

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ

*Докт. техн. наук, доц. ПИЛИНЕВИЧ Л. П., асп. ГОНЧАРИК Е. В.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники*

E-mail: kafpie@bysuir.by

## EMERGENCY FORECASTING FOR INVESTIGATED OBJECT AND ASSESSMENT OF POSSIBLE CONSEQUENCES

*PILINEVICH L. P., HANCHARYK E. V.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics*

Приведен анализ факторов, вызывающих появление и развитие техногенных чрезвычайных ситуаций. На конкретном примере определены зоны разрушения объектов в результате действия ударной волны при взрыве одной цистерны пропана.

**Ключевые слова:** прогнозирование, техногенные чрезвычайные ситуации, оценка.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 3 назв.

The paper presents an analysis of factors inducing an occurrence and development of technogenic emergencies. Zones of object destruction have been determined on a certain example. The object destruction is a result of the impulse wave occurred during an explosion of one propane tank.

**Keywords:** forecasting, technogenic emergency situation, assessment.

Fig. 3. Tab. 1. Ref.: 3 titles.

**Введение.** Прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) – опережающее отражение вероятности появления и развития техногенных ЧС и их последствий. Прогнозирование техногенных ЧС базируется на оценке состояния объекта, его оборудования, технологических процессов, человеческого фактора и окружающей среды. Итогом прогнозирования любой техногенной ЧС является определение величины риска ее возникновения, зависящего от многих факторов [1]. Рассмотрим учет этих факторов на примере оценки производственных сооружений и технологического оборудования, аварии на котором приводят к ЧС.

Известно, что технологическое оборудование имеет свой жизненный цикл [1], начинающийся с установки, наладки, иногда доработки на предприятии. Персонал, который его будет обслуживать, как правило, нуждается в обучении. С началом эксплуатации оборудования существует значительная вероятность аварий как по вине обслуживающего персонала, не

имеющего опыта эксплуатации, так и из-за несовершенства самого оборудования. На этом этапе обычно устраняются недостатки в работе оборудования, а обслуживающий персонал приобретает опыт его эксплуатации.

Очевидно, что в середине жизненного цикла вероятность риска аварий и катастроф минимальна. В дальнейшем, по мере износа оборудования, в конце жизненного цикла вероятность риска растет. Для более точного прогнозирования степени риска и возможных причин ЧС используют методику прогнозирования. Суть ее заключается в следующем. Прежде всего выявляются источники опасности, оборудование, которое может представлять угрозу, исключаются маловероятные случаи. Обычные виды опасности – источники энергии, процессы и условия эксплуатации оборудования.

Основные источники потенциальной опасности развития ЧС техногенного характера – это топливо, взрывчатые вещества, заряженные конденсаторы, емкости под давлением, пружины

жинные механизмы, подвесные устройства, газогенераторы, аккумуляторные батареи, приводные устройства, катапультированные предметы, нагревательные приборы, вращающиеся механизмы, электрические генераторы, статические электрические заряды, насосы, вентиляторы, воздуходувки и другие, а также процессы и условия, представляющие опасность (разгон, коррозия, нагрев, охлаждение, давление, влажность, радиация, загрязнение, химическая диссоциация, химическое замещение, механические удары, окисление, утечки, электрический пробой, пожары, взрывы и др.) [1].

Типичными причинами ЧС техногенного характера являются события, вызванные человеческой деятельностью (ошибки оператора, водителя, ошибки при обслуживании и др.); события, имеющие отношение к оборудованию (отсутствие смазочного материала в механизме, дефекты конструкции, неправильные сигналы чувствительных элементов и др.); события, связанные с окружающей средой (удары молнии, пожары, наводнения и др.) [2]. В результате возникновения ЧС появляются опасные зоны: пожаров, взрывов, химического и радиоактивного заражений и т. д. Прогнозирование таких зон чаще всего производится путем моделирования ЧС.

Порядок оценки надежности и безопасности объекта на основе физико-механического состояния и прогноз его поведения в условиях конкретных эксплуатационных нагрузок включают следующие этапы [2]:

- анализ состояния объекта и поиск опасных зон и участков;
- диагностику состояния элементов конструкции и оборудования;
- определение напряженно-деформированного состояния объекта исследования;
- определение остаточного ресурса наиболее уязвимых элементов объекта с уточненными и конкретизированными значениями коэффициентов условий работы и надежности;
- оценку состояния объекта с учетом заданных критериев надежности и безопасности.

**Моделирование аварии.** В качестве примера рассмотрим выявление поражающих факторов путем моделирования аварии на железнодорож-

ной станции Минск-Сортировочная, а именно – взрыв цистерны с пропаном. В объеме одной цистерны ( $88 \text{ м}^3$ ) помещается 46,6 т пропана. В результате взрыва произойдет перемешивание пропана с воздухом и образование взрывоопасной смеси. При взрыве возникает ударная волна, которая может вызывать разрушения зданий и сооружений.

Кроме воздушной ударной волны, при содержании паров пропана в воздухе более 13 % от места аварии будет распространяться волна горения, при этом давление в этой волне не повышается. Медленный режим горения с большим выделением лучистой энергии может привести к образованию пожаров [3].

В очаге взрыва газовой смеси выделяются три круговые зоны (рис. 1) [3]: I – зона детонационной волны; II – зона действия продуктов взрыва; III – зона воздушной ударной волны.

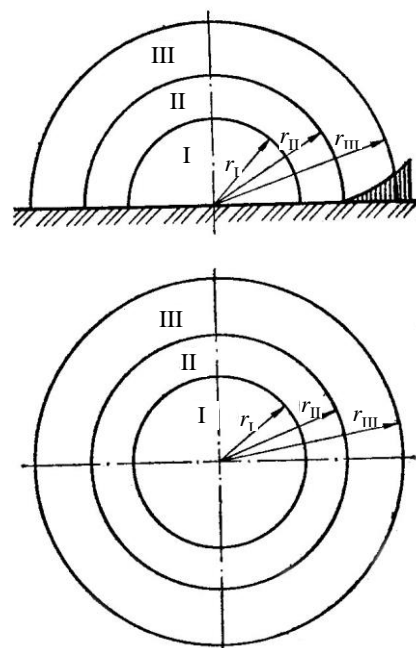


Рис. 1. Зоны очага взрыва газовой смеси: I – детонационной волны; II – действия продуктов взрыва; III – воздушной ударной волны;  $r_I$ ,  $r_{II}$ ,  $r_{III}$  – радиусы внешних границ соответствующих зон

Зона детонационной волны I находится в пределах облака взрыва. Радиус ее приближенно может быть определен по формуле

$$r_I = 17,5\sqrt[3]{Q}, \quad (1)$$

где  $Q$  – количество сжиженного пропана, т.

В пределах зоны I действует избыточное давление, которое может приниматься постоянным:  $\Delta p_I = 1700$  кПа [3].

Зона действия продуктов взрыва II охватывает всю площадь разлета продуктов газовой смеси в результате ее детонации. Радиус этой зоны  $r_{II}$  равен

$$r_{II} = 1,7r_I. \quad (2)$$

Избыточное давление в пределах зоны II  $\Delta p_{II}$  может быть определено по формуле [3]

$$\Delta p_{II} = 1300 \left( \frac{r_I}{r} \right)^3 + 50, \quad (3)$$

где  $r$  – расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки, м.

В зоне действия воздушной ударной волны III формируется фронт ударной волны, распространяющейся по поверхности земли. Избыточное давление  $\Delta p_{III}$  в зависимости от расстояния до центра взрыва  $L$  может быть определено по графику, приведенному на рис. 2, или рассчитано по формулам (4) и (5). Для этого предварительно из уравнения (4) определяется относительная величина  $\psi$  [3]

$$\psi = 0,24 \frac{r_{III}}{r_I}, \quad (4)$$

где  $r_I$  – радиус зоны I;  $r_{III}$  – радиус зоны III или расстояние от центра взрыва до точки, в которой требуется определить избыточное давление воздушной ударной волны ( $r_{III} > r_I$ ).

Избыточное давление  $\Delta p_{III}$  рассчитывается по формулам:

при  $\psi \leq 2$

$$\Delta p_{III} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8\psi^3} - 1)}; \quad (5)$$

при  $\psi > 2$

$$\Delta p_{III} = \frac{22}{\Psi \sqrt{1g\Psi + 0,158}}. \quad (6)$$

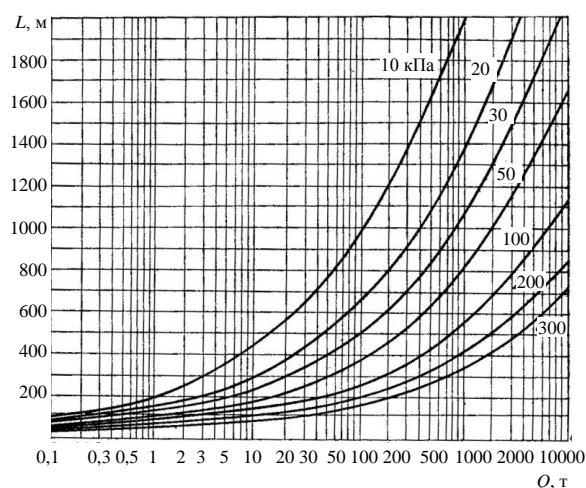


Рис. 2. Зависимость радиуса внешней границы  $L$  зоны действия избыточного давления от количества взрывоопасной газовой смеси  $Q$

Для определения избыточного давления на определенном расстоянии от центра взрыва необходимо знать количество взрывоопасной смеси, хранящейся в емкости. Действие воздушной ударной волны при взрывах характеризуется величиной избыточного давления  $\Delta p_{\phi}$ , а также скоростным напором. При воздействии ударной волны на промышленные здания, оборудование и коммунально-энергетические сети объекта могут возникнуть разрушения разной степени, которые принято делить на слабые, средние и сильные [3].

Оценка устойчивости объекта к воздействию ударной волны сводится к определению  $\Delta p_{\phi}$ . Расчеты параметра ударной волны  $\Delta p_{\phi}$  на разных расстояниях от исследуемого объекта (рис. 3) позволили определить границы зон разрушений и их радиусы, визуальное представление размещения зданий и сооружений производственного комплекса в этих зонах.

Согласно примененной методике расчетов [3], здания и сооружения исследуемого объекта попадают в зоны разрушений. Результаты воздействия ударной волны сведены в табл. 1.

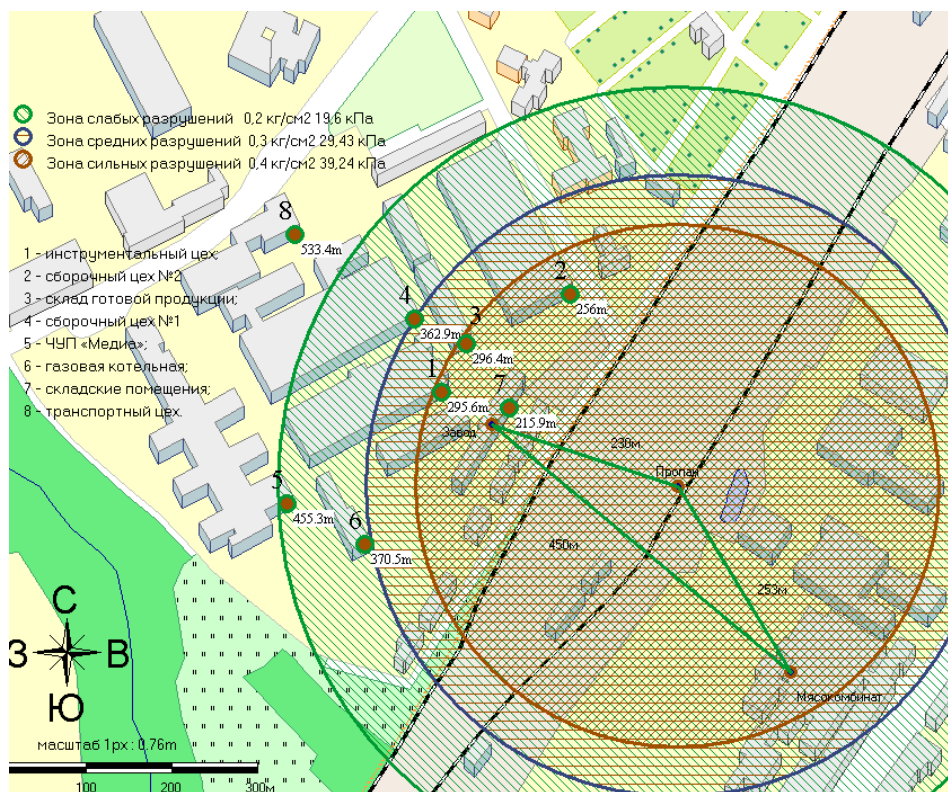


Рис. 3. Зоны разрушения, возникающие в результате действия ударной волны

Таблица 1

Результаты оценки устойчивости объекта к воздействию воздушной ударной волны

Наименование объекта	Элементы объекта и их краткая характеристика	Степень разрушения при $\Delta p_{\phi}$ , кПа								Предел устойчивости, кПа	$\Delta p_{\phi \text{ lim}}$ , кПа	Примечание
		10	15	20	25	30	35	40				
1	2	3	4	5	6	7	8	9		11	12	
Сборочный цех № 1	Здание одноэтажное кирпичное									25	15	При попадании в зоны средних разрушений потребуются проводить капитальный ремонт
	Технологическое оборудование: ленточный конвейер									15		
	Контрольная измерительная аппаратура									20		
	КЭС кабельная наземная электросеть									50		
	Воздухопроводы на металлических эстакадах									40		
Инструментальный цех	Здание одноэтажное железобетонное									30	30	

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Инструментальный цех	Технологическое оборудование: станки средние								35	30	
	Прессовое оборудование								60		
	Электродвигатели мощностью до 10 кВт и более								70		
	КЭС кабельная наземная электросеть								50	25	
Газовая котельная	Здание одноэтажное кирпичное								25	25	В зоне средних разрушений требуется проводить текущий ремонт
	Технологическое оборудование: газовый котел, газопровод и водопровод заглубленные								30		
Склад готовой продукции	Здание одноэтажное кирпичное								1000	30	30

## ВЫВОДЫ

Оценка полученных данных по воздействию воздушной ударной волны при взрыве одной цистерны пропана на производственные здания и сооружения показала (рис. 3, табл. 1):

- сборочный цех № 1 оказался в границах зон сильных, средних и слабых разрушений; выпуск продукции в нем невозможен;
- сборочный цех № 1 попал в зону слабых разрушений. Наиболее уязвимым элементом является ленточный конвейер. Выпуск продукции в цехе возможен после проведения текущего ремонта;
- инструментальный цех оказался в зонах средних и слабых разрушений. Наиболее уязвимым элементом является здание;
- газовая котельная частично попала в зону слабых разрушений;
- склады готовой продукции оказались в зоне средних и слабых разрушений;
- транспортный цех не пострадал.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Дорожко, С. В.** Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность: пособие: в 3 ч. Ч. 1: Чрезвычайные ситуации и их предупреждение / С. В. Дорожко, И. В. Ролевич, В. Т. Пустовит. – 2-е изд. – Минск: Дикта, 2008. – 284 с.
2. **Харитонов, В. А.** Надежность строительных объектов и безопасность жизнедеятельности человека: учеб. пособие / В. А. Харитонов. – М.: Абрис, 2012. – 367 с.
3. **Защита** объектов от оружия массового поражения: справ. / под ред. Г. П. Демиденко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Высш. шк., Головное изд-во, 1989. – 287 с.

## REFERENCES

1. **Dorozhko, S. V., Rolevich, I. V., & Pustovit, V. T.** (2008) *Protection of Population and Objects in Emergency Situations. Radiation Safety. Part 1. Emergency Situations and Their Prevention.* Minsk: Dikta.
2. **Kharitonov, V. A.** (2012) *Reliability of Construction Objects and Safety of Human Life and Activity.* Moscow: Abris.
3. **Demidenko, G. P.** (1989) *Protection of Objects Against Weapons of Mass Destruction.* Kiev: Higher School, Main Publishing House.

Поступила 22.02.2013