

УДК 614.841.332

Н.А. ИЛЬИН**Д.А. ПАНФИЛОВ****Д.В. ЛИТВИНОВ****П.Н. СЛАВКИН**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

EVALUATION OF FIRE-RESISTANCE OF STRUT REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

В СГАСУ разработано техническое решение, которое относится к проблеме пожарной защиты зданий и сооружений (далее – зданий). В частности, оно используется для классификации сжатых железобетонных конструкций по показателям сопротивления их высокотемпературному воздействию в условиях пожара или технологической аварии. Это дает возможность обоснованного использования проектируемой конструкций с фактическим пределом огнестойкости в зданиях различной конструктивной пожарной опасности. Оценка фактических пределов огнестойкости инженерным расчетом (по сравнению с натурными испытаниями железобетонных конструкций) позволяет получить значительный ресурсоэнергосберегающий эффект.

Ключевые слова: здания и сооружения, железобетонные конструкции, неразрушающие испытания, оценка огнестойкости, методика расчета, ресурсоэнергосбережение.

Потребность определения фактической огнестойкости строительных железобетонных конструкций возникает при реконструкции здания, усилении его частей, приведении огнестойкости конструкций здания в соответствие с требованиями нормативных документов при в процессе проведения экспертизы или восстановлении конструкций здания после разрушительного пожара или технологической аварии [1].

В процессе реконструкции капитального здания возможно переустройство и перепланировка помещений, изменение их функционального назначения, класса пожароопасности, замена строительных конструкций и оборудования. Изменение пожарнотехнических характеристик здания влияет на изменение требуемой огнестойкости его конструкций.

В технической литературе известна система действий по оценке огнестойкости железобетонных конструкций в процессе изучения последствий на-

In SGASU a new engineering solution for buildings fire protection is developed. It's especially efficient for classification of reinforced concrete structures according to their resistance to high-temperature impact in case of fire or technological emergency that gives an opportunity to use a structure with actual fire resistance grading in buildings of different structural fire hazard. Evaluation of actual fire resistance grading by engineering analysis (as opposed to in-place tests of reinforced concrete structures) makes possible resource and energy saving.

Key words: buildings and structures, reinforced concrete structures, non-destructive tests, fire-resistance evaluation, calculation procedure, resource and energy saving.

турного пожара. Эта система действий включает в себя определение положения конструкций в здании, оценку состояния конструкции путем осмотра и измерения, изготовление контрольных образцов бетона и арматуры, определение времени наступления предельного состояния по потере несущей способности конструкции, т.е. обрушения в условиях действия внешней нагрузки и кратковременного высокотемпературного натурного пожара или технологической аварии [1].

К существенным несовершенствам известной системы действий относится то, что фактические пределы огнестойкости определяют приближенно по результатам исследования последствий прошедшего пожара. Детальное исследование пожара предопределяет длительную работу строительного эксперта. При этом невозможно определить фактическую огнестойкость натуральных конструкций,

имеющих другие размеры и другую внешнюю нагрузку. Сопоставление полученных результатов со стандартными огневыми испытаниями аналогичных конструкций затруднительно. Следовательно, этот способ оценки огнестойкости дорог имеет малую технологическую возможность к повторным испытаниям, трудоемок и опасен для испытателей.

Имеются сведения о системе действий по оценке фактической огнестойкости сжатых железобетонных конструкций по результатам натуральных огневых испытаний фрагмента здания. В известной системе действий по оценке огнестойкости производят осмотр конструкций, определяют влажность бетона, назначают статическую нагрузку на конструкцию соответственно реальным условиям эксплуатации здания, определяют факторы, влияющие на огнестойкость испытываемой конструкции и величину фактического предела огнестойкости¹.

При использовании известной системы действий по оценке огнестойкости велики экономические затраты на проведение огневых испытаний. Наблюдения за состоянием конструкций в условиях экспериментального пожара затруднено и небезопасно. Вследствие различий высокотемпературного режима опытного и стандартного пожаров затруднено определение истинных значений фактических пределов огнестойкости конструкций. Причины разрушения сжатых железобетонных конструкций фрагмента здания могут быть не установлены из-за многообразия одновременно действующих факторов пожара. Предельное состояние по огнестойкости сжатых железобетонных конструкций может быть не достигнуто вследствие раннего разрушения стен здания [2; 9; 10].

Наиболее близкой системой действий того же назначения является система действий по определению огнестойкости сжатых железобетонных конструкций путем испытания, которая включает в себя проведение технического осмотра, установление вида бетона и арматуры конструкции, выявление условия их опирания и крепления, определение времени наступления предельного состояния по признаку потери несущей способности конструкции под нормативной нагрузкой в условиях стандартного огневого воздействия².

Однако в известной системе действий определение огнестойкости проводят на образце сжатой железобетонной конструкции, на которую воздей-

ствуют только постоянные и длительные нагрузки в их расчетных значениях с коэффициентом надежности, равным единице, т.е. нормативные нагрузки.

Испытания в условиях кратковременного высокотемпературного воздействия проводят на специальном стендовом оборудовании в огневых печах до наступления признаков разрушения образцов конструкций. Размеры образцов сжатых железобетонных конструкций ограничивают в зависимости от проемов и объемов стационарных печей. Вследствие этого стандартные огневые испытания трудоемки, неэффективны, небезопасны, имеют малые технологические возможности для проверки на опыте различных по размерам и разнообразно нагруженных конструкций, не дают необходимой информации о влиянии единичных показателей качества конструкции на величину ее огнестойкости. Определение фактической огнестойкости сжатых железобетонных конструкций по единичному показателю качества, например, по толщине защитного слоя бетона, недооценивает пригодность эксплуатации строительной конструкции в здании заданной степени огнестойкости. Экономические затраты на проведение огневых испытаний возрастают за счет расходов на демонтаж строительной конструкции, транспортирование к месту установки нагревательных печей специализированных лабораторий на создание в них стандартного огневого режима. По малому числу испытываемых образцов (2-3 шт.) невозможно судить о действительном пределе огнестойкости железобетонных конструкций здания. Результаты высокотемпературного огневого испытания единичны и не учитывают разнообразия в закреплении концов железобетонных конструкций, их фактических размеров, фактического армирования и схемы обогрева опасного сечения испытываемой сжатой железобетонной конструкции в условиях пожара.

Суть разработанного технического решения состоит в установлении показателей пожарной безопасности здания в части гарантированной длительности сопротивления сжатой железобетонной конструкции в условиях пожара; в определении проектных пределов огнестойкости сжатых железобетонных конструкций при проектировании, строительстве и эксплуатации здания; в снижении экономических затрат при оценочном испытании железобетонных конструкций на огнестойкость [4, 5].

Положительный технический результат при использовании предложенного метода достигается тем, что определение огнестойкости сжатых железобетонных конструкций проводят путем испытания,

¹ ГОСТ Р 53309-2009. Здания и фрагменты зданий. Метод натуральных огневых испытаний. Общие требования. М., 2009. С. 6-12.

² ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытания на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. М., 1994.

которое включает в себя проведение технического осмотра, установление вида бетона и класса арматуры сжатых железобетонных конструкций, выявление условий их опирания и крепления, определение времени наступления предельного состояния по признаку потери несущей способности элементов конструкции под нормативной нагрузкой в условиях стандартного огневого воздействия. Однако испытания сжатых железобетонных конструкций проводят без разрушения, используя комплекс единичных показателей качества. При этом определяют количество участков, в которых вычисляют показатели качества. Технический осмотр дополняют инструментальными измерениями геометрических размеров сжатых железобетонных конструкций и их расчетных сечений, устанавливают площади бетона и рабочей арматуры в расчетных сечениях, выявляют схемы обогрева их при пожаре, определяют показатели плотности бетона и его влажности в естественном состоянии и величину показателя термодиффузии бетона, находят предельные сопротивления бетона и рабочей арматуры при сжатии, степень армирования расчетных сечений элементов, устанавливают величину испытываемой нагрузки на сжатые элементы в условиях пожара и величину интенсивности силовых напряжений в расчетных сечениях.

Вычисление проектного предела огнестойкости сжатой железобетонной конструкции по признаку потери несущей способности $F_{U(R)}$, мин, проводят по алгебраическому выражению

$$F_{U(R)} = \frac{5 \cdot (1 - J_{\sigma_0})^2 \cdot B_{\min}^2 \cdot (1 - 0,6 \cdot \alpha_{us}) \cdot \phi}{D_{bm}^2 \cdot R_{bn}^{0,25}}, \quad (1)$$

где J_{σ_0} – интенсивность начальных напряжений в расчетном сечении конструкции ($0 \div 1$); B_{\min} – минимальная ширина поперечного сечения элемента, мм; D_{bm} – показатель термодиффузии бетона, мм²/мин; α_{us} – степень усиления железобетона продольной арматурой; ϕ – коэффициент продольного прогиба сжатой конструкции; R_{bn} – нормативная прочность бетона осевому сжатию, МПа³.

(Алгоритм расчета огнестойкости сжатой железобетонной конструкции приведен в примере 2).

Интенсивность силовых напряжений в расчетных сечениях сжатых элементов J_{σ_0} от испытательной нагрузки на огнестойкость определяют из условия

$$J_{\sigma_0} = k_{3k} \cdot N_p / N_{uo}, \quad (2)$$

где k_{3k} – коэффициент условий закрепления сжатых железобетонных конструкций; N_p – испытательная нагрузка при расчете огнестойкости сжатых железобетонных конструкций, кН; N_{uo} – разрушающая сжатые элементы продольная сила до начала огневого испытания, кН.

Степень армирования бетона сжатых железобетонных конструкций α_{us} вычисляют по алгебраическому выражению

$$\alpha_{us} = \frac{A_s}{A} \div \frac{R_{sc}}{R_{bn}}, \quad (3)$$

где A_s и A – соответственно площади рабочей арматуры и всего бетона в поперечном сечении элемента, мм²; R_{sc} и R_{bn} – соответственно расчетное сопротивление арматуры сжатию и нормативное сопротивление бетона осевому сжатию, МПа.

Показатель термодиффузии бетона D_{bm} , мм²/мин, определяют при осреднённой температуре $t_m = 450$ °С из алгебраического выражения

$$D_{bm} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot (\lambda_0 \pm b \cdot 10^{-3} \cdot t_m)}{p_c \cdot (C_0 + d \cdot 10^{-3} \cdot t_m + \varpi/20)}, \quad (4)$$

где λ_0 и \bar{C}_0 – соответственно показатели теплопроводности, Вт/(м·°С), и удельной теплоёмкости бетона, кДж/(кг·°С), при нормальной температуре (20 ± 5 °С); p_c и ϖ – плотность бетона в сухом состоянии, кг/м³, и его влажность % по массе; b и d – термические коэффициенты теплопроводности и теплоёмкости материала огнезащиты (бетона).

Коэффициент продольного прогиба сжатой железобетонной конструкции определяют из уравнения:

$$\phi = 0,9 - 7 \cdot 10^{-3} \left(\frac{l_0}{B_{\min}} - 10 \right), \quad (5)$$

где l_0 – расчетная длина; B_{\min} – ширина расчетного сечения, мм

Неразрушающие испытания проводят для группы однотипных элементов железобетонных конструкций, различия между прочностью бетона и текучестью рабочей арматуры которых обусловлены главным образом случайным фактором.

За единичные показатели качества сжатых железобетонных конструкций, влияющих на фактический предел огнестойкости, принимают: геометрические размеры опасного сечения, условия закрепления концов сжатых конструкций, прочность бетона на осевое сжатие, сопротивление рабочей арматуры сжатию, испытательную нагрузку на ог-

³ СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СП 52-101-2003 / Госстрой России. М.: ГУП НИИЖБ, ФГУП ЦПП, 2012. 155 с.

нестойкость, интенсивность силовых напряжений в расчетных сечениях, влажность и плотность бетона в естественном состоянии, показатель термодиффузии бетона, глубину залегания арматуры [3; 6; 7].

Число испытаний ($n_{ис}$) единичного показателя качества сжатых железобетонных конструкций (при вероятности результата 0,95 и погрешности 5%) принимают по алгебраическому выражению

$$n_{ис} = 0,15 \cdot v^2 \geq 6, \quad (6)$$

где v - выборочный коэффициент вариации результатов испытаний, %.

Схему обогрева поперечных сечений испытываемых сжатых железобетонных конструкций в условиях пожара определяют в зависимости от фактического расположения частей здания в пространстве.

В случае, когда все единичные показатели качества железобетонных конструкций (при M более 9 шт.) находятся в контрольных пределах, минимальное целое число конструкций в выборке по плану сокращенных испытаний $M_{мин}$ шт., назначают из условия

$$M_{мин} = 0,3 \cdot (15 + M^{0,5}) \geq 5, \quad (7)$$

где M - число однотипных конструкций в здании, шт.

В случае, когда хотя бы один из единичных показателей качества сжатых железобетонных конструкций выходит за границы контрольных пределов, минимальное число конструкций в выборке по нормам определяют из выражения

$$M_n = 5 + M^{0,5} \geq 8. \quad (8)$$

В случае, когда хотя бы один из единичных показателей качества сжатых железобетонных конструкций выходит за границы допустимых пределов или $M \leq 5$ шт., неразрушающему испытанию подвергают все однотипные конструкции здания поштучно.

Коэффициент условий закрепления сжатых железобетонных конструкций определяют по степенной функции

$$k_{зк} = \mu_0^{0,5}, \quad (9)$$

где μ_0 - коэффициент расчетной длины сжатых элементов железобетонных конструкций (0,7-2,5) п. 3.25 [5].

Устранение огневых испытаний сжатых железобетонных конструкций существующего здания и замена их на неразрушающие испытания снижает трудоемкость оценки огнестойкости, расширяет технологические возможности выявления фактической огнестойкости разнообразно нагруженных конструкций различных размеров, дает возможность проведение испытания железобетонных конструкций на огнестойкость без нарушения функционального процесса обследуемого здания, а также сопоставления

полученных результатов со стандартными испытаниями аналогичных конструкций и сохранение эксплуатационной пригодности обследуемого здания без нарушения несущей способности его конструкций в процессе испытания. Вследствие этого условия испытания железобетонных конструкций на огнестойкость значительно упрощены и экономичны.

Снижение экономических затрат на проведение неразрушающего испытания предусматривается за счет уменьшения расходов на демонтаж, транспортирование и огневые испытания образцов конструкций в специализированных лабораториях.

Применение математического описания процесса сопротивления сжатых железобетонных конструкций стандартному огневому испытанию повышает точность и экспрессивность оценки их пределов огнестойкости.

Использование интегральных конструктивных параметров (степени напряжения расчетного сечения и показателя термодиффузии бетона) упрощает математическое описание процесса сопротивления нагруженных железобетонных конструкций кратковременному высокотемпературному воздействию [4; 6].

В предложенном техническом решении оценки огнестойкости железобетонных конструкций предусматривают проведение испытаний не одной, а группы однотипных конструкций. Это позволяет в 5-15 раз увеличить число испытываемых железобетонных конструкций и повысить достоверность результатов испытаний и натурного освидетельствования конструкций здания. Определение огнестойкости сжатых железобетонных конструкций только по одному показателю качества, например по глубине залегания арматуры, приводит, как правило, к недооценке их фактического предела огнестойкости, поскольку влияние на него вариаций единичных показателей качества имеют различные знаки, и снижение предела огнестойкости за счет одного показателя может быть компенсировано другими показателями. Вследствие этого в предложенном аналитическом методе оценку огнестойкости железобетонных конструкций предусматривают не по одному показателю, а по комплексу единичных показателей их качества. Это позволяет с меньшей погрешностью учесть реальный ресурс фактической огнестойкости конструкций.

Принятая величина выборки из общего числа однотипных сжатых железобетонных конструкций здания обеспечивает планируемую достоверность, снижает сроки и трудоемкость проведения огневых испытаний.

Сведения подтверждают возможность осуществления предложенного аналитического метода с получением положительного технического результата. Последовательность системы действий определения огнестойкости сжатых железобетонных конструкций здания состоит в следующем [7].

Вначале проводят визуальный осмотр здания. Затем определяют группу однотипных сжатых железобетонных конструкций и их общее число в ней, величину выборки однотипных железобетонных конструкций. Назначают комплекс единичных показателей качества сжатой железобетонной конструкции, влияющих на предел огнестойкости. Выявляют условия закрепления концов и расчетные сечения сжатых железобетонных конструкций. Рассчитывают число испытаний единичного показателя качества конструкции в зависимости от его статистической изменчивости. Затем оценивают единичные показатели качества железобетонной конструкции и их интегральные параметры и, наконец, по ним находят проектный предел огнестойкости испытуемых железобетонных конструкций [1].

Под визуальным осмотром понимают проверку состояния сжатых железобетонных конструкций, включающую в себя выявление условий закрепления концов железобетонных отдельных конструкций, определение вида бетона, класса прочности на сжатие, толщины защитного слоя, наличие трещин и отколов, нарушение сцепления арматуры с бетоном, наличие коррозии арматурной стали и закладных деталей.

В процессе осмотра определяют группы однотипных сжатых железобетонных конструкций здания. Под группой конструкций в здании понимают однотипные сжатые железобетонные конструкции, изготовленные и возведенные в сходных технологических условиях и которые находятся в подобных условиях эксплуатации в здании.

Схему обогрева в расчетных поперечных сечениях сжатых железобетонных конструкций в условиях пожара определяют в зависимости от фактического расположения частей в пространстве здания, устройства огнезащитных облицовок, укладки смежных конструкций, уменьшение число сторон обогрева в условиях пожара [2;8].

Минимальное целое число сжатых железобетонных конструкций в выборке по плану нормальных или сокращенных испытаний назначают из условий (7) и (8).

Пример 1. При числе однотипных сжатых железобетонных конструкций в группе

$M = 120$ шт, число испытуемых конструкций принимают по норме: $M_n = 5 + M^{0.5} = 5 + 120^{0.5} = 16$

шт, по сокращенному плану: $M_{мин} = 0,3 \cdot (15 + M^{0.5}) = 0,3 \cdot (15 + 120^{0.5}) = 7,78 < 8$ шт.

При числе испытываемых конструкций в группе $M \leq 5$, их проверяют поштучно.

Число и место расположения контрольных участков, в которых определяют показатели качества сжатых железобетонных конструкций, определяют так. В сжатой железобетонной конструкции, имеющей одно расчетное сечение, участки располагают только в этом сечении. В сжатой железобетонной конструкции, имеющей несколько расчетных сечений, испытуемые участки располагают равномерно по поверхности с обязательным расположением части участков в расчетном сечении.

К основным единичным показателям качества сжатых железобетонных конструкций, обеспечивающих фактическую огнестойкость, относят: геометрические размеры конструкции и ширину расчетного сечения; глубина залегания, класс по прочности на сжатие, диаметр и предел текучести арматуры; вид бетона, его класс, влажность и плотность бетона в естественных условиях; глубину залегания рабочей арматуры и показатель термодиффузии бетона.

Число испытаний единичного показателя качества сжатых железобетонных конструкций, при вероятности результата, равном 0,95, и показателе погрешности 5 % определяют по математическому выражению (6); при этом коэффициент вариации выборки $v = \pm 100 \cdot \sigma / A$; среднее арифметическое $A = (1/n) \cdot \sum m_i$, среднее квадратическое отклонение от среднего $\sigma = \pm \left[(1/(n-1) \cdot \sum (x_i)^2) \right]^{0.5}$; средняя ошибка $\Delta A = \pm \sigma / (2 \cdot n)^{0.5}$; здесь m_i - результат каждого испытания; $\sum (x_i)^2$ - сумма квадратов всех отклонений от среднего арифметического.

Проверяемыми геометрическими размерами сжатой железобетонной конструкции являются: ширина и высота расчетного поперечного сечения сжатых элементов [8].

Расчетные сечения сжатых железобетонных конструкций назначают в местах наибольших моментов от действия испытательной нормативной нагрузки на огнестойкость или в точках максимального сближения огибающей эпюры моментов и эпюры материалов конструкций. Размеры железобетонной

конструкции проверяют с точностью ± 1 мм; ширину трещин – с точностью до 0,05 мм.

Пример 2. Расчет предела огнестойкости сжатой железобетонной конструкции: верхний пояс стропильной фермы: на рис.1 и рис. 2 приведены армирование и расчетная схема поперечного сечения к определению огнестойкости [6].

Расчетное сечение нормальное к продольной оси элемента; $H \times B_{\min} = 240 \times 200$ мм, расчетная длина $l_0 = 2500$ мм [5];

усилие сжатия от постоянной и снеговой нагрузки $N=669,4$ кН; только от постоянной нагрузки $N_{gl}=552,71$ кН; испытательная нагрузка при пожаре (при $\gamma_{fm}=1.2$):

$$N_g = N_{gl} / \gamma_{fm} = 552,71 / 1,2 = 460,6 \text{ кН.}$$

Рабочая арматура 4 $\varnothing 16$ А400 ($R_{sc}=355$ МПа, $A_s = 4 \cdot 2,01 = 8,04$ см²); коэффициенты расчетной длины элемента $\mu_0 = 0,8$ и условий закрепления концов элемента $k_{зк} = \mu^{0,5} = 0,8^{0,5} = 0,9$; коэффициент продольного прогиба $\varphi = 0,9 - 7 \cdot 10^{-3} \left(\frac{l_0}{B_{\min}} - 10 \right) = 0,882$; бетон тяжелый класса В50 ($R_{bn} = 36$ МПа; $D_{bn} = 22,2$ мм²/мин).

Несущая способность сжатого сечения элемента при оценке огнестойкости $N_{uo} = N_{сж} = 1912,2$ кН.

Уровень интенсивности при сжатии элемента определяют из условия (2):

$$J_{\sigma o} = k_{зк} \cdot N_g / N_{uo} = 0,9 \cdot 460,6 / 1912,2 = 0,22.$$

Степень армирования сжатой железобетонной конструкции вычислена по формуле (3):

$$\alpha_{\mu s} = [A_s / (H \cdot B)] \cdot (R_{su} / R_{bn}) = [8,04 / (24 - 20)] \cdot (394,4 / 36) = 0,19.$$

Предел огнестойкости сжатого железобетонного элемента (верхнего пояса стропильной фермы) вычисляют по математическому выражению (1):

$$F_{U(R)} = \frac{5 \cdot (1 - J_{\sigma o})^2 \cdot B_{\min}^2 \cdot (1 - 0,6 \cdot \alpha_{\mu s}) \varphi}{D_{bn}^2 \cdot R_{bn}^{0,25}} = \frac{5 \cdot (1 - 0,22)^2 \cdot 200^2 \cdot (1 - 0,6 \cdot 0,19) \cdot 0,882}{22,2^2 \cdot 36^{0,25}} = \frac{5 \cdot 0,61 \cdot 40 \cdot 10^3 \cdot 0,888 \cdot 0,882}{1,21 \cdot 10^3} = \frac{95,58}{1,21} = 80 \text{ мин} (R \geq 60).$$

Предложенный метод аналитического расчета огнестойкости применен при натурном осмотре железобетонных конструкций складского блока пло-

щадью 2160 м² промышленного здания в Самаре. Проведены неразрушающие испытания на огнестойкость сегментной раскосной фермы пролетом 24 м; сечение раскоса $B \times H = 150 \times 150$ мм; бетон тяжелый класса В30; $D_{bn} = 22,2$ мм²/мин; арматура класса А400; $A_s = 1,57$ см²; интенсивность напряжений $J_{\sigma o} = 0,32$. Фактический предел огнестойкости сжатого раскоса (наиболее слабый в тепловом и статическом отношении элемент фермы) равен 63 мин ($R \geq 60$) (ст. 35 ФЗ №123-08*)⁴.

Выводы. Использование предложенного способа дает положительный технический результат, который включает в себя:

- 1) устранение натуральных огневых испытаний конструкции в здании или его фрагменте;
- 2) снижение трудоемкости определения фактической огнестойкости железобетонной конструкции;
- 3) расширение технологических возможностей оценки фактической огнестойкости разнообразно нагруженных конструкций различных размеров и возможность сопоставления полученных результатов с испытаниями аналогичных железобетонных конструкций здания;
- 4) проведение испытания конструкций на огнестойкость без нарушения функционального процесса здания;
- 5) повышение показателей ресурсоэнергосбережения;
- 6) сохранение эксплуатационной пригодности здания при натурном обследовании и неразрушающих испытаниях конструкций;
- 7) сокращение сроков испытания сжатых железобетонных конструкций на огнестойкость;
- 8) повышение точности и экспрессивности испытания;
- 9) использование интегральных конструктивных параметров для определения фактической огнестойкости конструкций и упрощение математического описания процесса сопротивления нагруженных железобетонных конструкций в условиях кратковременного высокотемпературного воздействия;
- 10) повышение достоверности результатов неразрушающих испытаний группы однотипных сжатых железобетонных конструкций;
- 11) учет реального ресурса сжатой железобетонной конструкции на величину предела огнестойкости использованием комплекса единичных показателей их качеств;

⁴ ФЗ №123-08*. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изм. 2012 и 2013 г.).

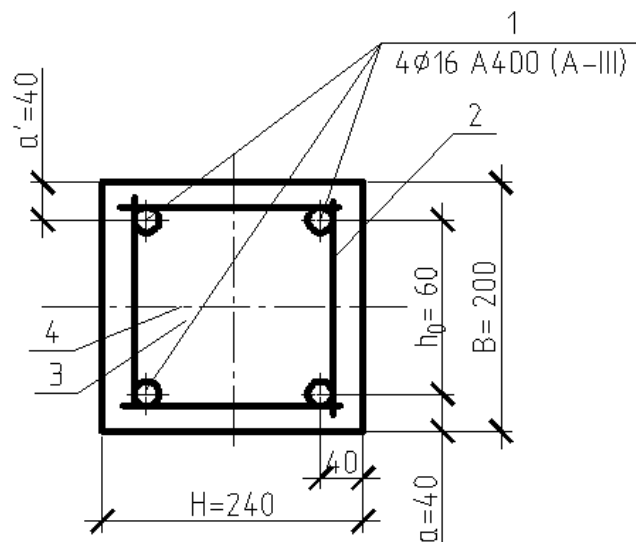


Рис. 1. Армирование поперечного сечения верхнего пояса фермы

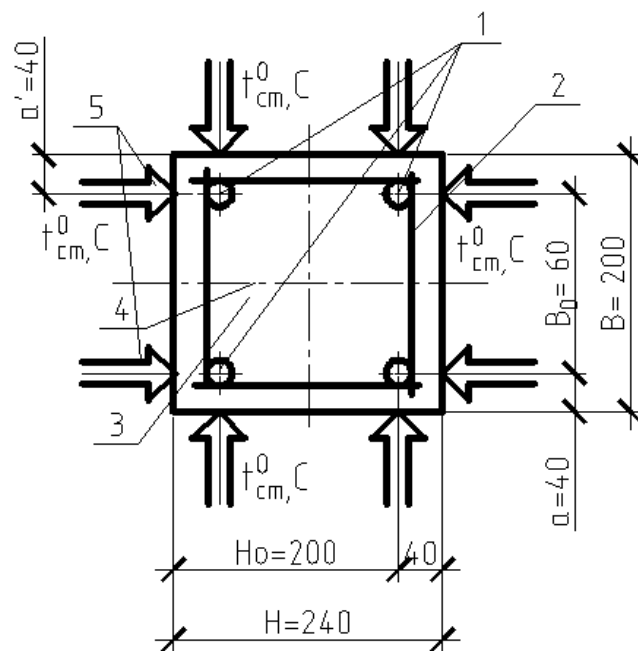


Рис. 2. Расчетная схема поперечного сечения верхнего пояса фермы к определению проектной огнестойкости:
 1 – рабочая арматура 4 Ø 16 А400; 2 – поперечная арматура (хомуты); 3 – бетон тяжелый (сжатая зона);
 4 – уровень центра тяжести сечения; 5 – направление теплового потока в условиях пожара – t_{cm} , °C

12) увеличение достоверности определения глубины залегания рабочей арматуры и условий обогрева расчетного сечения конструкции в условиях пожара;

13) уточнение единичных показателей качества сжатых железобетонных конструкций, влияющих на величину предела огнестойкости и определение минимального числа испытаний; сокращение выборки испытуемых железобетонных конструкций до мини-

мального, обеспечивающей достаточную достоверность результатов испытаний;

14) возможность экспресс-оценки предела огнестойкости сжатого железобетонного элемента по его конструктивным параметрам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильин Н.А. Последствия огневого воздействия на железобетонные конструкции. М.: Стройиздат, 1979. С. 34-35, 90.

2. Бушев В.П., Пчелинцев В.А., Федоренко В.С., Яковлев А.И. Огнестойкость зданий. М.: Стройиздат, 1970 (гл. 8, п. 4 «Оценка огнестойкости конструкций крупнопанельных зданий»). С. 252-256.

4. Патент № 2 281 482 RU, МПК – 7 G 01 N/25/50 Способ определения огнестойкости сжатых железобетонных элементов здания / Н.А. Ильин, С.А. Бутенко, С.А. Семагин, С.В. Эсмонг. Заяв. СГАСУ 06.09.04, опуб. 10.08.06, бюл. № 22.

СТО СГАСУ 21.13.35-12*. Определение огнестойкости железобетонных конструкций: Методика. Самара, 2015. 78 с.

5. *Бородачев Н.А.* Курсовое проектирование железобетонных и каменных конструкций в диалоге с ЭВМ: учебное пособие / СГАСУ. Самара, 2012. 304 с.

6. *Ильин Н.А.* Определение огнестойкости проектируемых конструкций зданий: уч. пособие / СамГАСА. Самара, 2003. 166 с.

7. *Ильин Н.А., Шепелев А.П., Эсмонг С.В.* Определение огнестойкости сжатых элементов армированных конструкций // Технологии бетонов. 2008. №3. С. 46-47.

8. *Милованов А.Ф.* Огнестойкость железобетонных конструкций при пожаре. М.: Стройиздат, 1998. 296 с.

9. *Ильин Н.А., Фрыгин В.В., Акулов А.Ю., Шепелев А.П.* Образцы для испытания огнезащитных покрытий по металлу // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 2 (10). С. 82-89.

10. *Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Ибатуллин Р.Р., Шепелев А.П.* Эффективное устройство для усиления колонны и сочлененных элементов перекрытия здания // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 4 (17). С. 98-106.

11. *Ильин Н.А., Комаров Д.С., Литвинов Д.В.* Новый способ прокладки рукавной линии по высоте двухмаршевой лестницы здания // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 3 (16). С. 52-59.

12. *Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Шепелев А.П.* Новое устройство для усиления многопустотной панели перекрытия здания // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 2 (15). С. 86-93.

13. *Пищулев А.А., Славкин П.Н., Шепелев А.П., Ибатуллин Р.Р.* Восстановление сжатых железобетонных конструкций зданий // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 4 (12). С. 62-67.

© **Ильин Н.А., Панфилов Д.А.,
Литвинов Д.В., Славкин П.Н., 2015**

Об авторах:

ИЛЬИН Николай Алексеевич

кандидат технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения

Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,
тел.(846) 339-14-71

ПАНФИЛОВ Денис Александрович

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций

Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,
тел.(846) 333-38-44
E-mail: panda-w800i@yandex.ru

ЛИТВИНОВ Денис Владимирович

кандидат архитектуры, доцент кафедры реконструкции и реставрация архитектурного наследия

Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,
тел. (846) 242-41-70

СЛАВКИН Павел Николаевич

ведущий инженер экспертной организации «Промбезопасность»

Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Самарская, 61,
тел.(846)333-48-68

ILYIN Nikolay A.

PhD in Engineering Science, Professor of the Water Supply and Wastewater Chair

Samara State University of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,
tel. (846) 339-14-71

PANFILOV Denis A.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Building Structures Chair

Samara State University of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,
tel.(846) 333-38-44
E-mail: panda-w800i@yandex.ru

LITVINOV Denis V.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair

Samara State University of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,
tel. (846) 242-41-70

SLAVKIN Pavel N.

Lead Engineer of EO «Prombezopasnost»

Samara State University of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, samarskaya str., 61,
tel. (846)333-48-68

Для цитирования: *Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Литвинов Д.В., Славкин П.Н.* Определение огнестойкости сжатых железобетонных конструкций зданий // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Вып. № 1(18). С. 82-89.