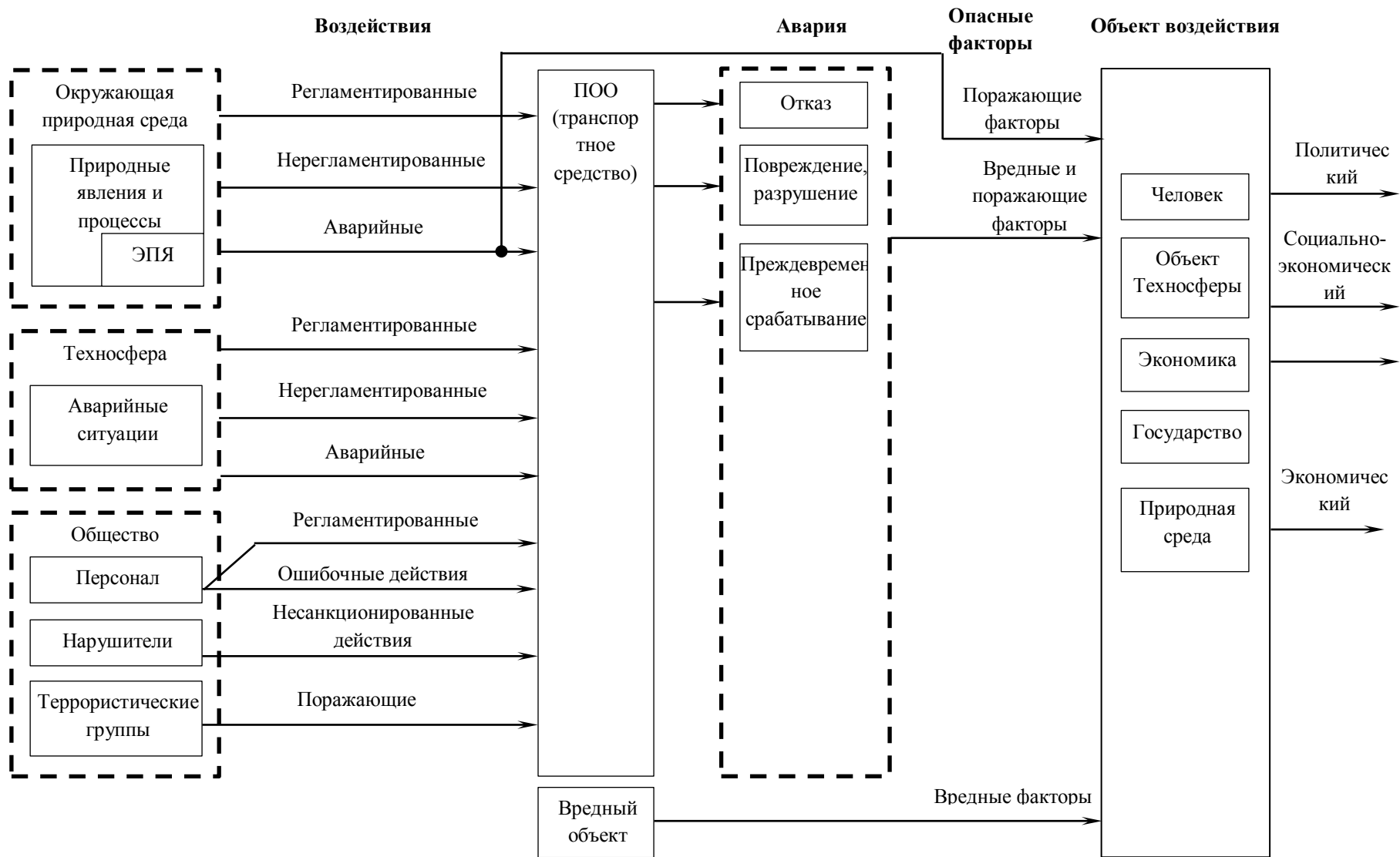


Рисунок 1 - Элементы системы анализа техногенного риска

Они могут привести к авариям и катастрофам (опасным событиям), в ходе которых формируются *негативные (вредные и поражающие) факторы* для персонала, населения прилегающих территорий, объектов Техносферы, окружающей природной среды.

Так, в системе «природа – Техносфера» возможно возникновение природно-техногенных катастроф. При этом источниками опасности являются опасные природные явления, характерные для рассматриваемой территории. Если опасные промышленные объекты (со значительным накопленным потенциалом опасности) разместить на такой территории, то они будут подвергаться угрозе воздействия поражающих факторов опасных природных явлений в случае их реализации. В свою очередь население прилегающих к объекту территорий подвергается угрозе воздействия поражающих и вредных факторов в случае аварии на опасном промышленном объекте.

Под негативными факторами понимаются радиационные (поля излучения), механические (ударные нагрузки, колебания грунта), баллистические (осколочные поля), термические (тепловые потоки), электромагнитные (грозовые разряды) и другие воздействия, избыточные концентрации радиоактивных веществ, канцерогенов и токсикантов, формирующиеся при реализации опасного явления либо характеризующие условия жизнедеятельности.

Негативные факторы отрицательно действуют на здоровье человека (травмы, болезни, смерти), состояние объектов Техносферы (повреждение, разрушение), окружающую среду, экономики государства. Различают непосредственный ущерб и косвенные последствия, рассматриваемые в рамках системы более высокого уровня (регион, отрасль экономики). При этом *поражающие факторы* приводят к заболеванию (ранению) или смерти людей непосредственно в процессе воздействия (при попадании последних в зону их действия). *Вредные факторы* вызывают указанные последствия с определенной вероятностью после воздействия. Поэтому опасность

наступления этих последствий также характеризуется риском. Рассматривают, например, радиационный риск при облучении ионизирующим излучением, зависящий от дозы и оцениваемый вероятностью нежелательных последствий (генетических повреждений или смерти в течение последующей жизни от радиационно-индуцированного рака).

В качестве *объекта воздействия* опасных факторов в зависимости от цели оценки могут рассматриваться отдельные лица из персонала (оценка индивидуального риска для заданных условий профессиональной деятельности), группы или категории персонала (оценка коллективного риска), население региона и страны в целом (оценка социального риска и управление риском), объекты Техносферы (оценка риска их разрушения), экономика государства (планирование экономического развития), окружающая среда (оценка экологического риска).

Угроза причинения ущерба объекту имеет место в случае, если объект при реализации опасного события может находиться в зоне действия факторов источника опасности.

Методы и модели оценки опасности объектов для персонала и жизнедеятельности населения прилегающих к объектам территорий можно разделить на две группы: абсолютные и относительные. К методам и моделям для абсолютных оценок относятся: статистические; теоретические (детерминистические, вероятностные).

По предназначению модели для описания событий и процессов, приводящих к авариям и катастрофам на объектах Техносферы, делятся на:

- модели задания или оценки частот инициирующих событий (аварийных ситуаций) для аварий;
- модели описания или оценки аварийных нагрузок на объекты в типовых аварийных ситуациях;
- модели развития аварийных ситуаций в аварию (сценарии развития аварии от типовых инициирующих событий до различных нежелательных исходов);

- модели формирования, выхода за пределы объекта, распространения и действия на объекты и людей вредных и поражающих факторов:
- модели расчета различных составляющих ущерба в случае аварий.

Необходимым условием планирования мероприятий по обеспечению безопасности разрабатываемых и уже эксплуатируемых потенциально опасных объектов является ее оценка для ожидаемых условий эксплуатации.

Вероятностная оценка безопасности определяется по оценкам вероятностей двух событий:

1. возникновения аварийной ситуации, сопровождающейся воздействием на потенциально опасные объекты аварийной нагрузки;
2. перерастания аварийной ситуации в аварию - преждевременное срабатывание или разрушение объекта при условии действия аварийной нагрузки.

С аварией связаны негативные последствия, различающиеся в зависимости от канала развития аварии и множества влияющих факторов.

Потенциально опасные объекты можно разделить на две группы: стационарные и перемещающиеся (транспортируемые). Наиболее часто аварийные ситуации с потенциально опасными объектами возникают при их перевозках. Вероятность транспортных аварий зависит от числа транспортных средств и дальности перевозки каждым транспортным средством, т.е. объёма перевозок. Если считать аварийность на транспорте в течение всего срока эксплуатации потенциально опасного объекта неизменной, то интенсивность аварийных ситуаций с объектами.

Уровни риска вовлечения опасных грузов в аварийные ситуации некоторых видов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – уровень риска вовлечения опасных грузов в аварийные ситуации некоторых видов

Опасные события	Интенсивность аварийных ситуаций λ_{ac} 1/(транспорт км)
Авария автомобиля при перевозке опасных грузов	$1,2 \cdot 10^{-6}$
Авария железнодорожного транспорта в расчёте на вагон	$3,8 \cdot 10^{-7}$

При транспортировке опасных грузов автотранспортом частота аварийных ситуаций составляет $1,2 \cdot 10^{-6}$ аварий/(машина км). При этом, в автотранспортом перевозится 60% опасных грузов, средние расстояния перевозок для бензовозов составляет 45 км, а для грузовиков с химическими веществами - 420 км. Важной характеристикой является распределение аварий по величине ущерба. Как показывает практика, к выбросам под давлением, проливам или утечкам приводят около половины всех аварийных ситуаций. Доля значимых утечек (аварий) составляет 0,2 случаев аварийных ситуаций.

Для расчёта уровней аварийных воздействий на упаковки с опасными грузами разрабатывают модели аварийных ситуаций с транспортными средствами. Это может быть, например, столкновение транспортного средства при скорости 60 км/час с жесткой преградой, опрокидывание транспортного средства под откос с высоты 2,5 м и др.

Из общего числа грузовых поездов около 35 % перевозят опасные грузы. Наиболее вероятны аварии на участках маневрирования. При анализе выбросов опасных материалов наиболее значимой (со значительным повреждением корпуса) является авария, которая происходит при значительных нагрузках, возникающих при столкновениях составов или сходе вагонов с рельсов. Аварийность на железнодорожном транспорте оценивается величиной $1,9 \cdot 10^{-6}$ 1/(состава). Чтобы перевести эту цифру в величину на вагон км, принимают долю поврежденных вагонов равной 0,2. Тогда интенсивность аварийных ситуаций составит $3,8 \cdot 10^{-7}$ 1/(вагон км). В отношении распределения размеров проливов принимается следующее: 0,5 для 10 % потери груза, 0,2 для 30 % потери груза, 0,3 для полной потери груза.

Для оценки опасности при перевозках необходимо также учитывать годовое число вагонов, объем груза на один вагон, общее расстояние перевозок по главным путям, в том числе вблизи населенных пунктов, общее расстояние при маневрировании одного вагона. Статистика аварийности для различных объектов приведена в таблице 2.

В таблице приведены вероятности различных категорий транспортных происшествий при перевозках ядерно- и радиационно опасных грузов.

Для снижения вероятности аварийных ситуаций с потенциально опасными объектами на различных этапах их эксплуатации необходимо заблаговременно разрабатывать комплекс организационно-технических мероприятий.

Таблица 2 - Статистика аварийности на различных объектах

Степени тяжести	Необходимые условия		Доля происшествия с данной степенью тяжести (распределение предельных нагрузок)
	Скорость в момент удара, км/час	Продолжительность пожара, час	
Незначительная	0-50	0-0,5	0,2
	50-80	0	
Умеренная	0-50	0,5-1	$3 \cdot 10^{-2}$
	50-110	0-0,5	
Серьёзная	0-80	1	$1 \cdot 10^{-3}$
	50-110	0,5-1	
Очень серьёзная	80-110	1	$2 \cdot 10^{-6}$
	>110	0,5-1	
Исключительная	>110	1	$1 \cdot 10^{-8}$

Для оценки возможности перерастания инициирующих события (аварийных ситуаций) в аварии потенциально опасных объектов с нежелательным исходом используются методы и модели вероятностного анализа безопасности. Наиболее часто используются два вида моделей:

- модели «нагрузка – прочность», применяемые для оценки вероятности аварий сравнительно простых объектов, приводящих к разрушению некоторых критически важных элементов конструкции объекта;
- модели, основанные на рассмотрении аварийных последовательностей, анализируемых с помощью аппарата теории графов (деревья событий, отказов).

Применяются для потенциально опасных объектов, оснащенных специальными системами безопасности. При этом вероятности событий, составляющих аварийные последовательности, вычисляются с помощью

моделей первого вида, моделей надежности, включая вероятность ошибочных действий персонала и т.д.

Авария с опасным грузом наступает в случае реализации двух событий:

- 1) транспортной аварии железнодорожного состава, создающей аварийные нагрузки на упаковки с опасными грузами, уровни которых зависят от скорости движения в момент аварии;
- 2) разрушения упаковки в результате действия реализовавшихся аварийных нагрузок, что связано с выходом опасных веществ за установленные барьеры.

Предельная скорость характеризует свойство конструкции упаковки - её устойчивость по отношению к ударным механическим нагрузкам, создаваемым в транспортных авариях. Предельная скорость зависит от прочности упаковки (контейнера), способа крепления опасного груза, вида транспортной аварии, расположения вагона в составе и других факторов. Для взрывоопасных грузов зависит также от чувствительности перевозимых взрывчатых веществ.

Предельная скорость устанавливается расчетно-экспериментальными методами. Виды (например, ударные механические нагрузки, перегрузки на узлах крепления, проникающие воздействия острых деталей соседних грузов) и параметры аварийных воздействий на упаковки в зависимости от скорости движения поезда, расположения вагона с опасным грузом в составе и других факторов устанавливаются с помощью моделей аварий транспортных средств. Несущая способность конструкции упаковки по отношению к реализующимся в транспортной аварии воздействиям определяется экспериментально. С этой целью проводятся испытания упаковки на действие механической аварийной нагрузки (на сбрасывание, пробивание и др.).

Анализ распределения скоростей в момент происшествия на железных дорогах в мире с 2000 по 2016 гг. показывает, что большая их часть происходит не на перегонах, а в пределах станций при маневровых работах,

т.е. при малых скоростях. Можно предположить, что распределение происшествий по скоростям для железных дорог разных стран отличается лишь масштабом. Для российских железных дорог параметр масштаба подобного распределения существенно меньше, так как у нас отсутствуют скоростные магистрали. Параметры же формы распределения близки.

Расчёты показывают, что с ростом коэффициента запаса интенсивность аварий с опасными грузами снижается по отношению к интенсивности транспортных аварий. Снижение проходит значительно при меньших разбросах действующей и предельной скоростей.

Таким образом, достичь снижения интенсивности аварий опасных грузов можно двумя путями: уменьшением средней скорости движения специального эшелона (что возможно в ограниченных пределах) и повышением устойчивости конструкции упаковки (величины предельной скорости для упаковок), что имеет свои экономические и технические пределы.