

# ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛЬНОЙ КОЛОННЫ ПРИ ВЗРЫВЕ НА ЕЁ ОГНЕСТОЙКОСТЬ

*Васильченко А.В., Анацкий Д.Б.*

Национальный университет гражданской защиты Украины

Проектирование объектов повышенной опасности (ОПО) ведется с учетом эпизодических (особых) воздействий, отражающих специфику производственных процессов [1, 2]. А в случае производственного процесса, не исключającego взрыва, строительные конструкции рассчитываются на воздействие ударной волны.

Аварийные взрывы кроме повреждения строительных конструкций могут вызывать пожары. То есть, следует ожидать, что деформации несущих строительных конструкций при взрыве повлияют на их несущую способность и, следовательно, на предел огнестойкости.

Проблема состоит в том, насколько сильно влияет деформация при взрыве строительной конструкции на её предел огнестойкости, нужно ли это учитывать при проверке степени огнестойкости здания и возможна ли дальнейшая эксплуатация здания после подобного комбинированного воздействия.

Комбинированным особым воздействием (СНЕ) принято называть чрезвычайную ситуацию, связанную с возникновением и развитием нескольких видов особых воздействий на объект. Обычно имеются в виду такие техногенные воздействия как удар (I), взрыв (E), пожар (F).

Поскольку на объектах повышенной опасности аварийные взрывы, сопровождающиеся возникающими после них пожарами (СНЕ EF), весьма вероятны, то изучение особенностей поведения строительных конструкций в этих условиях является актуальным.

Значительная часть промышленных зданий представляет собой стальные каркасные конструкции. Поэтому имеет смысл изучить поведение именно таких конструкций при СНЕ EF.

Задачей работы является расчет критических температур и пределов огнестойкости стальной колонны при деформациях, не вызывающих потери ее устойчивости.

Такую колонну можно представить схематично в виде центрально сжатого шарнирно закрепленного на концах стержня. При взрыве действие на стержень ударной волны можно представить как кратковременный изгибающий момент (КИМ), вызывающий деформацию изгиба в средней части стержня.

При воздействии КИМ, когда достигается II стадия НДС, в стержне сохраняется остаточная деформация (изгиб)  $e_{ост}$ . Стержень в этом случае следует рассматривать как сжато-изогнутый с эксцентриситетом  $e_{ост}$  [3]. Устойчивость стержня (его несущая способность) будет зависеть от параметров сечения, механических свойств материала и эксцентриситета. При пожаре,

возникшем после взрыва, огнестойкость стержня будет определяться соотношением рабочей нагрузки  $N_p$  и несущей способности  $N_{нс}$ , параметрами сечения и условиями обогрева [4].

Основная опасность при нагреве стальных строительных конструкций состоит в значительных деформациях и быстрой потере ими прочности, начиная уже с 350 °С. Поэтому при возведении зданий для защиты стальных конструкций применяют различные способы огнезащиты, обеспечивающие необходимую степень огнестойкости сооружения.

Однако при аварийном взрыве огнезащита может быть повреждена. Гарантировать сохранность или повреждение огнезащиты при взрыве невозможно. Поэтому оценивать огнестойкость стальных конструкций целесообразно не по пределу огнестойкости, а по их критической температуре.

Для примера расчета выбрана стальная одноопорная центрально сжатая колонна, обогреваемая в случае пожара с 4-х сторон. Колонна представляет собой трубу высотой  $H = 8$  м, диаметром  $d = 426$  мм, с толщиной стенки  $z = 12$  мм. Площадь сечения  $A = 156$  см<sup>2</sup>, радиус инерции  $r = 14,7$  см. Предел сопротивления материала колоны  $R_S = 21$  кН·см<sup>2</sup>.

На основании представленных данных для центрально сжатой колонны по методам, рекомендованным в [3, 4] можно найти значение коэффициента продольного изгиба  $\varphi$  и определить для нее критические температуры при различных рабочих нагрузках  $N_p$ , вычислив коэффициент снижения несущей способности  $\gamma_T$ .

После деформации колонны в результате взрыва ее можно рассматривать как сжато-изогнутый стержень с эксцентриситетом  $e_{ocm}$  [3]. Вычислив условную гибкость  $\lambda_e$  и величины приведенных эксцентриситетов  $\mu$ , можно для различных значений эксцентриситета  $e_{ocm}$  найти коэффициенты понижения напряжения при внецентренном продольном изгибе  $\varphi_B$  и по [4] определить критические температуры при различных рабочих нагрузках  $N_p$ .

Результаты вычислений показаны в табл. 1.

**Табл. 1. Зависимости критической температуры стальной колонны от величины остаточного эксцентриситета (изгиба)**

$e_{ocm}$ , см	$\varphi$	Критические температуры $t_{кр}$ (°С) при рабочей нагрузке $N_p$ (кН)					
		1200	1400	1600	1800	2000	2200
0	0,847	560	530	510	455	375	270
1	0,845	560	525	500	450	370	265
2	0,806	550	520	480	420	320	220
4	0,754	535	510	455	365	250	175
6	0,708	525	485	410	290	195	135
8	0,657	515	450	345	220	150	
10	0,611	485	400	260	170	100	
12	0,575	460	345	200	130		

Приведенный пример показывает, что деформация при взрыве 8-метровой стальной колонны, не вызывающая потери несущей способности, тем не менее, ведет к снижению ее критической температуры на 200-300 °С. В зависимости от

рабочей нагрузки критическая температура при прогибе 10-12 см может достигать от 100 до 200 °С. По результатам расчетов предел огнестойкости незащищенной стальной колонны даже при минимальной нагрузке не более R15, что не соответствует требуемой степени огнестойкости. Поэтому, не говоря о случае повреждения огнезащитного покрытия, следует заметить, что обычно такие покрытия рассчитываются на достижение стальной колонной критической температуры 450-500 °С. Вспучивающиеся покрытия начинают работать с температуры 140 °С [5], когда колонна уже может находиться на грани потери несущей способности. То есть, деформация стальной колонны при взрыве даже без повреждения огнезащитного покрытия приведет к значительному снижению предела огнестойкости конструкции.

С другой стороны из таблицы видно, что на стадии проектирования ОПО можно рассчитать рабочую нагрузку на конструкции, для которой при условии сохранения огнезащитного покрытия при взрыве будет обеспечена необходимая устойчивость.

На основании методики рассмотренной в данной работе для объектов повышенной опасности можно прогнозировать устойчивость стальных колонн при аварийных взрывах с последующим пожаром, а также рекомендовать величины рабочих нагрузок и параметры огнезащитных покрытий, обеспечивающих необходимую устойчивость.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ройтман В.М. Стойкость зданий и сооружений против прогрессирующего обрушения при комбинированных особых воздействиях участием пожара // Вестник МГСУ. – М.: МГСУ, 2009. Спец. вып. №2.– С. 37-59.
2. Васильченко А.В. Учет комбинированного воздействия взрыва и пожара на железобетонные изгибаемые конструкции / Васильченко А.В. // Матеріали ІІ Всеукраїнської наук.-практ. конференції "Проблеми цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи". – Харків: НУЦЗУ, 2013. – С.150-152.
3. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / Под общей редакцией А.П. Беленя. – М.: Стройиздат, 1986.– 560 с.
4. Васильченко А.В. Огнестойкость стальной колонны при комбинированном воздействии "взрыв-пожар" /Васильченко А.В., Ковалевская Т.М.// Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Харьков, НУЦЗУ, 2018.– Вып. 43. – С.25-30.
5. Ройтман В.М. К вопросу об оценке долговечности огнезащитных покрытий / Ройтман В.М., Щербина С.В., Габдулин Р.Ш. // Наука и безопасность. – № 4. – 2012.