

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №1, Том 13 / 2021, No 1, Vol 13 <https://esj.today/issue-1-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/10SAVN121.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Омаров А.О. Обоснование критериев эффективности материалов для рациональных ограждающих конструкций и описание технологии эффективных конструкционно-теплоизоляционных ячеистых бетонов на пористых заполнителях // Вестник Евразийской науки, 2021 №1, <https://esj.today/PDF/10SAVN121.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Omarov A.O. (2021). Substantiation of efficiency criteria of materials for rational enclosing structures and description of technology of efficient structural and heat-insulating cellular concrete on porous aggregates. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 1(13). Available at: <https://esj.today/PDF/10SAVN121.pdf> (in Russian)

Омаров Ариф Омарович

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», Махачкала, Россия
Заведующий кафедрой «Строительных материалов и инженерных сетей»

Кандидат экономических наук, доцент

E-mail: o.arif@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=400287

Обоснование критериев эффективности материалов для рациональных ограждающих конструкций и описание технологии эффективных конструкционно-теплоизоляционных ячеистых бетонов на пористых заполнителях

Аннотация. В практике строительства одной из приоритетных задач на современном этапе является обеспечение качественной теплоизоляцией зданий, которая будет способствовать экономии энергии и ресурсов. Новое строительство, реконструкция и капитальный ремонт зданий осуществляется в соответствии с новыми, повышенными требованиями к тепловой защите ограждающих конструкций. Проведенный в данной статье аналитический обзор показал, что сегодня имеет место широкий спектр представлений, связанных с оптимизацией и усовершенствованием технологий производства легкого бетона, однако, с нашей точки зрения, проблема исследования системы «цемент – наполнитель» и эффективная поризация цементного камня – в значительной степени более важная. Это обусловлено тем, что значительная часть цемента в некоторых бетонных смесях используется исключительно для придания им необходимых технологических свойств. Современные взгляды на аспект регулярности физико-химических воздействий в системе «цемент – наполнитель» делают акцент на том, что последняя, как структурная составляющая, также может принимать участие в формировании структуры и физико-химических свойств как цементного камня, так и бетона. Данный тезис подтверждает целесообразность замены части связующего клинкера дисперсным наполнителем, в том числе, мелким шламом, песками и иными отходами горно-обогатительной промышленности Российской Федерации. В рамках данной статьи автором проанализированы научные представления о формировании структуры и взаимосвязи свойств легкого бетона, выявлены ключевые закономерности, которые позволяют контролировать коэффициенты теплофизической и гигрофизической эффективности легкого бетона посредством регулирования рецептурно-технологических факторов. Разработка базовых положений классификации материалов для рациональных

однослойных и многослойных ограждающих конструкций осуществлялась с учетом степени эффективности в различных климатических условиях, а также основных положений по выбору эффективных материалов.

Ключевые слова: ограждающие конструкции; ячеистый бетон; легкий бетон; цемент; наполнитель; технология; тепловая защита зданий

Введение

На современном этапе в нашей стране идет активный поиск эффективного сырья и оптимальных бетонных смесей, равно как и рациональных условий хранения и способов подачи сырья в смеситель, обеспечение безопасности и однородности свойств смеси, и в целом, методов и инструментов производства высококачественной продукции в целях улучшения технологии производства легкого бетона в Российской Федерации. В этой связи, в проектировании и строительстве зданий актуализируется вопрос уменьшения его массы, а также массы отдельных конструкций.

Известно, что минимизация расхода материалов здания позволяет снизить нагрузку на несущие конструкции, а значит и снизить объем издержек на само строительство. С позиции экспертов, ограждения представляют собой многофункциональный строительный элемент любой конструкции [1]¹; их основной задачей является обеспечение комфортных условий для человека с оптимальными затратами на энергетические и тепловые ресурсы. В связи с этим, современное экспертное и профессиональное сообщество в значительной степени стремится уделять аспекту закрытия конструкций [2].

Сказанное подтверждает важность поиска решения проблемы использования легких материалов и эффективной теплоизоляции. Современные российские материалы последнего поколения создаются исключительно на основе минерального сырья, которые выгодно отличаются от полимерных материалов с большими эксплуатационными ресурсами.

При этом, важно принимать во внимание тот факт, что отпускная влажность бетонов изделий и конструкций на основе зол и прочих отходов производства не должна по своей массе превышать 35 %.

Теплоизоляционные материалы должны обладать высоким общим сопротивлением, так как воздух, который заполняет поры, – плохой проводник тепла, не имеющий прочной структуры основного материала. Помимо этого, такие материалы должны быть под защитой от влаги, не подвергаться процессам замораживания и оттаивания, последующего разложения, иными словами, они должны обладать повышенной производительностью (рис. 1). В тех случаях, когда теплоизоляционные материалы используются в закрытых конструкциях, приоритетом выступает максимально низкая теплопередача в конкретной конструкции, т. е. без увеличения общей толщины ограждения. В данном случае целесообразно говорить о бетоне на пористых заполнителях.

Легкий бетон включает в себя все виды бетона со средней плотностью от 200 до 2000 кг/м³. Бетоны данного вида могут быть конструкционные или теплоизоляционные по названию. По признаку процесса создания искусственной пористости легкий бетон подразделяется на бетон из легких пористых заполнителей с большими порами и ячейками. В свою очередь, в зависимости от типа крупнопористого заполнителя разделение идет на

¹ Holand I. Lightweight Aggregate Concrete / Holand I., Abe M., Bremner T. et al. Codes and standards. – Stuttgart: Sprint-Druck Stuttgart, 2001. – 40 с.

шунгизский бетон, пенобетон и аглопоритовый бетон, перлитный бетон, шлакобетон, бетон на основе природных пористых заполнителей².

Пенополистирол отечественного производства	<i>Изотермическая выдержка на воздухе при +20 °С: до 30 лет Циклическое воздействие: 13 лет Воздействие циклического изменения в конструкциях: 19,5–22,5 лет Термо фасады: 25 лет</i>
Экструзионный пенополистирол	<i>Изотермическая выдержка на воздухе при +20 °С: до 50 лет Циклическое воздействие: – Воздействие циклического изменения в конструкциях: 34 года Термо фасады: -</i>
Пенополистирол фирмы KNAUF	<i>Изотермическая выдержка на воздухе при +20 °С: до 60 лет Циклическое воздействие: – Воздействие циклического изменения в конструкциях: 37 лет Термо фасады: 30 лет</i>

Рисунок 1. Долговечность пенополистирола в зависимости от условий воздействия (составлено автором)

Методы и материалы

В целях получения необходимой прочности легкого бетона, важно достичь уровня прочности пористых заполнителей, определенного ГОСТ 32496-2013³.

Теплопроизводительность таких бетонов увеличивается пропорционально росту средней плотности от 0,14–0,2 Вт/(м °С) при средней плотности 700 кг/м³ и 0,5–0,7 Вт/(м °С) при средней плотности 1800 кг/м³. В свою очередь, морозостойкость легких бетонов растет с увеличением его сопротивления от F35 до F500. Развитию же данного свойства способствует наличие всасываемого воздуха, сниженное водоцементное соотношение и рост плотности в зоне контакта «заполнитель – цементная паста» [3].

В классе легких бетонов традиционно выделяется особая группа газобетона (бетона ячеистого), имеющая следующие свойства: во-первых, теплоизоляционные с плотностью до 500 кг/м³, Rсж до 2,5 МПа; во-вторых, конструкционно-теплоизоляционные плотность от 500 до 900 кг/м³, Rсж 2,5–7,5 МПа; в-третьих, конструкционные с плотностью от 900 до 1200 кг/м³, Исж 7,5–15 МПа. В целях получения высокой прочности легкого бетона, важно применять высококачественный цемент. В связи с этим, на практике весьма сложно получить наибольшее значение по прочности 400 марки, даже при условии высокого расхода цемента, что особенно

² ГОСТ 25820-2014. Бетоны легкие. Технические условия (Взамен ГОСТ 25820-2000); введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 15 с.; МГСН 4.19-05 Многофункциональные высотные здания и комплексы. – М.: [б.и.], 2015. – 71 с.; СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением № 1). – М.: Минрегион России, 2012. – 100 с.; Матросов Ю.А. Рекомендации по проектированию тепловой защиты и энергоэффективности высотных зданий / Матросов Ю.А., Ярмаковский В.Н. // Сб.: «Материалы и технологии». Серия: «Новые материалы, конструкции, оборудование и технологии в строительном комплексе г. Москвы». – М.: Центр новых строительных технологий, 2005. – С. 24–28; Кондращенко В.И. Применение методов механики разрушения для решения задач бетоноведения / Кондращенко В.И., Гребенников Д.А., Гузенко С.В., Чан Тхи Тху Ха // Вестник гражданских инженеров. – 2009. – №2 (20). – С. 117–126.

³ ГОСТ 32496-2013 Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия (Переиздание). Официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.

важно для автоклавного бетона⁴. Так, например, для получения марки 35 с плотностью 900 кг/м³ нужна марка цемента 500 и расход более 500 кг/м³ [4].

Одним из типов газобетона является пенобетон; он создается посредством равномерного распределения пузырьков воздуха по всей бетонной массе. Его получают в результате механического смешения предварительно подготовленной пены со смесью бетона, а не с помощью химических реакций, как в случае с другими типами бетона. Для получения стабильной, пригодной для производства качественного пенобетона пены, нужно, чтобы пленка была прочной, а также имела высокую поверхностную вязкость – это снижает скорость потока пленки [5; 6]. Важно принимать во внимание то, что пенобетон один из, условно говоря, вечных материалов, который не подвергается воздействию внешних факторов, и невероятно прочен. Здания из него способны накапливать тепло благодаря своей высокой термостойкости, что позволяет значительно снизить затраты на отопление во время эксплуатации. Одновременно с этим, пенобетон обладает значительно меньшей морозостойкостью и общей прочностью, он требует защиты от влаги. В этой связи, при производстве качественного пенобетона важно учитывать влияние технологических и рецептурных факторов на синтез его структуры. Практически всем видам натурального затвердевшего пенобетона свойственно интенсивное развитие усадочных деформаций, как во время увеличения прочности, так и в течение первых трех лет эксплуатации. Помимо этого, чем ниже средняя плотность, тем больше усадка: например, при плотности 300–400 кг/м³, пенобетон усаживается до 7 мм/м². Все пенообразователи снижают прочность бетона [7].

Большим количеством преимуществ перед газобетонными стеновыми блоками обладает модифицированный полистиролбетон. Например, наименьшая плотность с необходимой прочностью выше в 2–2,4 раза и в 1,6–1,8 раза, чем в случае с газосиликатом, если сравнивать с пенобетоном [3]. В свою очередь, равновесная (сорбционная) влажность в 2–3,4 раза ниже, значение теплопроводности имеет показатель – 2,5–2,8 раза, а усадка и морозостойкость – в 2–2,5 раза и в 2–3 раза, соответственно, выше. Доказательством оптимальности выбора модифицированного полистиролбетона для монолитной теплоизоляции доказывается его эффективностью при возведении стен зданий в сейсмически активных регионах, таких как, например, Республика Дагестан. На таких территориях использование легких бетонных блоков возможно исключительно для малоэтажных зданий [8].

Разнообразие заполнителей легких бетонов для ограждающих конструкций:

Порообразователь

В целях производства пенобетона существует необходимость в специализированном пенообразователе, который способен увеличить свой изначальный объем в несколько раз. Пенообразователь – это однородный состав от светло-желтого до коричневого цвета, преимущественно, поставляемый на рынок в бочках или цистернах. Продукт малотоксичен и полностью безопасен.

По видам пенообразователи могут быть органическими (белковыми) и синтетическими. Первые практически не оказывают влияние на увеличение срока схватывания и твердения пенобетонной массы, обеспечивают высокую ее стойкость, однако, неустойчивы к ускорителям твердения; позволяют получать изделия с низкой плотностью. В нашей стране производители пенобетона являются приверженцами второго вида – синтетического. Это обусловлено тем, что в период формирования пенобетонного рынка в России в наличии были только синтетические

⁴ Гончарик В.Н. Теплоизоляционный ячеистый бетон / Гончарик В.Н., Белов И.А., Богданова Н.П., Гарнашевич Г.С. // Строительные материалы. – 2004. – №3. – С. 24–25.

пенообразователи, а производители оборудования создавали пеногенераторы на основе баротехнологии (белковые пенообразователи в ней вспенить нельзя). В последние годы все чаще встречаются производства, где используются белковые пенообразователи, однако, преимущественного, импортного производства.

Говоря о достоинствах и недостатках обоих видов пенообразователей, то их можно представить следующим образом.

Достоинствами синтетических пенообразователей являются:

- широта выбора: в нашей стране производства таких пенообразователей в значительной степени развито;
- адаптированность материально-технической базы: большая часть оборудования, производимого российскими производителями, создано именно с учетом использования синтетических пенообразователей, и имеет сравнительно низкую стоимость;
- нет необходимости в организации особых условий хранения и транспортировки;
- высокая устойчивость к микроорганизмам (не содержат органических соединений);
- длительность срока хранения;
- низкая стоимость;
- минимальное воздействие на пену ускорителей твердения.

Недостатками синтетических пенообразователей являются:

- недостаточно высокие показатели пенообразования, если сравнивать с белковыми пенообразователями;
- меньшая устойчивость пены к механическому воздействию;
- большая усадка массива.

Достоинствами белковых пенообразователей являются:

- рынок пенообразователей – преимущественно импортный: зарубежные производители имеют значительно больший опыт в производстве пенообразователей, что гарантирует стабильность и качество продукции;
- способность обеспечивать плотную пену;
- устойчивость пены к механическому воздействию: объем снижения пены после перемешивания с прочими компонентами практически минимальный;
- незначительная усадка массива;
- отсутствие проблем при производстве пенобетона низкой плотности;
- устойчивость к ускорителям твердения.

Недостатками белковых пенообразователей являются:

- высокая стоимость (в два раза и выше);
- отсутствие возможности выбора на отечественном рынке;

- неустойчивы к микроорганизмам: белковые пенообразователи содержат органические компоненты (бычья кровь), а для увеличения срока хранения также добавляются и различного рода консерванты;
- существует необходимость в обеспечении особых условий хранения: белковые пенообразователи не рекомендуется хранить при отрицательной температуре, а также на солнце и вблизи источников тепла;
- для получения пены нужно использовать специальные пеногенераторы.

В рис. 2 показаны виды пенообразователей. Для настоящего исследования был выбран органический пенообразователь «Биопорм» – экологичный, биоразлагаемый продукт, негорючий, имеет невзрывоопасный состав. «Биопорм» относится к классу малотоксичных промышленных веществ. Рабочая концентрация раствора варьируется от 0,1 до 2 % по массе, в зависимости от конкретного типа продукта, типа и компонентов оборудования, что позволяет получить оптимальный пеноматериал низкого вспенивания при производстве строительных материалов.

Следует отметить, что на современном этапе пенобетон с естественным отверждением стал в значительной степени менее популярен чем раньше, даже невзирая на общий тренд роста проса на ячеистый бетон для строительства малоэтажного жилья. Это обусловлено отнюдь не только растущими мощностями отечественной промышленности по производству автоклавных газосиликатов и газобетона. В большинстве своем причина в низком качестве пенобетонных изделий, производимых, как правило, по технологиям 30–40-х гг. XX в., хотя и с учетом современных достижений в оптимизации [9].

Белковый тип	Биопор, Esapon, FoamCem, GreenFroth, Hostapur OSB
Синтетический тип	СДО, Ареком-4, ПБ-2000, Аспент, ПБ-20, Пеностром, Пентапав-430 марки А ПО-ПБ-1, ТЭАС-П, Биофомм-Синта
	Сульфонол – раствор (40–60 %) или порошок (82 %)
	Клей-канифольный-жидкостекольный пенообразователь

Рисунок 2. Виды пенообразователей (составлено автором)

Приоритетными минусами автоклавного пенобетона являются, во-первых, большая усадка, меньшая прочность при высоком расходе цемента, слабая звукоизоляция, а также низкая теплоемкость. Во-вторых, по причине того, что размер боков может колебаться в несколько миллиметров, при укладке могут образовываться так называемые «мостики холода», которые, естественно, негативно сказываются на тепловых характеристиках. В-третьих, полимеризация пеноблоков в камерах при высоких температурах, атмосфере водяного пара и при нормальном давлении (в отличие от варки на пару в автоклаве, проводимой при давлении 8–10 атмосфер) стагнирует усадочные явления, увеличивает прочность, значительно ускоряет твердение бетона и снижает себестоимость пеноблоков (в отличие от автоклавной продукции).

Следовательно, оптимальным и логичным будет выбор такого способа твердения, как пропаривание.

Результаты и обсуждение

Далее представлен пример расчета производственного цеха Завода газобетонных блоков в п. Новый Хушет (пригород Махачкалы) по производству ограждающих конструкций, в условиях работы цеха, определяемый количеством рабочих дней в году и объемом часов работы в смену (5 дней в неделю в две смены по 8 часов). Производительность цеха составляет 30000 м³/год, количество рабочих суток в году 262.

Годовой фонд рабочего времени:

$$\Phi_{\text{н}} = D_{\text{н}} \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{т.н}} \quad (1)$$

где $D_{\text{н}} = 262$ д.; $T_{\text{см}} = 16$; $K_{\text{т.н}}$ – коэффициент технического использования оборудования = 0,943

$$\Phi_{\text{н}} = 262 \cdot 16 \cdot 0,943 = 3952 \text{ ч.}$$

Для того, чтобы спроектировать бетоносмесительный цех, нужно рассчитать рабочую программу, в соответствии с принятым на предприятии режимом работы. Такая программа отражает производительность объекта, а также расход всех компонентов бетонной смеси в год, сутки, за смену, в час для одного замеса. На рис. 3 представлена программа производства стеновых пенобетонных блоков. По ОНТП 09-85 коэффициент, учитывающий общие потери принимается от 1,02 до 1,05. В данном проекте принимаем $K_{\text{п}} = 1,03$.

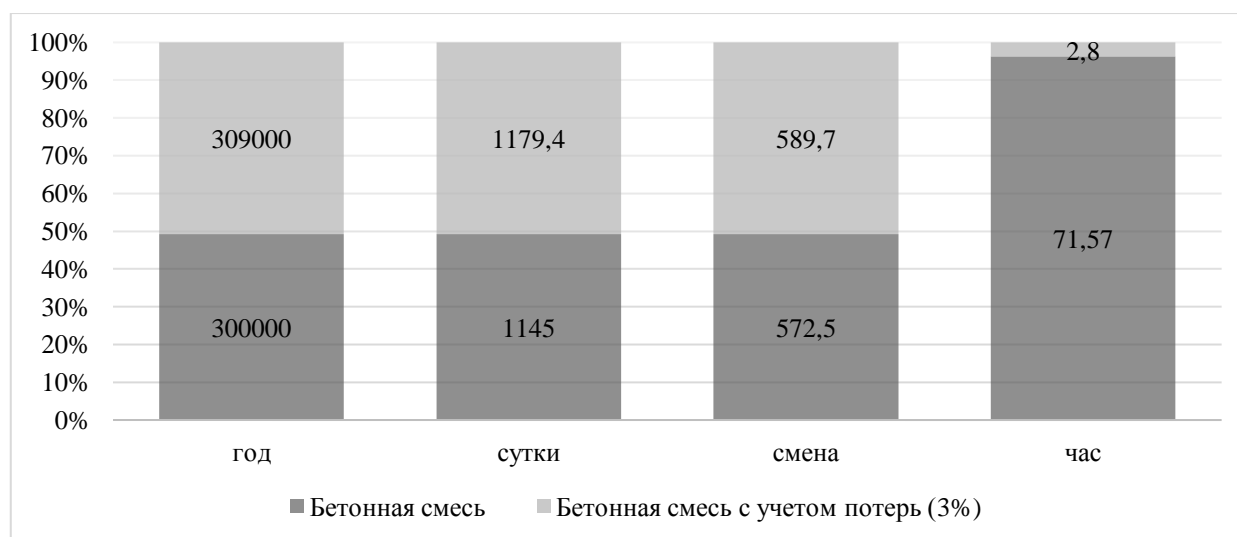


Рисунок 3. Производственная программа (производительность, м³) (составлено автором)

Подбор состава ячеистой смеси

Необходимо произвести расчет состав пенобетона с плотностью = 700 кг/м³.

Исходные материалы: высококальциевая зола-унос, микрокремнезем, минерализованные стоки, пенообразователь.

Принимая во внимание уровень влажности в 10 %, а также процентное содержание компонентов вычислим количественное:

$$\begin{aligned} Z &= 60 \% = 462 \text{ кг} \\ \text{МК} &= 4 \% = (770 \cdot \%) / 100 = 30,8 \text{ кг} \\ \text{МС} &= 3 \% = 23,1 \text{ кг} \\ \text{П} &= 0,3 \% = 2,31 \text{ кг} \end{aligned} \quad (2)$$

$$B = 32,7 = 251,8 \text{ кг}$$

Находим В/Т:

$$B/T = 251,8/518,21 = 0,48 \quad (3)$$

Области применения и эффективность легких бетонов

Использование теплоизоляционных материалов приводит к снижению затрат на отопление за счет повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций. Применение полистирола позволяет максимально приблизиться к требованиям по энергоэффективности в отношении внешних окружающих конструкций, регламентированные СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Это, в свою очередь, ставит полистирол в лидеры среди теплоизоляционных и теплоизоляционных строительных материалов.

Разработана технология производства стеновых блоков из пропаренного пенобетона производительностью 300 тыс. м³ в год на основе высококальциевой золы-унос. Ее использование позволяет достичь максимального экономического эффекта, т. к., как побочный материал, зола-унос приводит к минимизации материалоемкости производства пенобетона. Безусловно, также следует говорить и о выгоде, во-первых, экологического характера – освобождаются полезные площади, которые заполнены золой, сохраняются невозполнимые природные ресурсы страны и региона. Во-вторых, технического характера; зола-унос по своим показателям близка к природному сырью и превосходит его, преимущественно, благодаря высокотемпературной обработке, которой она подвергается при сжигании топлива в котлах.

Выводы

Анализ современной строительной практики доказывает факт наличия высокого спроса на легкий бетон, как один из наиболее универсальных строительных материалов. В развивающихся и развитых странах в большей степени развито производство строительных материалов и конструкций, которые позволяют минимизировать массу зданий и сооружений. Это особенно актуально для крупных городов, где имеет место острая нехватка земли для расширения мегаполисов. Соответственно, городская застройка идет по пути «вверх».

Выбирая легкий бетон, конструкторы преимущественно ориентируются на обеспечение безопасной эксплуатации здания. Исследования многих зарубежных авторов показывают, что легкие бетонные конструкции в большей степени выигрывают по данной характеристике, чем, например, металлические конструкции, или аналогичные конструкции из тяжелого бетона. Говоря о функционале, то легкий бетон применяется в изготовлении ограждающих конструкций, стеновых кладочных материалов (шлакобетон, керамзитобетон, газобетон, газобетонные изделия).

Одновременно с этим, при все своих преимуществах, легкий бетон имеет пониженную прочность и несущую способность, что ограничивает его использование. Как результат, легкий бетон без металлической арматуры и бронированных ремней практически не используется для строительства зданий, сооружений и прочих основных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России: монография / Госстрой России, Науч.-исслед. проектно-конструкт. и технол. ин-т бетона и железобетона; [под общ. ред. К.В. Михайлова; редкол.: А.И. Звездов [и др.]. – М.: Готика, 2001. – 683 с.
2. Lightweight Aggregate Concrete. Recommended extensions to Model Code 90. Identification of research needs & Case Studies: Guide (part 1), technical report (part 2) and state-of-the-art report (part 3) / Holm T.A., Bremner T.W. – Stuttgart: Sprint-Druck Stuttgart, 2010. – 362 p.
3. Ярмаковский В.Н. Композиционные вяжущие для легких бетонов с высокими показателями теплотехнического качества // Труды межд. науч.-практ. конф. «Наука и технология силикатных материалов-настоящее и будущее». Т. IV. (Москва, 14–17 октября 2003 г.). – СПб.: Изд-во ЦПО «Информатизация образования». – С. 300–307.
4. Сажнев Н.П. Производство, свойства и применение ячеистого бетона автоклавного твердения / Сажнев Н.П., Шелег Н.К., Сажнев Н.Н. // Строительные материалы. – 2014. – №3. – С. 2–6.
5. Величко Е.Г. Рецептурно-технологические проблемы пенобетона / Величко Е.Г., Комар А.Г. // Строительные материалы. – 2004. – №3. – С. 26–29.
6. Величко Е.Г. Технологические аспекты синтеза структуры и свойств пенобетона / Величко Е.Г., Кальгин А.А., Комар А.Г., Смирнов М.В. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2005. – №3. – С. 68–71.
7. Бертов В.М. Использование золы-уноса в производстве пенобетона / Бертов В. М., Собкалов П.Ф. // Строительные материалы. – 2015. – №5. – С. 12–15.
8. Geng Y. Mechanical behavior of connections between out-hung light-gauge steel frames / Geng Y., Wang Y., Ding J., Xu W. // Journal of Building Structures. – 2016. – Vol. 37. – pp. 141–150.
9. Stevenson P. Foam Engineering: Fundamentals and Applications. – UK: John Wiley & Sons, Ltd., 2012. – 532 p.

Omarov Arif Omarovich

Dagestan state technical university, Makhachkala, Russia

E-mail: o.arif@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=400287

Substantiation of efficiency criteria of materials for rational enclosing structures and description of technology of efficient structural and heat-insulating cellular concrete on porous aggregates

Abstract. In the practice of construction, one of the priority tasks at the present stage is to provide high-quality thermal insulation of buildings, which will contribute to saving energy and resources. New construction, reconstruction and overhaul of buildings are carried out in accordance with new, increased requirements for thermal protection of enclosing structures, including the requirements of SP 50.13330.2012 "Thermal protection of buildings". The analytical review conducted in this article showed that today there is a wide range of ideas related to the optimization and improvement of light concrete production technologies, however, from our point of view, the problem of studying the cement-filler system and the effective poration of cement stone is largely more important. This is due to the fact that a significant part of the cement in some concrete mixtures is used exclusively to give them the necessary technological properties. Modern views on the aspect of the regularity of physicochemical effects in the cement-filler system emphasize that the latter, as a structural component, can also take part in the formation of the structure and physicochemical properties of both cement stone and concrete. This thesis confirms the feasibility of replacing part of the clinker binder with a dispersed filler, including fine sludge, sands and other wastes of the mining and processing industry of the Russian Federation. Within the framework of this article, the author analyzed scientific ideas about the formation of the structure and relationship of the properties of light concrete, revealed key laws that allow controlling the coefficients of thermophysical and hygrophysical efficiency of light concrete by regulating recipe and technological factors. The development of material classification baselines for rational single-layer and multi-layer enclosing structures was carried out taking into account the degree of efficiency in various climatic conditions, as well as the main provisions for the selection of effective materials.

Keywords: enclosing structures; cellular concrete; light concrete; cement; filler; technology; thermal protection of buildings