

DOI: 10.12737/22545

Лесовик Р.В., д-р техн. наук, проф.,
Агеева М.С., канд. техн. наук, доц.,
Лесовик Г.А., канд. техн. наук, доц.,
Богусевич Г.Г., канд. техн. наук, доц.,
Шаповалов С.М., канд. техн. наук, доц.,
Сопин Д.М., канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОПОРИСТОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ*

beton138@mail.ru

В работе исследуется возможность получения крупнопористых бетонов используемых для возведения стен жилых, культурно-бытовых и других зданий высотой до четырех этажей или для верхних этажей более высоких зданий, а также для заполнения каркасов различных зданий и возведения несущих стен промышленных зданий при небольших напряжениях с применением техногенного сырья в качестве компонента композиционного вяжущего. 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.

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

Крупнопористый бетон нашел широкое применение при возведении промышленных зданий в один-два этажа (склады, дизельные электростанции, мастерские и др.), во многих случаях строительство из крупнопористого бетона обходится дешевле строительства деревянных зданий, возводимых в аналогичных условиях.

В настоящее время широко распространены трехслойные стеновые панели с теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводных бетонов в гражданском и промышленном строительстве представляя конкурентоспособный вариант типовым. Сама же идея создания многослойных ограждающих конструкций из бетонов различной прочности, формуемых в едином технологическом цикле, относится к периоду появления бетонов на пористых заполнителях. Они использовались в среднем слое трехслойных конструкций с наружными слоями из тяжелого бетона с целью снижения массы, а также повышения теплозащитных характеристик. Несмотря на то, что большинство этих конструкций на современном этапе не в полной мере удовлетворяют возросшим требованиям по теплозащите зданий, их разработка и применение послужили основой и открыли перспективное направление для дальнейшего совершенствования нового класса многослойных железобетонных ограждающих конструкций с монолитной связью слоев.

Имеется опыт проектирования трехслойных стеновых панелей горизонтальной разрезки дли-

ной 6 и 12 м для отапливаемых производственных зданий. В наружных слоях таких панелей был использован керамзитобетон классов В15...В22,5 плотностью 1600...1800 кг/м или тяжелый и мелкозернистый бетон классов В22,5...В30, а для среднего теплоизоляционного – крупнопористый керамзитобетон или шлакопемзобетон классов В2,5...В3,5 плотностью 700...1200 кг/м. Из расчета по деформациям толщину панелей назначали 200...300 мм с наружными слоями 30...40 мм, в которых размещалась рабочая арматура - обычная или предварительно напряженная. Внедрены панели такого типа при строительстве Литовской, Конаковской и Бурштынской ГРЭС, а также ряда других объектов. Для стен сельскохозяйственных зданий применялись несущие и самонесущие многослойные стеновые панели. С использованием в среднем слое крупнопористого керамзитобетона прочностью 0,5...1 МПа и плотностью не более 500 кг/м и фактурного внешнего слоя из цементнопесчаного раствора, а внутреннего – из тяжелого бетона, масса панели 6×3,3×0,25 м не превышает 5 т, что оказывалось на 25...30 % меньше типового аналога.

Для стен сельскохозяйственных зданий рекомендованы несущие и самонесущие многослойные стеновые панели с использованием в среднем слое крупнопористого керамзитобетона с прочностью 0,5...10 МПа и плотностью не более 500 кг/м и фактурного внешнего слоя из це-

ментно-песчаного раствора, а внутреннего - из тяжелого бетона.

Для жилых зданий применение трехслойных стен с использованием в среднем слое бетона низкой теплопроводности связано в первую очередь с необходимостью повышения существующего уровня теплозащиты применяемых типовых ограждающих конструкций без коренного изменения традиционных технологий. В жилищном строительстве с этой целью наибольшее распространение получил также крупнопористый керамзитобетон, а внедрены такие панели были преимущественно в северных регионах.

Имеется опыт применения трехслойных стеновых панелей с теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводных бетонов и в индустриально развитых странах мира. Они используются в Швеции, Финляндии, Германии, Швейцарии, Голландии, Бельгии при строительстве зданий различного назначения: промышленных, животноводческих и птицеводческих объектов, магазинов, школ, детсадов и др. Среди бетонов, выбранных в качестве теплоизоляционного слоя с целью обеспечения повышенного сопротивления теплопередаче стен, наибольшее распространение получили крупнопористый бетон и арболит. Кроме того, имеются нетрадиционные

решения применения новых заполнителей и бетонов на их основе.

В настоящее время уже есть достаточно большое число разработанных и затем опробованных в заводских условиях оригинальных в экономическом и экологическом аспектах вяжущих веществ [1–29 и др.]. Однако эффективные и заслуживающее скорейшего внедрения в отечественное строительство вяжущие по ряду объективных и субъективных причин не нашли еще достойного применения. Такими вяжущими являются композиционные вяжущие вещества с использованием многотоннажных техногенных отходов [3, 5, 6, 15, 27–29].

В качестве исходных материалов использовался бездобавочный портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н ЗАО «ОсколЦемент», молотый доменный шлак комбината АО «ОЭМК», отсев дробления кварцитопесчаника (КВП) и отходы мокрой сепарации железистых кварцитов Лебединского ГОК, а также добавка Полипласт СП-1.

При сравнении активности вяжущих с использованием в качестве минеральной добавки отходов мокрой магнитной сепарации и отсева дробления кварцитопесчаника наблюдалось повышение прочности для всех составов (табл. 1). Добавка шлака в количестве 50 % практически не снижает прочностных показателей вяжущих по сравнению с исходным клинкером.

Таблица 1

Физико-механические характеристики вяжущих

Вид вяжущего	Нормальная густота теста, %	Сроки схватывания, мин		В/Ц	Активность вяжущего, МПа	
		начало	конец		при изгибе	при сжатии
ЦЕМ I 42.5Н	26.2	2-40	3-50	0.4	7,2	50,4
ТМЦ-100	25.3	2-20	3-30	0.41	10,2	71,3
ВНВ-100	22.8	2-10	3-10	0.28	12,4	89,2
ТМЦ-50 (КВП)	27,1	2-30	4-40	0.43	6,8	44,7
ВНВ-50 (КВП)	24,3	2-10	4-10	0.35	8,8	55,1
ВНВ-50 (шлак)	24,5	2-20	4-30	0.37	7,9	49,8

Для изучения возможности использования мелкозернистого бетона на основе композиционных вяжущих в качестве внешнего и внутреннего слоя многослойных стеновых панелей, были изготовлены образцы класса В20 с использованием в качестве заполнителя отсева дробления кварцитопесчаника (табл. 2).

Исследования физико-механических характеристик показало, что свойства бетонов изготовленных на композиционных не уступают по своим характеристикам образцам аналогичного

состава, изготовленного на портландцементе. Отсюда можно сделать вывод, что применение композиционных вяжущих с добавкой суперпластификатора позволяет существенно снизить расход цементной составляющей без снижения прочностных характеристик бетона.

Для среднего слоя стеновых панелей целесообразно использовать крупнопористый бетон пониженной плотности и теплопроводности на различных вяжущих (табл. 3).

Таблица 2

Свойства мелкозернистых бетонов в зависимости от вида вяжущего

Вид вяжущего	Расход материалов			Подвижность, ОК, см	Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
	Цемент, кг/м ³	Заполнитель, кг/м ³	Вода, л/м ³			
ЦЕМ I 42,5Н	415	1762	250	10-12	2280	26,5
ТМЦ-100	351	1825	218	10-12	2290	27,7
ВНВ 100	325	1864	162	10-12	2300	27,3

Таблица 3

Результаты определения прочности крупнопористого керамзитобетона

Вид вяжущего	Вяжущее, кг/м ³	Керамзит, кг/м ³	Вода, л/м ³	Плотность, ρ, кг/м ³	Прочность при сжатии R, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
ЦЕМ I 42,5Н	100	400	55	500	1,0	0,138
ТМЦ-50 (ММС)	100	400	60	500	0,86	0,133
ТМЦ-50 (КВП)	100	400	60	500	0,85	0,132
ВНВ-50 (ММС)	100	400	50	500	1,1	0,131
ВНВ-50 (КВП)	100	400	50	500	1,2	0,130
ВНВ-50 (шлак)	100	400	50	500	1,1	0,134

Разработанные составы среднего слоя крупнопористого бетона характеризуются низкой теплопроводности, что связано в первую очередь с необходимостью повышения существующего уровня теплозащиты применяемых типовых ограждающих конструкций без коренного изменения традиционных технологий. Результаты свидетельствуют о том, что полученные материалы для трехслойных панелей являются эффективными материалами для жилищного строительства.

**Статья подготовлена в рамках выполнения научного проекта РФФИ №14-41-08006 «Разработка методологии проектирования мелкозернистых фибро-текстиль бетонов на техногенных песках Белгородской области».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. 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.

3. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrucken, 2015. 75 с.

4. Калатоци В.В., Ильинская Г.Г., Никифорова Н.А. Композиционные вяжущие на основе алюмосиликатного сырья // Инновационная наука. 2016. № 2-3 (14). С. 91–94.

5. 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.

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

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. Lessowik W.S., Potapow W.W., Alfimova 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.

18. Lessowik W.S., Sagorodnjuk L.H., Ilinskaya 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.

19. 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.

20. 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. Т. 9. № 8. С. 1381-1385.

21. 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.

22. 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 // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 779-783.

23. 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.

24. 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.

25. 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

26. 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.

27. 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.

28. 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.

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

Lesovik R.V., Ageeva M.S., Lesovik G.A., Shapovalov S.M., Bogusevich G.G., Sopin D.M.
IMPROVING THE EFFICIENCY OF LARGE-PORE CONCRETE THROUGH THE USE OF COMPOSITE BINDERS FROM TECHNOGENIC RAW MATERIALS OF DIFFERENT NATURE

We investigate the possibility of obtaining large-concrete used for walls of residential, cultural and welfare and other buildings up to four floors or upper floors of taller buildings, but also to fill the frame of various buildings and the construction of load-bearing walls of industrial buildings at low voltages with the use of man-made raw material as a component of the composite binder. The combination of structural and thermal protection functions macroporous claydite eliminates the device special insulation. This would greatly reduce the cost of building structures, greatly improve their durability.

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.

Агеева Марина Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Лесовик Галина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Богусевич Галина Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Шаповалов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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