

DOI: 10.12737/22024

Лесовик Р.В., д-р техн. наук, проф.,  
Сопин Д.М., канд. техн. наук,  
Митрохин А.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## КРУПНОПОРИСТЫЙ БЕТОН ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

beton138@mail.ru

*В последнее время строители стали проявлять больший интерес к традиционным материалам, используемым для теплозащиты ограждающих конструкций, таким как крупнопористый керамзитобетон, которые хотя и не имеют очень высоких теплофизических показателей, но, как показывает практика строительства и эксплуатации зданий, успешно сохраняют свои свойства в течение длительного времени. Целесообразно использование техногенных песков в качестве компонентов композиционных вяжущих. Управляемый состав новообразований цементного камня, характеристики микроструктуры и пористости, полиминеральный состав техногенных песков с шероховатой поверхностью позволяют синтезировать на их основе композиционные вяжущие с высокими эксплуатационными характеристиками. В качестве минеральных добавок цементных композиций могут быть использованы вещества природного или искусственного происхождения, а также техногенные продукты.*

**Ключевые слова:** крупнопористый бетон, композиционные вяжущие, техногенное сырье, отходы мокрой магнитной сепарации, отсеб дробления кварцитопесчаника.

Основной проблемой широкого освоения производства крупнопористого бетона является отсутствие до последнего времени простой и надежной технологии приготовления бетонных смесей крупнопористого бетона.

Развитие технологии бетона привлекало внимание исследователей в попытках получения крупнопористых легких бетонов с новыми полезными строительно-техническими свойствами, и прежде всего способностью таких бетонов к фильтрации воды, открывающей перспективы применения их в гидротехническом, дорожном строительстве и создании дренажных систем, а также решения проблем укрепления берегов и откосов, разрушаемых выходом грунтовых вод.

Большое внимание было уделено проблеме получения легких крупнопористых бетонов, предложены технологические решения для их производства и разработавших установку для производства беспесчаных крупнопористых бетонов на зернах крупного легкого тяжелого заполнителя.

Крупнопористые бетоны – это строительные изделия и конструкции, полученные всего из двух компонентов: зерен крупного тяжелого или легкого заполнителя и вяжущего, в наиболее часто применяемом варианте – портландцемента.

Исследования показали, что кладка из крупнопористых керамзитобетонных камней обладает деформационно-прочностными и физико-техническими показателями, позволяющими использовать этот материал для возведения

следующих видов конструкций: наружных и внутренних несущих; стен домов малой этажности; наружных поэтажно опертых; стен каркасных зданий; стен цоколя и подвала; межквартирных и межкомнатных перегородок; перегородок санузлов и технических помещений.

Возможность такого широкого спектра применения обусловлена достаточными деформационно-прочностными, теплотехническими и звукоизолирующими показателями, а также высокой огнестойкостью. В качестве дополнительной, или резервной, области применения камней из крупнопористого керамзитобетона следует считать сборно-монолитные перекрытия зданий малой этажности.

В то же время невысокая сорбционная влажность крупнопористого делает изделия из него незаменимыми для возведения стен и перегородок в помещениях с высокой влажностью. При проектировании и строительстве зданий с использованием камней из крупнопористого керамзитобетона необходимо также учитывать особенность этого материала, заключающуюся в его очень низком водопоглощении.

Теплоизоляционный крупнопористый керамзитобетон рекомендуется применять в качестве внутреннего утепляющего слоя при возведении монолитных стен зданий из тяжелого бетона скользящей опалубке. Конструкционно-теплоизоляционный крупнопористый бетон на пористых или плотных заполнителях рекомендуется применять при возведении монолитных стен малоэтажных и многоэтажных зданий в

переставной опалубке. Поверхность таких стен должна быть оштукатурена. Фильтрационный крупнопористый бетон (преимущественно на плотных заполнителях) рекомендуется применять для:

-устройства монолитных дренирующих оснований, горизонтальных и вертикальных дренирующих слоев подземных сооружений;

-устройства подпорных стен: крепления фильтрующих откосов каналов, дренажа плотин, водозаборных устройств и водоочистных фильтров производства сборных фильтрующих элементов того же назначения в виде плит, призм и труб (трубофильтров), используемых в гидротехническом, мелиоративном, дорожном строительстве и коммунальном хозяйстве.

Крупнопористый бетон на пористых заполнителях можно применять для производства сборных фильтрующих элементов с целью снижения их массы, облегчения транспортирования и монтажа, рекомендуется также в качестве волногасящего и звукопоглощающего материала, обеспечивающего эффективное звукопоглощение в широком спектре частот.

В последние годы опыт исследования и применения крупнопористого бетона обогатился новыми достижениями. Крупнопористый бетон на плотных и пористых заполнителях используется в производстве сборных и монолитных конструкций зданий и сооружений в различных областях строительства.

Результаты исследований крупнопористого бетона позволили найти закономерности формирования его основных свойств и пути их улучшения. Совершенствование технологии приготовления такого бетона открывает возможности повышения его однородности, эксплуатационной надежности и технико-экономической эффективности.

Крупнопористый бетон применяют в производстве сборных и монолитных конструкций для зданий и сооружений промышленного, гражданского, жилищного, сельскохозяйственного, гидротехнического, дорожного, мелиоративного и водохозяйственного строительства.

Рекомендуется использовать, как правило, в неармированных элементах конструкций. Свойства крупнопористого бетона должны отвечать требованиям рабочих чертежей, государственных стандартов или технических условий на изготовление изделий и конструкций. Требуемые свойства обеспечиваются выбором соответствующих материалов и оптимизацией технологии по критерию наибольшей технико-экономической эффективности.

Он имеет многочисленные характеристики, которые делают его незаменимым в определен-

ных сферах. Для изготовления состава применяется ряд стандартных компонентов. Сюда относятся гравий или щебень в качестве заполнителя, что зависит от параметров, которые требуется получить в процессе строительства. При этом, данный материал может быть тяжёлым или же пористым с относительно небольшим весом. В качестве вяжущего вещества применяется цемент, содержание которого регулируется согласно области применения. Основной отличительной характеристикой крупнопористых бетонов считается гранулированный тип заполнителя. Дополнительно, все зёрна должны обладать примерно одинаковыми размерами. Крупнопористые бетоны с элементами заполнителя разных размеров обладают различной прочностью на различных участках. Это должно быть учтено, иначе присутствует возможность возникновения разрушения или любых других негативных факторов. Отличительной особенностью является тот факт, что применяется особая технология смешивания бетона. Нет необходимости использовать такое количество вяжущего состава, которое слепит все зёрна. Достаточно соединения их только в ключевых точках. Такой тип крупнопористых бетонов вполне может быть использован в тех случаях, когда требуется обеспечить строительство различных объектов с относительно высокой степенью нагрузки. Материал имеет все необходимые показатели для того, чтобы использоваться в качестве элементов внешних несущих стен.

В условиях постоянно возрастающего топливно-энергетического кризиса в нашей стране становится актуальным снижение топливоемкости строительных материалов. Для получения высококачественных крупнопористых бетонов и повышения эффективности использования цемента в различных композициях, целесообразно использовать композиционные вяжущие вещества. Одним из реальных и доступных приемов решения этой сложной задачи является широкое использование при получении вяжущих с использованием техногенного сырья. В последнее десятилетие XX века активно проводились работы по созданию дешевых вяжущих с использованием многотоннажных промышленных отходов [1–30].

На сегодняшний день наиболее распространенным техногенным сырьем в Белгородской области являются отсева дробления кварцито-песчаника и отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов [10, 18, 24, 30]. В связи с чем целесообразно их использование в качестве кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих.

Результаты определения физико-механических свойств вяжущих без добавления добавки суперпластификатора и с оптимальными дозировками приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Физико-механические свойства вяжущих без добавления добавки суперпластификатора и с оптимальными дозировками**

Вид вяжущего	Нормальная густота теста, %	Сроки схватывания, мин		Прочность вяжущего, МПа	
		начало	конец	на изгиб	на сжатие
ЦЕМ I 42,5Н	25,1	2-30	3-40	7,5	50,7
ТМЦ-50 (ММС)	25,8	2-30	4-20	6,5	42,8
ТМЦ-50 (КВП)	26,2	2-20	4-30	6,7	43,7
ВНВ-50 (ММС)	24,1	2-10	4-10	8,4	51,6
ВНВ-50 (КВП)	23,2	2-10	4-00	8,6	52,1

В результате проведенных исследований и анализа полученных данных установлено, что при замене 50% клинкерной составляющей композиционные вяжущие имеют прочностные характеристики сопоставимые с исходным портландцементом. Это объясняется более низким значением водопотребности смеси, а также лучшей пространственной упаковкой частиц в полученном композите.

Большое значение при изучении свойств крупнопористого бетона имеет коэффициент теплопроводности, который, как известно, зависит в основном от его плотности и влажности. Кроме того, на теплопроводность оказывает существенное влияние размер и распределение

пор, химический состав заполнителей бетона и их структура.

В крупнопористом беспесчаном керамзитобетоне относительная доля растворной части существенно уменьшается и воздух заполняет пространство между гранулами.

Сущность метода заключается в создании теплового потока, направленного перпендикулярно к наибольшим граням плоского образца определенной толщины, измерении плотности стационарного теплового потока и температур на противоположных гранях образца. Измерения коэффициента теплопроводности образцов проводились в сухом состоянии (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты определения теплопроводности крупнопористого керамзитобетона**

Вид вяжущего	Вяжущее, кг/м <sup>3</sup>	Керамзит, кг/м <sup>3</sup>	Вода, л/м <sup>3</sup>	Плотность, ρ, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
ЦЕМ I 42,5Н	200	400	110	600	0,169
ТМЦ-50 (ММС)	200	400	120	600	0,165
ТМЦ-50 (КВП)	200	400	120	600	0,164
ВНВ-50 (ММС)	200	400	100	600	0,163
ВНВ-50 (КВП)	200	400	100	600	0,161

Из представленных данных можно сделать вывод о том, что значения коэффициента теплопроводности крупнопористого беспесчаного керамзитобетона оказались существенно ниже значений для керамзитобетона плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>, что свидетельствует о его эффективности.

Испытания на прочность крупнопористого беспесчаного керамзитобетона показали следующие результаты (табл. 3).

Установлено, что прочностные и деформативные свойства крупнопористого бетона с применением композиционных вяжущих сопоставимы с бетоном контрольного состава на обычном портландцементе, при меньшем расходе клинкерной составляющей, что можно объяснить высокими характеристиками самого вяжущего низкой водопотребности, его высокой дисперсности, низкой водопотребности, высокой активности, за счет чего улучшается состояние контактной зоны на границе раздела це-

ментный камень – заполнитель, а также состав и структура новообразований в этой зоне.

Таким образом, анализ представленных выше результатов испытаний крупнопористого беспесчаного керамзитобетона показывает, что

их можно рекомендовать для практического применения в несущих стенах малоэтажных зданий (до 3-х этажей), а также в самонесущих стенах многоэтажных монолитно-каркасных зданий.

Таблица 3

**Результаты определения прочности крупнопористого керамзитобетона**

Вид вяжущего	Вяжущее, кг/м <sup>3</sup>	Керамзит, кг/м <sup>3</sup>	Вода, л/м <sup>3</sup>	Плотность, ρ, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии R, МПа
ЦЕМ I 42,5Н	200	400	110	600	1,0
ТМЦ-50 (ММС)	200	400	120	600	0,86
ТМЦ-50 (КВП)	200	400	120	600	0,85
ВНВ-50 (ММС)	200	400	100	600	1,1
ВНВ-50 (КВП)	200	400	100	600	1,2

Совмещение конструктивных и теплозащитных функций крупнопористого керамзитобетона позволяет отказаться от устройства специальной теплоизоляции. Это позволяет в значительной степени снизить стоимость строительных конструкций, значительно повысить их долговечность.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Ильинская Г.Г. Базальтовое волокно как армирующий материал для сухих строительных смесей // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов сборник докладов (XIX научные чтения). 2010. С. 190–192.
2. Фаизов Р.С., Тимохин А.М., Ильинская Г.Г., Толмачева М.М. Синергетическое действие компонентов вяжущего // Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 682–685.
3. Калатоци В.В., Ильинская Г.Г., Никифорова Н.А. Композиционные вяжущие на основе алюмосиликатного сырья // Инновационная наука. 2016. № 2-3 (14). С. 91–94.
4. Lessowik W.S., Potapow W.W., Alfimowa N.I., Elistratkin M.J., Wolodchenko A.A. Nanodisperse modifiers for building material engineering В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. 2015. С. 487-493.
5. Lessowik W.S., Sagorodnjuk L.H., Plinskaya G.G., Kuprina A.A. Das gesetz uber die verwandtschaft von strukturen als theoretische grundlage fur die projektierung von trockenmischungen // 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. 2015. С. 1465-1470.
6. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrucken, 2015. 75 с.
7. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С., Ковалева И.А., Баженова О.Г., Новиков К.Ю. К вопросу использования техногенного сырья в производстве порошковых бетонов на композиционных вяжущих. В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 384-390.
8. Lesovik V.S., Ageeva M.S., Mahmoud Ibrahim Husni Shakarna, Allaham Yasser Seyfiddinovich, Belikov D. A. Efficient binding using composite tuffs of the Middle East // World Applied Sciences Journal. 2013. №24 (10). Pp. 1286–1290.
9. Ageeva M.S., Sopin D.M., Lesovik G.A., Metrohin A.A., Kalashnikov N.V., Bogusevich V.A. The modified composite slag-cement binder // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. T. 9. № 8. С. 1381-1385.
10. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре //

Строительные материалы. 2013. №7 С. 56–58.

11. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbrücken. Изд-во LAP. 2013. 127 с.

12. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88) С. 95–99.

13. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10–20.

14. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kara K.A., Malyukova M.V., Suleymanov K.A. Energy-efficient concretes for green construction // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1087–1090.

15. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // Advances in Environmental Biology. 2014. Т. 8. № 13. С. 134–138.

16. Alfimova N.I., Lesovik V. S., Trunov P.V. Reduction of energy consumption in manufacturing the fine ground cement // Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9. (11). P. 745–748.

17. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е., Попов Д.Ю., Кузнецов В.А. Влияние способа помола на реологию тонкомолотых многокомпонентных цементов // «Научные технологии и инновации» (XXI научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Изд-во БГТУ. Т.3. 2013. С. 28–31.

18. Шейченко М.С., Алфимова Н.И., Попов М.А., Калатоци В.В. Мелкоштучные изделия на основе композиционных вяжущих с использованием отходов ковдорского месторождения // В сборнике: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 302–305.

19. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е., Попов Д.Ю., Кузнецов В.А. Влияние способа помола на реологию тонкомолотых многокомпонентных цементов // «Научные технологии и инновации» (XXI научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Изд-во БГТУ. Т.3. 2013. С. 28–31.

20. Кара К.А., Шорстов Р.А., Сулейманов К.А. Реология газобетонных смесей на композиционных вяжущих с использованием техногенных песков // Сб. докл. «Научные технологии инновации» XXI научные чтения. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.

21. Строкова В.В., Алфимова Н.И., Наваретте Велос Ф.А., Шейченко М.С. Перспективы использования вулканического песка Эквадора для производства мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2009. №2. С. 32–33.

22. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10–20.

23. Lesovik R.V., Nosova A.N., Savin A.V., Fomina E.V. Assessment of the suitability of the opal-cristoballite rocks of korkinsk deposit in the construction industry // World Applied Sciences Journal. 2014. Т. 29. № 12. С. 1600–1604.

24. Ключе С.В., Лесовик Р.В., Ключев А.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и композиционные вяжущие для промышленного и гражданского строительства: монография. Белгород. Изд-во БГТУ. 124 с.

25. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья: монография. Saarbrücken: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing. 2015. 133 с.

26. Lesovik R.V., Leshchev S.I., Ageeva M.S., Karatsupa S.V., Alfimova N.I. The use of zeolite for the production of tripoli composite binders // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER). 2015. Т. 10. №24. С. 44889–44895

27. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Savin A.V., Ginzburg A.V., Shapovalov N.N. Assessment of passivating properties of composite binder relative to reinforcing steel // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 12. С. 1691–1695.

28. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н., Ластовецкий А.Н. О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов\* // Региональная архитектура и строительство. 2008. № 2. С. 10–15.

29. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н. Стеновые камни из мелкозернистого бетона на основе техногенного сырья // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 11. С. 46–49.

30. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках.. Дисс. докт. техн. наук. Белгород, 2009. 463 с.

---

**Lesovik R.V., Sopin D.M., Mitrokhin A.A.****MASS CONCRETE FOR LOW-RISE CONSTRUCTION BASED ON COMPOSITE BINDERS**

*Recently the construction specialists have become more interested in traditional materials used for thermal protection of external envelope structures, such as coarse-pore expanded clay concrete, although not having very high thermal performance. However, as the practice of construction and service of buildings shows, they successfully maintain their properties for a long period of time. It is advisable to use technogenic sand as components of composite binders. Special purpose composition of cement stone newgrowths, microstructure and porosity characteristics, polymineral composition of technogenic sand with a rough surface make it possible to synthesize high performance composite binders based on them. As mineral admixtures for cement compositions it is possible to use substances of natural or synthetic origin, as well as technogenic products.*

**Key words:** mass concrete, composite binders, technogenic raw materials, wet magnetic separation, crushing screenings of quartzitic sandstone.

---

**Лесовик Руслан Валерьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Сопин Михаил Дмитриевич**, кандидат технических наук.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: beton138@mail.ru

**Митрохин Александр Александрович**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.