

Сжатые сталебетонные элементы кольцевого поперечного сечения

В.И.Римшин, НИИСФ РААСН, Москва

А.Л.Кришан, МГТУ им. Г.И. Носова, Магнитогорск

Е.А.Трошкина, МГТУ им. Г.И. Носова, Магнитогорск

Рассмотрена задача определения прочности короткого центрально сжатого сталебетонного элемента кольцевого сечения. Предложена соответствующая методика расчёта, основанная на теоретических положениях механики твёрдого тела и реализующая метод предельных усилий. Она учитывает сложное напряжённое состояние бетонного ядра и стальной оболочки, а также неравномерность распределения трансверсальных напряжений по поперечному сечению рассчитываемого элемента. При наличии в бетоне высокопрочной арматуры напряжение в ней вычисляется с учётом повышенной деформативности бетона. Приведены зависимости для определения начального модуля упругости бетона, а также предельные относительные деформации одноосно сжатого и объёмно-сжатого бетона. Предложенная методика применима для конструкций, изготовленных из различных видов бетона и классов стали¹.

Ключевые слова: трубобетонный элемент, кольцевое поперечное сечение, бетонное ядро, стальная оболочка, прочность, деформативность

Compressed Concrete Filled Steel Tube Elements of Annular Cross-Section

V.I.Rimshin, NIISF RAASN, Moscow

A.L.Krishan, NMSTU, Magnitogorsk

E.A.Troshkina, NMSTU, Magnitogorsk

The problem of determining the strength of a short centrally compressed concrete-filled steel tube element of annular cross-section is considered. The corresponding calculation procedure is proposed. The procedure is based on the theoretical positions of the mechanics of solids and it implements the method of limiting forces. It considers the complex stress state of the concrete core and steel shell as well as nonuniform distribution of transversal stresses over the cross-section of the calculated element. If there is high-strength reinforcement in the concrete, the stress in it is calculated considering the increased deformability of the concrete. The dependences for determining the initial modulus of elasticity of concrete as well as ultimate relative strains of uniaxially compressed and volumetrically compressed concrete are presented. The proposed procedure is applicable to structures made of different concrete types and steel classes.

¹ Данная статья публикуется по результатам выполнения научного проекта в рамках Плана ФНИ Министра России и РААСН на 2018 год № 7.4.11. «Разработка общих принципов оценки силового сопротивления сжатых трубобетонных элементов».

Keywords: concrete-filled steel tube element, annular cross-section, concrete core, steel shell, strength, deformability.

Конструкция сжатого сталебетонного элемента (ССТЭ) является одним из удачных примеров рационального сочетания бетона и стали. Внешняя стальная оболочка и бетонное ядро обеспечивают друг другу весьма благоприятные условия работы. Оболочка служит бетону обоямой, сдерживающей его боковые деформации. Следовательно, под нагрузкой бетон находится в условиях объёмного сжатия, что способствует повышению его прочности и деформативности. Бетон предохраняет стенки стальной трубы от потери устойчивости, а также изнутри обеспечивает её защиту от коррозии. В результате, особенно у коротких элементов, работающих на сжатие в области случайных или малых эксцентриситетов, заметно повышается прочность. ССТЭ обладают и другими достоинствами технологического, конструктивного и экономического характера [1–3].

В последние годы в строительстве всё чаще используют сталебетонные элементы с пустотным поперечным сечением [4–6]. При внешней стальной оболочке из круглых труб это сечение обычно принимают кольцевым (рис. 1). Дополнительно бетонное ядро может иметь продольное стержневое армирование. Такое конструктивное решение, в частности, обеспечивает при примерно одинаковом расходе материалов меньшую гибкость ССТЭ, что благоприятно сказывается на их прочности.

В литературе имеется немало предложений по определению прочности коротких ССТЭ, имеющих круглое поперечное сечение. Для этой цели чаще всего используется метод предельных усилий [7–17], позволяющий получить хоть и приближённое, но зато достаточно простое решение. В настоящее время большинством специалистов принято, что более достоверные результаты прочностных расчётов можно получить на основе

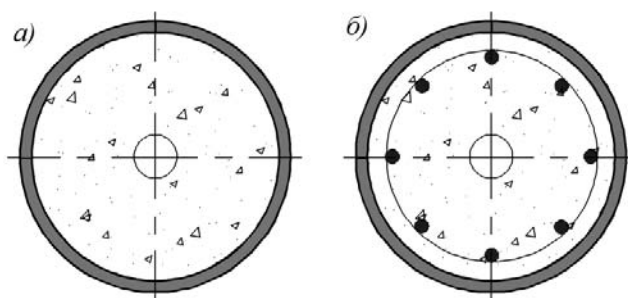


Рис. 1. Кольцевое поперечное сечение трубобетонных колонн: а) без армирования бетонного ядра; б) с армированием бетонного ядра

деформационной модели. Для оценки силового сопротивления ССТЭ эта модель интенсивно развивается [18–20]. Однако для колонн кольцевого поперечного сечения математический аппарат на её основе пока не разработан.

В данной работе рассматривается задача определения прочности короткого центрально сжатого сталетрубобетонного элемента кольцевого сечения по методу предельных усилий.

Основные расчётные положения

Прочность центрально сжатого короткого сталетрубобетонного элемента кольцевого сечения с армированием бетонного ядра можно определить по формуле:

$$N = R_{b3} A_b + \sigma_{pz} A_p + \sigma_s A_s, \tag{1}$$

где R_{b3} – расчётное сопротивление бетона при трёхосном сжатии; σ_{pz} и σ_s – осевые напряжения в стальной оболочке и продольной арматуре в предельном состоянии ССТЭ; A_b , A_p и A_s – площади поперечных сечений бетонного ядра, стальной оболочки и продольной арматуры.

Очевидно, что рассматриваемая задача сводится к нахождению расчётного сопротивления бетона R_{b3} , а также напряжений σ_{pz} и σ_s .

Известно, что расчётное сопротивление объёмно-сжатого бетона в основном, зависит от двух факторов: расчётного сопротивления бетона одноосному сжатию R_b и значений трансверсальных напряжений в бетоне. Последние возникают от действия реактивного давления стальной оболочки на бетонное ядро в месте их контакта. Обычно принимается, что по всему круглому сечению центрально сжатого элемента радиальные напряжения σ_r и окружные напряжения σ_τ в бетоне равны этому давлению. При осевом сжатии трубобетонных элементов кольцевого сечения возникающие напряжения σ_r и σ_τ переменны и не равны между собой (рис. 2). Согласно известному решению Ляме, закон их изменения можно записать в следующем в виде:

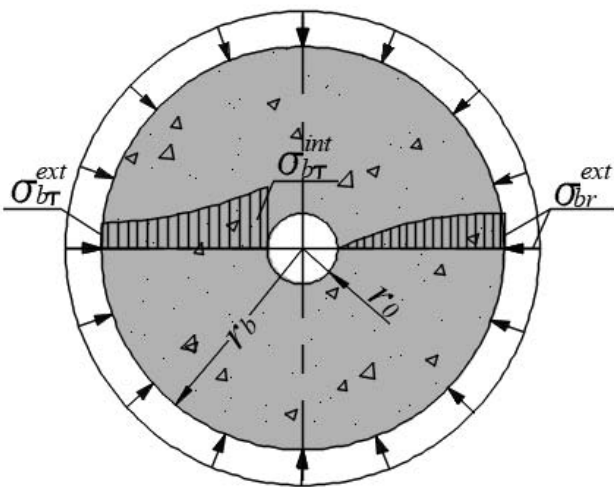


Рис. 2. Распределение трансверсальных напряжений по сечению бетонного ядра при осевом сжатии трубобетонных элементов кольцевого сечения:

$$\sigma_r = \sigma_{br}^{ext} (1 - r_0^2/r^2)/(1 - r_0^2/r_b^2); \tag{2}$$

$$\sigma_\tau = \sigma_{br}^{ext} (1 + r_0^2/r^2)/(1 - r_0^2/r_b^2), \tag{3}$$

где σ_{br}^{ext} – давление на бетон со стороны стальной оболочки; r_b – внешний радиус бетонного ядра; r_0 – радиус отверстия в бетонном ядре; r – текущий радиус.

Так как радиальные напряжения σ_r нигде не превышают окружные σ_τ , для упрощения расчёта (в запас прочности) величину R_{b3} рекомендуется находить в зависимости от среднего по площади сечения значения радиального напряжения σ_{brm} . Из рисунка 2 видно, что величина радиального напряжения меняется от максимального $\sigma_{br^{ext}}$ (в зоне контакта со стальной оболочкой) до нуля в районе отверстия. Поэтому среднее радиальное напряжение σ_{brm} можно найти из решения следующего уравнения:

$$\sigma_{brm} \pi (r_b^2 - r_0^2) = \int_{(r_0)}^{(r_b)} \sigma_r 2\pi r dr. \tag{4}$$

С учётом ранее выполненных исследований [19] давление σ_{br}^{ext} можно вычислить по следующей формуле:

$$\sigma_{br}^{ext} = \sigma_{br} ((r_b - r_0)/r_b)^{0.5}, \tag{5}$$

где σ_{br} – боковое давление аналогичного ССТЭ, имеющего круглое поперечное сечение и определяемое по ранее полученной [18] формуле

$$\sigma_{br} = 0,48 e^{-(a+b)} \rho^{0.8} R_b. \tag{6}$$

В формуле (6) ρ – конструктивный коэффициент, вычисляемый по формуле:

$$\rho = (R_p A_p)/(R_b A), \tag{7}$$

где R_p – расчётное сопротивление растяжению стали внешней оболочки ССТЭ; A – площадь бетона в поперечном сечении колонны без учёта отверстия.

В такой постановке после соответствующих преобразований получается следующая формула:

$$\sigma_{brm} = \sigma_{br} \frac{(1-\beta)^{0.5}}{1-\beta^2} \left(1 + \frac{2\beta^2}{1-\beta^2} \ln \beta \right), \tag{8}$$

где $\beta = r_0/r_b$.

Расчётное сопротивление объёмно-сжатого бетона R_{b3} предлагается вычислять по формуле, полученной на основе предложений работы [21]:

$$R_{b3} = R_b \left[1 + \left(0,5 \bar{\sigma}_m + \frac{\bar{\sigma}_m - 2}{4} + \sqrt{\left(\frac{\bar{\sigma}_m - 2}{4} \right)^2 + \frac{\bar{\sigma}_m}{b}} \right) \right], \tag{9}$$

где $\bar{\sigma}_m$ – относительная величина среднего напряжения ($\bar{\sigma}_m = \sigma_{brm}/R_b$).

Напряжение σ_{pz} в стальной оболочке, возникающее к моменту потери прочности ССТЭ, с учётом условия текучести Генки-Мизеса определяется по формуле:

$$\sigma_{pz} = R_b (\sqrt{\rho^2 - 3\bar{\sigma}_m^2} - \bar{\sigma}_m) \frac{A_b}{A_p}. \tag{10}$$

Третье слагаемое формулы (1) учитывает вклад в прочность ССТЭ сжимающего усилия продольной арматуры. Оно рассчитывается из условия совместного деформирования арматуры с бетонным ядром.

Осевые деформации бетонного ядра ϵ_{b00} при напряжении равном R_{b3} определяются по формуле, предложенной в работе [19]

$$\epsilon_{b00} = \epsilon_{b0} \alpha_b^{2,5} - \frac{R_b}{\epsilon_b} (\alpha_b^{2,5} - \alpha_b), \tag{11}$$

в которой ε_{b0} – деформация одноосно сжатого бетона в вершине диаграммы его деформирования; E_b – начальный модуль упругости бетона; $\alpha_b = R_{b3}/R_b$.

Согласно действующим нормам РФ (СП 63.13330.2012) предельные относительные деформации одноосно сжатого тяжёлого бетона принимают независимо от его класса равными $e_{b0} = 0,002$. Однако результаты соответствующих опытов показывают, что с ростом прочности бетона значение e_{b0} увеличивается. Данный факт учтён в европейских нормах. С целью лучшей гармонизации с EN 1991-1-1 предлагается следующая формула по расчёту деформации бетона e_{b0} :

$$\varepsilon_{b0} = (120 + 21,7\sqrt{R_b})10^{-5}. \quad (12)$$

Начальный модуль упругости бетона также можно определить в зависимости от расчётного сопротивления бетона сжатию, используя следующую формулу:

$$E_b = 56000 - \frac{94700}{\sqrt{R_b}}. \quad (13)$$

В формулах (12) и (13) значения R_b и E_b принимают в мегапаскалях (МПа).

Сжимающее напряжение σ_s в продольной арматуре, имеющей физический предел текучести, находят по формуле:

$$\sigma_s = \varepsilon_{b00} E_s \leq R_s, \quad (14)$$

где E_s – модуль Юнга продольной арматуры; R_s – расчётное сопротивление растяжению продольной арматуры.

В связи с повышенной деформативностью бетонного ядра ССТЭ здесь имеется возможность эффективного использования высокопрочной арматуры. Сжимающее напряжение σ_s в продольной арматуре, имеющей условный предел текучести, находят по формуле:

$$\sigma_s = \left(0,9 + 0,1 \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_{s1}}{\varepsilon_{s0} - \varepsilon_{s1}}\right) R_s \leq R_s, \quad (15)$$

в которой значения относительных деформаций $e_s = e_{b00}$, $e_{s1} = 0,9R_s/E_s$, а деформации $e_{s0} = R_s/E_s + 0,002$.

Таким образом, можно вычислить все составляющие формулы (1), определяющие прочность короткого центрально сжатого сталебетонного элемента кольцевого поперечного сечения.

Предложена упрощённая методика оценки прочности короткого центрально сжатого сталебетонного элемента кольцевого поперечного сечения. Методика основана на теоретических положениях механики твёрдого тела и реализует метод предельных усилий. Она учитывает особенности напряжённо-деформированного состояния бетона и стальной оболочки колонн кольцевого сечения, а также повышенную деформативность железобетонного ядра. Предложенная методика приемлема для ССТЭ, изготовленных из различных видов бетона и классов стали.

Литература

1. Кришан, А.Л. Перспективы применения трубобетонных колонн на строительных объектах России / А.Л. Кришан, М.А. Кришан, Р.П. Сабиров // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – № 1 (45). – С.137–140.

2. Цай, Шаохуай. Новейший опыт применения трубобетона в КНР / Шаохуай Цай // Бетон и железобетон. – 2001. – № 3. – С 20–24.

3. Han, L-H. Development Sand Advanced Applications of Concrete Filled Steel Tubular (CFST) Structures / Han L-H., Li W., BJORHOVDE R. // Journal of Constructional Steel Research. – 2014. – № 100. – P. 211–228.

4. Design Guide for Concrete Filled Hollow Section Columns under Static and Seismic Loading / R. Bergmann, C. Matsui, C. Meisma, D. Dutta. – Koln: Verlag TUV Rheinland, 1995. – 68 p.

5. Lateral Reinforcement of Welded SMA Rings for Reinforced Concrete Columns / Choi E., Park S.-H., Cho B.-S., Hui D // Journal of Alloys and Compounds, 2013. – 577 S. – P. 756–759.

6. Han, L.H. Analytical Behavior of Concrete Steel Double Skin Steel Tubular (CFDST) Beam-Columns under Cyclic Loading / Han L.H., Huang H., Zhao X.L. // Thin-Walled Structures). – 2009. – V. 47 (6–7). – P. 668–680.

7. Кришан, А.Л. Определение разрушающей нагрузки сжатого трубобетонного элемента / А.Л. Кришан, А.И. Заикин, М.С. Купфер // Бетон и железобетон. – 2008. – № 2. – С. 22–24.

8. Baig, M.N. Strength of Concrete Filled Steel Tubular Columns / M.N. Baig, F. Jiansheng, N. Jianguo // Tsinghua Science and Technology. – 2006. – 11 (6). – P. 657–666.

9. Fattah, A.M. Behaviour of Concrete Columns under Various Confinement Effects: A dissertation doctor of philosophy. – USA: Kansas State University, 2012. – 399 p.

10. Jayasooriya, R. Blast Response and Safety Evaluation of a Composite Column for Use as Key Element in Structural Systems / R. Jayasooriya, D.P. Thambiratnam, N.J. Perera // Engineering Structures. – 2014. – 61 (1). – P.31–43.

11. Han, L-H. Performance and Calculations of Concrete Filled Steel Tubes (CFST) under Axial Tension / L-H. Han, S.H. He, and F.Y. Liao // Journal of Constructional Steel Research. – 2011. – 67 (11). – P. 1699–1709.

12. Han, L-H. Developments and Advanced Applications of Concrete Filled Steel Tubular (CFST) Structures / L-H. Han, W. Li, R. BJORHOVDE // Journal of Constructional Steel Research. – 2014. – № 100. – P. 211–228.

13. Summary of Research on Concrete-Filled Structural Steel Tube Column System Carried out under the US-JAPAN Cooperative Research Program on Composite and Hybrid Structures / I. Nishiyama, S. Morino, K. Sakino, H. Nakahara. – Japan, 2002. – 176 p.

14. Shear Design Expressions for Concrete Filled Steel Tube and Reinforced Concrete Filled Steel Tube Components / C. Roeder, D. Lehman, A. Heid, T. Maki. – Washington: Washington State Transportation Center, 2016. – 127 p.

15. Saatcioglu, M. Strength and Ductility of Confined Concrete / M. Saatcioglu, S.R. Razvi // Journal of Structural Engineering. – 1992. – 118 (6). – P. 1590–1607.

16. Study on the Fundamental Structural Behavior of Concrete Filled Steel Tubular Columns / C. Tang, B. Zhao, H. Zhu, X. Shen // Journal of Building Structures. – 1982. – 3(1). – P.13–31.

17. Uy, B. Behaviour of Short and Slender Concrete-Filled Stainless Steel Tubular Columns / B. Uy, Z. Tao, L.H. Han // Journal of Constructional Steel Research. – 2011. – 67(3). – P. 360–378.
18. Кришан, А.Л. Расчёт прочности сжатых железобетонных элементов с косвенным армированием / А.Л. Кришан, В.И. Римшин, А.И. Заикин // Бетон и железобетон – взгляд в будущее; Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 томах. Т. 2. – М., 2014. – С. 308–314.
19. Krishan, A.L. Calculating and Designing the Concrete Filled Steel Tube Columns: monograph / A.L. Krishan, M.A. Astafyeva, R.R. Sabirov. – Saarbrücken, Deutschland: Palmarium Academic Publishing, 2016. – 261 p.
20. Кришан, А.Л. Особенности деформационного расчёта прочности сжатых трубобетонных элементов / А.Л. Кришан // Бюллетень строительной техники. – 2017. – № 11. – С. 12–13.
21. Карпенко, Н.И. Общие модели механики железобетона / Н.И. Карпенко. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
22. Определение деформационных характеристик бетона / А.Л. Кришан, М.А. Астафьева, М.Ю. Наркевич, В.И. Римшин // Естественные и технические науки. – 2014. – № 9–10 (77). – С. 367–369.
23. Кришан, А.Л. Предельные относительные деформации центрально-сжатых железобетонных элементов / А.Л. Кришан, М.А. Астафьева, В.И. Римшин // Естественные и технические науки. – 2014. – № 9–10 (77). – С. 370–372.
24. The Energy Integrity Resistance to the destruction of the long-term strength concrete // A. Krishan, V. Rimshin, S. Markov [et al] // Procedia Engineering. – 2015. – Т. 117. – С. 211–217.
25. Бондаренко, В.М. Остаточный ресурс силового сопротивления повреждённого железобетона / В.М. Бондаренко, В.И. Римшин // Вестник Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук, 2005. – Вып. 9. – С. 119.
26. Бондаренко В.М. Диссипативная теория силового сопротивления железобетона / В.М. Бондаренко, В.И. Римшин. – М., 2015.
27. Римшин, В.И. Построение диаграммы деформирования одноосно сжатого бетона / В.И. Римшин, А.Л. Кришан, А.И. Мухаметзянов // Вестник МГСУ. – 2015. – № 6. – С. 23–31.
28. Бондаренко, В.М. Квазилинейные уравнения силового сопротивления и диаграмма $\sigma - \varepsilon$ бетона / В.М. Бондаренко, В.И. Римшин // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2014. – № 6. – С. 40–44.
29. Кришан, А.Л. Расчёт прочности сжатых железобетонных элементов с косвенным армированием / А.Л. Кришан // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 томах. Т. 2. – М., 2014. – С. 308–314.
30. Травуш, В.И. Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений / В.И. Травуш, В.И. Колчунов, Н.В. Ключева // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 3. – С. 4–11.
31. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкций, работающих на внецентренное сжатие / В.И. Травуш, Д.В. Конин, Л.С. Рожкова [и др.] // Academia. Архитектура и строительство. – 2016. – № 3. – С. 127–135.

Literatura

1. Krishan A.L. Perspektivy primeneniya trubobetonnyh kolonn na stroitel'nyh ob'ektah Rossii / A.L. Krishan, M.A. Krishan, R.R. Sabirov // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta im. G.I. Nosova. – 2014. – № 1 (45). – S.137–140.

2. Tsaj Shaohuaj. Novejsij opyt primeneniya trubobetona v KNR / Shaohuaj Tsaj // Beton i zhelezobeton. – 2001. – № 3. – S 20–24.

7. Krishan A.L. Opredelenie razrushayushhej nagruzki szhatogo trubobetonного элемента / A.L. Krishan, A.I. Zaikin, M.S. Kupfer // Beton i zhelezobeton. – 2008. – № 2. – S. 22–24.

18. Krishan A.L. Raschet prochnosti szhatyh zhelezobetonnyh elementov s kosvennym armirovaniem / A.L. Krishan, V.I. Rimshin, A.I. Zaikin // Beton i zhelezobeton – vzglyad v budushhee; Nauchnye trudy III Vserossijskoj (II Mezhdunarodnoj) konferentsii po betonu i zhelezobetonu: v 7 tomah. T. 2.– Moskva, 2014. – S. 308–314.

20. Krishan A.L. Osobennosti deformatsionnogo rascheta prochnosti szhatyh trubobetonnyh elementov / A.L. Krishan // Byulleten' stroitel'noj tehniki. – 2017. – № 11. – S. 12–13.

21. Karpenko N.I. Obshhie modeli mehaniki zhelezobetona / N.I. Karpenko. – М.: Strojizdat, 1996. – 416 s.

22. Opredelenie deformatsionnyh harakteristik betona / A.L. Krishan, M.A. Astafeva, M.Yu. Narkevich, V.I. Rimshin // Estestvennye i tehicheskie nauki. – 2014. – № 9–10 (77). – S. 367–369.

23. Krishan A.L. Predel'nye odnositel'nye deformatsii tsentral'no-szhatyh zhelezobetonnyh elementov / A.L. Krishan, M.A. Astafeva, V.I. Rimshin // Estestvennye i tehicheskie nauki. – 2014. – № 9–10 (77). – S. 370–372.

25. Bondarenko V.M. Ostatochnyj resurs silovogo soprotivleniya povrezhdennogo zhelezobetona / V.M. Bondarenko, V.I. Rimshin // Vestnik Otdeleniya stroitel'nyh nauk Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk, 2005. – Вып. 9. – S. 119.

26. Bondarenko V.M. Dissipativnaya teoriya silovogo soprotivleniya zhelezobetona / V.M. Bondarenko, V.I. Rimshin. – М., 2015.

27. Rimshin V.I. Postroenie diagrammy deformirovaniya одноосно сжатого бетона / V.I. Rimshin, A.L. Krishan, A.I. Muhametzyanov // Vestnik MGSU. – 2015. – № 6. – S. 23–31.

28. Bondarenko V.M. Kvazilinejnye uravneniya silovogo soprotivleniya i diagramma $\sigma - \varepsilon$ бетона / V.M. Bondarenko, V.I. Rimshin // Stroitel'naya mehanika inzhenernyh konstruksij i sooruzhenij. – 2014. – № 6. – S. 40–44.

29. Krishan A.L. Raschet prochnosti szhatyh zhelezobetonnyh elementov s kosvennym armirovaniem / A.L. Krishan // Beton

i zhelezobeton – vzglyad v budushhee: Nauchnye trudy III Vserossijskoj (II Mezhdunarodnoj) konferentsii po betonu i zhelezobetonu: v 7 tomah. T. 2. – M., 2014. – S. 308–314.

30. *Travush V.I.* Nekotorye napravleniya razvitiya teorii zhivuchesti konstruktivnyh sistem zdaniy i sooruzhenij / V.I. Travush, V.I. Kolchunov, N.V. Klyueva // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2015. – № 3. – S. 4–11.

31. Eksperimental'nye issledovaniya stalezhelezobetonnyh konstruksij, rabotayushhih na vnetsentrennoe szhatie / V.I. Travush, D.V. Konin, L.S. Rozhkova [i dr.] // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2016. – № 3. – S. 127–135.

Римшин Владимир Иванович, 1957 г.р. (Москва). Доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН. Руководитель института развития города ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (127238, Москва, Локомотивный проезд, д. 21. НИИСФ РААСН). Сфера научных интересов: теоретические основы силового сопротивления строительных конструкций зданий и сооружений, подверженных деградационным повреждениям; расчёт и конструирование энергоэффективных конструкций в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве. Автор более 500 научных работ, из них 38 учебников, учебных пособий, монографий. Тел.: +7 (926) 530-93-15. E-mail: v.rimshin@niisf.ru.

Кришан Анатолий Леонидович, 1956 г.р. (Магнитогорск). Доктор технических наук, профессор. Заведующий кафедрой проектирования зданий и строительных конструкций ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (455000, Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38. МГТУ им. Г.И. Носова). Сфера научных интересов: теоретические основы силового сопротивления сжатых и изгибаемых сталебетонных конструкций. Автор более чем 330 научных работ, в т.ч.е 10 монографий. Тел.: +7 (912) 303-32-23. E-mail: kris_al@mail.ru.

Трошкина Евгения Анатольевна (Магнитогорск). Кандидат технических наук. Доцент кафедры строительного производства ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (455000, Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38. МГТУ им. Г.И. Носова). Сфера научных интересов: разработка составов и исследование свойств самоуплотняющихся бетонных смесей, структурообразование и долговечность модифицированных бетонов. Автор более чем 50 научных работ. Тел.: +7 (912) 310-91-16. E-mail: skyjanny@mail.ru.

Rimshin Vladimir Ivanovich, born in 1957 (Moscow). Corresponding member of RAACS, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Institute of Urban Development of the Research Institute of Building Physics of RAACS (127238, Moscow, Lokomotivnyj proezd, 21. NIISF RAASN). Sphere of scientific interests: theoretical bases of power resistance of buildings and structures subject to degradation damage; calculation and design of energy-efficient structures in housing and communal services and construction. The author of more than 500 scientific works; 38 of them are textbooks, teaching aids, monographs. Tel.: +7 (926) 530-93-15. E-mail: v.rimshin@niisf.ru.

Krishan Anatoly Leonidovich, born in 1956 (Magnitogorsk). Doctor of Technical Sciences, Professor. Head of the Department of Design of Buildings and Structures of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nosov Magnitogorsk State Technical University" (38 Lenin Avenue, Magnitogorsk, 455000. NMSTU). Sphere of scientific interests: theoretical bases of power resistance of compressed and bent steel structures. The author of more than 330 scientific works, including 10 monographs. Tel.: +7 (912) 303-32-23. E-mail: kris_al@mail.ru.

Troshkina Evgenia Anatolievna (Magnitogorsk). Candidate of Technical Sciences. Associate Professor of the Department of Construction Production of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nosov Magnitogorsk State Technical University" (38 Lenin Avenue, Magnitogorsk, 455000. NMSTU). Sphere of scientific interests: development of compositions and research of properties of self-compacting concrete mixes, structurization and durability of modified concrete. The author of more than 50 scientific works. Tel.: +7 (912) 310-91-16. E-mail: skyjanny@mail.ru.