

## ОСОБЕННОСТЬ РАСЧЕТА ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ РЕБРИСТОЙ ПЛИТЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ "ВЗРЫВ-ПОЖАР"

*А.В.Васильченко, к.т.н., доцент, НУГЗУ, Харьков*  
*Д.Б.Анацкий, курсант, НУГЗУ, Харьков*

На многих объектах повышенной опасности (ОПО) осуществляются технологические процессы с веществами, способными при определенных условиях взрываться и вызывать пожар. Поэтому строительные конструкции таких объектов должны проектироваться с учетом опасности аварийных взрывов, а также соответствовать требуемой степени огнестойкости [1].

Можно ожидать, что при взрыве и пожаре последствия для несущих конструкций каркаса и ограждающих конструкций будут различаться. Если несущие конструкции выдержат такое воздействие, то ограждающие конструкции, обладающие меньшим запасом прочности, но выбранные по принципу соответствия класса огнестойкости могут не выдержать комбинированного воздействия.

В промышленных зданиях ОПО в качестве ограждающих конструкций покрытия часто и в большом количестве используют железобетонные ребристые плиты. Изучение их поведения при воздействии взрыва и пожара может представлять интерес как для проектирования ОПО, так и для прогнозирования их состояния после чрезвычайных ситуаций [2].

В данной работе рассматривается комбинированное воздействие взрыва и последующего пожара на примере железобетонной ребристой плиты не только с точки зрения условий сохранения ее устойчивости, но и возможности дальнейшей эксплуатации.

При взрыве действие на плиту ударной волны можно представить как кратковременный изгибающий момент (КИМ), вызывающий деформацию изгиба, направленную вверх. Если плита надежно удерживается в местах крепления, то в верхней части плиты образуется растянутая зона бетона. При этом в бетоне развиваются пластические деформации и образуются трещины, глубина которых зависит от силы воздействия ударной волны. После взрыва плита возвращается в первоначальное положение, но образовавшиеся трещины выключают из работы слой бетона равный глубине трещин. Таким образом, после взрыва полезная толщина плиты уменьшится, что приведет к снижению несущей способности и вызовет увеличение коэффициента сопротивления рабочей арматуры. При пожаре это приведет к уменьшению критической температуры рабочей стальной арматуры и снижению предела огнестойкости плиты.

Исходя из вышесказанного, для исследования поведения железобетонной ребристой плиты при комбинированном воздействии взрыва и пожара необходимо [2]:

- оценить давление, при котором нарушается крепление плиты;
- проверить прочность плиты при обратном изгибе, когда давление ударной волны не нарушает крепление плиты;
- оценить трещинообразование на верхней грани плиты при обратном изгибе [3];
- проверить при нормальных условиях прочность плиты с образовавшимися трещинами на верхней грани (при уменьшенной полезной толщине плиты) [3];
- оценить коэффициент снижения сопротивления рабочей арматуры при уменьшенной полезной толщине плиты и критическую температуру рабочей арматуры [4];
- оценить предел огнестойкости плиты [4].

Проверка прочности ребристой плиты в ее частях показывает, что полка и продольное ребро разрушаются при давлении ударной волны меньшем давления отрыва плиты. Поэтому в дальнейшем расчеты следует вести для двух случаев давления: когда конструкция

выдерживает обратный КИМ без значительной пластической деформации и когда деформации обратного КИМ вызывают образование трещин.

Оценочные расчеты по [3] показывают, что трещины шириной 1 см на верхней грани продольных ребер ребристой плиты образуются при давлении на фронте ударной волны порядка  $\Delta p = 46$  кПа. Относительно безопасным для ребристой плиты будет давление  $\Delta p = 4$  кПа, при котором не образуются трещины более 1 мм.

Определить глубину образовавшихся трещин расчетными методами затруднительно. Можно предположить на основании наблюдений [5], что при ширине трещин до 1 мм их глубина будет в пределах 1...2 см, а при ширине 1 см – в пределах 10...20 см.

При этих обстоятельствах проверка по I предельному состоянию показывает, что полка выдерживает рабочую нагрузку при глубине трещин не более 2,6 см, а продольное ребро – при глубине трещин не более 4,1 см.

Пределы огнестойкости железобетонной ребристой плиты с трещинами различной глубины по верхней грани полки и продольных ребер оценивались с учетом несущей способности по методике [4].

Согласно расчетной оценке при трещинах глубиной до 2,5 см в полке и продольных ребрах плита сохраняет несущую способность, но теряет в огнестойкости до 75 % [2]. При трещинах глубиной около 5 см плита теряет целостность (за счет полки), но можно предположить, что это не вызовет ее обвала. Об огнестойкости в этом случае можно говорить только в смысле недопущения разрушения поврежденной плиты. При глубине трещин более 5 см, как показывают расчеты, плита разрушается при нормальных условиях.

Предложенная в работе [2] методика исследования поведения железобетонной ребристой плиты при комбинированном воздействии взрыва и пожара позволила показать, что прочность сварного крепления ребристой плиты превышает ее прочность при обратном изгибе. Поэтому можно рассчитать силу взрыва, не разрушающего плиту, и исследовать ее части как изгибаемые элементы с соответствующими закреплениями. Исходя из этого, можно вычислить давление ударной волны, при котором плита не претерпит образования значительных трещин на верхней грани и давление, при котором появятся глубокие трещины.

Оценочные расчеты показали, что происшедшее в результате взрыва из-за возникших трещин выключение из работы части сжатого слоя бетона железобетонной ребристой плиты сильно сказывается на снижении ее огнестойкости. На основании этих расчетов появляется возможность учитывать необходимые параметры ребристых плит при проектировании и эксплуатации конструкций ОПО, а также прогнозировать относительно безопасное количество взрывчатого вещества в технологическом процессе ОПО, не приводящее к катастрофическим последствиям.

## 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. Оценка огнестойкости железобетонной ребристой плиты при комбинированном воздействии "взрыв-пожар" /Васильченко А.В., Ковалевская Т.М., Стельмах О.А.// Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Харьков, НУЦЗУ, 2018.– Вып. 44.
3. Кумпьяк, О.Г. Железобетонные и каменные конструкции: учебник / О.Г. Кумпьяк [и др.]. – М. : Изд-во АСВ, 2011. – 672 с.
4. МДС 21-2.2000. Методические рекомендации по расчету огнестойкости и огнестойкости железобетонных конструкций. Госстрой России, 2000.
5. Уткин В.С. Определение надежности железобетонных элементов при наличии в них силовых трещин, нормальных к продольной оси / Уткин В.С., Уткин Л.В. // Бетон и железобетон. 1999.– №5. – С. 15-16.