



**А. Ю. ЖИГУЛИНА**  
**А. Г. ЧИКНОВОРЬЯН**  
**С. А. МИЗЮРЯЕВ**

### ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕГКОБЕТОННЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОМФОРТНОСТИ ЖИЛЬЯ

#### APPLICATION OF LIGHT-CONCRETE ENCLOSING STRUCTURES TO INCREASE RESIDENTIAL COMFORT

*Статья посвящена обоснованию применения легких бетонов для производства ограждающих конструкций, создающих комфортный микроклимат в помещениях. Предложены пути расширения области применения легкого бетона за счет внедрения материала слитной структуры без мелкого заполнителя. Приведено обоснование научной гипотезы о том, что применение различных типов воздухововлекающих поверхностно-активных веществ позволит создать перспективный материал, многочисленные преимущества которого позволят считать его достойной альтернативой многослойным конструкциям.*

**Ключевые слова:** комфортность жилья, легкие бетоны, поризация, теплоизоляция, ограждающие конструкции

Комфортность жилья – это многофакторный критерий. Он подразумевает комфорт внешней и внутренней среды обитания человека. Внешняя среда воздействует на человека через микроклимат зданий и застройки. На комфорт внешних условий проектируемой среды оказывают влияние следующие факторы: природные, антропогенные, градостроительные, эстетические и инженерные системы. Критериями уровня комфортности внутреннего пространства являются: функциональные факторы – объемно-планировочные и конструктивные решения, уровень инженерного благоустройства; санитарно-гигиенические факторы – температурно-влажностный режим, световой и шумовой режимы, экологическая безопасность [1].

*The article is devoted to the justification of the use of light concrete for the production of enclosing structures that create a comfortable microclimate in the premises. Ways to expand the scope of light concrete application by introducing a material of a fused structure without a fine aggregate are proposed. The article substantiates the scientific hypothesis that the use of various types of air-entrapping surfactants will create a promising material, the numerous advantages of which allow us to consider it a worthy alternative to multilayer structures.*

**Keywords:** residential comfort, lightweight concrete, porization, thermal insulation, enclosing structures

Немалую роль в создании комфортного микроклимата жилых помещений играют ограждающие конструкции и материалы, из которых они сделаны.

Как известно, ограждающие конструкции, в частности стены, должны совмещать несущие и ограждающие функции. Кроме того, к ним предъявляются противопожарные, тепло- и звукоизоляционные требования, а с точки зрения архитектуры – эстетические требования. Они в значительной степени обеспечивают энергоэффективность здания. От теплоизоляционных качеств стен во многом зависит температурно-влажностный режим помещения, а от материала конструкции – экологическая безопасность жилища. Понятие «экологическая

безопасность» включает в себя химическую и биологическую безопасность жилища. Химическая безопасность подразумевает комфортное для человека состояние воздушной среды, контролируемое по интегральному количеству вредных веществ в воздухе помещений жилища, в том числе и выделяющихся в процессе эксплуатации из строительных материалов. Под биологической безопасностью подразумевается отсутствие биоповреждений материалов и конструкций плесневыми грибами, насекомыми и грызунами.

Немаловажным качеством ограждающей конструкции является ее технологичность как на стадии производства, так и на стадии монтажа. Важным экономическим показателем эффективности конструкции является ее стоимость.

Примером удачного совмещения всех вышеперечисленных требований, реализованных в конструкции стенового ограждения, являются ограждения из легкого бетона.

История развития легких бетонов с учетом их массового применения в строительстве насчитывает всего несколько десятков лет. Между тем отличия легких бетонов от традиционных видов обычного бетона весьма существенны. Это позволяет создавать эффективные композиции для производства конструкционных легких бетонов для стеновых конструкций.

В общем объеме возводимых ограждений в жилищном строительстве на долю изделий из легкого бетона приходится до 50 %. В малоэтажном домостроении широко используются блоки из керамзитобетона. При строительстве из таких блоков расходуется вдвое меньше раствора, чем при возведении кирпичных стен. При этом скорость монтажа повышается в несколько раз. Стены из легкобетонных блоков отличаются архитектурной выразительностью и эстетичностью и поэтому не требуют дополнительной отделки (рис. 1).



Рис. 1. Стеновые легкобетонные панели

Возрождается интерес заказчиков и производителей к однослойным стеновым панелям, которые отличаются простотой технологии изготовления и невысокой стоимостью.

Долговечность легкого бетона доказана на примере зданий и сооружений, которые эксплуатируются многие годы [2–4] (рис. 2).

В современных условиях при повышенном внимании к энергоэффективности зданий [5,6] широкое распространение получили многослойные ограждения. Они безусловно обладают хорошими теплоизоляционными свойствами. Но, рассматривая их с точки зрения микроклиматического комфорта помещений, необходимо учитывать особенности их эксплуатации. Однослойные стены из бетона обладают хорошей паропроницаемостью. Конструкция трехслойных стен содержит паронепроницаемый утеплитель. Для создания комфортного для человека микроклимата в помещениях с трехслойным ограждением необходима организация принудительной вентиляции и регулирование влажности воздуха в помещениях. Без этих мероприятий закономерно увеличивается влажность воздуха и конструкций, что может привести к биоповреждениям и появлению у жителей суставных и бронхо-легочных заболеваний, возникновению аллергических реакций. При этом сэкономленное тепло будет уходить через форточки при проветривании помещений.

По мнению авторов, существует реальная возможность использования в жилищном строительстве более комфортных однослойных легкобетонных конструкций при условии изыскания эффективных способов повышения их теплоизоляционных качеств. Решением проблемы может стать разработка технологических способов снижения плотности легкого бетона.

В связи с вышеизложенным актуальной задачей можно считать разработку технологии,



Рис. 2. Жилой дом из легкобетонных панелей

направленной на изменение структуры бетона, в частности на изготовление легкого поризованого бетона слитной структуры без мелкого заполнителя. Поризацию бетона возможно производить за счет использования различных типов воздуховлекающих добавок и поверхностно-активных веществ.

В современных условиях на начальном этапе более правильным следует считать направление на видоизменение и улучшение свойств керамзита как заполнителя для легких бетонов, выпускаемого промышленностью. Одним из путей решения данной проблемы является организация производства особо легкого керамзита с насыпной плотностью около  $200 \text{ кг/м}^3$ . На таком керамзите с применением новых технологических решений по уменьшению теплопроводности бетона возможна организация производства эффективных ограждающих конструкций.

Производство особо легкого керамзитового гравия будет иметь ряд технологических особенностей, касающихся его свойств, свойств сырья и технологии производства. Из сырья с высоким содержанием глинистой фракции путем варьирования органических и железистых составляющих можно изготовить особо легкий керамзитовый гравий с насыпной плотностью  $180\text{--}220 \text{ кг/м}^3$  при обязательном соблюдении условий ведения процесса термообработки по оптимальному температурному режиму.

Одним из главных факторов получения качественного легкого бетона является использование эффективных пенообразователей, а также высокодисперсных минеральных компонентов.

Это касается технологии приготовления беспесчаных керамзитобетонных смесей и изготовления на их основе однослойных наружных панелей с улучшенными теплотехническими характеристиками на базе особо легкого керамзитового гравия с насыпной плотностью  $180\text{--}220 \text{ кг/м}^3$ .

Эффективность данной технологии обусловлена применением новых устойчивых пенообразователей, например силикатного пенообразователя ПО-6К производства «Салаватнефтеоргсинтез».

Для приготовления керамзитопенобетонов возможно использование стандартного оборудования практически без его переделки. Мелкий заполнитель полностью исключается из состава бетона. Применение керамзитобетона позволяет уменьшить толщину однослойных стеновых панелей до  $55\text{--}60 \text{ см}$ . Это делает их конкурентоспособными со стенами из кирпича и трехслойных панелей, отличающихся большей материалоемкостью, трудоемкостью и стоимостью.

Высокую эффективность показали составы поризованого легкого бетона слитной структуры без мелкого заполнителя на керамзитовом гравии с насыпной плотностью от  $200$  до  $500 \text{ кг/м}^3$ . Расход гравия в бетоне составляет  $1 \text{ м}^3$  (в неуплотненном состоянии) на  $1 \text{ м}^3$  бетона, а расход цемента М 400 для получения данного вида бетона марок от М 35 до М 100 составляет от  $300$  до  $400 \text{ кг/м}^3$ . Степень поризации бетона смеси в зависимости от расхода пенообразователя и расхода цемента находится в пределах  $8\text{--}12 \%$  [7].

Особенностью структуры бетонов с воздуховлекающими добавками является наличие замкнутых пор микроскопических размеров, равномерно наполняющих тело бетона.

Проблема увеличения однородности структуры легкого бетона решается выбором способа и временем формирования изделия, а также условиями его твердения. Пористость легкого бетона характеризуется объемом вовлеченного воздуха и однородностью его распределения. Такой бетон обладает главным образом закрытой пористостью со средним диаметром пор около  $0,001 \text{ м}$ . Именно это структурное изменение позволяет повысить сопротивление теплопередаче материала [8].

Практика применения данного бетона позволила выявить ряд проблем, которые требуют проведения дополнительных исследований:

- высокий коэффициент вариации прочности и плотности бетона (до  $20\text{--}40 \%$ ), связанный с высокой неоднородностью легкого заполнителя по плотности (это недостаток всех видов легких бетонов и одна из причин отказа от его использования в конструктивных бетонах);
- низкая стабильность вспененной массы во времени (технология эффективна при приготовлении смеси непосредственно на месте укладки), а отсюда неоднородность теплозащитных и прочностных свойств бетона;
- интуитивная оценка степени поризации смеси оператором (процесс не поддается контролю непосредственно в смесителе, степень поризации значительно зависит от расхода воды и пенообразователя, т. е. от реологических свойств бетонной смеси, и при этом происходит интенсивное поглощение воды затвердения легким заполнителем).

Одним из самых эффективных видов активных минеральных добавок для изготовления легких бетонов являются золы сухого удаления от горения углей – отход производства теплоэлектростанций (рис. 3).

Это тонкодисперсные вещества с подходящим для создания легких бетонов минералогическим составом, обладающие высокой гидравлической активностью. Возможность применения зол в индустрии строительных матери-



Рис. 3. Зола тепловых электростанций

алов зависит от их химического состава, минералогической структуры и физических свойств. Физические и химические свойства зол зависят от свойств и характеристик используемого угля, а также от технологии их сбора на теплоэлектростанциях. Введение зольной добавки не усложняет технологию изготовления бетона: золу вводят в бетоносмеситель в сухом виде через отдельный бункер в количестве до 30 % от веса цемента.

Конструкции наружных стен из этого типа легкого бетона с наружным и внутренним отделочными слоями из цементно-песчаного раствора вполне могут обеспечить эффективное и экономное расходование энергетических ресурсов при эксплуатации зданий и обеспечить термическое сопротивление наружных ограждающих конструкций в нормативных пределах.

**Выводы.** Применение легких бетонов слитной структуры без мелкого заполнителя позволит значительно снизить плотность и теплопроводность наружных ограждений.

Наружные стены в жилых зданиях из такого бетона обеспечивают стандартное термическое сопротивление и создают комфортные условия для жизни людей. Наиболее востребованными для жилищного строительства могут стать однослойные стеновые панели или блоки из бетона такого типа, так как технология их производства отличается простотой и невысокой стоимостью.

Многочисленные преимущества материала дают основания полагать, что изделия из него могут стать достойной альтернативой многослойным конструкциям и быть востребованными в жилищном строительстве.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жигулина А.Ю. Проблематика проектирования комфортного жилья // Градостроительство. 2016. № 3 (43). С. 47–49.

2. Горин В.М., Вытчиков Ю.С. Современные ограждающие конструкции из керамзитобетона для энергоэффективных зданий // Строительные материалы. 2011. № 3. С. 34–36.

3. Применение стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона в жилищном строительстве / В.М. Горин, С.А. Токарева, Ю.С. Вытчиков, И.Г. Беляков, Л.П. Шиянов // Строительные материалы. 2010. № 2. С. 15–18.

4. Комиссаренко Б.С., Чикноворьян А.Г. Керамзитобетон – материал для наружных стеновых панелей // Строительные материалы. 1999. № 4. С.15–16.

5. Жигулина А.Ю., Пономаренко А.М. Энергоэффективность высотных зданий (Energy efficiency of high-rise buildings)//E3S Web of Conferences 33, 02003 (2018) High-Rise Construction 2017 (HRC 2017) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302003>.

6. Жигулина А.Ю. Зарубежный и отечественный опыт проектирования энергоэффективных жилых домов // Градостроительство и архитектура. 2011. № 1. С. 29–30. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.6.

7. Патент РФ. 2059587. Способ приготовления керамзитобетонной смеси / Комиссаренко Б.С., Чикноворьян А.Г. 1996. Бюл. № 3. 5 с.

8. Hilal A.A., Thom N.A., Dawson A.R. Journal of Advanced Concrete Technology. Failure mechanism of foamed concrete made with/without additives and lightweight aggregate. V.14., Pp. 511–520 (2016).

## REFERENCES

1. Zhigulina Anna Y. Problems of designing comfortable housing. *Gradostroitelstvo* [City and town planning], 2016, no. 3(43), pp. 47-49. (in Russian)

2. Gorin V.M., Tokareva S.A., Vytchikov Yu.S. Expanded claydite concrete building envelopes for energy-efficient buildings. *Stroitelnye materialy* [Construction Materials], 2011, no. 2, pp. 34-36. (in Russian)

3. Gorin V.M., Tokareva S.A., Vytchikov Yu.S., Belyakov I.G., Shiyonov L.P. The use of wall stones made of sandless expanded clay concrete in housing. *Stroitelnye materialy* [Construction Materials], 1999, no. 4, pp. 15-16. (in Russian)

4. Komissarenko B.S., Chiknovoryan A. G. Expanded clay-foam-concrete - material for exterior wall panels. *Stroitelnye materialy* [Construction Materials], 2010, no. 2, pp. 15-18. (in Russian)

5. Zhigulina Anna Y., Ponomarenko A.M. Energy efficiency of high-rise buildings. *E3S Web of Conferences* 33, 2018, 02003. DOI: 10.1051/e3sconf/20183302003

6. Zhigulina Anna Y. Foreign and domestic experience in designing energy-efficient residential buildings. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011, Vol. 1, no. 1, pp. 29-30. (in Russian)

7. Komissarenko B.S., Chiknovoryan A. G. *Sposob prigotovleniya keramzitopenobetonnoy smesi* [The method of preparation of expanded clay-foam-concrete mixture]. Patent RF, no. 2059587, 1996.

8. Hilal A.A., Thom N.H., Dawson A.R. Failure mechanism of foamed concrete made with/without additives and lightweight aggregate. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 2016, Vol.14, pp. 511-520.

Об авторах:

**ЖИГУЛИНА Анна Юрьевна**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры производства строительных  
материалов, изделий и конструкций  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: auzhigulina@mail.ru

**ZHIGULINA Anna Y.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of  
the Building Materials, Products and Structures Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244  
E-mail: auzhigulina@mail.ru

**ЧИКНОВОРЬЯН Александр Григорьевич**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры производства строительных  
материалов, изделий и конструкций  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: umu-sgasu@mail.ru

**CHIKNOVORYAN Alexandr G.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of  
the Building Materials, Products and Structures Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244  
E-mail: umu-sgasu@mail.ru

**МИЗЮРЯЕВ Сергей Александрович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры производства строительных  
материалов, изделий и конструкций  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: mizuriaev@gmail.com

**MIZURIAEV Sergey A.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of  
the Building Materials, Products and Structures Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244  
E-mail: mizuriaev@gmail.com

Для цитирования: Жигулина А.Ю., Чикноворьян А.Г., Мизюряев С.А. Применение легкобетонных ограждающих конструкций для повышения комфортности жилья // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 2. С. 57–61. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.8.

For citation: Zhigulina A.Yu., Chiknovoryan A.G., Mizuriaev S.A. Application of Light-Concrete Enclosing Structures to Increase Residential Comfort. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 2, Pp. 57–61. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.8.

---

---

**ПОДПИСКА – 2020**

**на июль – декабрь по Объединенному каталогу  
«Пресса России»**

**Уважаемые читатели!**

**Обратите внимание, что с 1 сентября 2019 г.  
проводится подписная кампания второго полугодия 2020 г. на журнал  
Самарского государственного технического университета**

**«ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»**

**Подписной индекс нашего журнала в каталоге И70570**

*Подробные условия оформления подписки и стоимость  
Вы найдете в I томе каталога «Пресса России» на странице 178.  
Также возможно оформить подписку онлайн на сайте <https://www.ppressa-rf.ru/>*