

УЧЕТ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА И ПОЖАРА НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗГИБАЕМЫЕ КОНСТРУКЦИИ

А.В. Васильченко, к.т.н., доцент, НУГЗУ

Обследование зданий и сооружений является важной частью комплекса работ по оценке их технического состояния. Необходимость в этом возникает при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. При техническом обследовании железобетонных конструкций сравнительно легко можно визуально или инструментально установить их деформации и повреждения, нанесенные пожаром [1]. Сложнее определить их остаточную прочность.

Разнородность материалов, составляющих железобетон, при нагреве приводит к разным температурным деформациям, нарушает связь между цементным камнем, крупным и мелким заполнителем и арматурой. В результате в железобетонных элементах происходят необратимые изменения механических свойств, снижение прочности на сжатие и растяжение, дополнительные прогибы.

Изменение механических свойств бетона при его нагреве и последующем охлаждении в настоящее время оценивается очень приблизительно. Тем более, что сложно оценить глубину критического прогрева бетона [2]. Это затрудняет определение несущей способности железобетонных элементов, подвергшихся огневому воздействию при пожаре и последующему охлаждению.

Еще более сложным является учет степени повреждения железобетонных конструкций подвергшихся воздействию взрыва (например, бытового газа) и возникшего за ним пожара. Взрыв не всегда приводит к разрушению конструкций, но можно предположить, что он повлияет на их огнестойкость и остаточную прочность. Определение значительности этого влияния позволит решить проблему возможности дальнейшего использования железобетонных конструкций после комбинированного воздействия взрыва и пожара.

На примере изгибаемого железобетонного элемента попробуем оценить влияние взрыва на изменение его прочности при пожаре, что может быть выражено такой характеристикой как предел огнестойкости по I предельному состоянию.

Известно, что под влиянием высокой температуры на железобетонную конструкцию бетон и стальная арматура теряют прочность по-разному. Рассмотрим процессы, происходящие в изгибаемом железобетонном элементе – плите – при воздействии взрыва, направленного снизу, и высокой температуры. Будем полагать, что при взрыве плита не разрушается и удерживается на месте анкерами.

Напряженно-деформированное состояние железобетонной плиты при взрыве и кратковременном выгибе плиты вверх характеризуется кратковременным образованием в верхней части плиты растянутой зоны бетона. При этом в бетоне развиваются пластические деформации и образуются трещины, глубина которых зависит от силы взрыва.

После взрыва плита возвращается в первоначальное положение, но образовавшиеся трещины выключают из работы слой бетона в сжатой зоне равный глубине трещин. Таким образом, после взрыва полезная толщина плиты уменьшается, что приводит к снижению несущей способности плиты.

Действительно, можно представить полезную толщину плиты после взрыва h_{oe} как

$$h_{oe} = h_o - h_e, \quad (1)$$

где h_o – полезная толщина плиты до взрыва; h_e – толщина верхнего слоя бетона, поврежденного взрывом.

Уменьшение полезной толщины плиты вызовет увеличение коэффициента сопротивления рабочей арматуры. При пожаре это приведет к уменьшению критической температуры стальной арматуры и снижению предела огнестойкости плиты.

Оценить предел огнестойкости τ_u железобетонной многопустотной плиты по I предельному состоянию можно по формуле из [3]

$$\tau_u = \left(\frac{k \cdot \sqrt{a_r} + y_s}{2 \cdot Y \cdot \sqrt{a_r}} \right)^2, \quad (2)$$

где k – коэффициент плотности бетона; a_r – коэффициент температуропроводности бетона; Y – аргумент функции ошибок Гаусса; y_s – толщина защитного слоя бетона, $y_s = 0,02$ м.

Для плиты ПК60-12-8-Ат-V с арматурными стержнями 9Ø10 Ат-V под суммарной расчетной нагрузкой 10 кН/м^2 предел огнестойкости составляет 53 мин. Если предположить, что в результате взрыва бытового газа в верхней части плиты образовались трещины глубиной 30 мм, то согласно расчету [3] из-за снижения несущей способности ее предел огнестойкости снизится до 50 мин.

Оценочные расчеты показали, что если прогрев бетона снизу не превышает толщины защитного слоя, то происшедшее в результате взрыва выключение из работы части сжатого слоя бетона железобетонной многопустотной плиты незначительно сказывается на снижении ее огнестойкости. Аналогично, мало влияет на несущую способность этой плиты уменьшение толщины сжатого слоя бетона в результате пожара.

Таким образом, необратимые изменения свойств бетона после прогрева не вызовут снижения несущей способности железобетонной многопустотной плиты больше, чем последствия взрыва.

Учет этих особенностей поведения железобетонного изгибаемого элемента позволит более точно проводить обследование строительных конструкций после взрывов и пожаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений / В.Т. Гроздов. – СПб., 2004.
2. Курлапов Д.В. Воздействие высоких температур на строительные конструкции // Инженерно-строительный журнал. – №4. – 2009.
3. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / А.И. Яковлев. – М.:Стройиздат, 1988. – 143 с.