

УДК 504.05

МЕТОДИКА АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РИСКОВ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

О.В. Ударцева

доктор технических наук, доцент, профессор
кафедры техносферной безопасности
Тюменский индустриальный университет
Адрес: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: oblاد@mail.ru

С.А. Гальцев

кандидат философских наук, доцент, начальник
кафедры физической подготовки
Восточно-Сибирский институт МВД России
Адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 110
E-mail: oblاد@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены сценарии развития аварийных ситуаций на предприятиях. Проанализированы показатели риска наступления события, проведен расчет зон токсического заражения местности и поражения населения, а также технический, индивидуальный, коллективный риски и экономический ущерб. Оценка рисков возникновения события на объектах 1 и 2 классов опасности необходима для планирования мероприятий по защите населения и территорий.

Ключевые слова: экологический риск, чрезвычайная ситуация, токсическое воздействие, защита населения.

Цитирование: Ударцева О.В., Гальцев С.А. Методика анализа и оценки рисков аварийных ситуаций на химически опасных объектах // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2018. № 1 (36). С. 36-42.

Возникновение чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС), обусловленных химическими авариями и катастрофами, в современных условиях вполне реально. Широкое использование химических производств в экономике страны может привести к авариям с выбросом химически опасных веществ и заражению окружающей среды. В мире происходят тысячи химических аварий при производстве, хранении, транспортировке аварийно химически опасных веществ (далее – АХОВ) [4,5], что актуализирует избранную тему.

Объектом исследования является вымышленное предприятие, расположенное на территории России.

Анализируемое предприятие относится к опасным химическим объектам из-за использования в производственном процессе соединений аммиака. В связи с этим, любая аварийная ситуация может оказать негативное влияние не только на работников организации, но и на городское население.

В составе производственного оборудования предприятия имеются две аммиачные холодильные установки: аммиачно-холодильная установка (далее – АХУ-1) и аммиачно-холодильная установка № 2 (далее – АХУ-2), используемые для поддержания необходимой температуры в охлаждающих камерах холодильника, а также для создания необходимых параметров технологического процесса.

Аммиачно-холодильные установки АХУ-1

и АХУ-2 расположены в цехах №1 и №2 соответственно.

АХУ-1 предназначена для выработки искусственного холода и непрерывного поддержания температурно-влажностного режима в охлаждающих камерах холодильника, согласно технологическим требованиям.

Установка включает в себя как импортное, так и отечественное холодильное оборудование и предусматривает работу на температуру кипения $T_0 = -30^\circ\text{C}$. Оптимальный режим работы холодильной установки соответствует следующим параметрам: температура кипения $T_0 = -30^\circ\text{C}$, температура конденсации $T_k = 25^\circ\text{C}$, давлении конденсации $P = 8\text{ кгс/см}^2$. Количество опасного вещества составляет 7,5 тонн [4].

АХУ-2 обеспечивает холодом производство мороженого с последующим его частичным хранением в холодильной камере. Производительность АХУ-2 составляет 650 кВт. Работа АХУ осуществляется потоками промежуточного и непосредственного охлаждения. Количество опасного вещества составляет 2,5 тонны аммиака. Общая аммиачность систем АХУ-1 и АХУ-2 составляет 10 тонн [5].

Предприятие осуществляет деятельность в районе жилой застройки с численностью населения более 2 тыс. человек (рисунок 1). Общая площадь предприятия – 30000 м². Общая численность персонала – 910 человек, наибольшая работающая смена – 400 человек.

Производственные здания цехов и служб – кирпичные и из сборного железобетона с металлическим каркасом. Этажность зданий от 1 до 2 этажей. Плотность застройки 75%.



Рисунок 1 – Район расположения производственной площадки вымышленного предприятия

При возникновении аварийной ситуации к основным поражающим факторам можно отнести [6]:

- образование и перенос концентраций опасного вещества (ОВ) в приземном слое атмосферы;
- поражение тепловым излучением при воспламенении ОВ;
- токсическое отравление продуктами горения АХОВ;
- поражение воздушной ударной волной при взрыве топливно-воздушной смеси, образовавшейся при утечке ОВ.

На основании проведенного анализа выявлено, что аммиачно-холодильные установки являются объектами повышенной опасности, что предопределяет возможность:

- образования и переноса концентраций опасного вещества (ОВ) в приземном слое атмосферы;
- поражения тепловым излучением при воспламенении ОВ;
- токсичного отравления продуктами горения АХОВ;
- поражения воздушной ударной волной при взрыве топливно-воздушной смеси, образовавшейся при утечке ОВ.

Для оценки рисков возникает необходимость разработать сценарии различных аварийных ситуаций на предприятии (рисунок 2) [3,5].



Рисунок 2 – Ситуационный план развития ЧС в результате химического заражения территории



Рисунок 3 – Дерево событий при реализации сценария №1

Рассмотрим возможные сценарии развития чрезвычайной ситуации.

Сценарий 1 (рисунок 3) заключается в разгерметизации ресивера линейного в результате износа, внешнего воздействия или нарушения требований техники безопасности (количество аммиака, участвующего в аварии с учетом заполнения ресивера на 50% от геометрической вместимости (т.е. 50% от 5,0 м³). Разгермети-

зация произошла в результате отказа защитных систем ликвидации с последующим образованием токсичного облака при разливе аммиака. В аварии участвует 1,703т аммиака.

В результате аварии возможна гибель 8 человек и травмирование 16 человек. В зону возможного заражения (в зону риска) попадает ориентировочно 400 человек.

Расчеты зон токсичного заражения мест-

ности и поражения людей производились с помощью «Программы расчета аварий на ХОО с проливом АХОВ» АГЗ МЧС РФ, 2001 г.

Программа позволяет производить расчет полного перечня показателей для выявления и оценки химической обстановки при авариях на химически опасных объектах. В основу расче-

та положена «Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах» РД 52.04.253 – 90 [8].

Полученные данные расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка масштабов поражения при аварии на предприятии (Сценарий 1)

Наименование параметров	Значение
Масса АХОВ, образующая первичное облако, т	0,012
Масса АХОВ, во вторичном облаке, т	0,012
Глубина зоны заражения, км	0,605
Площадь зоны возможного заражения, км ²	0,574
Площадь зоны фактического заражения, км ²	0,039

В зону с повышенной предельно-допустимой концентрацией (далее – ПДК) аммиака в атмосфере, в результате аварии на предприятии, попадают все сотрудники с наибольшей работающей сменой. Возможное количество пострадавших может составить около 24 человек, из них поражения легкой степени – 6 человек, средней и тяжелой степени тяжести – 10 человек, со смертельным исходом – 8 человек.

Технический риск сценария:

$$R_{t1} = 9,27 \cdot 10^{-5} \text{ 1/год}$$

Индивидуальный риск:

$$R_{\text{инд}} = R_{t1} \cdot \left(\frac{N_{\text{погиб}}}{N_{\text{общ}}} \right),$$

где $N_{\text{общ}}$ – 824 человека, попавших в зону заражения;

$N_{\text{погиб}}$ – 8 человек, количество погибших.

$$R_{\text{инд}} = 9,27 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{8}{824} \right) = 9,0 \cdot 10^{-6} \text{ человек/год.}$$

Коллективный риск:

$$R_{\text{кол}} = \sum (N_{\text{погиб}} \cdot R_{t1}).$$

$$R_{\text{кол}} = 8 \cdot 9,27 \cdot 10^{-5} = 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ человек/год.}$$

Экономический ущерб: 1 млн. 403 тыс. руб.



Рисунок 4 – Дерево событий при реализации сценария № 2

Сценарий 2 (рисунок 4) заключается в том, что в результате износа оборудования, механического воздействия, несоблюдения технического процесса или требований техники безопасности, произошла разгерметизация трубопровода, в результате чего произошел выброс 0,338 т аммиака. Как следствие, образовалось токсичное облако, произошла загазованность помещения.

Показатели риска: в результате ЧС погиб-

нет 3 человека (персонал – 1 человек, население – 2 человека), будет травмировано 5 человек (персонал – 1 человек, население – 4 человека).

Расчет глубины и площадей зон токсичного заражения производится согласно сценарию 1 (рисунок 3).

Полученные результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка масштабов поражения при аварии на предприятии (Сценарий 2)

Наименование параметров	Значение
Масса АХОВ, образующая первичное облако, т	0,0024
Масса АХОВ, во вторичном облаке, т	0,01
Глубина зоны заражения, км	0,38
Площадь зоны возможного заражения, км ²	0,227
Площадь зоны фактического заражения, км ²	0,0224

В зону с повышенной ПДК аммиака в атмосфере, в результате аварии на предприятии, попадают все сотрудники наибольшей работающей смены. Возможное количество пострадавших может составить около 8 человек, из них, поражения легкой степени – 2 человека, средней и тяжелой степени тяжести – 3 человека, со смертельным исходом – 3 человека.

Технический риск сценария:

$$R_{t2} = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ 1/год}$$

Индивидуальный риск:

$$R_{инд} = R_{t2} \cdot \left(\frac{N_{погиб}}{N_{общ}}\right),$$

где $N_{общ}$ – 561 человек, попавший в зону заражения;

$$N_{погиб} = 3 \text{ человека, количество погибших.}$$

$$R_{инд} = 2,1 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{3}{561}\right) = 1,12 \cdot 10^{-7} \text{ чел/год.}$$

Коллективный риск:

$$R_{кол} = \sum (N_{погиб} \cdot R_{t2})$$

$$R_{кол} = 3 \cdot 2,1 \cdot 10^{-5} = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ чел/год.}$$

Экономический ущерб: 422 тыс. руб.



Рисунок 5 – Дерево событий при реализации сценария №3

Сценарий 3 (рисунок 5) заключается в разгерметизации автоцистерны с аммиаком (1т) в результате её опрокидывания и разлома корпуса при ударе о землю, что может повлечь разлив аммиака, образование токсичного облака, загазованность территорий предприятия и города.

В результате аварии возможна гибель 8 че-

ловек (4 человека персонала, 4 человека из населения) и травмирование 16 человек (8 человек персонала, 8 человек населения).

Расчет глубины и площадей зон токсичного заражения производится согласно сценарию 1.

Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка масштабов поражения при аварии на предприятии (сценарий 3)

Наименование параметров	Значение
Масса АХОВ, образующая первичное облако, т	0,0072
Масса АХОВ, во вторичном облаке, т	0,03
Глубина зоны заражения, км	0,6115
Площадь зоны возможного заражения, км ²	0,593
Площадь зоны фактического заражения, км ²	0,040

В зону с повышенной ПДК аммиака в атмосфере в результате аварии на предприятии, попадают все сотрудники с наибольшей работающей сменой. Возможное количество по-

страдавших может составить около 23 человек, из них поражения легкой степени – 6 человек, средней и тяжелой степени тяжести – 9 человек, со смертельным исходом – 8 человек.

Технический риск сценария:

$$R_{t3} = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

Индивидуальный риск:

$$R_{\text{инд}} = R_{t3} \cdot \left(\frac{N_{\text{погиб}}}{N_{\text{общ}}}\right),$$

где $N_{\text{общ}}$ – 638 чел. попавших в зону заражения;

$$N_{\text{погиб}} = 8 \text{ человек, количество погибших.}$$

$$R_{\text{инд}} = 6,4 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{8}{638} = 8,02 \cdot 10^{-8} \text{ чел/год.}$$

Коллективный риск:

$$R_{\text{кол}} = \sum (N_{\text{погиб}} \cdot R_{t3})$$

$$R_{\text{кол}} = 8 \cdot 6,4 \cdot 10^{-6} = 5,12 \cdot 10^{-5} \text{ чел/год}$$

Экономический ущерб: 1 млн. 500 тыс. руб.

Частоты основных событий, приводящих к аварии и образованию поражающих факторов, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Частоты реализации рассматриваемых сценариев

№ п/п	Наименование сценария	Частота событий
Возможные сценарии развития аварийных ситуаций на территории производственной площадки ООО «Алтайхолд»		
С – 1	Разгерметизация ресивера линейного в результате износа, внешнего воздействия или нарушения техники безопасности, (количество аммиака участвующего в аварии с учетом заполнения ресивера на 50% от геометрической вместимости (т.е. 50% от 5,0м ³). В результате отказа защитных систем ликвидации с последующим образованием токсичного облака при разливе аммиака. В аварии участвует 1,703 т аммиака. Разлив свободный в обвалования h = 0,5 м.	9,27 · 10 ⁻⁵
С – 2	В результате износа оборудования, механического воздействия, несоблюдения технического процесса или техники безопасности произошла разгерметизация трубопровода, в результате чего произошел выброс 0,338 т аммиака. Образование токсического облака, загазованность помещения	2,1 · 10 ⁻⁵
С – 3	Разгерметизация автоцистерны с аммиаком (1т) в результате её опрокидывания и разлома корпуса при ударе о землю, в результате механического воздействия, в результате нарушения техники безопасности. Разлив аммиака, образование токсического облака, загазованность территорий предприятия и города.	6,4 · 10 ⁻⁶

Таким образом, по результатам рассмотренных сценариев аварийных ситуаций, возникает необходимость разработки рационального перечня мероприятий по защите работников предприятия и населения от опасности возникновения аварийных ситуаций на химически опасном объекте.

Организационно – технические меры предупреждения аварийности и повышения безопасности:

- соблюдение норм и требований при размещении и строительстве зданий, технологических сооружений и сетей инженерного обеспечения;

- поддержание в необходимых объемах резервов финансовых и материальных ресурсов, необходимых в целях экстренного привлечения при возникновении чрезвычайной ситуации;

- обучение и аттестация персонала в обла-

сти промышленной безопасности;

- обеспечение рабочего персонала средствами индивидуальной защиты органов дыхания.

Под организационно – техническими мерами предупреждения аварийности и повышения безопасности будем понимать такие технические и организационные мероприятия, которые могут снижать вероятность возникновения аварии и размер возможного ущерба от аварии.

Снижение вероятности возникновения аварии и снижения ущерба можно добиться тремя путями:

- использованием надежной техники и безопасных технологий;

- эффективным менеджментом на предприятии;

- профессиональными действиями в чрезвычайной ситуации.

Уровень индивидуального риска возникновения ЧС на предприятии, находится на допустимом уровне. Необходимо поддерживать индивидуальный и коллективный риск на предприятии на данном уровне, либо снижать его, в связи с чем, необходимо соблюдение следующих требований и рекомендаций:

- организовать подготовку персонала с целью исключения ошибок при выполнении операций по работе с аммиаком;
- разработать порядок диагностики текущего состояния оборудования;
- поддерживать нештатные аварийно-спасательные формирования в постоянной готовности к действиям по предупреждению чрезвычайной ситуации, путем проведения

плановых тренировок;

- проводить постоянный контроль параметров технологических процессов на опасном производственном объекте, превышение которых угрожает возникновением аварийных и чрезвычайных ситуаций;

- проводить производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности.

Предложенные мероприятия по снижению риска аварий и смягчению последствий, направлены главным образом на модернизацию предприятия и подготовку персонала к работе в чрезвычайных ситуациях с соблюдением правил безопасности.

Литература

1. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (от 21 декабря 1994 г. №68-ФЗ). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-23081996-n-127-fz-o/> (дата обращения: 22.10.2017).
2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-23081996-n-127-fz-o/> (дата обращения: 22.10.2017).
3. ГОСТ Р 54143–2010 Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Промышленные инциденты
4. Арефьева Е.В., Воскобоев В.Ф., Рыбаков А.В. Оценка достоверности системы прогнозирования техногенных чрезвычайных ситуаций, связанных с разгерметизацией оборудования со сжатым газом на пожаровзрывоопасных объектах // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2015. № 1 (6). С. 207-211.
5. Аржанухин И.О., Глотов Е.Н. Методика обоснования способов локализации и дегазации низкокипящих аварийно химических опасных веществ пенными рецептурами // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 3 (34). С. 35-37.
6. ГОСТ Р 22.10.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Допустимый риск чрезвычайных ситуаций.
7. Мухин В.И., Мазаник А.И., Исаков Р.С., Высочин А.А. Постановка задачи обоснования мероприятий комплексной маскировки на потенциально опасном объекте // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 3 (34). С. 25-29.
8. Официальный сайт МЧС России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 23.10.2017).
9. РД 52.04.253 – 90. «Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте», М., 1990 г.

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE RISKS OF AN EMERGENCY SITUATION IN AN ENTERPRISE

Olga UDARTSEVA

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Professor of the Department of Technospheric Security
Tyumen Industrial University. Address: 625000,
Tyumen, ul. Volodarsky, 38. E-mail: oblاد@mail.ru

Sergey GALTSEV

Candidate of Philosophy, Associate Professor,
Head of the Department of Physical Training
East-Siberian Institute of the Ministry of Internal
Affairs of Russia. Address: 664074, Irkutsk, ul.
Lermontov Street, 110. E-mail: oblاد@mail.ru

Abstract. The article considers scenarios of emergency situations at the enterprise. Analyzed the risk of occurrence of an event, the calculation zones of toxic contamination and destruction of the population, as well as technical, individual, collective risks and economic damage. Risk assessment of occurrence of events on objects 1 and 2 hazard classes necessary for the planning of events on protection of population and territories.

Keywords: ekologicheskiy risk, chrezvychaynaya situatsiya, toksicheskoye vozdeystviye, protection of the population.

Citation: Udartseva O.V., Galtsev S.A. (2018) Analiz i ocenka riskov avariynih situacij na predpriyatii [Analysis and assessment of the risks of emergencies in the enterprise]. *Scientific and educational problems of civil protection*, no. 1 (36), pp. 36-42 (in Russian).

References

1. Federal'nyj zakon «O zashchite naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij prirodno i tekhnogennogo haraktera» (ot 21 dekabrya 1994 g. №68-FZ) [Federal Law «On Protection of the Population and Territories from Emergencies of Natural and Technogenic Character» (December 21, 1994 No. 68-FZ)]. Available at: <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-23081996-n-127-fz-o/> (accessed 22 October 2017) (in Russian).
2. Federal'nyj zakon «O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov» (ot 21 iyulya 1997 g. № 116-FZ) [Federal Law «On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities» (dated July 21, 1997 No. 116-FZ)]. Available at: <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-23081996-n-127-fz-o/> (accessed 22 October 2017) (in Russian).
3. GOST R 54143–2010 Menedzhment riskov. Rukovodstvo po primeneniyu organizacionnyh mer bezopasnosti i ocenki riskov. Promyshlennye incidenty [Risk Management. GOST R 54143-2010. Guidance on the application of organizational security measures and risk assessment. Industrial Incidents] (in Russian).
4. Aref'eva E.V., Voskoboev V.F., Rybakov A.V. (2015) Ocenka dostovernosti sistemy prognozirovaniya tekhnogennyh chrezvychajnyh situacij, svyazannyh s razgermetizaciej oborudovaniya so szhatym gazom na pozharovzryvoopasnyh ob'ektah [Assessment of the reliability of the forecasting system for man-made emergencies related to the depressurization of equipment with compressed gas at fire and explosion hazard sites]. *Scientific and educational problems of civil protection*, no. 1 (6), pp. 207-211 (in Russian).
5. Arzhanuhin I.O., Glotov E.N. (2017) Metodika obosnovaniya sposobov lokalizacii i degazacii nizkokipyashchih avariyno himicheskikh opasnyh veshchestv pennymi recepturami [Method of substantiation of methods of localization and degassing of low-boiling accidentally hazardous chemical substances with foam formulations]. *Scientific and educational problems of civil protection*, no. 3 (34), pp. 35-37 (in Russian).
6. GOST R 22.10.02-2016 Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah. Menedzhment riska chrezvychajnoj situacii. Dopustimyj risk chrezvychajnyh situacij [GOST R 22.10.02-2016 Safety in emergency situations. Emergency risk management. Admissible risk of emergencies] (in Russian).
7. Muhin V.I., Mazanik A.I., Isakov R.S., Vysochin A.A. (2017) Postanovka zadachi obosnovaniya meropriyatij kompleksnoj maskirovki na potencial'no opasnom ob'ekte [Statement of the task of justifying complex masking at a potentially hazardous site]. *Scientific and educational problems of civil protection*, no. 3 (34), pp. 25-29 (in Russian).
8. Oficial'nyj sajt MCHS Rossii [Official site of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. Available at: <http://www.mchs.gov.ru> (accessed 22 October 2017) (in Russian).
9. RD 52.04.253 – 90. «Metodika prognozirovaniya masshtabov zarazheniya SDYAV pri avariayah (razrusheniyah) na himicheski opasnyh ob'ektah i transporte», M., 1990 g. [RD 52.04.253 - 90. «Methodology for predicting the extent of contamination of SED during accidents (destruction) at chemically hazardous objects and transport», M., 1990] (in Russian).