

УДК 691.327:666.973

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В СЕЛЬСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А. П. Пичугин, доктор технических наук, профессор
В. Ф. Хританков, доктор технических наук, профессор
А. Ю. Кудряшов, кандидат технических наук, доцент
Е. Г. Пименов, аспирант

Новосибирский государственный аграрный университет
E-mail: gmuansau@mail.ru

Ключевые слова: шлаковые отходы, защищенные гранулы, крупнопористые бетоны, легкобетонные блоки, стеновые материалы, полимерсиликатная композиция, звукопоглощающие характеристики.

Реферат. Предложена технология производства стеновых материалов из отходов теплоэнергетики – топливных шлаков с направленно изменяемой пористой структурой, создающей условия для производства легких бетонов с повышенными показателями тепловой защиты и звукопоглощающей способности. Данная технология базируется на принципе изменения размеров крупных пор от 5–10 мм на периферии к 20–40 мм в центре. Шлаковый заполнитель предварительно обрабатывался сухими отходами хризотилцемента и полимерсиликатной композицией для снижения открытой пористости и уменьшения расхода цементного вяжущего. Отходы хризотилцемента положительно влияют на звукопоглощающие характеристики крупнопористого легкого бетона на комбинированных заполнителях. Область применения легких крупнопористых бетонов на шлаковом заполнителе – в виде стено- вых блоков или монолитного домостроения.

TECHNOLOGICAL OPPORTUNITIES OF USE WASTE OF HEAT-POWER ENGINEERING IN RURAL CONSTRUCTION

А. П. Пичугин, Doctor of Technical Sciences, Professor
В. Ф. Хританков, Doctor of Technical Sciences, Professor
А. Ю. Кудряшов, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Е. Г. Пименов, post-graduate student

Novosibirsk State Agrarian University

Key words: slag waste, protected granules, coarse-pored concrete, light-concrete blocks, wall materials, polymer silicate composition, sound-absorbing characteristics.

Abstract. The technology of production of wall materials from wastes of heat power engineering – fuel slags with a directionally variable porous structure, is proposed, which creates conditions for light concrete with increased thermal protection and sound absorption capacity. This technology is based on the principle of changing the size of large pores from 5–10 mm on the periphery to 20–40 mm in the center. Slag filler was pretreated with dry waste of chrysotile cement and a polymer-silicate composition to reduce open porosity and reduce the consumption of cement binder. Waste of chrysotile cement positively affects the sound-absorbing characteristics of large-pored lightweight concrete on combined aggregates. Area of application of lightweight large-porous concrete on slag aggregate in the form of wall blocks or monolithic housing construction.

Ранее авторами рассматривались вопросы технологии производства легкобетонных блоков из крупнопористых бетонов с использованием шлаковых отходов в качестве крупного заполнителя [1–4]. Доказано, что ввиду достаточно развитой удельной поверхности и открытой пористости они не могут быть напрямую использованы в цементных бетонах по причине повышенного расхода минерального вяжущего, что способствует увеличению плотности материала и снижению теплозащитных и звуко-

поглощающих характеристик. Для нивелирования этих негативных проявлений неоднородности поверхности шлаковых гранул была предложена их предварительная обработка защитными пленкообразующими композициями, выбор которых обусловливался доступностью, экономической целесообразностью и технологичностью применения. На стандартных образцах определялись качество и толщина защитного слоя, а также подсчитывался расход композиции для каждого вида и способа нанесения покрытия: наливом, окунанием, кистевым способом. Оценка качества покрытий осуществлялась путем визуального осмотра и по изменению водопоглощения защищенных гранул, а также по результатам проведения фотоэлектроколориметрических исследований [1–3]. Наряду с кольмацией пор было получено упрочнение гранул шлакового заполнителя, что соответствует требованиям ГОСТ 26633–2012, по которому прочность пористого заполнителя должна превышать требуемую прочность бетона в 1,5–2 раза (табл. 1).

Значение толщины защитного слоя на поверхности органического материала составляет в среднем около 0,1 мм при использовании фенолоформальдегидной смолы и латекса и 0,15–0,30 мм для битумной эмульсии и жидкого стекла. На практике создаваемая пленка была неравномерной по толщине и иногда имела значительно больший размер. Получение пленки, равномерной по толщине, сопряжено с высоким расходом компонентов (от 0,3 до 0,7 кг/м²), что вызвано значительной пористостью и большой впитывающей способностью шлака. Использование монокомпозиций не обеспечивает требуемых результатов. Наилучшая адгезия пленкообразующих составов к гранулам шлакового заполнителя обеспечивается совместным использованием ПВА и жидкого стекла. Кроме того, были исследованы варианты подготовки минерального заполнителя путем предварительной обработки отходами хризотилцементного производства с последующим нанесением полимерсиликатной композиции.

Были проведены исследования по уменьшению открытой пористости и водопоглощения шлакового заполнителя. Кольмация пор крупного заполнителя осуществлялась минеральными порошками: отходами хризотилцемента, золой, каменной мукой, глиной, цементом, гипсом. Обработанные образцы взвешивались для определения расхода минерального порошка и их поверхность покрывалась защитной композицией. Для достижения лучшей адгезии порошков влажность гранул варьировалась от нуля до 40 %.

Таблица 1
Свойства шлака различного гранулометрического состава после обработки защитной композицией

Показатели	Расход минерального порошка по фракциям, %				Расход полимерсиликатной композиции по фракциям, %			
	5–40	5–10	10–20	20–40	0–40	5–10	10–20	20–40
Объемная масса, кг/м ³	810–850	800–820	690–730	580–620	860–910	850–880	750–790	660–730
Расход отходов ХЦП от массы шлака, %	10–15	4–8	7–14	10–15	-	-	-	-
Расход полимерсиликатной композиции от массы шлака, %	-	-	-	-	8–10	6–9	5–7	4–6
Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа	0,3	1,7	1,4	1,1	0,6	1,9	2,0	1,5
Водопоглощение за 24 ч, %	18–57	16–23	15–41	26–58	14–39	5–7	6–8	10–14

По результатам проведенных исследований установлено, что лучшей удерживающей способностью минерального порошка на поверхности шлака обладают образцы при влажности 15–30 %. Лучшие результаты по снижению открытой пористости шлаковых зерен получены при использовании отходов хризотилцемента, расход которых минимален при высокой адгезионной способности к защитной полимерсиликатной композиции. В качестве доказательной базы при выборе защитной композиции была использована методология фотоэлектроколориметрических исследований для изучения адгезии защитных композиций и полимера к минеральной составляющей. Применение этого метода объясняется простотой и доступностью проведения данных видов исследований и достаточной степенью точности определений.

Они свидетельствуют о различной адгезионной способности защитных составов и композиций к минеральной фазе крупного пористого заполнителя и, следовательно, различной степени защиты

открытой пористой структуры материала. Наибольшей адгезией обладают эпоксидные композиции, которые обладают повышенными пропитывающими и адгезионными характеристиками практически ко всем исследованным минеральным фазам. Наименьшей адгезией к минеральным стеновым материалам обладают латекс, жидкое стекло и ПВА. Причем низкая адгезионная способность у этих пропитывающих композиций объясняется химическим составом, наличием огромной внешней поверхности зерен шлака, ухудшающей контакт пленки и способствующей значительному понижению адгезионной прочности. Данное предположение подтверждается результатами целого ряда исследователей.

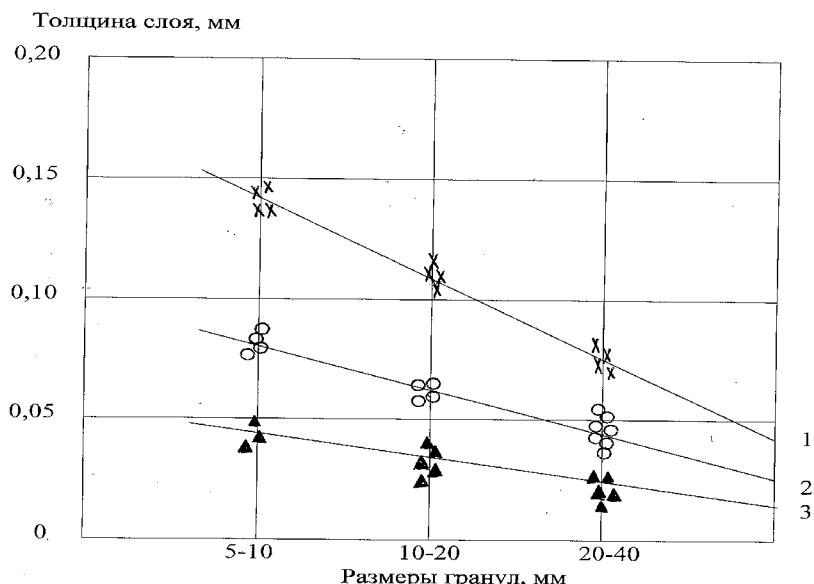


Рис. 1. Влияние размера гранул на толщину защитного слоя:

- 1 – жидкое стекло (ЖС); 2 – дисперсия ПВА;
- 3 – полимерсиликатная композиция: ЖС+ПВА+H₂O

Таким образом, наибольшей эффективностью обладает полимерсиликатная композиция, содержащая дисперсию ПВА (30–45 %), жидкое стекло (45–65 %) и воду (5–15 %). Это обеспечивает снижение открытой пористости и обеспечивает нормальное твердение цементного камня за счет оптимальных значений вязкости и поверхностного натяжения.

Композиция ПВА+жидкое стекло позволяет сформировать устойчивую прочную пленку, обладающую высокой адгезией к зернам шлака (рис. 1).

На основе полученного модифицированного заполнителя проводились исследования составов легких бетонов, позволяющих повысить звуковую и тепловую защиту зданий и сооружений. Повышенное внимание уделялось прочностным показателям, т. к. связь между крупным пористым заполнителем осуществляется локально в местах соприкосновения отдельных гранул друг с другом. Особенно низки показатели прочности при изгибе крупнопористого бетона, что объясняется недостаточным вовлечением в работу всего массива цементного теста и в последующем цементного камня.

Основываясь на данных исследователей, детально изучивших процессы структурообразования бетонов, можно сделать вывод, что прочность на растяжение самого цементного камня вполне достаточна. Поэтому требуются определенные методы максимального использования заложенных в цементном камне резервов для получения прочного и надежного стенового материала.

Наиболее приемлемой для данной задачи является технология производства стеновых материалов с направленно изменяемой пористой структурой, создающей условия для производства легких бетонов с повышенными показателями тепловой защиты и звукоизоляционной способности. Данная технология базируется на принципе изменения размеров крупных пор от 5–10 мм на периферии к 20–40 мм в центре и включает подбор оптимального соотношения между гранулами крупного заполнителя – керамзитового гравия и зернами шлака в каждом интервале фракций: 5–10; 10–20 и 20–40 мм. Шлаковый заполнитель предварительно обрабатывался сухими отходами хризотилцемента и полимерсиликатной

композицией для снижения открытой пористости и уменьшения расхода цементного вяжущего. Для каждого гранулометрического состава определялся оптимальный расход минерального вяжущего, обеспечивающий получение легкого крупнопористого бетона заданного класса.

Прочность при изгибе бетона на шлаковых заполнителях минимальна, поэтому необходимым является введение добавки в виде отходов хризотилцементного производства в цементное тесто, что позволяет произвести микрармирование минеральной связки и тем самым увеличить прочность. Кроме того, данная добавка создает дополнительный объем пористости, обеспечивающий повышенную звукопоглощающую способность легкого бетона. Установлен рациональный расход отходов хризотилцементного производства для каждой фракции шлака в количестве от 8 до 12% от массы цемента. На рис. 2 представлены кривые зависимости прочности крупнопористого легкого бетона различных фракций при изгибе от расхода отходов хризотилцементного производства (ОХЦП).

Рекомендуемые составы по объему: на одну часть цемента от 7 до 15 объемных частей крупного заполнителя. Рациональный расход минерального вяжущего при этом составляет не более 200–300 кг/м³, что обеспечивает предел прочности при сжатии от 1,5 до 7,5 МПа. Для всех составов проведен комплекс испытаний по технологическим, эксплуатационным параметрам и звукопоглощению.

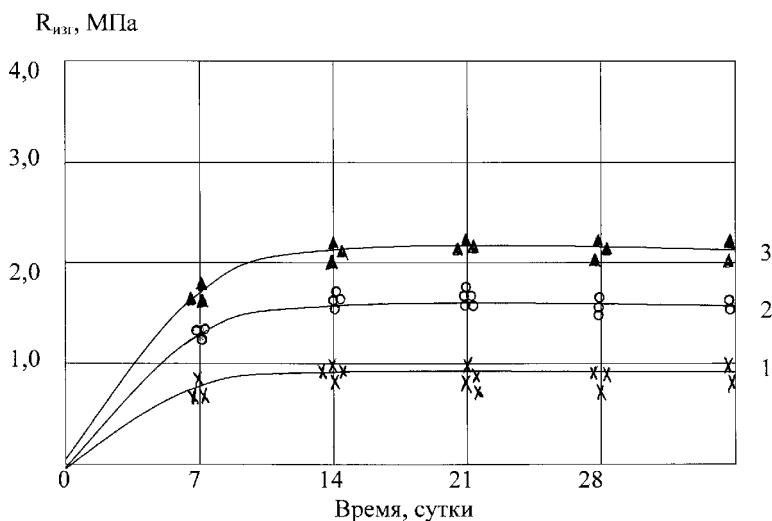


Рис. 2. Влияние отходов хризотилцемента на прочность лёгкого бетона фракции 20–40 мм при изгибе:

1 – без добавки; 2 – расход отходов 5%; 3 – то же, 10%

Предварительные испытания предлагаемых составов крупнопористых легких бетонов с комбинированным минеральным заполнителем показали повышенный расход цементного вяжущего в составах на шлаке, что вызвано большим объемом открытой пористости и, как следствие, глубоким проникновением цементного теста в гранулы. Для снижения этого негативного явления было предложено несколько вариантов улучшения качества крупного шлакового заполнителя: обработка отходами хризотилцемента, изоляция шлака пенополимерной композицией, введение отходов хризотилцемента в цемент. Введение отходов хризотилцемента в цемент обеспечивает повышение вязкости цементного теста и создает повышенную прочность за счет дисперсного армирования минеральной связки между крупным заполнителем.

Введение в легкий бетон предварительно защищенного шлакового заполнителя, представляющего собой дисперсный материал минерального происхождения, позволило не только повысить теплофизические характеристики стеновых изделий и снизить их плотность, но и существенно увеличить звукопоглощающую способность легкого крупнопористого бетона.

Далее различные составы были испытаны на поглощение звуковых волн на специальных лабораторных установках со звуковыми генераторами, трубами различной длины с внутренней изоляцией, осциллографами с цифровыми считающими устройствами для проведения исследований по определению звукопоглощающей способности легких бетонов с направленно изменяемой пористой структурой: для исследования звуковых волн в коротком диапазоне длин – диаметром 0,26 м при длине 1,00 м; для звуковых волн средних длин – диаметром 0,10 м при длине 1,00 м; для больших длин волн – диаметром

0,26 м длиной 3,00 м. Все трубы тщательно изолировались от внешних источников шума. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Предварительно были исследованы реологические и физико-технические параметры различных составов крупнопористого бетона, позволившие выявить определенные зависимости отдельных составов, после чего все рецептуры были подвергнуты испытаниям на звукопоглощающую способность материала. Полученные зависимости легли в основу получения легкобетонных крупнопористых изделий (блоков), сформированных по принципу направленного изменения пористости материала.

Ниже приводятся средние физико-технические характеристики материала легкобетонных блоков, в которые в качестве заполнителя вводился керамзитовый гравий совместно со шлаковым щебнем, предварительно разделенные на фракции 20–40; 10–20 и 5–10 мм:

Предел прочности при сжатии, МПа	2,5–7,5
Средняя плотность, кг /м ³	450–720
Коэффициент теплопроводности, Вт/ (м °C)	0,12–0,30
Морозостойкость, цикл	35–50
Водопоглощение, %	25–32

При оптимальном соотношении керамзитового гравия и шлака – от 60 : 40 до 40 : 60 обеспечиваются наилучшие характеристики легкобетонных блоков.

Данные стеновые материалы при соотношении керамзита и шлака 50: 50 обладают коэффициентом звукового поглощения во всем диапазоне звуковых волн в 3–5 раз выше по сравнению с традиционным керамзитобетоном (см. табл. 2). Такие свойства свидетельствуют об их высокой звукопоглощающей способности. Кроме того, выяснилось, что комбинированные легкие заполнители с различной пористой структурой более эффективны и имеют повышенные эксплуатационные показатели в диапазонах низких частот. Так, в области частот звуковых воздействий 63–250 Гц установлено увеличение звукопоглощающей способности в 5–8 раз по сравнению с традиционным керамзитобетоном, что на практике может быть достигнуто только при внедрении перфорированных защитных экранов [1, 2, 6–8].

Таблица 2
Звукопоглощающая способность легкого бетона с направленно изменяемой пористой структурой на комбинированном заполнителе

Наименование материала (фракции)	Коэффициент звукопоглощения при частоте звука, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Керамзитобетон традиционный	0,03	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,14	0,16
Керамзитошлакобетон при соотношении керамзита и шлака 75 : 25								
5–10 мм	0,08	0,12	0,11	0,18	0,27	0,38	0,41	0,44
10–20 мм	0,10	0,14	0,18	0,23	0,24	0,32	0,45	0,48
20–40 мм	0,11	0,13	0,16	0,22	0,23	0,34	0,49	0,53
Керамзитошлакобетон при соотношении керамзита и шлака 50: 50								
5–10 мм	0,13	0,16	0,19	0,22	0,29	0,43	0,45	0,48
10–20 мм	0,18	0,19	0,24	0,29	0,36	0,35	0,47	0,52
20–40 мм	0,22	0,25	0,29	0,34	0,37	0,38	0,56	0,58
То же после обработки шлака отходами ХЦП								
5–10 мм	0,14	0,18	0,22	0,25	0,33	0,47	0,49	0,49
10–20 мм	0,19	0,19	0,27	0,31	0,38	0,40	0,54	0,55
20–40 мм	0,22	0,26	0,32	0,36	0,39	0,43	0,58	0,61
То же после обработки полимерсмоликатной композицией								
5–10 мм	0,13	0,17	0,19	0,24	0,29	0,41	0,44	0,46
10–20 мм	0,18	0,19	0,25	0,32	0,37	0,38	0,46	0,51
20–40 мм	0,24	0,26	0,29	0,36	0,38	0,39	0,53	0,57

Окончание табл. 2

То же после введения отходов ХЦПП в цемент	5–10 мм	0,15	0,19	0,24	0,28	0,35	0,48	0,51	0,54
	10–20 мм	0,21	0,20	0,29	0,33	0,39	0,42	0,55	0,57
	20–40 мм	0,23	0,27	0,34	0,37	0,41	0,43	0,59	0,64
Керамзитошлакобетон при соотношении керамзита и шлака 25: 75;	5–10 мм	0,06	0,11	0,10	0,17	0,25	0,36	0,39	0,43
	10–20 мм	0,11	0,12	0,16	0,21	0,23	0,31	0,44	0,45
	20–40 мм	0,10	0,11	0,14	0,20	0,22	0,33	0,49	0,56

Разработаны составы бетона и технология изготовления легкобетонных стен на крупных заполнителях с высокими коэффициентами звукопоглощения в широком диапазоне звуковых частот и хорошиими физико-механическими показателями. С использованием разработанной методики можно проектировать и изготавливать материалы с заданными звукопоглощающими характеристиками.

Предложена технологическая схема производства легких бетонов на комбинированных заполнителях с послойным формированием изделий с различными фракционными составами, что обеспечивает эффективное снижение звуковой проницаемости в широком диапазоне звуковых волн за счет создания структуры с различной формой и различным диаметром пор. Использование предложенных составов и технологии позволяет получать легкие бетоны, имеющие среднюю плотность 450–750 кг/м³; коэффициент теплопроводности от 0,14 до 0,31 Вт/ (м·°C), морозостойкость не менее 15 циклов, коэффициент звукового поглощения во всем диапазоне звуковых частот от 0,3 до 0,7.

Осуществлено производственное внедрение предложенных материалов и технологических процессов. Легкобетонные блоки использованы при строительстве жилых и производственных зданий в Барабинском, Куйбышевском и Чановском районах Новосибирской области. Регулярное обследование стен этих зданий в течение нескольких лет показало стабильность свойств и эксплуатационную стойкость изделий из предложенных легких бетонов. Внутренняя поверхность экспериментальных стен теплее традиционных шлакобетонных стен в среднем на 3–5°C; влажность материала на внутренней поверхности ограждения ниже в 1,3–1,4 раза, что свидетельствует об осушающем эффекте пористого заполнителя в легком бетоне и, следовательно, улучшении микроклимата помещений в целом. Кроме того, отмечено уменьшение уровня шума в помещениях от внешних источников в 2–3 раза по сравнению со стенами из обычного керамзитобетона.

Экспериментально-теоретические исследования легких крупнопористых бетонов с регулируемой пористой структурой на комбинированных шлакокерамзитовых заполнителях, обработанных полимерсиликатной защитной композицией и микроармирующей добавкой из отходов хризотилцемента, позволили расширить область строительного материаловедения и развить основы для создания эффективных стеновых материалов с повышенными звукоизолирующими и теплозащитными способностями.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Разработан эффективный звукопоглощающий и теплоизоляционный материал – легкий крупнопористый бетон на основе комбинированных заполнителей – предварительно обработанных топливных шлаков и керамзит с микроармирующей добавкой, имеющий регулируемую пористую структуру. Для получения данных легких бетонов оптимальное соотношение керамзитового гравия и шлака находится в интервале от 60:40 до 40:60.

2. Использование шлака, предварительно обработанного отходами хризотилцемента и полимерсиликатной композицией, в качестве крупного заполнителя легких бетонов позволяет утилизировать отходы теплоэнергетики и улучшить экологическую обстановку.

3. Введение 8–12% добавки из отходов хризотилцементного производства в состав цементного теста способствует усилению контактной зоны и упрочнению всего конгломератного материала, особенно предела прочности при изгибе, а также приводит к снижению расхода минерального вяжущего в крупнопористом бетоне при одновременном улучшении звукопоглощающих свойств.

4. Отходы хризотилцемента положительно влияют на звукопоглощающие характеристики крупнопористого легкого бетона на комбинированных заполнителях, а совместно со шлаковым крупным

заполнителем позволяют повысить звукопоглощающие свойства крупнопористого легкого бетона в 3–5 раз.

5. Легкие бетоны классов В 3,5, В 5,0 с различными минеральными заполнителями, в том числе и отходами теплоэнергетики, имеют повышенные звукопоглощающие свойства, прочность при сжатии 2,5–7,5 МПа, коэффициент теплопроводности 0,14–0,31 Вт/ (м °C) за счет формирования структуры материала с направленно изменяемой пористостью.

6. Область применения строительных материалов на основе предлагаемых легких крупнопористых бетонов – стеновые блоки и монолитное домостроение в малоэтажном строительстве, в т. ч. при возведении объектов сельскохозяйственного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Физико-химические* исследования процессов снижения открытой пористости крупного заполнителя бетонов / Е. Г. Пименов, А. П. Пичугин, В. Ф. Хританков, А. С. Денисов // Изв. вузов. Строительство. – 2016. – № 10–11. – С. 22–31.
2. Роль микроармирования в обеспечении эксплуатационных характеристик крупнопористого легкого бетона / А. П. Пичугин, А. С. Денисов, В. Ф. Хританков, Пименов Е. Г. // Известия вузов. Строительство. – 2016. – № 12. – С. 5–15.
3. Особенности технологии получения крупнопористого бетона на заполнителях различного гранулометрического состава / В. Ф. Хританков, А. П. Пичугин, Е. Г. Пименов, М. А. Подольский // Новые технологии в строительном материаловедении: междунар. сб. науч. тр. / НГАУ- РАЕН-РАПК. – Новосибирск, 2012. – С. 207–213.
4. Энергоэффективные легкие бетоны для ограждающих конструкций зданий и сооружений / А. П. Пичугин, В. Ф. Хританков, Е. Г. Пименов, М. А. Подольский // СТРОЙПРОФИ. – СПб., 2013. – С. 12–19.
5. Пичугин А. П., Хританков В. Ф., Пименов Е. Г. Снижение открытой пористости крупного шлакового заполнителя // Строительные материалы – 4С: междунар. сб. науч. тр. НГАУ- РАЕН. – Новосибирск, 2015. – С. 193–199.
6. Технология производства эффективных легкобетонных стеновых изделий с повышенной звукопоглощающей способностью / А. П. Пичугин, А. С. Денисов, В. Ф. Хританков, Е. Г. Пименов // Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России: Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием / СибГИУ. – Новокузнецк, 2016. – С. 76–79.
7. Энергоэффективные стены из легких крупнопористых бетонов на комбинированных заполнителях / А. П. Пичугин, А. С. Денисов, В. Ф. Хританков, Е. Г. Пименов, Е. Г. Лазарев // Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение: сб. ст. IV Всерос. науч.-практ. конф. СВФУ. – Якутск, 2016. – С. 261–267.
8. Физико-химическое влияние добавок на упрочнение структуры легкого бетона / А. П. Пичугин, В. Ф. Хританков, А. Ю. Кудряшов, Е. Г. Пименов // Фундаментальные основы строительного материаловедения: материалы междунар. конгр. // РААСН. – Белгород, 2017. – С. 97–103.

REFERENCES

1. Fiziko-himicheskie issledovaniya protsessov snizheniya otkrytoy poristosti krupnogo zapolnitelya betonov / E. G. Pimenov, A. P. Pichugin, V. F. Hritankov, A. S. Denisov // Izv. vuzov. Stroitelstvo. – 2016. – N 10–11. – S. 22–31.
2. Rol mikroarmirovaniya v obespechenii ekspluatatsionnyih harakteristik krupnoporistogo legkogo betona / A. P. Pichugin, A. S. Denisov, V. F. Hritankov, Pimenov E. G. // Izvestiya vuzov. Stroitelstvo. – 2016. – N 12. – S. 5–15.
3. Osobennosti tehnologii polucheniya krupnoporistogo betona na zapolnitelyah razlichnogo granulometricheskogo sostava / V. F. Hritankov, A. P. Pichugin, E. G. Pimenov, Podolskiy M. A. // Novye tehnologii v stroitelnom materialovedenii/ Mezhdunar. sb. nauch. tr. – NGAU- RAEN-RAPK, – Novosibirsk, 2012. – S. 207–213.

4. Energoeffektivnyie legkie betonyi dlya ograzhdayuschih konstruktsiy zdaniy i sooruzheniy / A.P. Pichugin, V.F. Hritankov, E.G. Pimenov, M.A. Podolskiy // STROYPROFI. – SPb., 2013. – S. 12–19.
5. Pichugin A.P., Hritankov V.F., Pimenov E.G. Snizhenie otkryitoy poristosti krupnogo shlakovogo zapolnitelya/ / Stroitelnyie materialy – 4S: /Mezhdunar. sb. nauch. tr.. – NGAU- RAEN, – Novosibirsk, 2015. – S. 193–199.
6. Tehnologiya proizvodstva effektivnyih legkobetonyih stenoviyh izdeliy s povyishennoy zvukopogloschayuschej sposobnostyu /Pichugin A.P., A.S. Denisov, V.F. Hritankov, E.G. Pimenov // Aktualnyie voprosyi sovremennoego stroitelstva promyshlennyih regionov Rossii: Vseros. nauch. – tehnich. konf. s mezhdunar. uchastiem. – SibGIU, Novokuznetsk, 2016. – S. 76–79.
7. Energoeffektivnyie stenyi iz legkih krupnoporistyih betonov na kombinirovannyih zapolnitelyah/ A.P. Pichugin, A.S. Denisov, V.F. Hritankov, E.G. Pimenov, E.G. Lazarev // Sovremennyie problemyi stroitelstva i zhizneobespecheniya: bezopasnost, kachestvo, energo- i resursosberezeniya. Sb. st. IV Vseros. nauch. – praktich. konf. – SVFU. – Yakutsk, 2016. – S. 261–267.
8. Fiziko-himicheskoe vliyanie dobavok na uprochnenie strukturyi legkogo betona/ A.P. Pichugin, V.F. Hritankov, A.Yu. Kudryashov, E.G. Pimenov//Materialy Mezhdunarodnogo kongressa «Fundamentalnyie osnovyi stroitelnogo materialovedeniya» // RAASN, Belgorod, – 2017. – S. 97–103.