

## **ОЦЕНКА ПОТЕРИ ВЗРЫВОУСТОЙЧИВОСТИ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА**

*М.М. Дусингалиева, Е.В. Федотова, А.М. Козлитин, М.И. Отраднова*

*Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю.А.*

В настоящее время наблюдается тенденция возрастания потенциальной угрозы для населения и окружающей среды, обусловленная усложнением всех сфер функционирования современного общества.

В этой связи, решение проблемы безопасности и риска опасных производственных объектов (ОПО) требует проведения комплексного анализа, классификации аварий и катастроф с учетом характера и размера их последствий, основных поражающих факторов, учета предельных физических параметров, надежности, риска и живучести технических объектов, персонала и окружающей среды.

Механизмы возникновения и развития аварий, связанных с огненным превращением выброса взрывопожароопасного вещества, как правило, имеют сложные сценарии, включающие разные типы событий чрезвычайных ситуаций, а число возможных сценариев может достигать нескольких тысяч.

Объект исследования в данной статье является опасный производственный объект - технологическая установка каталитического риформинга конкретного нефтеперерабатывающего предприятия.

Оценку риска потери взрывоустойчивости зданий, сооружений и оборудования на промышленных объектах можно провести методом детерминированной и вероятностной оценки. Опираясь на первую нельзя определить, насколько вероятна опасность воздействия ударной волны на здания, сооружения и оборудование производственного объекта. Данную задачу позволяет решить вероятностная оценка потери взрывоустойчивости зданий, сооружений и оборудования производственного объекта.

Детерминированные методы, сводящиеся к зонированию прилегающей к ОПО территории по степени разрушений, являются основой в практике количественной оценки риска.

### **Детерминированная оценка последствий воздействия аварийных взрывов на промышленное оборудование, здания и сооружения**

Взрывоустойчивость зданий, сооружений и технологического оборудования характеризуется предельной величиной избыточного давления  $\Delta P_{lim}$ , в пределах которого рассматриваемый объект сохраняет ремонтпригодность или пригодность к дальнейшей эксплуатации [3, 6].

Когда создается избыточное давление во фронте ударной волны  $\Delta P_{ф} \geq \Delta P_{lim}$ , объект получает сильную степень разрушений и теряет устойчивость.

Зависимость для вычисления предела устойчивости  $\Delta P_{lim}$  данного типа здания:

$$\Delta P_{lim} = K_{\Pi} \frac{(H_{зд} - 2)(1 + 4,65 \cdot 10^{-3} Q)}{3[1 + 0,43(H_{зд} - 5)]} \cdot \prod_{j=1}^n K_j, \quad (1)$$

где  $H_{зд}$  – высота здания, м;  $K_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий степень разрушения здания;  $K_j$  – коэффициенты, учитывающие назначение здания, тип конструкции, строительный материал, сейсмостойкость, степень износа и другие факторы;  $Q$  – грузоподъемность внутрицеховых мостовых кранов, т.

Любые здания, сооружения и технологическое оборудование отличаются друг от друга прочностью строительных материалов, степенью износа, характером и качеством монтажных работ при их возведении. Нельзя говорить о том, что однотипные здания, сооружения и технологическое оборудование при проявлении на них одинакового негативного воздействия получат идентичные степени разрушений. Можно лишь судить о вероятности потери взрывоустойчивости данного объекта.

Для определения степени разрушения различных элементов объекта существуют специальные таблицы эмпирико-статистических данных о характере воздействия ударной волны, в которых приведены величины избыточного давления для каждой степени разрушений (табл. 1), [1, 4].

Таблица 1.  
Степени разрушения при воздействии ударной волны

Объекты	Разрушения при избыточных давлениях, кПа			
	слабые	средние	сильные	полные
<b>Здания и сооружения</b>				
Промышленные здания с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом	20 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 100
Промышленные здания бескаркасной конструкции или легким металлическим каркасом	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 80
Кирпичные бескаркасные производственно - вспомогательные здания с перекрытием из ж/б сборных элементов	10 - 20	20 - 35	35 - 45	45 - 60
Складские кирпичные здания	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50
Административные кирпичные здания	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60
<b>Энергетические сооружения и сети</b>				
Гибкие шланги для перекачивания нефтепродуктов	7 - 15	15 - 25	25 - 35	-
Наземные металлические резервуары и емкости	30 - 40	40 - 70	70 - 90	90
Котельные, регуляторные станции и другие сооружения в кирпичных зданиях	7 - 13	13 - 25	25 - 35	35 - 45
<b>Трубопроводы</b>				
Трубопроводы наземные	20	50	130	-
Трубопроводы на металлических или ж/б эстакадах	20 - 30	30 - 40	40 - 50	-
<b>Транспорт</b>				
Вагоны-цистерны для перевозки сжиженных газов, нефтепродуктов	30	50	70	80

Радиусы изолиний взрывоустойчивости оборудования, аппаратов и конструкционных элементов зданий и сооружений определяются сравнением

предела их взрывоустойчивости  $\Delta P_{\text{lim}}$  с уровнями избыточного давления  $\Delta P_{\Phi}$ .

**Вероятностная оценка потери взрывоустойчивости зданий, сооружений и оборудования производственного объекта**

Вероятностные методы позволяют решать задачи прогнозирования ожидаемых последствий аварийных взрывов на ОПО. В настоящее время они разработаны в недостаточной степени и сводятся к использованию пробит-функций. Однако при расчете вероятностей разрушения зданий на основе пробит-функций не учитывается тип, назначение и конструкция данных объектов. В свою очередь, различного типа здания при одинаковом воздействии избыточного давления имеют различные значения предельной величины, которая определяет степень разрушения объектов.

В этой связи, при количественной оценке последствий взрывов, удобно нормировать давление  $\Delta P_{\Phi}$ , действующее в пределах рассматриваемого объекта, относя его к предельной величине  $\Delta P_{\text{lim}}$ , определяющей степень разрушения данного объекта:

$$P_{\text{пр}}(\Delta P_{\Phi}; \Delta P_{\text{lim}}) = \frac{\Delta P_{\Phi}}{\Delta P_{\text{lim}}} \quad (2)$$

Основываясь на сказанном, функция вероятности наступления средней степени разрушения рассматриваемого типа здания или сооружения  $F(P_{\text{lim}})$  от действующего давления  $\Delta P_{\Phi}$  на основе распределения Вейбулла, выглядит следующим образом [3, 5]:

$$F(P_{\text{lim}}) = 1 - \exp\{-r \cdot (P_{\text{пр}} - \delta)^{\varphi}\}, \quad (3)$$

где  $P_{\text{пр}} = \Delta P_{\Phi} / P_{\text{lim}}$  - приведенное давление, воздействующее на объект;  $\Delta P_{\Phi}$  - текущее значение избыточного давления;  $P_{\text{lim}}$  - предельная величина избыточного давления, при котором рассматриваемый тип объекта теряет взрывоустойчивость;  $r, \delta, \varphi$  - параметры вероятностного закона распределения Вейбулла.

Зная закон распределения вероятности разрушений ударной волной взрыва (3) мы можем определить потенциальный риск потери взрывоустойчивости зданиями, сооружениями и оборудованием производственного объекта. Потенциальный риск потери взрывоустойчивости зданиями, сооружениями и оборудованием производственного объекта определяется следующей зависимостью [2, 4, 5]:

$$R(E) = \sum_{j=1}^g P(A_j) \cdot F(P_{\text{lim}}), \quad (4)$$

где  $P(A_j)$  - вероятность возникновения и развития аварии при реализации  $j$ -го сценария;  $F(P_{\text{lim}})$  - вероятностный закон разрушений ударной волной взрыва технологического оборудования, зданий и сооружений в рассматриваемой точке территории при условии возникновения аварии на ОПО;  $g$  - число рассматриваемых сценариев на объекте.

По результатам выполненных расчетов вероятность возникновения и развития аварии при разгерметизации наиболее опасного оборудования

стабилизационной колонны К-1 с точки зрения тяжести последствий возможных аварийных выбросов взрывоопасных веществ на технологической установке каталитического риформинга составит  $P(A) = 8,64 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ .

В ходе проведения анализа и оценки потенциального риска R(E) потери взрывоустойчивости технологического оборудования, зданий и сооружений при аварийных взрывах на технологической установке каталитического риформинга были выявлены зоны потери взрывоустойчивости колонных аппаратов, технологических трубопроводов, производственных зданий, емкостного оборудования, операторных и насосных.

Зоны и риск потери взрывоустойчивости для следующего технологического оборудования: колонные аппараты, технологические трубопроводы, промышленные здания, емкостное оборудование, операторные и насосные, приведены в табл.2.

Таблица 2  
Зоны и риск потери взрывоустойчивости технологическим оборудованием

Технологическое оборудование	Избыточное давление потери взрывоустойчивости $P_{lim}$ , кПа	Граница потери взрывоустойчивости, м	Риск потери взрывоустойчивости на границе технологической установки $F(P_{lim})$ , 1/год
Колонные аппараты	49	118	$1,58 \times 10^{-4}$
Технологические трубопроводы	40	164	$4,24 \times 10^{-4}$
Промышленные здания	35	204	$6,57 \times 10^{-4}$
Емкостное оборудование	30	254	$7,42 \times 10^{-4}$
Операторные и насосные	24	335	$8,64 \times 10^{-4}$

**Выводы.** Рассмотрены подходы и методы, позволяющие учитывать тип, назначение и конструктивные особенности производственных, административных зданий и сооружений к воздействию избыточного давления взрыва при анализе и количественной оценке потенциального риска потери взрывоустойчивости. Выполнена оценка потери взрывоустойчивости зданий, сооружений и оборудования производственного объекта при аварийных взрывах на технологической установке каталитического риформинга. На основе выполненных расчетов, можно утверждать, что риск переход аварийной ситуации на уровень «Б» при возникновении и развитии аварии на установке составит на границе технологического блока величину  $F(P_{lim}) \geq 6,57 \times 10^{-4}$  1/год.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: справочник / Г.П. Демиденко, Е.П. Кузьменко, П.П. Орлов и др.; под ред. Г.П. Демиденко. Киев: Выща школа, 1989. 287 с.
2. Козлитин А.М. Методы технико-экономической оценки промышленной и экологической безопасности высокорисковых объектов техносферы / А.М. Козлитин, А.И. Попов. Саратов: СГТУ, 2000. 216 с.