

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-11-35-42

<sup>1</sup>Смоляго Г.А., <sup>2</sup>Дрокин С.В., <sup>1,\*</sup>Дронов А.В., <sup>2</sup>Белоусов А.П.,  
<sup>2</sup>Пушкин С.А., <sup>2</sup>Смоляго Е.Г.<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Россия, 308012, Белгородская область, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46<sup>2</sup>ООО «Строительная экспертиза», Россия, г. Белгород

\*E-mail: dronov.andrey.1989@gmail.com

## ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СБОРНЫХ БАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЕРАМЗИТОБЕТОННЫХ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ

**Аннотация.** Использование керамзитобетона для производства строительных конструкций позволяет значительно снизить их вес, что важно при изготовлении многопустотных плит перекрытий, собственный вес которых составляет значительную долю от общей нагрузки. В действующих нормативных документах физико-механические свойства керамзитобетона значительно отличаются, а иногда и противоречат друг другу в различных документах. На примере здания детского сада, эксплуатируемого около 50 лет, приведены выявленные дефекты и повреждения керамзитобетонных многопустотных плит перекрытия, появившиеся как при изготовлении плит (участки с неуплотнённым бетоном, непробетонированные ребра плит между пустотами на отдельных участках), так и в процессе эксплуатации здания (нормальные трещины в середине пролета плит, неоформленные отверстия под коммуникации, коррозия арматуры). Были выявлены 2 аварийные плиты перекрытия, имеющие многочисленные продольные и поперечные трещины и сколы бетона, появившиеся вследствие ненормативного загрузжения плит. Показаны различия в нормативных документах и методиках расчетах, используемых на момент проектирования здания детского сада и в настоящий момент времени. Выполнена оценка технического состояния керамзитобетонных плит перекрытий с учетом имеющихся дефектов и повреждений и приведены рекомендации по их усилению.

**Ключевые слова:** керамзитобетон, многопустотные плиты, долговечность, дефекты, усиление.

**Введение.** Зарубежный и отечественный опыт использования керамзитобетона как в монолитном, так и сборном вариантах свидетельствует о возможности его применения в качестве несущих конструкций различного функционального назначения.

Использование высокопрочного керамзитобетона позволяет снизить вес конструкций на 25–30 %. Это весьма важно для изготовления многопустотных плит перекрытия, собственный вес которых составляет значительную долю от общей нагрузки.

По мнению [1], несущие конструкции из легких бетонов могут изготавливаться практически при том же армировании и в той же опалубке, что и аналогичные конструкции из тяжелого бетона при массе первых меньше на 20–50 %. Это подтверждается опытом возведения несущих каркасов (или их элементов), зданий и конструкций межэтажных перекрытий.

При использовании керамзитобетона в конструкциях перекрытий, как правило, применяют класс бетонов по прочности на сжатие В15–В30, марки по плотности D1200 – D1800.

Керамзитобетон обладает специфическими свойствами по сравнению с тяжёлым бетоном, что необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации керамзитобетонных конструкций.

Предел прочности при изгибе высокопрочного керамзитобетона примерно на 10–30 % меньше, чем равнопрочного тяжелого бетона [2].

На прочность легких бетонов на растяжение влияет множество факторов, наиболее значимым из которых является размер заполнителя. Прочность при растяжении легких бетонов колеблется приблизительно от 70 до 100 % прочности при растяжении тяжелого бетона одинакового класса по прочности на сжатие [3, 10].

На текущий момент нет однозначного ответа по предельной растяжимости и сжимаемости керамзитобетона, так как предельная растяжимость высокопрочного керамзитобетона также примерно в 2 раза превосходит растяжимость тяжелого бетона и колеблется в основном в пределах 0,2–0,6 мм/м [4] или 0,3–0,35 мм/м [5], что превосходит в 2 раза среднее значение предельной растяжимости для тяжелого бетона. В действующих нормативных документах предельная растяжимость керамзитобетона имеет значительный разброс и составляет для марок 150–200 – 0,0003; для марок 300–500 – 0,00025 [6], что больше предельной растяжимости бетона, равной 0,0001 [7]. В действующих американских нормативных документах [10] предельная сжимаемость легкого бетона практически равна предельной сжимаемости керамзитобетона и принята равной 0,003. От-

мечается также, что на основании опытных данных указанное значение предельной сжимаемости лёгкого бетона можно несколько увеличить.

Значения предельных относительных деформаций согласно [7] допускается принимать при продолжительном действии нагрузки по [8] с понижающим коэффициентом  $[(0,4+0,6\rho/2200)\geq 0,7]$ , где  $\rho$  – плотность бетона в  $\text{кг}/\text{м}^3$ , т.е. согласно действующему СП предельные относительные деформации керамзитобетона при длительном действии нагрузки меньше значений для тяжелого бетона.

Предельные относительные деформации при сжатии согласно [9] можно принять равными  $0,0035 \cdot [(0,4+0,6\rho/2200)]$ , где  $\rho$  – плотность бетона в  $\text{кг}/\text{м}^3$ , при этом их величина не должна превышать  $0,0025+0,002(1-f_{ck}/100)$ , где  $f_{ck}$  – характеристика прочности на сжатие при испытаниях цилиндров (нормативная прочность бетона на сжатие).

В отличие от тяжелого бетона, модуль упругости которого возрастает во времени, особенно в образцах, нагруженных сжимающей нагрузкой, модуль упругости конструктивного керамзитобетона с течением времени снижается. В нагруженных постоянной сжимающей нагрузкой образцах его снижение составляет 20–25 % первоначального его значения в 28-суточном возрасте. Как показали эксперименты [4], в керамзитобетоне невысоких классов (В5, В7,5) снижение модуля упругости не отмечается, в отличие от керамзитобетона более высоких классов, где у образцов с неизолированной поверхностью модуль упругости за два года снизился на 13–18 %. У таких же изолированных образцов происходило нарастание модуля упругости на 21 % по сравнению с модулем упругости образцов 28-суточного возраста. Таким образом, модуль упругости снижается в основном в результате высыхания бетона. Поэтому изменение модуля упругости керамзитобетона с течением времени будет зависеть от температурно-влажностных условий эксплуатации конструкций. Наиболее неблагоприятны в этом отношении нормальная и сухая среда для конструкций, находящихся в закрытых помещениях, и сухой и жаркий климат для конструкций, размещенных на открытом воздухе [4]. Существует достаточно много формул для нахождения модуля упругости керамзитобетона в зависимости от прочности на сжатие и плотности [10, 11]. Модуль упругости керамзитобетона в зависимости от состава бетона составляет 50–75 % от модуля упругости тяжелого бетона той же прочности и принимается равным модулю упругости тяжелого бетона, умноженному на  $(\rho/2200)^2$  [12, 13].

Данные по значениям усадки и ползучести высокопрочного керамзитобетона противоречивы. Согласно [4] усадка и ползучесть на 20–40 % превосходят соответствующие показатели равнопрочного тяжелого бетона. По [5] границы линейной ползучести керамзитобетона находятся в тех же пределах, что и у тяжелого бетона, а согласно действующему СП [7] значение коэффициента ползучести бетона допускается принимать по [8] с понижающим коэффициентом  $(\rho/2200)^2$ , где  $\rho$  – плотность бетона, т.е. ползучесть керамзитобетона меньше ползучести тяжелого бетона. Согласно [10, 13], усадка и ползучесть бетона на легких заполнителях практически всегда превосходят аналогичные показатели для тяжелого бетона. Эффективным методом снижения усадки и ползучести является использование высокопрочного керамзитобетона или использование керамзитобетона автоклавного твердения.

В [14] отмечено, что пористый заполнитель усиливает ползучесть в связи с его низкой жесткостью, поэтому легкие бетоны имеют большую ползучесть по сравнению с тяжелыми. В среднем деформации ползучести легких бетонов классов до В25 во многих случаях в 1,2–1,4 раза больше деформаций ползучести тяжелых бетонов, и это свойство в полной мере проявляется уже примерно через 2–6 мес. после загрузки (т.е. раньше, чем у тяжелых бетонов). Необходимо отметить, что сам по себе керамзит, подвержен значительным пластическим деформациям и микротрещинообразованию при длительном действии на него сжимающих нагрузок. Это также может являться дополнительными факторами, интенсифицирующими ползучесть керамзитобетона.

В связи с этим представляется целесообразным проанализировать изменения эксплуатационных параметров, соответствие предельным состояниям керамзитобетонных перекрытий по истечению длительного срока их эксплуатации на примере 2-х этажного с подвалом здания детского сада с размерами в плане 12,89×51,91 м. Здание эксплуатируется более 50 лет.

**Основная часть.** Конструктивная схема исследуемого здания – жесткая, бескаркасная, панельная с поперечными несущими и продольными самонесущими стенами выше отм.  $\pm 0,000$ , а также сборными железобетонными поперечными рамами, расположенными ниже отм.  $\pm 0,000$ . Пространственная жесткость здания обеспечивается совместной работой панельных стен и железобетонных рам с конструкциями межэтажных перекрытий.

Проведение данного исследования вызвано тем обстоятельством, что представителями под-

рядной организации в процессе выполнения капитального ремонта нежилого здания детского сада были обнаружены многочисленные дефекты и повреждения пустотных керамзитобетонных плит перекрытия, расположенных над подвалом и 1-м этажом исследуемого объекта.



При выполнении обследований пустотных керамзитобетонных плит перекрытия зафиксированы следующие дефекты и повреждения:

1. многочисленные нормальные трещины с предельно допустимой шириной раскрытия до 0,3 мм, расположенные в середине пролета плит, то есть в зоне максимального изгибающего момента (рис. 1);



Рис. 1. Многочисленные нормальные трещины в плитах перекрытия

2. неоформленные отверстия в зонах прохода инженерных коммуникаций, в том числе с

участками с обрезанной продольной рабочей арматурой (рис. 2);



Рис. 2. Неоформленные отверстия в зонах прохода инженерных коммуникаций

3. коррозия продольной рабочей арматуры у отверстий и в связи с недостаточной величиной защитного слоя бетона (рис. 3);



Рис. 3. Коррозия продольной рабочей арматуры

4. участки с неуплотненным бетоном керамзитобетонных плит (рис. 4), а также непробетонированные ребра плит между пустотами на отдельных участках.



Рис. 4. Участки с неуплотнённым бетоном, непробетонированные ребра плит между пустотами на отдельных участках

Коррозионные изменения прочностных и деформативных параметров бетона сжатой зоны, коррозия стержней растянутой арматуры с нарушением сцепления стержней с бетоном приводят к нарушению нормативного условия ограничения высоты сжатой зоны, что делает возможным хрупкое разрушение изгибаемых элементов [15].

Также в процессе выполнения осмотра были обнаружены две аварийные плиты перекрытия с многочисленными силовыми нормальными трещинами, продольными трещинами и сколами бетона, расположенными над подвалом у наруж-

ных продольных стен (рис. 5). Данное техническое состояние плит перекрытия с большой долей вероятности вызвано их не нормативным неравномерным по ширине плиты загрузением в процессе выполнения капитального ремонта нежилого здания детского сада, что привело к возникновению крутящих моментов [16, 17]. Неравномерное по ширине нагружение плит перекрытий привело к заклиниванию их продольных боковых поверхностей соседними плитами и, как следствие, работе плит на изгиб в продольном направлении, что было не предусмотрено проектной документацией.



Рис. 5. Повреждения аварийных плит перекрытия

Результаты инструментальных исследований конструкций перекрытия показали, что пустотные керамзитобетонные плиты в большей части имеют размеры в плане  $1,6 \times 3,2$  м и  $1,6 \times 6,4$  м. Плиты выполнены из бетона класса по прочности на сжатие В15. Продольная арматура плит:  $2\text{Ø}12$  АШв +  $3\text{Ø}14$  АШв.

Выполненные поверочные расчеты пустотных керамзитобетонных плит с учетом фактических прочностных характеристик, армирования и нагрузок в соответствии с требованиями действующих норм показали несоответствие требованиям предельных состояний, связанное с дей-

ствующими нагрузками, дефектами изготовления плит, проявившихся в нарушении методов подбора состава бетона и технологии изготовления. Об этом свидетельствуют результаты определения прочности бетона, согласно которым отдельные участки плит имеют пониженную прочность и повышенную хрупкость бетона.

Необходимо отметить, что на момент возведения здания при расчете деформаций вес жестких перегородок без проемов мог не учитываться, а нагрузки от прочих перегородок учитывались в размере 40% от их фактического веса. Так же в типовых конструкциях многпустотных

плит, опирающихся на стены, при расчете прогибов обычно учитывался опорный момент на одной опоре в размере 15% от момента свободно лежащей балки [18].

Для восстановления эксплуатационных качеств и соответствия предельным состояниям исследуемые конструкции перекрытия, расположенные над подвалом и 1-м этажом, нуждаются

в усилении путем устройства набетонки толщиной 70 мм из мелкозернистого бетона класса по прочности на сжатие В20 и армированием сеткой  $\varnothing 10$  А500 с шагом 200 мм в двух направлениях, а также заведением каркасов с продольным рабочим стержнем  $\varnothing 16$  А500 в швы между плитами (рис. 6).

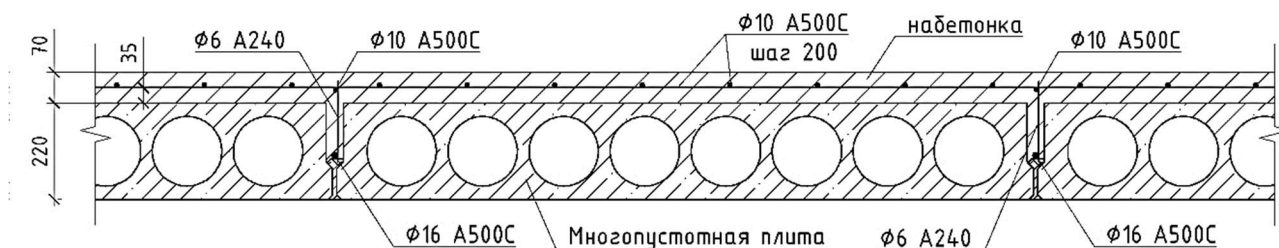


Рис. 6. Фрагмент усиления перекрытия

Совместная работа монолитного нового бетона и плит обеспечивается устройством на верхней поверхности плит насечек, дополнительными поперечными стержнями и сеткой в монолитном слое бетона, установкой каркасов в швы между плитами. Усиление плит необходимо выполнить после полного демонтажа конструктивных слоев пола.

В процессе выполнения капитального ремонта здания необходимо в кратчайшие сроки выполнить усиление двух аварийных плит перекрытия над подвалом подведением под них стальных балок, опирающихся на возведенные кирпичные столбы. Техническое состояние данных плит перекрытия, расположенных над подвалом, оценивается как аварийное, характеризующееся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения, при котором существует опасность для пребывания людей и сохранности оборудования, с предварительным выполнением страховочных мероприятий.

Выполненные поверочные расчеты перекрытий с учетом рекомендованных конструктивных решений по усилению подтвердили их соответствие предельным состояниям, в том числе с обеспечением прочности контактного шва.

**Выводы.** Проведенные обследования не позволили в полной мере дать обоснованный ответ о степени надежности и долговечности керамзитобетонных пустотных плит перекрытий, вследствие выявленных дефектов при их изготовлении. Однако учитывая, что срок их эксплуатации до капитального ремонта составил порядка 50-ти лет, можно отметить их конкурентную способность по сравнению с аналогичными конструкциями из тяжелого бетона и целесообразность их применения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ярмаковский В.Н. Модифицированные легкие бетоны различных видов для ограждающих и несущих конструкций зданий // Бетон и железобетон – пути развития: Всероссийская (международная) конференция по бетону и железобетону. М.: ДИПАК, 2005. Т. 4. С. 324–330.
2. Дорф В.А., Довжик В.Г. Высокопрочный керамзитобетон (Обзор опыта производства, особенностей технологии и свойств). М.: ЦНИИТ-ЭСтром Министерства промышленности строительных материалов СССР. 1968. 52 с.
3. Конструктивный высокопрочный керамзитобетон в США. ЦНИИС Госстроя СССР. Экспресс-информация, серия «Строительные материалы и изделия». Зарубежный опыт. 1965. № 9. 68 с.
4. Кудрявцев А. А. Предварительно-напряженный керамзитобетон. М.: Стройиздат, 1974. 93 с.
5. Курасова Г.П. Свойства конструктивного керамзитобетона марок 200-500. // Легкие и ячеистые бетоны и конструкции из них. Научная сессия института, 1968. Доклады и сообщения. Под редакцией кандидатов технических наук А.Т. Баранова, Г.А. Бужевича, Н.А. Корнева, В.В. Макаричева. М.: НИИЖБ. 1970. С. 48-64.
6. ВСН 28-65. Указания по применению керамзитобетона в автодорожных мостах. М.: Изво «Транспорт». 1965. 19 с.
7. СП 351.1325800.2017. Бетонные и железобетонные конструкции из лёгких бетонов. Правила проектирования. М., 2017. 77 с.
8. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. С изменениями 1, 2, 3. М., 2015. 161 с.

9. Lightweight Aggregate Concrete. Part 1. Recommended extensions to Model Code 90. 2000. 114 p.
10. ACI 213R-14. Guide for structural lightweight aggregate concrete. American Concrete Institute. 2014. 53 p.
11. Yongmei Qiao, Chao Gao. Elastic Modulus Calculation of Lightweight Aggregate Concrete. Advanced Materials Research. Vol 1090. 2015. Pp 93–95.
12. Kum Yung Juan. Cracking mode and shear strength of lightweight concrete beams. National university of Singapore. 2011. 202 p.
13. EN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures -Part 1-1: General rules and rules for buildings. 2004. 225 p.
14. Каримов Е.Ш. Механизм ползучести бетона и факторы, влияющие на нее (обзор). Часть 1. Технологии бетонов. №3-4. 2011. С. 61–65.
15. Меркулов С.И. Развитие теории конструктивной безопасности объектов в условиях коррозионных воздействий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №3. С. 44–46.
16. Alex Aswad, Francis J. Jacque. Behavior of Hollow-Core Slabs Subject to Edge Loads. PCI Journal. March-April 1992. P. 72–84.
17. Helén Broo. Shear and Torsion in Concrete Structures. Non-Linear Finite Element Analysis in Design and Assessment. Göteborg, Sweden. 2008. 202 p.
18. Мурашев В.И. Справочник проектировщика. Сборные железобетонные конструкции. М., 1959. 606 с.

#### Информация об авторах

**Смоляго Геннадий Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: trk-psv@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Дрокин Сергей Владимирович**, кандидат технических наук, инженер-проектировщик. E-mail: drokin\_sergey@mail.ru. ООО «Строительная экспертиза», Россия, г. Белгород.

**Дронов Андрей Васильевич**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры теоретической механики и сопротивления материалов. E-mail: dronov.andrey.1989@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Белоусов Александр Петрович**, заместитель директора по техническим вопросам. ООО «Строительная экспертиза», Россия, г. Белгород.

**Пушкин Сергей Александрович**, начальник отдела обследования зданий и сооружений. ООО «Строительная экспертиза», Россия, г. Белгород.

**Смоляго Елена Геннадьевна**, кандидат технических наук, начальник отдела строительного аудита. ООО «Строительная экспертиза», Россия, г. Белгород.

---

Поступила в августе 2019 г.

© Смоляго Г.А., Дрокин С.В., Дронов А.В., Белоусов А.П., Пушкин С.А., Смоляго Е.Г., 2019

**<sup>1</sup>Smolyago G.A., <sup>2,\*</sup>Drokin S.V., <sup>1</sup>Dronov A.V., <sup>2</sup>Belousov A.P.,  
<sup>2</sup>Pushkin S.A., <sup>2</sup>Smolyago E.G.**

<sup>1</sup>Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

<sup>2</sup>ООО «Stroitelnaya expertiza», Russia, Belgorod

\*E-mail: drokin\_sergey@mail.ru

## TECHNICAL CONDITION OF PRECAST BEAMS WITH THE USE OF EXPANDED LIGHTWEIGHT CONCRETE HOLLOW-CORE SLABS

---

**Abstract.** The use of expanded lightweight concrete for the production of building structures can significantly reduce the weight, which is important in the manufacture of hollow-core slabs; the weight is a significant proportion of the total load. In the current regulatory documents, the physical and mechanical properties of expanded lightweight concrete differ significantly, and sometimes contradict each other. The defects and damages of expanded lightweight concrete hollow-core slabs are described in the case of the kindergarten built near 50 years ago. They appeared during the manufacture of the slabs - uncompacted concrete and

*uncovered ribs, or in the course of exploitation of the building - normal cracking, holes for pipes and corrosion of reinforcement. Two slabs in emergency condition have numerous longitudinal and shear cracks and chips of concrete caused by overloading. The differences in normative documents and methods of calculations used at the time of designing the kindergarten building and at the present time are shown. The assessment of the technical condition of the expanded lightweight concrete hollow-core slabs considering defects and damages are carried out.*

**Ключевые слова:** *expanded lightweight concrete, hollow-core slab, durability, defects, strengthening.*

## REFERENCES

1. Yarmakovskij V.N. Modified lightweight concretes of various types for enclosing and bearing structures of buildings [Modificirovannye legkie betony razlichnyh vidov dlya ograzhdayushchih i nesushchih konstrukcij zdaniy]. Beton i zhelezobeton – puti razvitiya: Vserossiyskaya (mezhdunarodnaya) konferenciya po betonu i zhelezobetonu. Moscow: DIPAK, 2005. Vol. 4. Pp. 324–330. (rus)
2. Dorf V.A., Dovzhik V.G. High-strength expanded clay concrete (Review of production experience, features of technology and properties) [Vysokoprochnyj keramzitobeton (Obzor opyta proizvodstva, osobennostej tekhnologii i svojstv)]. Moscow: CNIITESTrom Ministerstva promyshlennosti stroitel'nyh materialov SSSR. 1968. 52 p. (rus)
3. Constructive high-strength expanded clay concrete in the United States [Konstruktivnyj vysokoprochnyj keramzitobeton v SSHA]. CNIIS Gostroya SSSR. Ekspres-informaciya, seriya «Stroitel'nye materialy i izdeliya». Zarubezhnyj opyt. 1965. No. 9. 68 p. (rus)
4. Kudryavcev A. A. Pre-stressed expanded clay concrete [Predvaritel'no-napryazhennyj keramzitobeton]. Moscow: Strojizdat. 1974, 93 p. (rus)
5. Kurasova G.P. Properties of structural expanded clay concrete grades 200–500 [Svojstva konstruktivnogo keramzitobetona marok 200–500]. Legkie i yacheistye betony i konstrukcii iz nih. Nauchnaya sessiya instituta, 1968. Doklady i soobshcheniya. Pod redakciej kandidatov tekhnicheskikh nauk A.T. Baranova. G.A. Buzhevicha, N.A. Korneva, V.V. Makaricheva. Moscow: NIIZHB. 1970. Pp. 48–64. (rus)
6. VSN 28-65. Instructions for use of expanded clay concrete in road bridges [Ukazaniya po primeniyu keramzitobetona v avtodorozhnyh mostah]. Moscow: Iz-vo «Transport». 1965. 19 p. (rus)
7. SP 351.1325800.2017. Concrete and reinforced concrete structures made of lightweight concrete [Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii iz lyogkih betonov]. Moscow. 2017. 77 p. (rus)
8. SP 63.13330.2012. Concrete and reinforced concrete structures. Fundamentals. Updated version of SNiP 52-01-2003. With changes 1, 2, 3 [Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 52-01-2003. S izmeneniyami 1, 2, 3]. Moscow. 2015. 161 p. (rus)
9. Lightweight Aggregate Concrete. Part 1. Recommended extensions to Model Code 90. 2000. 114 p.
10. ACI 213R-14. Guide for structural lightweight aggregate concrete. American Concrete Institute. 2014. 53 p.
11. Yongmei Qiao, Chao Gao. Elastic Modulus Calculation of Lightweight Aggregate Concrete. Advanced Materials Research. Vol. 1090. 2015. Pp. 93–95.
12. Kum Yung Juan. Cracking mode and shear strength of lightweight concrete beams lightweight concrete beams. National university of Singapore. 2011. 202 p.
13. EN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures -Part 1-1 : General rules and rules for buildings. 2004. 225 p.
14. Karimov E.Sh. Creep mechanism of concrete and factors affecting it (review). Part 1 [Mekhanizm polzuchesti betona i faktory, vliyayushchie na nee (obzor). Chast' 1]. Tekhnologii betonov. No. 3-4. 2011. Pp. 61–65. (rus)
15. Merkulov S.I. Development of the theory of structural safety of objects under corrosion [Razvitie teorii konstruktivnoj bezopasnosti ob"ektov v usloviyah korrozionnyh vozdeystvij]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2014. No. 3. Pp. 44–46. (rus)
16. Alex Aswad, Francis J. Jacque. Behavior of Hollow-Core Slabs Subject to Edge Loads. PCI Journal. March-April. 1992. Pp. 72–84.
17. Helén Broo. Shear and Torsion in Concrete Structures. Non-Linear Finite Element Analysis in Design and Assessment. Göteborg, Sweden. 2008. 202 p.
18. Murashyov V.I. Directory of the designer. Precast concrete structures [Spravochnik proektirovshchika. Sbornye zhelezobetonnye konstrukcii]. Moscow. 1959. 606 p.

### Information about the authors

**Smolyago, Gennadiy A.** DSc, Professor. E-mail: [tpk-psv@yandex.ru](mailto:tpk-psv@yandex.ru). Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Drokin, Sergey V.** PhD, Design engineer. E-mail: drokin\_serгей@mail.ru. ООО “Stroitel'naya expertiza”, Russia, Belgorod.

**Dronov, Andrey V.** PhD, Senior lecturer. E-mail: dronov.andrey.1989@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Belousov, Alexander P.** Deputy director of technical problems. ООО «Stroitel'naya expertiza». Russia, Belgorod.

**Pushkin, Sergey A.** Head of building and construction inspection department. ООО «Stroitel'naya expertiza». Russia, Belgorod.

**Smolyago, Elena G.** PhD, head of building and construction audit department. ООО «Stroitel'naya expertiza». Russia, Belgorod.

---

*Received in August 2019*

**Для цитирования:**

Смоляго Г.А., Дрокин С.В., Дронов А.В., Белоусов А.П., Пушкин С.А, Смоляго Е.Г. Техническое состояние сборных балочных перекрытий с применением керамзитобетонных многопустотных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 11. С. 35–42. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-11-35-42

**For citation:**

Smolyago G.A., Drokin S.V., Dronov A.V., Belousov A.P., Pushkin S.A, Smolyago E.G. Technical condition of precast beams with the use of expanded lightweight concrete hollow-core slabs. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 11. Pp. 35–42. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-11-35-42