

Н. А. ИЛЬИН
С. С. МОРДОВСКИЙ
Ю. А. ПОТАТУЕВА
К. В. РЕЗЯПКИНА

НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ

A NEW METHOD FOR ASSESSING THE RESISTANCE
OF A REINFORCED CONCRETE COLUMN WITH A CIRCULAR CROSS SECTION

Разработанный метод оценки огнестойкости относится к области пожарной безопасности зданий и сооружений и может быть использован для классификации железобетонной колонны круглого сечения по показателям огнестойкости. Суть предложенного решения заключается в оценке проектного предела огнестойкости железобетонной колонны круглого сечения по потере несущей способности в условиях пожара по комплексу единичных показателей качества без проведения непосредственного испытания. Описание процесса сопротивления железобетонной колонны огневому воздействию представлено математической зависимостью, которая учитывает размеры поперечного сечения колонны, степень армирования, интенсивность силовых напряжений, нормативную прочность бетона сопротивлению на осевое сжатие и показатель термодиффузии бетона. Для определения предела огнестойкости железобетонной колонны круглого сечения предложено аналитическое выражение, объединяющее все описанные показатели. Предложенный метод определения огнестойкости относится к термпрочностной задаче, позволяющей определить огнестойкость железобетонной колонны круглого сечения без натурного огневого воздействия, снижает экономические затраты.

Ключевые слова: проектирование железобетонной колонны, внецентренное сжатие, круглое сечение, неразрушающие испытания, тепловое воздействие, расчет огнестойкости, технологический результат, сокращение трудозатрат

The developed method for assessing fire resistance relates to the field of fire safety of buildings and structures and can be used to classify a reinforced concrete column of circular cross-section according to fire resistance indicators. The essence of the proposed solution is to assess the design limit of fire resistance of a reinforced concrete column of circular cross-section for the loss of bearing capacity under fire conditions according to a set of single quality indicators without direct testing. The description of the process of resistance of a reinforced concrete column to fire impact is presented by a mathematical relationship that takes into account the dimensions of the cross-section of the column, the degree of reinforcement, the intensity of force stresses, the normative strength of concrete to the resistance to axial compression and the rate of thermal diffusion of concrete. To determine the fire resistance limit of a reinforced concrete column with a circular cross-section, an analytical expression that combines all the described indicators is proposed. The proposed method for determining fire resistance refers to a thermal strength problem, which makes it possible to determine the fire resistance of a reinforced concrete column of circular cross-section without full-scale fire exposure, and reduces economic costs.

Keywords: design of reinforced concrete column, off-center compression, round section, non-destructive tests, thermal impact, calculation of fire resistance, technological result, reduction of labor costs

Известен метод оценки огнестойкости железобетонных колонн здания путем испытания, включающего в себя проведение технического осмотра, определение класса бетона и арматуры колонны, выявление способа их опирания и крепления, определение времени наступления предельного состояния по признаку потери несущей способности конструкции под испытательной нагрузкой в условиях стандартного теплового воздействия (ГОСТ 30247.1-94

«Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции»).

Однако при использовании известного метода испытание проводят на укороченном образце железобетонной колонны, на который воздействуют только расчетные постоянные и длительные нагрузки. Испытания осуществляют на специальном стендовом оборудовании в огневой печи до разрушения образцов

конструкций. Размеры образца ограничивают в зависимости от проема стационарной огневой печи. Следовательно, стандартные тепловые испытания трудозатратны, малоэффективны, небезопасны, имеют малые технологические возможности для проверки на опыте разнообразных по размерам и различно нагруженных конструкций, не дают информации о влиянии единичных показателей качества конструкции на ее огнестойкость. Результаты огневого испытания единичны и не учитывают разнообразия в закреплении концов колонны, фактических размеров и армирования колонны.

Наиболее близким методом испытания того же назначения по совокупности признаков является метод оценки огнестойкости железобетонного сжатого элемента здания путем испытания, включающего в себя проведение технического осмотра, определение класса бетона и арматуры железобетонной конструкции, выявление условий её опирания и крепления, определение времени наступления предельного состояния по признаку потери несущей способности железобетонной конструкции под испытательной нагрузкой в условиях стандартного огневого воздействия по номограмме вычисляют фактический предел огнестойкости $F_{ф}$ [1].

Однако при использовании этого метода применение номограммы для определения огнестойкости железобетонного сжатого элемента дает результаты расчета с большей погрешностью, в ряде случаев требуется дополнительное построение графиков номограммы; кроме этого при построении номограммы не учитываются коэффициент надежности в зависимости от уровня ответственности и класса сооружений, особенности условий обогрева опасного сечения колонны, глубина залегания продольной арматуры, влияние продольного прогиба внецентренно сжатого элемента («Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003)»; СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003»).

Суть предложенного метода оценки огнестойкости заключается в определении показателей пожарной безопасности здания в части гарантированной длительности сопротивления железобетонной колонны круглого сечения в условиях пожара; в определении предела огнестойкости железобетонной колонны по признаку потери несущей способности; в снижении экономических затрат при испытании колонны на огнестойкость.

Технологический результат следующий:

- 1) исключение огневых испытаний при определении огнестойкости железобетонной колонны круглого сечения в здании или его фрагменте;
- 2) снижение трудоёмкости оценки огнестойкости железобетонной колонны круглого сечения;
- 3) возможность проведения испытания конструкций на огнестойкость без нарушения функционального процесса в здании;
- 4) снижение экономических затрат на огневое испытание;
- 5) сохранение эксплуатационной пригодности здания при обследовании и неразрушающих испытаниях железобетонной колонны;
- 6) упрощение условий и сокращение сроков испытания колонн на огнестойкость;
- 7) повышение точности и экспрессивности испытания;
- 8) использование интегральных конструктивных параметров для определения огнестойкости железобетонной колонны и упрощение математического описания процесса термического сопротивления нагруженной железобетонной колонны;
- 9) учет реального ресурса конструкции на величину огнестойкости использованием комплекса единичных показателей их качеств;
- 10) учет влияния на предел огнестойкости показателей надежности железобетонной колонны по назначению, условий обогрева опасного сечения колонны, глубины залегания продольной арматуры, сплошности тела колонн и продольного прогиба железобетонной колонны круглого сечения.

Указанный технологический результат достигается тем, что в известном способе оценки огнестойкости железобетонной колонны здания, включающем в себя проведение технического осмотра, установление вида бетона и арматуры железобетонной колонны круглого сечения, выявление условий её опирания и крепления, – определение времени наступления предельного состояния по признаку потери несущей способности железобетонной колонны под испытательной нагрузкой осуществляется в условиях стандартного огневого воздействия. В предложенном же методе оценка проводится без разрушения по комплексу единичных показателей качества железобетонной колонны, при этом особенностью является то, что при выполнении расчёта дополнительно определяют уровень ответственности сооружения и его класс, выявляют влияние прогиба колонны на изгибающий момент от действия продольной силы, определяют степень армирования круглого сечения. Проектный предел огнестойкости железобетонной колонны круглого сечения (см. рисунок) от начала стандартного огневого воздействия до потери несущей способности ($F_{ф}$, мин) определяют, используя экспериментальное уравнение

$$F_{ur} = 4 \cdot D_{cir}^2 \cdot (1 - J_{\sigma 0})^2 \cdot (1 - 0,6 \cdot \alpha_{\mu s}) \cdot k_a \cdot \gamma_n / (D_{cm}^2 \cdot R_{bn}^{0,25}), \quad (1)$$

где D_{cir} – диаметр сечения железобетонной колонны, мм; $J_{\sigma 0}$ – интенсивность силовых напряжений в опасном сечении; $\alpha_{\mu s}$ – степень армирования сечения железобетонной колонны; D_{cm} – показатель термодиффузии бетона, мм²/мин, R_{bn} – нормативное сопротивление бетона осевому сжатию, МПа (СП 63.13330.2012); γ_n – коэффициент надежности в зависимости от уровня ответственности и класса сооружений (ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (Переиздание)»; k_a – показатель глубины залегания продольной арматуры железобетонной колонны, определяемый из уравнения

$$k_a = 1 - 0,1 \cdot (a_n - a) / a_n, \quad (2)$$

где a_n и a – нормативное и соответственно фактическое осевое расстояние, мм.

Интенсивность силовых напряжений в круглом сечении колонны ($J_{\sigma 0} \leq 1$) находят по уравнению

$$J_{\sigma 0} = M_{\eta} / M_{cc} \leq 1,0, \quad (3)$$

где M_{η} и M_{cc} – изгибающий момент от расчетной продольной силы с учетом прогиба колонны и соответственно изгибающий момент, характеризующий прочность круглого сечения, кН·м.

Степень армирования круглого сечения железобетонной колонны ($\alpha_{\mu s}$) вычисляют по уравнению

$$\alpha_{\mu s} = (A_{s, tot} / A) \cdot (R_{sn} / R_{bn}), \quad (4)$$

где $A_{s, tot}$ и A – площадь сечения рабочей арматуры и соответственно площадь сечения бетона колонны, мм²; R_{sn} и R_{bn} – нормативное сопротивление растяжению арматуры и соответственно нормативное сопротивление бетона осевому сжатию, МПа (СП 63.13330.2012).

Относительную величину изгибающего момента без учета прогиба железобетонной колонны (α_m) вычисляют по уравнению

$$\alpha_m = M / A \cdot R_{bn} \cdot D_{cir} / 2. \quad (5)$$

Коэффициент роста эксцентриситета продольной силы с учетом прогиба железобетонной колонны (η) вычисляют по экспериментальному уравнению

$$\eta = 1 + \alpha_m. \quad (6)$$

Расчетный изгибающий момент от действия продольной силы с учетом прогиба железобетонной колонны (M_{η} , кН·м) вычисляют по уравнению

$$M_{\eta} = M \cdot \eta. \quad (7)$$

Относительную величину продольной силы (α_N) вычисляют по уравнению

$$\alpha_N = N / R_{bn} \cdot A. \quad (8)$$

Относительную глубину заложения продольной арматуры (δ_a) вычисляют по уравнению

$$\delta_a = a / D_{cir}. \quad (9)$$

Относительная величина изгибающего момента (α_m) выражена гиперболической функцией

$$\alpha_m = 0,73 \cdot \alpha_s^{0,45} \cdot [0,82 - 1 / (9 \cdot (2 - \alpha_N))] \cdot (0,05 / \delta_a)^{1/8}. \quad (10)$$

Прочность круглого сечения с учетом прогиба колонны (M_{cc} , кН·м) вычисляют по уравнению

$$M_{cc} = \alpha_m \cdot R_{bn} \cdot A \cdot (D_{cir} / 2). \quad (11)$$

Исключение огневых испытаний железобетонной колонны и замена их на неразрушающие испытания снижают трудоемкость оценки её огнестойкости, дают возможность проведения испытания колонн на огнестойкость без нарушения функционального процесса обследуемого здания, сохранения эксплуатационной пригодности здания без нарушения несущей способности его конструкций в процессе испытания. Следовательно, условия испытания железобетонной колонны здания на огнестойкость значительно упрощены.

Применение математического описания процесса сопротивления нагруженной железобетонной колонны стандартному огневому испытанию и использование предложенного экспериментального уравнения (1) повышает точность и экспрессивность оценки проектной огнестойкости.

Совершенствование расчётов выполняется с целью проектирования конструкций, обладающих необходимой надёжностью [2] и одновременно являющихся экономически эффективными. При этом наиболее прогрессивными в настоящее время являются расчёты по нелинейной деформационной модели [3–8], но для их использования необходим персональный компьютер. В целях упростить расчёт для инженерного применения, когда это допустимо нормами, используется метод предельных усилий, по формулам которого можно найти решение на калькуляторе.

Пример. Дано: внецентренно сжатый элемент – железобетонная колонна круглого сечения диаметром $D_{cir} = 400$ мм; $a_n = 30$ мм; $a = 35$ мм; $A = 125\,600$ мм²; бетон класса B25 ($R_{bn} = 18,5$ МПа); продольная арматура класса A400 ($R_{sn} = 400$ МПа); площадь ее сечения $A_{s, tot} =$

3040 мм² (18Ø22); продольные силы и изгибающие моменты: от постоянных и длительных нагрузок $N_1 = 250$ кН; $M = 80$ кН·м; расчетная длина колонны $l_0 = 4,0$ м; снеговая, ветровая и кратковременные вертикальные нагрузки в расчете огнестойкости колонны не учитывают.

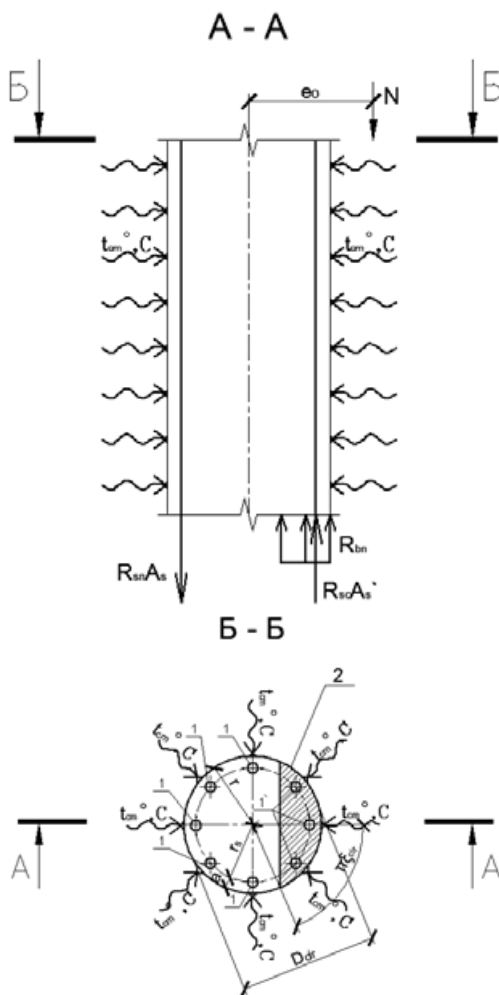


Схема расчета на огнестойкость железобетонной колонны круглого сечения: продольное сечение (А-А), поперечное сечение (Б-Б): 1 – продольная растянутая арматура; 1' – продольная сжатая арматура; 2 – бетон; N – продольная сила, кН; e_0 – эксцентриситет продольной силы относительно центра тяжести приведенного сечения, мм; D_{cir} – диаметр железобетонной колонны круглого сечения, мм; r_s – радиус окружности, проходящий через центры тяжести стержней продольной арматуры, мм; a – расстояние от грани колонны до радиуса окружности r_s , проходящей через центры тяжести стержней продольной арматуры, мм; A_s – площадь сечения продольной растянутой арматуры 1, мм²; $A_{s'}$ – площадь сечения продольной сжатой арматуры 1', мм²; t_{cm} – температура стандартного пожара, °С

Требуется выявить интенсивность силовых напряжений и вычислить проектный предел огнестойкости железобетонного элемента круглого сечения.

Расчет. 1) Усилия в сечении и эксцентриситет продольной силы:

$$M = 80 \text{ кН·м}; N = 250 \text{ кН}; e_0 = M/N = 80/250 = 0,32 = 320 \text{ мм.}$$

2) Относительная величина изгибающего момента без учета прогиба железобетонной колонны (α_m) вычисляется по уравнению (5):

$$\alpha_m = M/A \cdot R_{bn} \cdot D_{cir}/2 = \alpha_m = 80/125600 \cdot 18,5 \cdot 400/2 = 0,172.$$

3) Коэффициент роста эксцентриситета продольной силы с учетом прогиба железобетонной колонны (η) вычисляют по уравнению (6):

$$\eta = 1 + \alpha_m = 1 + 0,172 = 1,172.$$

4) Расчетный изгибающий момент от действия продольной силы с учетом прогиба железобетонной колонны (M_η , кН·м) вычисляют по уравнению (7):

$$M_\eta = M \cdot \eta = 80 \cdot 1,172 = 93,76 \text{ кН·м.}$$

5) Относительная величина продольной силы (α_N) рассчитывается по уравнению (8):

$$\alpha_N = N/R_{bn} \cdot A = 250 \cdot 10^3/18,5 \cdot 125600 = 0,11.$$

6) Относительная глубина заложения продольной арматуры (δ_a) вычисляется по уравнению (9):

$$\delta_a = a/D_{cir} = 35/400 = 0,088.$$

7) Относительная величина изгибающего момента (α_m) выражена гиперболической функцией (10):

$$\alpha_m = 0,73 \cdot d_s^{0,45} \cdot [0,82 - 1/(9 \cdot (2 - \alpha_N))] \cdot (0,05/\delta_a)^{1/8} = 0,73 \cdot 0,52^{0,45} \cdot [0,82 - 1/(9 \cdot (2 - 0,11))] \cdot (0,05/0,088)^{1/8} = 0,544 \cdot 0,761 \cdot 0,932 = 0,386.$$

8) Прочность круглого сечения с учетом прогиба колонны (M_{cc} , кН·м) вычисляют по уравнению (11):

$$M_{cc} = \alpha_m \cdot R_{bn} \cdot A \cdot (D_{cir}/2) = 0,386 \cdot 18,5 \cdot 10^3 \times 125600 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4/2 = 179,438 \approx 180 \text{ кН·м.}$$

9) Величина интенсивности силовых напряжений ($J_{\sigma 0}$) в сечении железобетонной колонны круглого сечения вычисляется по уравнению (3):

$$J_{\sigma 0} = M_\eta/M_{cc} = 93,76/180 = 0,52,$$

где M_η и M_{cc} – изгибающий момент от расчетной продольной силы с учетом прогиба железобетонной колонны и соответственно изгиба-

ющий момент, характеризующий прочность круглого сечения, кН·м.

10) Степень армирования опасного сечения ($\alpha_{\mu s}$) железобетонной колонны вычисляют по уравнению (4):

$$\alpha_{\mu s} = (A_s/A) \cdot (R_{sn}/R_{bn}) = (3140/125600) \cdot (400/18,5) = 0,54,$$

где A_s и A – площадь сечения рабочей арматуры и соответственно площадь сечения бетона железобетонной колонны, мм²; R_{sn} и R_{bn} – нормативное значение сопротивления растяжению арматуры и соответственно нормативное сопротивление бетона осевому сжатию, МПа.

$$F_{ur} = \frac{4 \cdot D_{cir}^2 \cdot (1 - J_{\sigma 0})^2 \cdot (1 - 0,6 \cdot \alpha_{\mu s}) \cdot k_a \cdot \gamma_n}{D_{bm}^2 \cdot R_{bn}^{0,25}} = \frac{4 \cdot 400^2 \cdot (1 - 0,52)^2 \cdot (1 - 0,6 \cdot 0,54) \cdot 1,02 \cdot 1,0}{22,5^2 \cdot 18,5^{0,25}} \approx 97 \text{ мин.}$$

Предлагаемое математическое выражение (1) использовано для оценки огнестойкости железобетонных колонн круглого сечения для безбалочного перекрытия многоэтажного здания (г. Тольятти, распределительный холодильник на 10 000 т).

Выводы. 1. Разработан метод оценки проектной огнестойкости внецентренно сжатого элемента – железобетонной колонны круглого сечения.

2. Приведено математическое описание процесса сопротивления внецентренно сжатого железобетонного элемента круглого сечения по признаку потери несущей способности в условиях пожара.

3. Полученный результат способствует совершенствованию теории огнестойкости.

4. Усовершенствован метод определения интенсивности силовых напряжений в поперечном сечении внецентренно сжатого элемента с учетом влияния прогиба железобетонной колонны круглого сечения.

5. Усовершенствован метод расчета величины эксцентриситета продольной силы с учетом влияния прогиба внецентренно сжатой железобетонной колонны круглого сечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент №2 281 482 RU МПК G 01N 25/50. Способ определения огнестойкости сжатых элементов железобетонных конструкций здания /Ильин Н.А., Бутенко С.А., Эсмонт С.В.; заяв. СГАСУ: 06.09.04; опубл. 18.02.06. Бюл. № 22.
2. Мордовский С.С. Уточнение расчетов как способ обеспечения безопасности зданий и сооружений // Градостроительство и архитектура. 2013. №3. С. 26–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.03.4.
3. Мурашкин Г.В., Мордовский С.С. Применение диаграмм деформирования для расчёта несущей способности внецентренно сжатых железобетонных

11) Показатель глубины залегания арматуры (k_a) вычисляют по уравнению (2):

$$k_a = 1 - (a_n - a) / 10 \cdot a_n = 1 - (30 - 35) / 10 \cdot 30 = 1 + 0,017 = 1,02,$$

где a и a_n – нормативное и соответственно фактическое расстояние от грани колонны до радиуса окружности r_s , проходящей через центры тяжести стержней продольной арматуры, мм.

12) Проектный предел огнестойкости железобетонной колонны круглого сечения по потере несущей способности (F_{ur} , мин) вычисляют по уравнению (1):

элементов // Жилищное строительство. 2013. №3. С. 38–40.

4. Лазарев Д.Н. Расчёт прочности сжато-изогнутых железобетонных элементов на основе деформационной модели с экстремальным критерием: дис. ... канд. техн. наук. Полтава, 2008. 194 с.

5. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. К расчёту прочности, жёсткости и трещиностойкости внецентренно сжатых железобетонных элементов с применением нелинейной деформационной модели // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 4(26). С. 113–120.

6. Патент № 2 678 781 RU МПК G01 № 25/50 (2006.01). Способ определения огнестойкости железобетонного сжатого элемента кольцевого сечения / Ильин Н.А., Мордовский С.С., Таланова В.Н., Чернова А.В.; заяв. СамГТУ: 26.02.18; опубл. 01.02.19. Бюл. № 4.

7. Патент № 2 678 780 RU МПК G01 № 3/60 (2006.01), G01 № 25/50 (2006.01). Способ определения огнестойкости железобетонной колонны круглого сечения / Ильин Н.А., Мордовский С.С., Таланова В.Н., Давликамов Р.И.; заяв. СамГТУ: 26.02.18; опубл. 01.02.19. Бюл. № 4.

8. Toshin D.S. Evaluation of the structures' reinforcement effectiveness based on non-linear concrete state diagrams // Trans Tech Publications Ltd, 2020. V. 974 MSF(26). pp. 491–495. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.491.

REFERENCES

1. Ilyin N.A., Butenko S.A., Esmont S.V. et al. *Sposob opredeleniya ognestojkosti szhatyh elementov zhelezobetonnykh konstrukcij zdaniya* [Method for determining the fire resistance of compressed elements of reinforced concrete structures of a building]. Patent RF, no. 2 281 482, 2006.
2. Mordovsky S.S. Clarification of calculations as a way to ensure the safety of buildings and structures. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2013, no. 3, pp. 26–28. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2013.03.4

3. Murashkin G.V., Mordovsky S.S. Application of deformation diagrams for calculating the bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2013, no. 3, pp. 38-40. (in Russian)

4. Lazarev D.N. *Raschjot prochnosti szhato-izognutykh zhelezobetonnykh jelementov na osnove deformacionnoj modeli s jekstremal'nym kriteriem* [Strength analysis of compressed-bent reinforced concrete elements based on a deformation model with an extreme criterion. Cand. Diss.]. Poltava, 2008. 194 p.

5. Karpenko N.I., Sokolov B.S., Radaikin O.V. Calculation of strength, stiffness and crack resistance of eccentrically compressed reinforced concrete elements using non-linear deformation model. *Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [News of the Kazan State University of Architecture and Engineering], 2013, no. 4 (26), pp. 113-120. (in Russian)

6. Ilyin N.A., Mordovsky S.S., Talanova V.N., Chernova A.V., et al. *Sposob opredeleniya ognestojkosti zhelezobetonного szhatogo elementa kol'cevogo secheniya* [Method for determining the fire resistance of a reinforced concrete compressed element of an annular section]. Patent RF, no. 2 678 781, 2019.

7. Ilyin N.A., Mordovsky S.S., Talanova V.N., Davlikamov R.I., et al. *Sposob opredeleniya ognestojkosti zhelezobetonnoj kolonny kruglogo secheniya* [Method for determining the fire resistance of a reinforced concrete column with a circular cross section]. Patent RF, no. 2 678 780, 2019.

8. Toshin D.S. Evaluation of the structures' reinforcement effectiveness based on non-linear concrete state diagrams. Trans Tech Publications Ltd, 2020, V 974 MSF, pp. 491-495. (in Russian) DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.491.

Об авторах:

ИЛЬИН Николай Алексеевич

кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

ILYIN Nikolay A.

PhD in Engineering Science, Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 224, tel. (846) 339-14-71

МОРДОВСКИЙ Сергей Сергеевич

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)339-56-35 E-mail: qaer1@yandex.ru

MORDOVSKIY Sergey S.

PhD in Engineering Science, Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 224, tel. (846) 339-56-35 E-mail: qaer1@yandex.ru

ПОТАТУЕВА Юлия Александровна

магистрант Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

POTATYIEVA Yulia A.

Master's Degree Student Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 224, tel. (846) 339-56-35 E-mail: qaer1@yandex.ru

РЕЗЯПКИНА Ксения Витальевна

магистрант Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

REZYAPKINA Ksenia V.

Master's Degree Student Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 224, tel. (846) 339-56-35 E-mail: qaer1@yandex.ru

Для цитирования: Ильин Н.А., Мордовский С.С., Потатыева Ю.А., Резяпкина К.В. Новый метод оценки огнестойкости железобетонной колонны круглого сечения // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 3. С. 9–14. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.2.

For citation: Ilin N.A., Mordovskiy S.S., Potatuyeva Yu.A., Rezyapkina K.V. A New Method for Assessing the Fire Resistance of a Reinforced Concrete Column with a Circular Cross Section. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 3, Pp. 9–14. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.2.