

**ВЛИЯНИЕ СВЕРХНОРМАТИВНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТАЛЬНЫХ
КОЛОНН НА ИХ ОГНЕСТОЙКОСТЬ**

**INFLUENCE OF SUPERNORMATIVE DEFORMATIONS OF STEEL
COLUMNS ON THEIR FIRE RESISTANCE**

*канд. техн. наук А.В. Васильченко, канд. техн. наук Ю.А. Отрош,
Д.Б. Анацкий, А.С. Гапонова
Национальный университет гражданской защиты Украины (г. Харьков)*

*A. Vasilchenko, PhD, Y. Otrosh, PhD,
D. Anatskiy, A. Haponova
National University of Civil Defence of Ukraine (Kharkiv)*

Чрезвычайные ситуации на промышленных объектах, связанные с увеличением нагрузки (например, аварийные взрывы), могут приводить к значительным деформациям строительных конструкций. Эти деформации не обязательно приводят к их обрушениям, однако снижают несущую способность. Кроме того, следствием аварийных взрывов являются пожары, также влияющие на несущую способность конструкций. Поскольку на промышленных объектах аварийные взрывы, сопровождающиеся возникающими после них пожарами, весьма вероятны, то изучение особенностей поведения строительных конструкций в этих условиях является актуальным [1].

Значительная часть промышленных зданий представляет собой стальные каркасные конструкции. Поэтому имеет смысл изучить поведение именно таких конструкций при воздействии взрыва и пожара. При этом необходимо ответить на вопросы: насколько сильно при комбинированном воздействии влияет деформация стальной конструкции на её предел огнестойкости, насколько эффективны защитные покрытия в такой ситуации, нужно ли это учитывать при проверке степени огнестойкости здания и возможна ли дальнейшая эксплуатация здания после подобного комбинированного воздействия [2].

Стальную колонну, подвергшуюся воздействию взрыва можно представить схематично в виде центрально сжатого шарнирно закрепленного на концах стержня. Действие на стержень ударной волны можно представить, как кратковременный изгибающий момент (КИМ), вызывающий деформацию изгиба в его средней части. Если при этом достигается II стадия НДС, то после релаксации 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 [3-4].

Для защиты стальных конструкций применяют различные способы огнезащиты, обеспечивающие необходимую степень огнестойкости сооружения. Однако при аварийном взрыве гарантировать сохранность или повреждение огнезащиты при взрыве невозможно. Поэтому оценивать огнестойкость стальных конструкций целесообразно не по пределу огнестойкости, а по их критической температуре.

Для оценки влияния деформации на огнестойкость стальной конструкции в качестве примера рассмотрены одноопорные центрально сжатые колонны различных профилей высотой $H = 8$ м, обогреваемые в случае пожара с 4-х сторон. Параметры колонн выбирались сопоставимыми по гибкости, площади сечения и радиусу инерции. Результаты вычислений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зависимости критической температуры стальной колонны от величины остаточного эксцентриситета (изгиба)

Профиль колонны	Нагрузка на колонну, N_p , [кН]	Эксцентриситет, $e_{ост}$, [см]	Коэффициент снижения несущей способности, γ_T	Критическая температура колонны, $\theta_{кр}$, [°C]
Труба $\varnothing 273 \times 7$; $A = 58,5 \text{ см}^2$; $r_x = 9,42 \text{ см}$; $W_x = 593,5 \text{ см}^3$; $\delta_{л} = 0,682 \text{ см}$	400	0	0,454	600
		2	0,471	591
		4	0,508	577
		6	0,581	500
		8	0,664	463
		10	0,723	406
Труба $200 \times 200 \times 6$; $A = 58,7 \text{ см}^2$; $r = 7,73 \text{ см}$; $W = 351 \text{ см}^3$; $\delta_{л} = 0,734 \text{ см}$	400	0	0,579	500
		2	0,67	430
		4	0,76	310
		6	0,92	156
Двутавр 50Ш1; $A = 122,4 \text{ см}^2$; $r_y = 7,18 \text{ см}$; $W_y = 420 \text{ см}^3$; $\delta_{л} = 0,625 \text{ см}$	400	0	0,303	634
		2	0,344	598
		4	0,418	585
		6	0,486	536
		8	0,555	509
		10	0,622	470

Приведенный пример показывает, что сверхнормативные деформации, возникающие при воздействии взрыва на 8-метровую стальную колонну, которые не вызывают потери несущей способности, тем не менее, приводят к снижению критической температуры на 200-300 °C.

Используемые для огнезащиты вспучивающиеся покрытия начинают работать с температуры 200–220 °C [5]. Из табл. 1 видно, что при таких температурах после воздействия взрывной волны 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 ее огнестойкости.

[1] Голоднов О.І. Про необхідність розрахунку будівель зі сталевим каркасом на температурні впливи / Голоднов О.І., Антошина Т.В., Отрош Ю.А. // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – К. : Вид-во «Сталь», 2017. – Вип. 20. – С. 65-84.

[2] Ковальов А.І. Точність визначення параметрів покриттів сталевих конструкцій при вуглеводневому режимі пожежі /Ковальов А.І., Зобенко Н.В., Отрош Ю.А., Хмиров І.М., Данілін О.М.// Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. – Харьков, НУЦЗУ, 2018.– Вып. 43. – С.73-79.

[3] Васильченко А.В. Огнестойкость стальной колонны при комбинированном воздействии "взрыв-пожар" /Васильченко А.В., Ковалевская Т.М.// Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. – Харьков, НУЦЗУ, 2018.– Вып. 43. – С.25-30. <http://reposit.sc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7009>.

- [4] Anatskiy D.V. Method of investigation of combined influence "explosion-fire" on a reinforced concrete ribbed plate / Anatskiy D.V., Vasilchenko A.V. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Universum View 6».– Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2018. – С.19-21. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8652>.
- [5] Vasilchenko A. Feature of fire resistance calculation of steel designs with intumescent coating / Vasilchenko A., Otrosh Y., Adamenko N., Doronin E., Kovaliov A. // MATEC Web of Conferences 230, 02036 (2018). DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002036>. https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/89/mateconf_transbud2018_02036/mateconf_transbud2018_02036.html.