

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 692.522.2

Ю.А. Бардышева, В.С. Кузнецов, Ю.А. Талызова

ФГБОУ ВПО «МГСУ»

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ БЕЗБАЛОЧНЫХ БЕЗКАПИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ АРМАТУРОЙ

Представлены некоторые конструктивные решения безбалочных безкапительных железобетонных перекрытий со смешанным армированием, где в качестве напрягаемой арматуры используются высокопрочные канаты в гибкой оболочке типа «Моностренд».

Ключевые слова: железобетон, моностренд, преднапряжение, монолитное безбалочное перекрытие, прочность, смешанное армирование, потери преднапряжения, анкеры.

Авторами представлены перспективные разработки конструкций предварительно напряженных плоских железобетонных перекрытий, где в качестве напрягаемой арматуры используются канаты без сцепления с бетоном [1].

Новизна данного решения заключается в диагональном расположении напряженной арматуры и использовании высокопрочных канатов в гибкой оболочке типа «Моностренд» [2].

Широко распространенные в настоящее время безбалочные монолитные перекрытия, как правило, выполняются без предварительного натяжения арматуры. При этом интенсивность армирования и распределение стержней по площади плиты определяются из расчета прочности нормальных сечений, выполненного, как правило, методом предельного равновесия¹ [3].

Удобная с точки зрения упрощения расчетов прочности и производства работ равномоментная схема с одинаковым армированием верхних и нижних зон плиты требует особого внимания к выполнению норм по второй группе предельных состояний и, в частности, прогибов в центре ячейки и ширины раскрытия трещин в приопорных зонах [4].

Это обязывает проектировщиков ограничивать размеры пролетов или величин нагрузок, увеличивать размеры сечений или количество арматуры, причем увеличение последней в пересчете на ячейку достигает 30 % и более от требуемого по расчету прочности [3, 5].

Эффективным способом противодействия является предварительное напряжение арматуры, которое может производиться по всей площади плиты или выборочно на проблемных участках [6, 7].

¹ СП 52-103—2007. Железобетонные монолитные конструкции зданий. М. : ФГУП ЦПП, 2007. 22 с.

Традиционное армирование в виде ортогональной предварительно напряженной арматуры эффективно в перекрытиях, имеющих опорный контур, например стены или контурные балки, где ясны расчетная схема, конфигурация эпюры моментов и зоны растяжения и сжатия, определяющие расположение по ячейке напрягаемых канатов или стержней [8, 9].

В безбалочных и, особенно, в безкапитальных перекрытиях в надколонных полосах могут присутствовать моменты одного знака в одном направлении и противоположного — в другом. Значение и знак усилия определяются величинами нагрузок, соотношением размеров ячеек, сечения колонн и толщины плиты [10]. Поэтому сплошное армирование преднапряженной арматурой весьма затруднительно ввиду сложностей ее размещения по плите из-за сложного и неопределенного двухосного напряженного состояния [11].

Выборочное армирование отдельными напрягаемыми стержнями или канатами в традиционном виде сложно в выполнении с технической точки зрения.

Из современных и приемлемых вариантов преднапряжения наиболее эффективным представляется армирование предварительно напряженными канатами в оболочке «Моностренд» [2, 12, 13]. В работе представлено оригинальное решение с диагональным расположением арматуры (рис. 1, 3, 4).

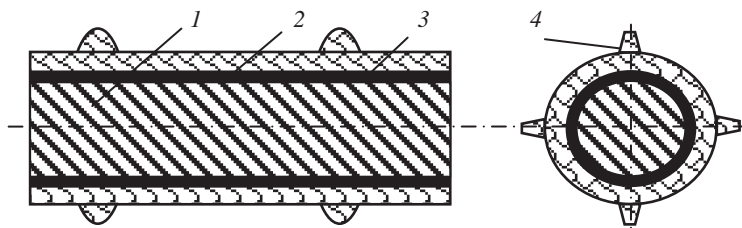


Рис. 1. Конструкция «Моностренд»: 1 — канат; 2 — антикоррозийная смазка; 3 — трубчатая полиэтиленовая оболочка; 4 — выступы в полиэтиленовой оболочке

Предложенная конфигурация расположения напрягаемой арматуры обладает следующими достоинствами:

при диагональном расположении канатов наибольшее их количество (процент армирования) сосредоточено в нижней зоне в центре ячейки, где плита имеет максимальные прогибы и нормальные трещины;

в приопорных зонах напряженная арматура переводится в верхнюю часть сечения, где она способствует уменьшению раскрытия нормальных трещин;

незначительное количество напрягаемой арматуры в количестве 10...20 % от общей потребности арматуры в сечении, из расчета прочности, существенно уменьшает прогибы и ширину раскрытия трещин;

обжатие бетона плиты в зоне колонн благоприятно влияет на прочность перекрытия на продавливание, так как прочность бетона в условиях трехосного сжатия повышается [5].

Предварительно напрягаемая арматура типа «Моностренд» на концах анкерится при помощи анкеров с цанговыми захватами [12, 14]. Анкера подразделяются на «глухие», выполняющие функцию фиксации каната, и «активные» — на которых после набора бетоном прочности при помощи натяжных

устройств производится натяжение напрягаемой арматуры². На рис. 2 представлены конструкции механизмов анкеровки «Моностренд» зарубежной фирмы AMSYSCO.

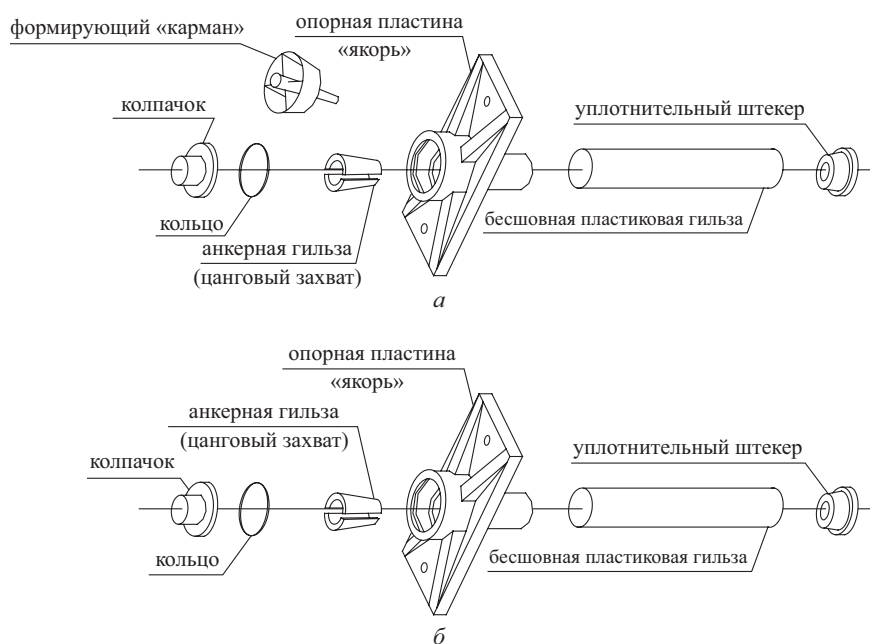


Рис. 2. Анкерная система AMSYSCO для «Моностренд»: *а* — анкерная система с «активным» анкером; *б* — анкерная система с «глухим» анкером

Схема расположения напрягаемой арматуры по всему перекрытию с канатами, натягиваемыми со стороны наружных стен (торцов) здания, приведена на рис. 3. Схема применима для перекрытий с одинаковыми или незначительно отличающимися по размерам ячейками. Количество и уровень преднапряжения напрягаемой арматуры определяется требованиями предельных прогибов и ширины раскрытия трещин в середине ячейки.

Схема расположения напрягаемой арматуры для одной ячейки с канатами, натягиваемыми со стороны торцов колонн здания, приведена на рис. 4. Схема применима для перекрытий с различными ячейками.

Важными обстоятельствами, определяющими эффективность применения напрягаемой арматуры, являются не только выбор класса арматуры, уровня преднапряжения, но и применение анкерных и натяжных устройств. При значительных объемах производства и хорошем техническом оснащении строительной организации процесс натяжения арматуры, включая контроль уровня, не представляется сложным и может производиться промышленными методами. При ограниченных объемах строительства, при реконструкции, стесненных условиях и других случаях выбор способа натяжения и контроль уровня преднапряжения приобретают определяющее значение [15]. Приемлемыми в этих случаях могут быть варианты натяжения с использованием высаженных

² Post Tensioning Manual / PTI : ch. ed. Pawan R. Gupta : 6th ed. Phoenix, AZ : PTI Publication, 2006. 354 p.

головок с резьбовыми наконечниками или с использованием простой резьбы на торцах стержней (рис. 4), где контроль уровня натяжения ведется с помощью динамометрических ключей или по величине абсолютных удлинений каната и др.³

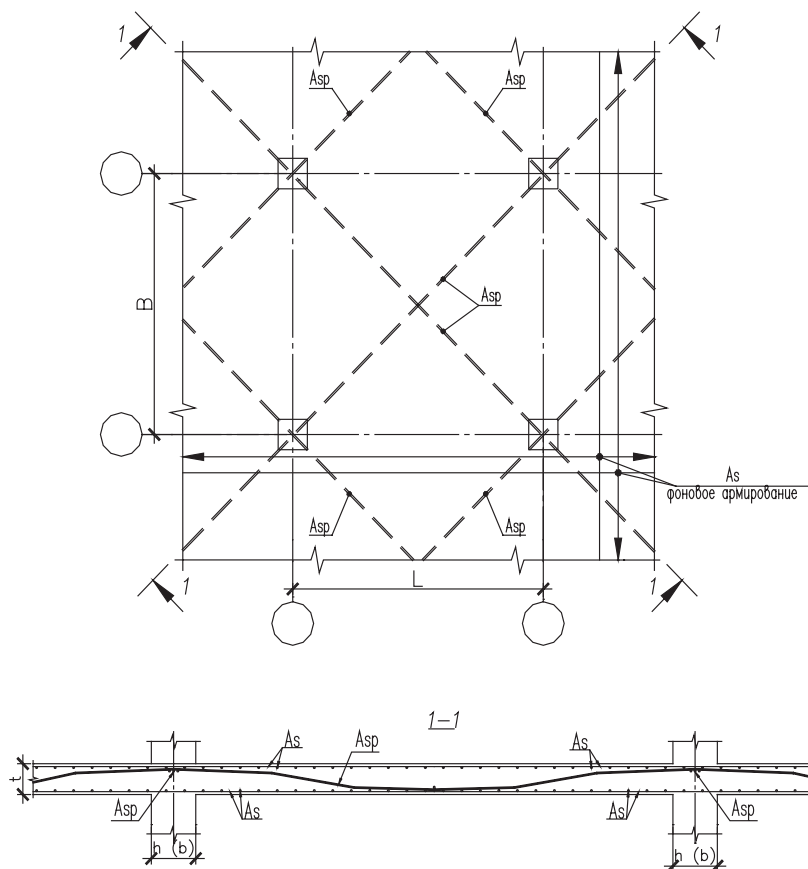


Рис. 3. Армирование предварительно напряженной арматурой всего перекрытия

Следует отметить, что применение высокопрочной канатной арматуры совместно с ненапрягаемой (смешанное армирование) оставляет возможности для подтягивания канатов в процессе эксплуатации, т.е. выполнять регулирование усилий [12, 14, 15].

Выводы. 1. Применение предварительно напряженной арматуры в виде отдельных стержней или канатов (вант) повышает жесткость и трещиностойкость железобетонных плит безбалочных перекрытий.

2. Использование высокопрочных канатов в оболочке типа «Моностренд» позволяет выполнить преднапряжение для отдельной ячейки плиты или перекрытия в целом и уменьшить трудоемкость работ по напряжению арматуры.

3. Предлагаемое в работе диагональное расположение напрягаемой арматуры является эффективным решением расширения диапазонов размеров ячеек и величин нагрузок.

³ Recommendations for Stay-Cable Design, Testing and Installation / PTI : 6th ed. Phoenix, AZ : PTI Publication, 2012. 110 p.

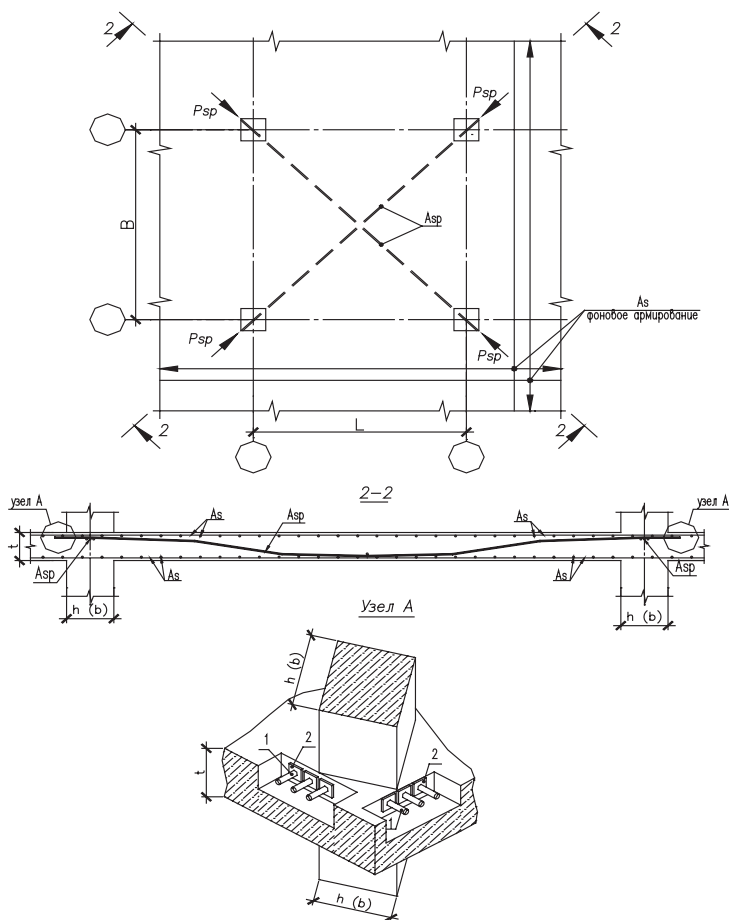


Рис. 4. Армирование предварительно напряженной арматурой отдельной ячейки перекрытия. Узел А: 1 — опорная пластина «якорь»; 2 — выпуски канатной арматуры

Библиографический список

1. Черныгов Е.А. Исследование эффективности применения технологии натяжения арматуры на бетон без сцепления // Молодые ученые в транспортной науке : научн. тр. ОАО ЦНИИС. М., 2005. С. 87—95.
2. Патент РФ № 2427686. Способ изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций и моностренд / С.Л. Ситников, Е.Ф. Мирюшенко. № 2009132979/03 ; заявл. 02.09.2009 ; опубл. 27.08.2011, Бюл. № 24. 8 с.
3. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушений. М. : Стройиздат, 1982. 196 с.
4. Гагин А.А. Особенности безбалочных большепролетных монолитных железобетонных перекрытий // Вестник РУДН. Серия : Инженерные исследования. 2010. № 2. С. 25—28.
5. Paillé JM. Calcul des structures en béton / Guide d'application. 2 ed. AFNOR, 2013. 716 p.
6. Freyssinet E. Naissance du béton précontraint et vues d'avenir. Travaux, 1954. no. 236. 463 p.
7. Патент РФ № 2264506. Способ натяжения канатной арматуры при возведении зданий по системе ИМС / А.А. Мартынов. № 2002117939/03 ; заявл. 05.07.2002 ; опубл. 20.11.2005, Бюл. № 32. 6 с.

8. Дзюба И.С., Ватин Н.И., Кузнецов В.Д. Монолитное большепролетное ребристое перекрытие с постнапряжением // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 1. С. 5—12.
9. Лихов З.Р. Железобетонные стропильные балки с консольными выступами вдоль пролета // Развитие теории и практики железобетонных конструкций : сб. науч. тр. Ростов н/Д. : РГСУ, СевкавНИПИАгропром, 2003. С. 112—114.
10. Рязанцев С.П., Федоров Ю.Л. Монолитное железобетонное безригельное перекрытие // Новые идеи нового века : материалы 10-го международного форума ИАС ТОГУ. Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2010. Т. 2. С. 90—94.
11. Маилян Д.Р., Маилян Р.Л., Осипов М.В. Железобетонные балки с предварительным напряжением на отдельных участках // Бетон и железобетон. 2002. № 2. С. 18—20.
12. Durability of post-tensioning tendons / Fib Bulletin No. 33. Lausanne, 2005. 76 p.
13. Патент РФ № 2037041. Способ натяжения арматурного элемента с анкерным устройством / С.Т. Крицин, Н.А. Марков, Р.Ш. Шарипов. № 5038642/33 ; заявл. 24.02.1992 ; опубл. 09.06.1995. Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2037041>. Дата обращения: 30.03.2014.
14. Walsh K.Q., Kurama Y.C. Behavior of unbonded post-tensioning monostrand anchorage systems under monotonic tensile loading // PCI Journal. Precast / Prestressed Concrete Institute. 2010. Vol. 55. No. 1. Pp. 97—117.
15. Кишиневская Е.В., Ватин Н.И., Кузнецов В.Д. Усиление строительных конструкций с использованием постнапряженного железобетона // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 3. С. 29—32.

Поступила в редакцию в апреле 2014 г.

Об авторах: **Бардышева Юлия Анатольевна** — аспирант кафедры архитектурно-строительного проектирования, Мытищинский филиал **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 141006, Московская область, г. Мытищи, Олимпийский проспект, д. 50, post-lipka89@mail.ru;

Кузнецов Виталий Сергеевич — кандидат технических наук, профессор, старший научный сотрудник кафедры архитектурно-строительного проектирования, Мытищинский филиал **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 141006, Московская область, г. Мытищи, Олимпийский проспект, д. 50, vitaly.ggh2014@yandex.ru;

Талызова Юлия Александровна — ассистент кафедры архитектурно-строительного проектирования, Мытищинский филиал **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 141006, Московская область, г. Мытищи, Олимпийский проспект, д. 50, yuliatalyzova@yandex.ru.

Для цитирования: Бардышева Ю.А., Кузнецов В.С., Талызова Ю.А. Конструктивные решения безбалочных безкапитальных перекрытий с предварительно напряженной арматурой // Вестник МГСУ. 2014. № 6. С. 44—51.

Yu.A. Bardysheva, V.S. Kuznetsov, Yu.A. Talyzova

CONSTRUCTIVE SOLUTIONS FOR BEAMLESS CAPITALLESS FLOORS WITH PRESTRESSED REINFORCEMENT

In the article the authors present advanced constructions of prestressed reinforced concrete flat ceiling, where high-strength ropes in elastic shell are used as stressed reinforcement.

The novelty of the solution lays in diagonal arrangement of hard valves and use of high-strength ropes in a flexible shell of "Monostrand" type. This type of prestress, in our opinion, is the most acceptable from technical point of view for selective reinforcement of separate tense rods or cables.

The use of pre-stressed reinforcement in the form of individual rods or cables increases the rigidity and crack resistance of concrete beamless slabs. The use of high-strength ropes in the monostrand-type shell makes it possible to prestress in frames of single cell plate or floor in general and to reduce labour input for stressing armature.

The paper presents original solution with diagonal position of the valve. The authors suggest the use of prestressed diagonal valves as in all cells of the floor with the cells of the same or only slightly different size and in separate cells of the floor (for roofs with different cells).

The diagonal location of stressed reinforcement proposed in the work is an efficient solution for extending the range of dimensions and loads size.

Key words: reinforced concrete, monostrand, prestress, monolithic beamless slab, strength, mixed reinforcement, loss of prestress, anchors.

References

1. Chernygov E.A. Issledovanie effektivnosti primeneniya tekhnologii natyazheniya armatury na beton bez stsepleniya [Efficiency Study of the Use of Post-Tensioning Technology without Bond]. *Molodye uchennye v transportnoy nauke: nauchnye trudy* [Young Scientists in Transport Science: Scientific Works]. Moscow, OAO TsNIIS Publ., 2005, pp. 87—95.
2. Citnikov S.L., Miryushenko E.F. *Sposob izgotovleniya predvaritel'no napryazhennykh zhelezobetonnykh konstruksiy i monostrend* [Production Method of Prestressed Reinforced Concrete Structures and Monostrand]. Patent RF № 2427686. № 2009132979/03; yayavl. 02.09.2009; opubl. 27.08.2011, Byul. № 24 [Russian Patent no. 427686. No. 2009132979/03; subm. 02.09.2009; published 27.08.2011, Bull. No. 24]. 8 p.
3. Zaytsev Yu.V. *Modelirovanie deformatsiy i prochnosti betona metodami mekhaniki razrusheniya* [Concrete Deformation and Strength Modeling by Means of Fracture Mechanics]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1982, 196 p.
4. Gagin A.A. Osobennosti bezbalochnykh bol'sheproletnykh monolitnykh zhelezobetonnykh perekrytiy [Features of Beamless Longspan Monolithic Reinforced Concrete Slabs]. *Vestnik RUDN. Seriya: Inzhenernye issledovaniya* [Proceedings of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Engineering Investigations]. 2010, no. 2, pp. 25—28.
5. Paillé JM. Calcul des structures en béton. Guide d'application. 2 ed. AFNOR, 2013, 716 p.
6. Freyssinet E. Naissance du béton précontraint et vues d'avenir. Travaux, 1954. no. 236, 463 p.
7. Martynov A.A. *Sposob natyazheniya kanatnoy armatury pri vozvedenii zdaniy po sisteme ims* [Way of Wire Rope Tensioning in the Process of Construction Using Industrial Erecting System]. Patent RF № 2264506. № 2002117939/03; yayavl. 05.07.2002; opubl. 20.11.2005 Byul. № 32 [Russian Patent no. 2264506. No. 2002117939/03; subm. 05.07.2002; published 20.11.2005, Bull. no. 32]. 6 p.
8. Dzyuba I.S., Vatin N.I., Kuznetsov V.D. Monolitnoe bol'sheproletnoe rebristoe perekrytie s postnapryazheniem [Monolithic Longspan Ribbed Floor with Post-stress]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal* [Engineering Construction Journal]. 2008, no. 1, pp. 5—12.
9. Likhov Z.R. Zhelezobetonnye stropil'nye balki s konsol'nymi vystupami vdol' proleta [Reinforced Concrete Sloping Beams with Outriggers Along Span]. *Razvitie teorii i praktiki zhelezobetonnykh konstruksiy: sbornik nauchnykh trudov* [Development of Theory and Practice of Reinforced Concrete Structures: Collection of Scientific Works]. Rostov on Don, RGSU Publ., SevkaVNIPiagroprom Publ., 2003, pp. 112—114.
10. Ryazantsev S.P., Fedorov Yu.L. Monolitnoe zhelezobetonnoe bezrigel'noe perekrytie [Monolithic Reinforced Concrete Girderless Floor Construction]. *Novye idei novogo veka: materialy 10-go mezhdunarodnogo foruma IAS TOGU* [New Materials of the New Century: Materials of the 10th International Forum of Pacific National University]. Khabarovsk, TOGU Publ., 2010, vol. II, pp. 90—94.

11. Mailyan D.R., Mailyan R.L., Osipov M.V. Zhelezobetonnye balki s predvaritel'nym napryazheniem na otdel'nykh uchastkakh [Reinforced Concrete Beams with Prestress of Separate Areas]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2002, no. 2, pp. 18—20.

12. Durability of Post-tensioning Tendons. *Fib Bulletin* no. 33, Lausanne, 2005, 76 p.

13. Kritsin S.T., Markov N.A., Sharipov R.Sh. *Sposob natyazheniya armaturnogo elementa s ankernym ustroystvom* [Way of Reinforcing Element Tensioning with Anchor Arrangement]. Patent RF № 2037041. № 5038642/33; zayavl. 24.02.1992; opubl. 09.06.1995 [Russian Patent no. 2037041. No. 5038642/33; subm. 24.02.1992; publ. 09.06.1995. Available at: <http://www.freepatent.ru/patents/2037041>. Date of access: 30.03.2014.

14. Walsh K.Q., Kurama Y.C. Behavior of Unbonded Post-tensioning Monostrand Anchor-age Systems under Monotonic Tensile Loading. *PCI Journal*. Precast / Prestressed Concrete Institute, 2010, vol. 55, no. 1, pp. 97—117.

15. Kishinevskaya E.V., Vatin N.I., Kuznetsov V.D. Usilenie stroitel'nykh konstruktсий s ispol'zovaniem postnapryazhennogo zhelezobetona [Reinforcement of Building Structures Using Poststressed Reinforced Concrete]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal* [Engineering and Construction Journal]. 2009, no. 3, pp. 29—32.

About the authors: **Bardysheva Yuliya Anatol'evna** — postgraduate student, Department of Architectural and Construction Design, Mytishchi Branch, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 50 Olimpiyskiy prospect, Mytishchi, 141006, Moscow Region, Russian Federation; post-lipka89@mail.ru;

Kuznetsov Vitaliy Sergeevich — Candidate of Technical Sciences, Professor, Senior Research Worker, Department of Architectural and Construction Design, Mytishchi Branch, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 50 Olimpiyskiy prospect, Mytishchi, 141006, Moscow Region, Russian Federation; vitaly.ggh2014@yandex.ru;

Talyzova Yuliya Aleksandrovna — Assistant Lecturer, Department of Architectural and Construction Design, Mytishchi Branch, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 50 Olimpiyskiy prospect, Mytishchi, 141006, Moscow Region, Russian Federation; yuliatalyzova@yandex.ru.

For citation: Bardysheva Yu.A., Kuznetsov V.S., Talyzova Yu.A. Konstruktivnye resheniya bezbalochnykh bezkapitel'nykh perekrytiy s predvaritel'no napryazhennoy armaturoy [Constructive Solutions for Beamless Capitalless Floors with Prestressed Reinforcement]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 6, pp. 44—51.