

**Г.Б. Ибраимбаева^{1,*}, М.С. Садуакасов², М.А. Ермуханбет³,
Т.Б. Мейрханов⁴, А.М. Шойбекова²**

¹Международная образовательная корпорация, Алматы, Казахстан

²ТОО «Алматы Бетон материалдары», Алматы, Казахстан

³Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.Сатпаева,
Алматы, Казахстан

⁴Nazarbayev university, Астана, Казахстан

Информация об авторах:

Ибраимбаева Гульназ Баккыдыровна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Международная образовательная корпорация, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-4778-5664>, e-mail: gulnazik1971@mail.ru

Садуакасов Медербай Сейсенбаевич, доктор технических наук, профессор, директор ТОО «Алматы Бетон материалдары», Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0008-6161-0378>, e-mail: saduakassov@mail.ru

Ермуханбет Мирас Алмаганбетулы – магистр технических наук, докторант, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.Сатпаева, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0003-9886-2193>, e-mail: ermuhanbetmiras@gmail.com

Мейрханов Таир Бауыржанович – студент, Nazarbayev university, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0009-3804-5603>, e-mail: meirkhanov_t@mail.ru

Шойбекова Айгуль Медербаевна – инженер, «Алматы Бетон материалдары», Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0002-7157-1663>, e-mail: shoibekova@mail.ru

*Автор корреспонденции: gulnazik1971@mail.ru

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПЕРЛИТОБЕТОНЫ МАРКИ D150 и D200

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по разработке составов и исследованию физико-механических свойств особо легкого перлитобетона. Установлено, что применение пены позволяет резко увеличить объем цементного теста, что обеспечивает возможность перемешивания раствора с хрупкими, слабопрочными зернами вспученного перлитового песка. В результате экспериментальных исследований получен перлитобетон со средней плотностью в сухом состоянии 150-200 кг/м³, прочностью на сжатие 0,32-0,43 МПа, коэффициентом теплопроводности 0,048-0,052 Вт/(м·°С). Плиты предназначены для тепловой изоляции жилых и общественных зданий. В условиях г. Алматы при толщине плит 10 см обеспечивается требуемая теплозащита наружных конструкций зданий.

Ключевые слова: теплоизоляция, плотность, перлитобетон, прочность, теплопроводность, особо легкий.

Введение

Проблема теплосбережения приобрела еще большую актуальность в последние годы. Физической величиной, характеризующей способность ограждающей конструкции к теплопередаче, является приведенное сопротивление теплопередаче (R_0), которое следует принимать в соответствии с заданием на проектирование, но не менее требуемых значений R_{TP_0} определяемое исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий по формуле (1) и условий энергосбережения по данным, приведенных в Строительных правилах Республики Казахстан [1].

Для условий г. Алматы и г. Астаны термическое сопротивление ограждающих конструкций, вычисленное авторами статьи, должно быть соответственно не менее 2,675 и 3,5 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт. Для сравнения: термическое сопротивление стен для условий г. Москвы составляет 3,2, а для всей территории Германии – 4,166 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт. Как видим, несмотря на более мягкий климат, в Германии требования к теплозащите стен значительно выше, чем в РК и России.

При действии старых норм в РК (до 2001 г) применение современных высокоэффективных в теплотехническом отношении материалов было не обязательным. Так, например, в г. Алматы кирпичные дома строили толщиной стены на два с половиной кирпича (62,5 см), а в панельных домах изоляционным слоем служил керамзитобетон плотностью 1000 кг/м^3 толщиной 17 см, несущим слоем – тяжелый железобетон толщиной 15 см и отделочный слой изготавливался из раствора толщиной 3 см. Согласно проведенным расчетам термическое сопротивление кирпичной и бетонной стены указанных конструкций составляет соответственно 0,893 и 0,632 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, что соответственно в 3 и 4,2 раза меньше современных норм по теплозащите наружных конструкций зданий, принятых в 2001 г.

Согласно расчетам авторов статьи, какая толщина стены в г. Алматы, в случае его возведения из традиционных стеновых материалов, должна быть в настоящее время видно из рис. 1. Значения плотностей материалов, приведенных на рис.1 следующие: полнотелого кирпича – 1800 кг/м^3 ; пустотного кирпича – 1000 кг/м^3 ; керамзитобетона – 1000 кг/м^3 ; автоклавного газобетонного блока – 500 кг/м^3 ; перлитобетонного блока – 600 кг/м^3 ; базальтовой плиты – $80\text{-}125 \text{ кг/м}^3$; пенополистирола – $20\text{-}25 \text{ кг/м}^3$.

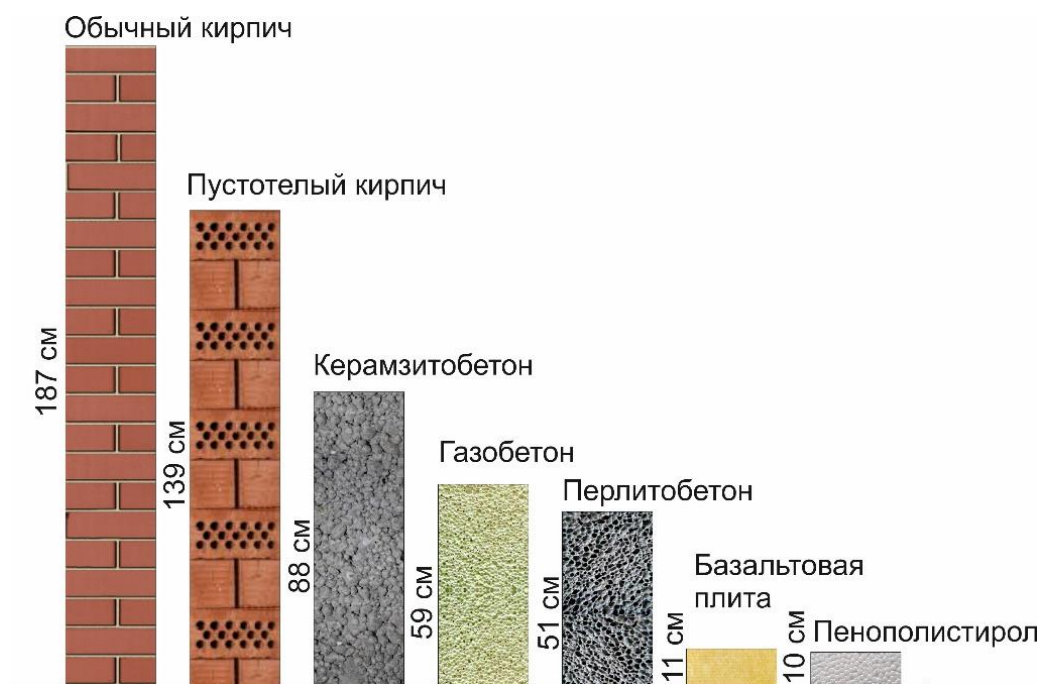


Рисунок 1 – Толщины различных материалов, обеспечивающие теплотехнические характеристики наружных стен для условий г. Алматы согласно нормам, принятым в 2001 г. (дополнение к СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника») [материал авторов]

Из анализа рис. 1 следует, что наружные ограждающие конструкции должны быть многослойными с применением теплоизоляционных материалов. В качестве исключения можно изготавливать однослойные стены из ячеистобетонных блоков, но при этом толщина стены с учетом защитного отделочного слоя все равно будет больше 60 см, что для многоэтажных зданий неприемлемо из-за значительной потери полезной площади. С другой стороны, при строительстве в сейсмической зоне, такая стена также не целесообразна, не говоря о том, что на такую стену невозможно навесить предметы мебели, радиаторы отопления и прочие предметы быта.

В строительстве Казахстана получила распространение навесная фасадная конструкция наружной стены, предусматривающая кладку из автоклавных газобетонных блоков толщиной 20 см, изоляционный слой из базальтовой плиты марки П80, П100 толщиной 10 см и навесные фасадные плиты. Общая толщина стены при этом не превышает 35 см.

Таким образом, можно заключить, что на сегодняшний день без применения теплоизоляционных материалов, невозможно получить разрешение на строительство жилых зданий и сооружений. Также, из представленных данных, приведенных на рис. 1 ясно видно, что только два вида промышленно производимых материалов могут быть успешно использованы в качестве теплоизоляторов: это пенопласты и минераловатные (базальтовые) изделия. Действительно, в последние годы в строительстве Республики Казахстан и других странах СНГ в качестве теплоизоляционных материалов используются именно минераловатные и пенопластовые изделия.

При высокой теплоизолирующей способности минераловатным плитам и пенопластам все же присуще два неблагоприятных аспекта: первый – это скрытая опасность, которая может проявиться в период эксплуатации жилых зданий, а конкретно – экологическая небезопасность для жильцов квартир и второй – недолговечность, недостаточная стойкость к пожарам [1-6].

Опасность для человека представляют токсичные вещества, выделяющиеся из полимеров минеральной ваты (фенол, формальдегид) или из пенополистирольных плит (стирол). Согласно исследованиям [2], санэпидемстанции необходимо пересмотреть порядок выдачи сертификатов на допуск материалов к жилищному строительству. Особую опасность представляет стирол (мономер, из которого получают полистирол, а затем пенополистирол), у которого величина предельно-допустимой концентрации (ПДК) в 1500 раз меньше, чем, например, у оксида углерода. Стирол относится к конденсированным ароматическим соединениям, имеющим в своей молекуле одно или несколько бензольных ядер, и, подобно аналогичным веществам (бензол, бензпирен, безантрацен), имеет повышенные коммулятивные свойства: накапливается в печени и не выводится наружу. Вещества этой группы относятся к особо опасным. Например, бензпирен является активным канцерогенным веществом с ПДК равным $0,000001 \text{ мг/м}^3$.

Считается, что в процессе полимеризации (получении полистирола) токсичность теоретически ликвидируется. Но, необходимо иметь в виду, что, во-

первых, процесс полимеризации идет не до конца, на 97-98%, и перед применением полистирола необходимо подвергать его «дегазации»; во-вторых, процесс полимеризации обратим, поэтому полимеры постоянно разлагаются (процесс деградации) под влиянием света, кислорода, озона, воды, механических и ионизирующих воздействий, и особенно под влиянием теплоты [3].

Относительно долговечности штукатурного слоя, нанесенного на минераловатные или пенополистирольные плиты, имеются следующие данные. Официально, восемью странами Европы, срок эксплуатации фасадных систем скрепленной теплоизоляции принят равным не менее 25 лет [5] при условиях, что:

- система после выполнения работ прошла сертификацию в независимом органе;
- имеются подтверждения поставки материалов одним поставщиком;
- работы выполнены строго в соответствии с действующим технологическим регламентом;
- система правильно эксплуатируется, то есть через каждые 6-7 лет выполняется расшивка и шпатлевка появившихся трещин, заново окрашивается весь фасад.

Таким образом, серьезность проблемы, связанной с возможностью необходимости ремонта фасадов и теплоизоляционного слоя, построенных и введенных в эксплуатацию жилых и, как правило, частных зданий, которая может возникнуть в ближайшие годы, нельзя не учитывать. Применение пенополистирола в качестве теплоизоляции в некоторых видах строительных конструкций запрещено. Надо полагать, на это решение Правительства повлияло не столько низкая долговечность пенополистирольных плит, а несколько пожаров, связанных с применением указанного материала, при которых погибли люди. При горении пенополистирол выделяет удушающие газы, парализующие дыхательную систему человека. В России климатические условия значительно более жесткие, чем в Европе, а в Казахстане – резко-континентальный климат, при котором в течение суток температура может изменяться от положительной до отрицательной. В таких условиях европейские нормы, принятые для долговечности теплоизоляционных фасадных систем, требуют изменения и пересмотра с учетом экспериментальных, в том числе и натуральных исследований. Так, в работе [5] отмечается, что в Самаре фасадный слой в домах разрушается уже после 3-4-х лет эксплуатации и это приводит к огромным незапланированным затратам на ремонт наружного теплоизоляционного слоя, в то время как в Германии нормативный срок ремонта таких фасадных систем составляет 10 лет. В статье О.А. Лобова и А.И. Ананьева [6] констатируется аварийное состояние фасадных систем с облицованным штукатурным слоем, нанесенным на мягкие утеплители по стекловолоконной сетке на 5-7-м году эксплуатации домов.

В 2016 г. экономическая ситуация в значительной мере изменилась из-за снижения курса тенге по отношению к основным зарубежным валютам. Так, если до середины 2015 г. 1 доллар США был эквивалентен примерно 183-187 тенге, то, начиная с августа 2015 г., начался процесс падения курса: вначале до 333 тенге за один доллар США, а в настоящее время курс составил порядка 445-

462 тенге/\$. Вследствие этого, в последний год резко возросла стоимость теплоизоляционных базальтовых плит и на сегодняшний день их реализуют по цене 45000 тенге за 1 м³ изделия.

Экономическая ситуация в РК все более и более диктует необходимость расширения производства материалов казахстанского содержания, в том числе строительных материалов. Можно отметить, что именно строительные материалы должны быть не просто казахстанского производства, а должны быть материалами местного производства, т.е. в каждом районе, каждой области должны быть заводы строительных изделий. Это не только удешевит строительство, но и снимет огромную нагрузку на железнодорожный и автомобильный транспорты, поскольку из всех видов товаров именно товары строительной номенклатуры являются многотоннажными и многочисленными.

В этом плане можно отметить, что в настоящее время в Казахстане отсутствует производство теплоизоляционного материала, который изготавливался бы полностью из сырья, добываемого и переработанного в нашей Республике. Например, хотя волокна минераловатных плит (в основном базальтовых), вырабатываются на заводах в РК, а связующие (различные не безопасные в экологическом плане смолы, включающие формальдегид, фенол и др.), без которых плиты невозможно получить, полностью являются импортными. Такая же ситуация и с пенополистирольными изделиями, которые также изготавливают полностью из импортного сырья, в частности, из вспененных гранул полистирола, китайского, либо российского производства.

Отсюда следует, что при выпуске теплоизоляционных материалов наша строительная индустрия является импортозависимым и при сбое поставки соответствующего сырья, производства просто останутся.

Альтернативой минераловатным теплоизоляционным изделиям, в том числе базальтовым, могут стать теплоизоляционные перлитобетоны. Поскольку они представляют собой бетон, срок службы их неограничен, т.е. они будут служить столько же лет, сколько и конструктивная часть здания. Согласно данным японских специалистов, приведенных в монографии немецких ученых, превышает 500 лет [7]. Перлитобетон пожаробезопасен, биостоек и, что очень важно, экологически чист. Сырье для перлитобетона имеется, так как в городах Алматы и Тараз запущены заводы по выпуску вспученного перлитового песка. Пока они работают на привозном сырье, в частности используют перлитовую породу Арагацкого месторождения (Армения). Но в ближайшей перспективе фирма «ЮНИОН-ПЕРЛИТ» планирует разработку местного месторождения.

Информации о производстве и применении перлитобетонов до настоящего времени в качестве теплоизоляционных материалов для жилых зданий не имеется. В бывшей СССР, в частности в Российской Федерации, выпускались перлитцементные полуцилиндры (скорлупы) и плиты, которые применялись для изоляции промышленного оборудования и трубопроводов при температуре изолируемых поверхностей до 600°С [8]. Технология этих изделий отличается сложностью и большой энергоемкостью, что в современных условиях является некон-

курентной технологией. Сырьем, кроме вспученного перлитового песка и цемента, является также асбест, который добавляется в большом количестве: в расчете на 1 м³ перлитового песка – 35 кг. Сырьевую смесь готовят в такой последовательности: сначала в растворомешалку заливают воду (на 1 м³ перлита около 850 л воды), затем загружают асбест, засыпают цемент и перлитовый песок. После введения перлита массу перемешивают в течение 1,5 мин и заливают в пресс-форму. Сформованные при удельном давлении 0,05 МПа изделия выталкиваются из формы прессы на перфорированный поддон. Твердение происходит в специальных камерах, где совмещаются пропаривание и сушка. Сначала изделия в течение 4 ч выдерживают при температуре 150°С, затем при температуре 80°С – 6-8 ч, после этого температура резко поднимается до 150°С и изделия высушиваются до остаточной влажности 15-20%.

Материалы и методы

При изготовлении пенобетона были использованы следующие сырьевые материалы: портландцемент марки М500 D0 фирмы «Heidelbergcement» (б. Бухтарминский цементный завод), вспученный перлитовый песок, функциональные добавки и белковый пенообразователь «Биофоам». Физико-механические характеристики использованных сырьевых материалов представлены в табл. 1 - 3.

Таблица 1 – Физико-механические свойства портландцемента ЦЕМ I 42.5Н (М500) цементного завода фирмы «Heidelbergcement»

Физико-механические показатели						
остаток на сите 008, %	нормальная плотность, %	сроки схватывания, ч-мин		прочность через 28 суток твердения, МПа, при		прочность на сжатие после пропаривания, МПа
		начало	конец	изгибе	сжатии	
0,8	28	2-45	3-20	7,5	52,8	41,1

Таблица 2 – Химико-минералогический состав портландцемента ЦЕМ I 42.5Н (М500) цементного завода фирмы «Heidelbergcement»

Содержание оксидов, %						Содержание основных минералов			
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
20,85	5,62	4,22	63,52	1,53	2,09	56,29	16,62	7,28	13,14

Таблица 3 – Гранулометрический состав вспученного перлитового песка фирмы ТОО «ЮНИОН-ПЕРЛИТ»

Остатки на ситах, %						
5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,16<
-	-	3,3	6,82	33,0	32,4	24,5

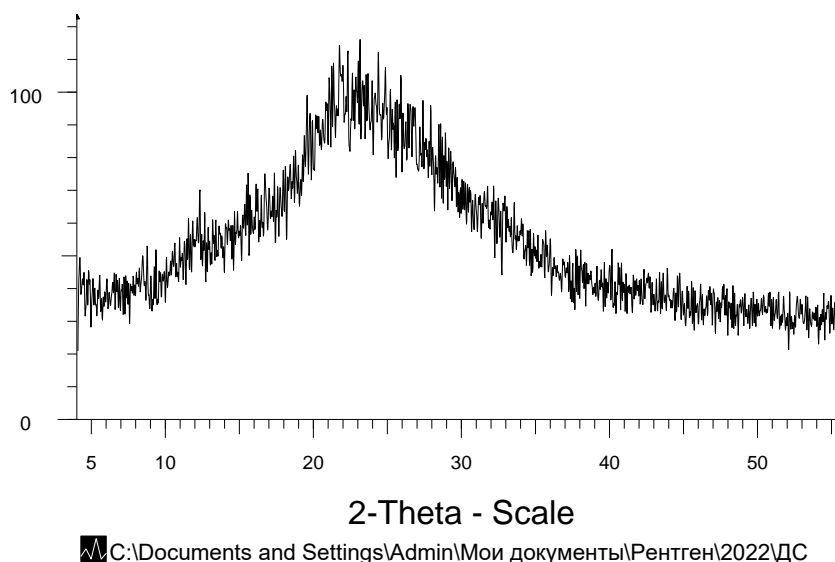


Рисунок 2 – Дифрактограмма вспученного перлитового песка Арагацкого месторождения (Армения) [материал авторов]

Из рентгенограммы видно, что исходное сырье состоит полностью из аморфной фазы, т.е. из вулканического стекла без каких-либо кристаллических примесей.

Насыпная плотность вспученного перлитового песка составляет 60 кг/м^3 .

Исследования проводились в аккредитованной лаборатории строительных материалов Научно-исследовательского института строительных материалов (НИИ СТРОМПРОЕКТ), оснащенной необходимой аппаратурой. Перемешивание сырьевых компонентов осуществляли в мешалках германского и российского производства (рис. 3), пену готовили в емкости объемом 1,5 л в пропеллерной мешалке с регулируемым числом оборотов от 0 до 2000 об/мин (рис. 4б), формование производили в формах с внутренними размерами 250x120x100 мм; пропаривание – в лабораторной пропарочной камере (рис. 4а), сушка производилась в сушильном шкафу СНОЛ 58/350, испытание на германском прессе «TESTING» (рис. 4в).



Рисунок 3 – Смесители германской фирмы «TESTING» емкостью 2 и 50 л, российской фирмы «НИКЦИМ Точмашприбор АЛС-5» емкостью 3 л



Рисунок 4 – Пропарочная камера (а), аппарат для получения пены (б), пресс германской фирмы «TESTING» (в) [материал авторов]

Результаты и обсуждение

Согласно ГОСТ 10832-2009 (Песок и щебень перлитовые вспученные), вспученный перлитовый песок в зависимости от зернового состава подразделяют на группы:

- ВПр – вспученный песок рядовой;
- ВПК – вспученный песок крупный;
- ВПС – вспученный песок средний;
- ВПМ – вспученный песок мелкий;
- ВПП – вспученный песок очень мелкий (вспученный перлитовый порошок).

Зерновой состав вспученного песка должен быть для групп:

- ВПр – от 0,16 до 5,0 мм;
- ВПК – от 1,25 до 5,0 мм;
- ВПС – от 0,16 до 2,5 мм;
- ВПМ – от 0,16 до 1,25 мм;
- ВПП – до 0,16 мм.

В соответствии с требованиями указанного стандарта (п. 5.1.2), для приготовления легких бетонов необходимо применять вспученный песок рядовой, т.е. марки ВПр, в котором содержатся зерна размером от 0,16 до 5,0 мм, а содержание зерен размером менее 0,16 мм должно быть не более 10 %. Песок же, вырабатываемый на предприятии Заказчика (табл. 3, что визуально подтверждается и рис. 6), состоит из очень мелких зерен. Так, в них диаметр основного объема зерен (86,6% без учета пылевидной части) не превышает 0,6 мм, а с учетом зерен менее 0,16 мм – 89,9%. Таким образом, можно констатировать, что вспученный из Арагацкого месторождения перлитовый песок не соответствует ни одной группе по зерновому составу регламентируемого вышеуказанным стандартом.

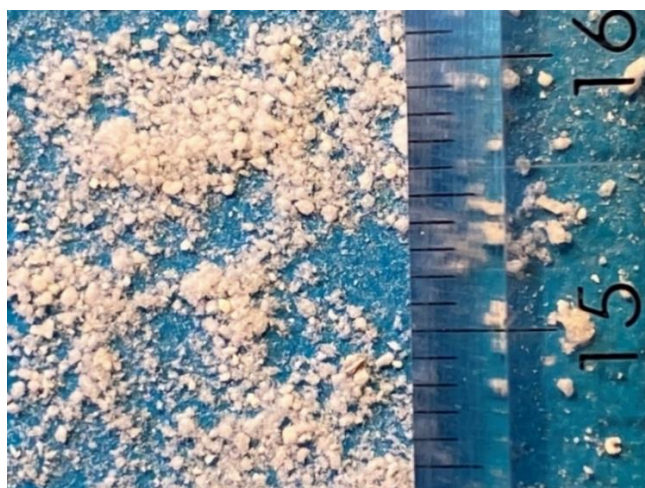


Рисунок 6 – Общий вид вспученного перлитового песка, полученного обжигом перлита Арагацкого месторождения (Армения) [материал авторов]

Специфика зерен вспученного перлитового песка, заключающаяся в хрупкости, ломкости, низкой прочности не позволяют перенести способы приготовления легких бетонов на основе других пористых заполнителей (керамзита, аглопорита и др.) на технологию перлитцементной массы. И есть второй, не менее важный отличительный фактор: для приготовления теплоизоляционного перлитобетона расходуется слишком мало цемента, что обуславливает трудность получения однородной массы. Например, в первом приближении, при проектировании состава перлитобетона плотностью 200 кг/м^3 , объем перлитовых зерен на 1 м^3 смеси составит 1200-1400 л, а объем цемента всего – 32-36 л, т.е. объемы исходных материалов отличаются на два порядка.

По известной технологии вначале готовится цементная шликерная масса с большим избытком воды, затем в смеситель вводят вспученный перлитовый песок и производят перемешивание [8]. С цементом шликерную массу можно получить только в том случае, если в состав смеси ввести компонент с высокой водоудерживающей способностью, в качестве которого при получении перлитцементных изделий используют распушенный асбест. Нами, вместо асбеста, применяется пена, что позволило резко сократить количество вводимой воды.

Для получения конкурентоспособных плит необходимо разработать составы перлитобетона с максимально возможно низкой плотностью, что обеспечит наименьший коэффициент теплопроводности. Согласно ГОСТ 25820-2021 (Бетоны легкие), по средней плотности в сухом состоянии теплоизоляционные бетоны подразделяют на марки: D200, D250, D300, D350, D400, D450, D500 при прочности на сжатие от M2 до M25 и коэффициенте теплопроводности от 0,07 до 0,14 Вт/(м·°С) в сухом состоянии. В примечании к п. 5.4.5 указывается, что для теплоизоляционных плит прочность на сжатие характеризуется марками M3, M10, M15, M25, M35, M50, M75, M100. Отсюда следует, что независимо от плотности перлитобетона, его минимальная прочность должна быть не менее 0,3 МПа.

С учетом предписаний стандарта эксперименты проводились по получению перлитобетона марки D200, т.е. минимально допустимой марки по ГОСТ 25820-2021. При проектировании состава перлитобетона исходили из того, что основными компонентами, влияющими на плотность перлитобетона, являются вспученный перлитовый песок и цемент. Функциональные добавки, вводимые в состав смеси, на плотность материала оказывают незначительное влияние.

Регулируя соотношение «вспученный перлитовый песок-цемент» были получены образцы с плотностью в сухом состоянии 150-200 кг/м³. Испытание на прочность после 28 суток выдерживания в нормальных температурно-влажностных условиях показало, что прочность образцов на сжатие находится в пределах 0,09-0,15 МПа, что недостаточно как для легких бетонов (требуется минимум М2), так и для теплоизоляционных плит (минимум М3). Введением функциональных добавок, включающих ускорители схватывания и твердения цемента, адгезионные и когезионные свойства, а также межзерновой пористости заполнителя, регулированием расхода пены и его плотности, прочность образцов после 28 суток твердения составила 0,32-0,43 МПа, что удовлетворяет требованиям стандарта.

На рис. 7 представлены макро- и микроструктура перлитобетонных образцов, из которых видно, что зерна вспученного перлитового песка состоят из тонкостенных полусфер различной формы. Этим и объясняется низкая прочность и хрупкость перлитового песка.

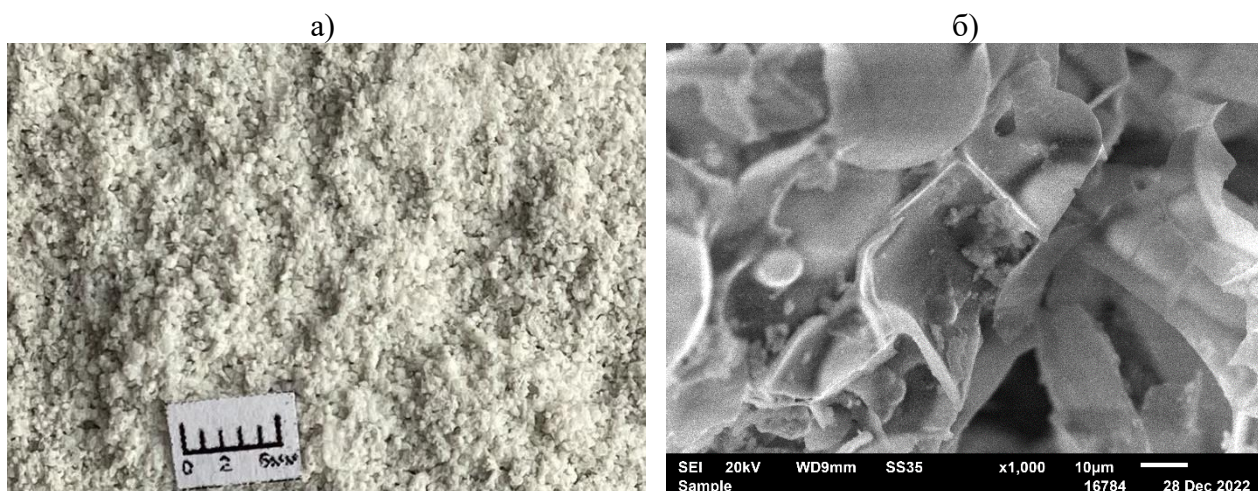


Рисунок 7 – Макро- (а) и микроструктура (б) перлитобетона плотностью 200 кг/м³ [материал авторов]

Испытания высушенных при температуре 105°С до постоянной массы образцов показали, что коэффициент теплопроводности перлитобетона при плотности 150-200 кг/м³ составляет 0,048-0,052 Вт/(м·°С). Это значительно меньше, чем регламентировано в ГОСТ 25820-2021 (от 0,07 Вт/(м·°С)). Согласно расчетам толщины изоляции в 80-100 мм достаточно для утепления наружных стеновых конструкций в климатических условиях г. Алматы.

Заклучение

Таким образом, в результате экспериментальных исследований получены перлитобетоны особо легкой средней плотности. В составе перлитобетона не используется асбест, а вместо получения асбестоцементного шликера готовится пеноцементная масса, которая перемешивается со вспученным перлитовым песком. Плотность перлитобетона 150-200 кг/м³, прочность при сжатии 0,32-0,43 МПа, коэффициент теплопроводности – 0,048-0,052 Вт/(м·°С). Плиты на основе особо легкого перлитобетона предназначены для тепловой изоляции наружных стеновых конструкций жилых и общественных зданий.

Литература:

1. СП РК 2.04-107-2013. *Строительная теплотехника*. Астана, 2019.
2. Кальгин А.А. *Некоторые аспекты экологической безопасности производства и применения строительных материалов*. *Строительные материалы*. 2003, 2, 44-45 с.
3. Гусев Б.В., Дементьев В.М., Миротворцев И.И. *Нормы предельно-допустимых концентраций для строительных материалов жилищного строительства*. *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 1999, 5, 20-21 с.
4. Грасси Н. *Химия процессов деструкции полимеров*. М., 1959.
5. *Каталог систем наружной теплоизоляции «Бауколор»*. М., 1997.
6. Жуков В.И., Евсеев Л.Д. *Типичные недостатки наружного утепления зданий пенополистиролом*. *Строительные материалы*. 2007, 6, 27-31 с.
7. Лобов О.И., Ананьев А.И. *Долговечность облицовочных слоев наружных стен многоэтажных зданий с повышенным уровнем теплоизоляции*. *Строительные материалы*. 2008, 4, 56-59 с.
8. Штарк И., Вихт Б. *Долговечность бетона*. Пер. с немецкого. Киев: ОРАНТА, 2004, 301 с.
9. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. *Технология теплоизоляционных материалов*. М.: Стройиздат, 1980, 399 с.

References:

1. SP RK 2.04-107-2013. *Construction heat engineering*. Astana, 2019. (in Russ.)
2. Kalgin A.A. *Nekotorye aspektyi ekologicheskoy bezopasnosti proizvodstva i primeneniya stroitelnykh materialov [Some aspects of environmental safety of production and application of building materials] Stroitelnyie materialy*. 2003, 2, pp. 44-45. (in Russ.)
3. Gusev B.V., Dementiev V.M., Peacemakers I.I. *Normyi predelno-dopustimiyh kontsentratsiy dlya stroymaterialov zhilischnogo stroitelstva [Norms of maximum permissible concentrations for building materials of housing construction] Stroitelnyie materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka*. 1999, 5, 20-21. (in Russ.)
4. Grassi N. *Himiya protsessov destruktсии polimerov [Chemistry of polymer destruction processes] – M., 1959. (in Russ.)*
5. *Katalog sistem naruzhnoy teploizolyatsii «Baukolor» [Catalog of outdoor thermal insulation systems "Baukolor"] – M., 1997. (in Russ.)*
6. Zhukov V.I., Evseev L.D. *Tipichnyie nedostatki naruzhnogo utepleniya zdaniy penopolistiroлом [Typical disadvantages of external insulation of buildings with expanded polystyrene] Stroitelnyie materialy*. 2007, 6, 27-31. (in Russ.)
7. Lobov O.I., Ananyev A.I. *Dolgovechnost oblitsovochnykh sloev naruzhnykh sten mnogoetazhnykh zdaniy s povyishennyim urovnem teploizolyatsii [Durability of facing layers of exterior walls of multi-storey buildings with an increased level of thermal insulation] Stroitelnyie materialy*. 2008, 4, 56-59. (in Russ.)

8. Stark I., Viht B. *Dolgovechnost betona. Per. s nemetskogo [Durability of concrete. Translated from German]* – Kiev: ORANTA, 2004, 301. (in Russ.)
9. Gorlov Yu.P., Merkin A.P., Ustenko A.A. *Tehnologiya teploizolyatsionnyih materialov [Technology of thermal insulation materials]* – Moscow: Stroyizdat, 1980, 399. (in Russ.)

**Г.Б. Ибраимбаева^{1,*}, М.С. Садуакасов², М.А. Ермуханбет³,
Т.Б. Мейрханов⁴, А.М. Шойбекова²**

¹Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

²«Алматы Бетон материалдары» ЖШС, Алматы, Қазақстан

³Қ. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

⁴Nazarbayev university, Астана, Қазақстан

Авторлар туралы ақпарат:

Ибраимбаева Гульназ Баккыдыровна – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-4778-5664>, e-mail: gulnazik1971@mail.ru

Садуакасов Медербай Сейсенбаевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, «Алматы Бетон материалдары» ЖШС директоры, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0009-0008-6161-0378>, e-mail: saduakassov@mail.ru

Ермуханбет Мирас Алмаганбетулы – техника ғылымдарының магистрі, докторант, Қ.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0009-0003-9886-2193>, e-mail: ermuhanbetmiras@gmail.com

Мейрханов Таир Бауыржанович – студент, Nazarbayev university, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0009-0009-3804-5603>, e-mail: meirkhanov_t@mail.ru

Шойбекова Айгуль Медербаявна – инженер, «Алматы Бетон материалдары», Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0009-0002-7157-1663>, e-mail: shoibekova@mail.ru

D150 ЖӘНЕ D200 МАРКАЛЫ ЖЫЛУ ОҚШАУЛАҒЫШ ПЕРЛИТ БЕТОНДАРЫ

Аңдатпа. Мақалада аса жеңіл перлитобетонның құрамын әзірлеу және физика-механикалық қасиеттерін зерттеу бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Көбікті қолдану цемент қамырының көлемін күрт арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды, бұл ерітіндіні кеңейтілген перлит құмының нәзік, әлсіз берік дәндерімен араластыруға мүмкіндік береді. Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде орташа тығыздығы құрғақ күйінде 150-200 кг/м³, қысу беріктігі 0,32-0,43 МПа, жылу өткізгіштік коэффициенті 0,048-0,052 Вт/(м·°C) болатын перлитобетон алынды. Плиталар тұрғын және қоғамдық ғимараттарды жылу оқшаулауға арналған. Алматы қ. жағдайында плиталардың қалыңдығы 10 см болған кезде ғимараттардың сыртқы конструкцияларына қажетті жылу қорғанысы қамтамасыз етіледі.

Түйін сөздер: жылу оқшаулау, тығыздық, перлит бетон, беріктік, жылу өткізгіштік, әсіресе жеңіл.

**G.B. Ibraimbayeva^{1,*}, M.S. Saduakasov², M.A. Ermukhanbet³,
T.B. Meyrkhanov⁴, A.M. Shoibekova²**

¹International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan

²"Almaty Beton materialdary" LLP, Almaty, Kazakhstan

³Kazakh National Research Technical University named after K.Satpayev, Almaty, Kazakhstan

⁴Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

Information about the authors:

Ibraimbayeva Gulnaz Bakkydyrovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan.

<https://orcid.org/0000-0002-4778-5664>, e-mail: gulnazik1971@mail.ru

Saduakasov Mederbay Seisenbaevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of “Almaty Beton Materialdary” LLP, Almaty, Kazakhstan.

<https://orcid.org/0009-0008-6161-0378>, e-mail: saduakassov@mail.ru

Ermukhanbet Miras Almaganbetuly – Master of Technical Sciences, Doctoral student, K. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan.

<https://orcid.org/0009-0003-9886-2193>, e-mail: ermuhanbetmiras@gmail.com

Meyrkhanov Tair Bauyrzhanovich – student, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan.

<https://orcid.org/0009-0009-3804-5603>, e-mail: meirkhanov_t@mail.ru

Shoybekova Aigul Mederbaevna – Engineer, AlmatyBeton Materialdary, Almaty, Kazakhstan.

<https://orcid.org/0009-0002-7157-1663>, e-mail: shoibekova@mail.ru

**THERMAL INSULATION PERLITE CONCRETE
GRADES D150 and D200**

Abstract. *The article presents the results of research on the development of compositions and the study of the physico-mechanical properties of particularly light perlite concrete. It has been found that the use of foam makes it possible to dramatically increase the volume of cement dough, which makes it possible to mix the solution with brittle, weakly strong grains of expanded perlite sand. As a result of experimental studies, perlite concrete was obtained with an average dry density of 150-200 kg/m³, compressive strength of 0.32-0.43 MPa, thermal conductivity coefficient of 0.048-0.052 W / (m · °C). The plates are designed for thermal insulation of residential and public buildings. In the conditions of Almaty, with a plate thickness of 10 cm, the required thermal protection of external structures of buildings is provided.*

Keywords: *thermal insulation, density, perlite concrete, strength, thermal conductivity, extra light.*