

УДК 699.81 (614.841.33)

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПОВЕДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛОСКИХ  
СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ПРИ ПОЖАРЕ****канд. техн. наук А.И. МОРДИЧ, В.А. КУДРЯШОВ  
(Командно-инженерный институт МЧС Беларуси, Минск)**

*Представлены экспериментально-аналитические исследования поведения железобетонных плоских сборно-монолитных перекрытий серии Б1.020.1-7 при пожаре. В качестве сертификационных стандартных испытаний были приняты два идентичных образца – плоские фрагменты сборно-монолитного перекрытия. В ходе сравнения различных экспериментальных результатов была выявлена зависимость предела огнестойкости перекрытия от средней скорости нарастания прогиба.*

*Анализ распределения температур по сечениям образцов в сочетании с данными по деформациям позволяет сделать вывод, что разрушение сборно-монолитного перекрытия происходит в результате интенсивного прогрева нижней арматуры связевых ригелей и межплитного шва. Установлено, что нарастание прогибов для всех образцов является линейным, а в момент достижения предела огнестойкости проявляется нелинейная вертикальная составляющая. Сдержанный характер прогиба конструкции при достижении критических значений температур в рабочей арматуре многопустотных плит объясняется ограничением продольных деформаций плит распором, передаваемым по торцам плит от несущих монолитных ригелей.*

**Введение.** Огнестойкость строительных конструкций – один из фундаментальных параметров системы обеспечения пожарной безопасности здания. Именно огнестойкостью строительных конструкций определяется степень огнестойкости здания, которая во многом предопределяет объёмно-планировочные и инженерные решения здания. Время, при котором строительные конструкции способны сопротивляться воздействию пожара, во многом определяет успешную эвакуацию людей из здания, а также возможность пожарных подразделений потушить пожар.

Известно, что железобетонные сборно-монолитные перекрытия с многопустотными плитами наиболее эффективны для многоэтажных зданий. В конструкциях таких перекрытий рационально совмещают положительные качества, присущие сборным и монолитным конструкциям, прежде всего это предварительное напряжение арматуры, пустотность, неразрезность и статическая неопределимость – факторы, в целом благоприятно влияющие на несущую способность и эксплуатационные качества перекрытий [1 – 3].

С точки зрения огнестойкости наиболее сложными в оценке считаются конструктивные узлы сопряжения конструкций. Это связано в первую очередь с недостаточным количеством опытных данных, обусловленных сложностью и дороговизной экспериментальных исследований.

При относительном избытке теоретических и эмпирических исследований огнестойкости сборного и монолитного железобетона поведение сборно-монолитных конструкций в условиях пожара практически не исследовано.

**Основная часть.** Исходя из вышеизложенных фактов в 2004 – 2006 годах НИИ ПБ и ЧС Беларуси совместно с Институтом БелНИИС при участии автора спланированы, подготовлены и проведены серии натуральных и стандартных огневых испытаний фрагментов сборно-монолитных каркасов и перекрытий.

**Экспериментальные образцы.** В качестве экспериментальных образцов были приняты различные варианты конструктивных решений сборно-монолитных перекрытий, представленные в серии (рис. 1).

В части натуральных огневых испытаний на территории испытательного полигона НИИ ПБ и ЧС были возведены четыре объёмных фрагмента здания, включающих перекрытия с применением плит агрегатно-поточного формования (рис. 1: I) и плит безопалубочного формования (рис. 1: II), уложенных вплотную, а также плит безопалубочного формования с расширенными межплитными швами, с наличием верхней набетонки (рис. 1: IV) и без неё (рис. 1: III).

В части сертификационных стандартных испытаний были приняты два идентичных образца – плоские фрагменты сборно-монолитного перекрытия – с размером в плане 5400 × 2800 × 220 мм, выполненные из двух сборных многопустотных плит безопалубочного формования, размещённых в замкнутом рамном железобетонном окаймлении (рис. 2).

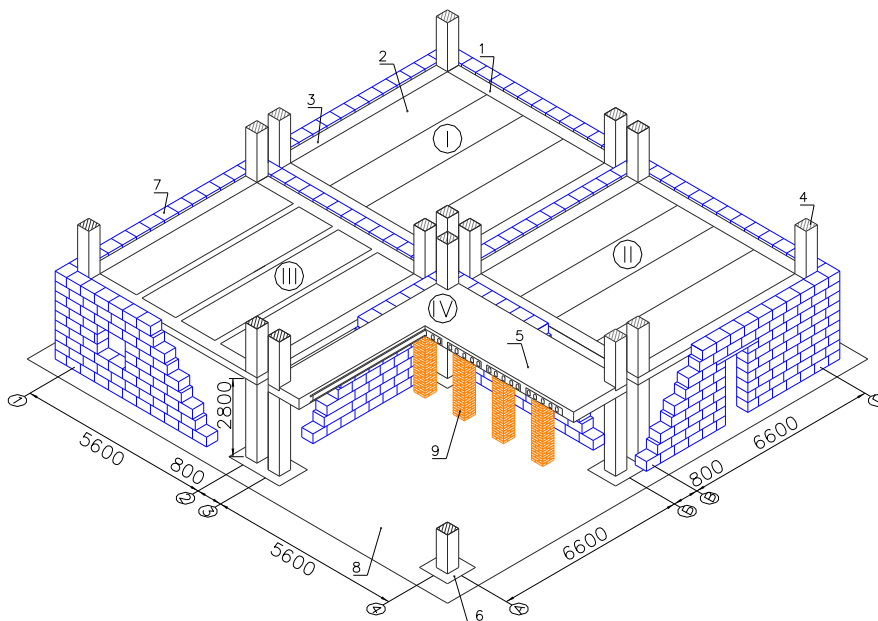


Рис. 1. Общий вид объемных фрагментов каркаса:  
 1 – несущий ригель; 2 – многопустотная плита; 3 – связевой ригель; 4 – колонна;  
 5 – армированный бетонный слой; 6 – фундамент; 7 – стеновое ограждение;  
 8 – бетонное основание; 9 – страховочные опоры

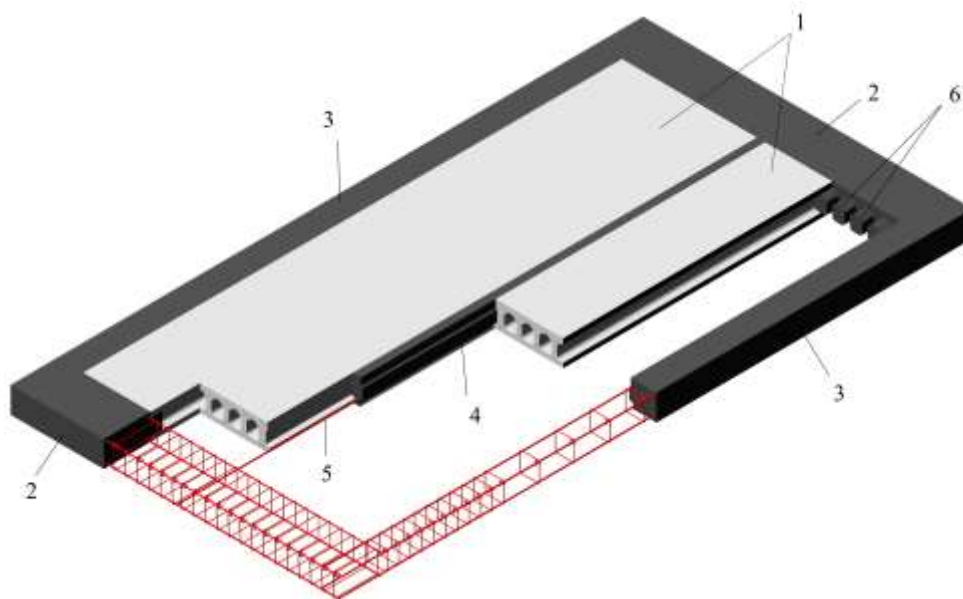


Рис. 2. Конструкция опытных образцов фрагментов:  
 1 – многопустотные плиты; 2 – несущий ригель монолитного окаймления;  
 3 – связевой ригель; 4 – межплитный шов омоноличивания;  
 5 – сквозной продольный арматурный стержень межплитного шва; 6 – бетонные шпонки

**Экспериментальные результаты и их анализ.** Испытания проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 30247.0-94, ГОСТ 30247.1-94 и методикой испытаний НПБ РФ 233-96 [4 – 6]. В ходе натуральных огневых испытаний при помощи искусственного воздухообмена выдерживали стандартный температурный режим.

При анализе результатов замера температуры бетона по высоте сечения образцов в ходе стандартного огневого воздействия отмечается значительное влияние влажности на прогрев образцов. В ходе испытаний наблюдалось активное выделение несвязанной воды (влаги) на верхнюю необогреваемую по-

верхность образцов. Начиная с 20...30 минуты, было замечено влажностное потемнение поверху бетона, а также видимое паровыделение со всей поверхности образца. Данный процесс интенсифицировался во времени, достигнув максимума на 45...60 минуте.

Таким образом, на кривых прогрева бетонного сечения явно наблюдаются горизонтальные изо-термы кипения воды (рис. 3), которые снижают скорость прогрева сечения.

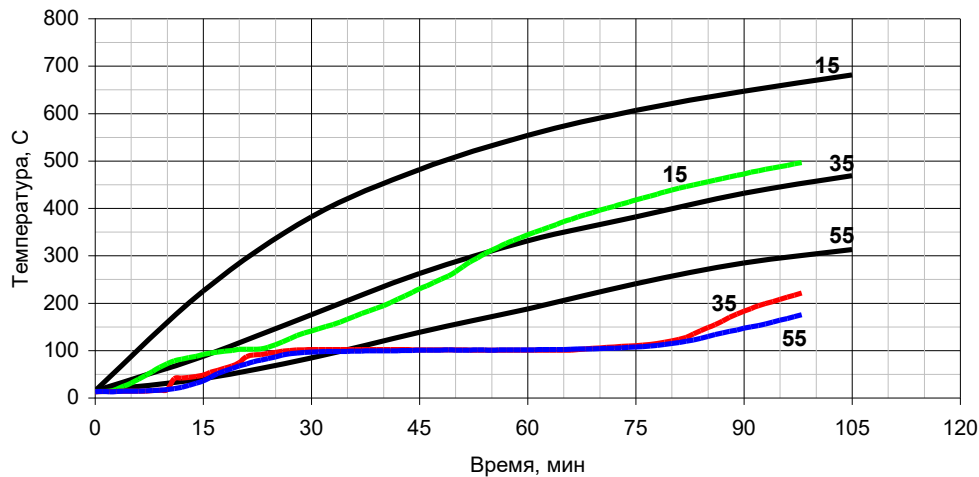


Рис. 3. Изменение температур в сечении связевого ригеля на высоте 15, 35 и 55 мм от обогреваемой стороны образцов по сравнению с расчётными кривыми распределения температур

При сравнении полученных результатов с расчётными по существующим методикам [7 – 9] можно сделать вывод, что расчётные кривые дают завышенную оценку прогрева бетонного сечения, в некоторых точках превышающую значения экспериментальных до 200 °С, что приводит к несколько заниженному значению предела огнестойкости при расчёте, что вполне допустимо.

В ходе сравнения различных экспериментальных результатов была выявлена зависимость предела огнестойкости перекрытия от средней скорости нарастания прогиба. Установлено, что нарастание прогибов для всех образцов является линейным, а в момент достижения предела огнестойкости проявляется нелинейная вертикальная составляющая.

В зависимости от конструкции и статической схемы работы средняя скорость варьируется в пределах 2...5 мм/мин. При этом образцы со скоростью нарастания прогиба 2 мм/мин имели предел огнестойкости 90...120 минут, 5 мм/мин – 45...60 минут. Стоит отметить, что в ходе натурных испытаний резкого нарастания значения прогибов зафиксировано не было. Это позволяет утверждать, что предел огнестойкости ни в одном из объёмных фрагментов в течение времени фиксации прогибов не был достигнут.

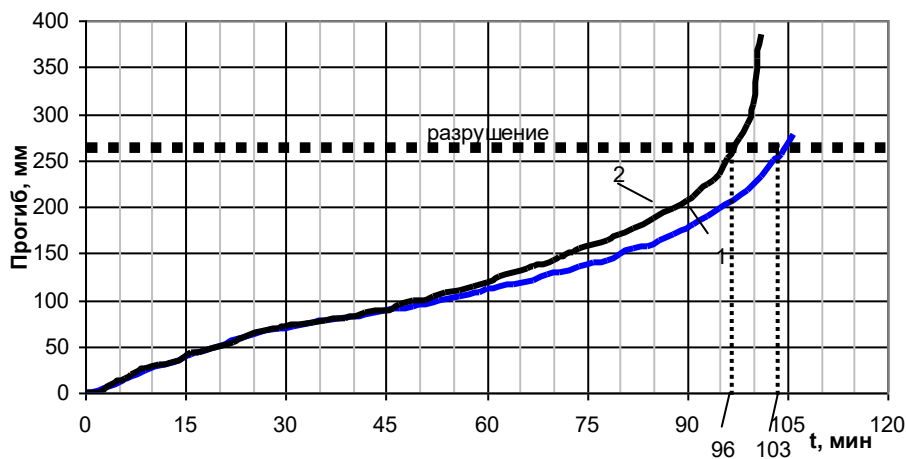


Рис. 4. Развитие прогибов середины пролёта плоских фрагментов

Как видно из рисунка 4, для плоских фрагментов сборно-монолитных перекрытий до 90 минуты включительно характерно линейное нарастание прогиба при средней скорости 2,2 мм/мин. К концу испытания график нарастания прогиба приобрел нелинейный характер с достижением на 96...103 минутах значения предельного прогиба. Полное разрушение образцов с лавинообразным нарастанием прогибов произошло на 103...107 минутах.

Анализ распределения температур по сечениям образцов в сочетании с данными по деформациям позволяет сделать вывод, что разрушение сборно-монолитного перекрытия происходит в результате интенсивного прогрева нижней арматуры связевых ригелей и межплитного шва. В указанной арматуре в определённый момент времени наступает пластическое течение, что приводит к раздвижке несущих ригелей и обрушению конструкции с последующим срезом монолитных неармированных опорных шпонок. В отличие от плоских фрагментов со свободным их опиранием, в рамных фрагментах подобное разрушение не наблюдалось и на практике маловероятно.

**Заключение.** Результаты ранее проведенных испытаний свободно опертых многопустотных плит свидетельствуют о том, что предел огнестойкости таких конструкций при нормативной распределённой нагрузке редко превышает значение 45...60 минут. Значение предела огнестойкости, равное 90 минутам для испытанных сборно-монолитных перекрытий, объясняется реализацией внутренних распорных усилий и условий опирания многопустотных плит на монолитные ригели. Сдержанный характер прогиба конструкции при достижении критических значений температур в рабочей арматуре многопустотных плит также объясняется ограничением продольных деформаций плит распором, передаваемым по торцам плит от несущих монолитных ригелей.

Результаты экспериментально-теоретических исследований были использованы при расчёте огнестойкости проектируемого многоэтажного жилого дома в Минске, а также учтены при разработке нормативного правового акта системы технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь ТКП «Строительные конструкции. Правила определения пределов огнестойкости».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маклакова, Т.Г. Конструкции гражданских зданий: учеб. пособие / Т.Г. Маклакова, С.М. Нанасова. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 296 с.
2. Дыховичный, Ю.А. Оптимальное строительное проектирование / Ю.А. Дыховичный, В.А. Максименко. – М.: Стройиздат, 1990. – 303 с.
3. Пространственные конструктивные системы зданий и сооружений, методы расчёта, конструирования и технология возведения = Space structural systems, three-dimensional analysis, design and building technology: тр. междунар. науч.-техн. конф., г. Минск, 10 – 12 окт. 2001 г.: в 2 т. Т. 1 / ред. колл.: А.И. Мордич [и др.]. – Минск: Стринко, 2002. – 288 с.
4. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94. – Введ. 01.10.1998. – Минск: Минсктиппроект, 1998. – 12 с.
5. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции: ГОСТ 30247.1-94. – Введ. 01.10.1998. – Минск: Минсктиппроект, 1998. – 7 с.
6. Нормы пожарной безопасности Российской Федерации. Здания и фрагменты зданий. Методы натуральных огневых испытаний. Общие требования: НПБ 233-96 – Введ. 01.01.03. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 18 с.
7. Система противопожарного нормирования и стандартизации Республики Беларусь: рекомендации по расчёту пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций / НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1986. – 36 с.
8. Система нормативных документов в строительстве Российской Федерации: методические рекомендации по расчёту огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций: МДС 21-2.2000. – М.: ГУП «НИИЖБ» Госстроя России, 2000. – 92 с.
9. Стандарт организации. Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. СТО 36554501-006-2006. – М.: ФГУП НИЦ Строительство, 2006. – 78 с.

Поступила 14.09.2007