

позволит создать положительно заряженную прослойку между слабоотрицательными щебнем и вяжущим. Обработка известковым раствором также позволяет сократить расход битума за счет лучшей смесиваемости поверхности минерального материала. Полная и объективная оценка эффективности предложенного метода возможна при реализации опытной партии и последующего наблюдения за устроенным слоем.

Список использованных источников:

1. Физико-химические основы технологии строительных материалов: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / Я. Н. Ковалев. - Минск : Новое знание : Москва, Инфра-М, 2017. - 284 с.

2. Активационные технологии дорожных композиционных материалов: Науч.-практ. основы: Монография / Я. Н. Ковалев. - Мн. : Бел. Энцикл., 2002. - 334 с.

УДК 666.972;693.54

**ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМЗИТОПЕНОБЕТОНА С ПОВЫШЕННЫМИ
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

Лукаш Е.В., канд. техн. наук

Кузьменков М.И., д-р техн. наук, профессор

БГТУ, Минск, Республика Беларусь

Одним из основных показателей, характеризующих экономичность промышленных технологий, является низкое потребление всех видов энергии – тепловой, электрической и др. Это относится и к технологиям строительного производства, строительных материалов в том числе. Техническая политика во всех без исключения отраслях экономики направлена на минимизацию расхода энергии. Это наглядно просматривается на примере жилищного строительства в Республике Беларусь. Если ранее коэффициент термического сопротивления был 1, затем 2,5, то в настоящее время законодательно принят коэффициент 3,2 для наружных ограждающих конструкций.

Решение проблемы энергосбережения может решаться по нескольким направлениям: внесение конструктивных изменений в архитектуру жилых и промышленных зданий; улучшение теплоизоляционных свойств строительных материалов, используемых при производстве стеновых ограждающих конструкций; переход на строительство энергоэффективных жилых домов.

Однослойные стеновые панели в отличие от трехслойных отличаются меньшими трудозатратами, расходом арматурной стали, однако имеют более низкий коэффициент термического сопротивления.

Уменьшение средней плотности керамзитобетона является одним из путей повышения эффективности однослойных стеновых панелей [1]. В свя-

зи с повышением требований к термическому сопротивлению ограждающих конструкций, производство таких панелей на рядовом керамзите не представляется возможным. В отличие от России, где на керамзитовых заводах выпускается материал довольно большой плотности (в среднем 500 кг/м^3) в Республике Беларусь на ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» в качестве одного из видов товарной продукции производится керамзит объемной массой $280\text{--}400 \text{ кг/м}^3$, обладающий более лучшими показателями по теплопроводности.

Для получения керамзитопенобетона с требуемыми свойствами необходимо подобрать пенобетон с оптимальными физико-механическими параметрами. В работе использовали пенобетоны плотностью $400\text{--}600 \text{ кг/м}^3$, полученные с применением белкового пенообразователя, синтезированного ЧПУП «Белхимос» (г. Лепель).

В таблице показаны показатели качества технической пены, полученной на основе белкового пенообразователя ЧПУП «Белхимос» (г. Лепель).

Таблица – Показатели качества белкового пенообразователя ЧПУП «Белхимос» (г. Лепель)

Концентрация сухого вещества в растворе пенообразователя ЧПУП «Белхимос», %	Стойкость пены, мин	Кратность пены	Коэффициент использования пены
1	более 120	25	0,83
2	более 120	26	0,83

В составе пенобетона использовали цемент марки ПЦ 500 Д0 производства ОАО «Красносельскстройматериалы».

Для приготовления пенобетона цементный раствор должен иметь подвижность, удовлетворяющую требованиям СН 277–80. Влияние вышеуказанного пенообразователя на диаметр расплыва цементного теста определяли с помощью вискозиметра Суттарда по ГОСТ 23789.

На основании выполненных исследований установлено, что при введении пенообразователя ЧПУП «Белхимос» в количестве до 0,8% диаметр расплыва цементного теста увеличивается на 30% и составляет 13 см. Дальнейшее повышение содержания пенообразователя в цементном тесте не приводит к существенному увеличению его подвижности, однако повышает время начала твердения вяжущего. Оптимальным является использование рабочего раствора пенообразователя в количестве 1,0–2,0% от массы цемента.

На основании литературных источников [2] и анализа результатов предварительных экспериментов по влиянию водоцементного отношения (В/Ц отношение) на свойства пенобетона было установлено, что при значениях В/Ц отношения менее 0,3 становится невозможным формирование

пенобетонной смеси. При В/Ц отношении выше 0,8 происходит расслоение пенобетона и снижается однородность полученного материала. При В/Ц отношении выше 0,5, диаметр расплыва пенобетонной смеси составляет более 26 см, что согласно СН 277–80 соответствует получению пенобетона марки D600 и менее. При В/Ц отношении менее 0,4 растекаемость пенобетонной смеси не соответствует требованиям стандарта. Таким образом, оптимальным является В/Ц отношение, равное 0,45–0,5.

Подбор состава керамзитопенобетона производили расчетно-экспериментальным путем с проведением опытных замесов. В качестве наполнителя использовали керамзитовый гравий (ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль») фракции 10–16 мм, 4–10 мм средней плотностью $320 \pm 10 \text{ кг/м}^3$.

Известно, что сухой керамзитовый гравий достаточно хорошо впитывает воду в процессе перемешивания, что в последующем вызывает дефицит воды и препятствует процессам гидратации вяжущего [3, 4]. На основании вышеизложенного, определено оптимальное время насыщения керамзитового гравия водой. Зависимость водопоглощения керамзитового гравия различного фракционного состава от времени насыщения водой показано на рисунке 1.

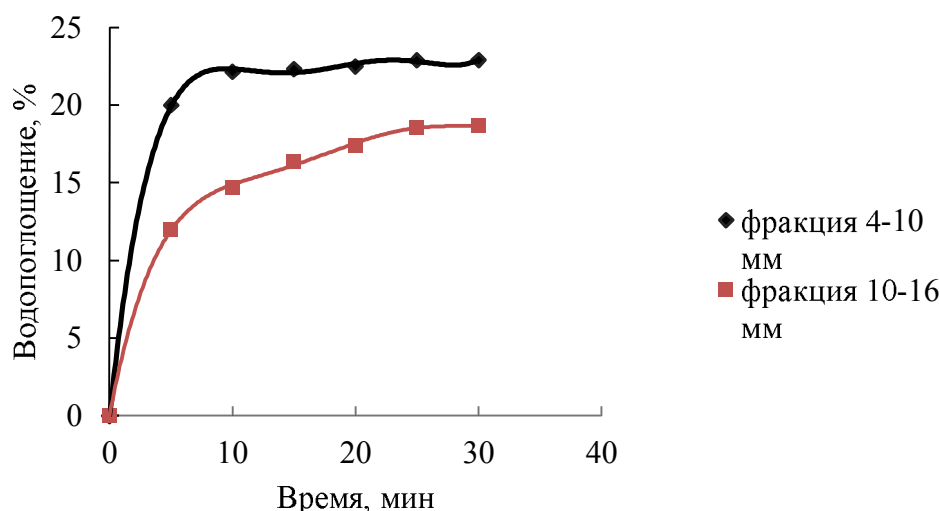


Рисунок 1 – Зависимость водопоглощения керамзитового гравия от времени насыщения водой

Установлено, что интенсивное водопоглощение керамзитового гравия фракции 4–10 мм происходит в первые 10–15 мин его насыщения в воде, фракции 10–16 мм – 20–30 мин. Это время было принято для насыщения керамзита при изготовлении образцов керамзитопенобетона.

Керамзитопенобетонную смесь получали согласно технологии, разработанной авторами [3], на первой стадии которой готовили цементное тесто. На второй стадии поризовали связующее, вводя в цементное тесто белковый пенообразователь ЧПУП «БелХимос» в оптимальном количестве. На третьей стадии в приготовленную пенобетонную смесь вводили

предварительно насыщенный водой керамзитовый гравий при непрерывном смешивании в течение 60–90 с.

Изучение влияния расхода керамзитового гравия на свойства керамзитопенобетона показало, что при расходе керамзита 0,7–0,9 м³ возможно получение керамзитопенобетона со средней плотностью 475–650 кг/м³ и прочностью на сжатие 1,1–2 МПа.

Кинетика набора прочности керамзитопенобетона марки D500 показана на рисунке 2.

Анализ литературных данных показал [3], что введение в состав керамзитопенобетона комплексной добавки, содержащей 1% CaCl₂ и 1% Al₂(SO₄)₃ позволяет ускорить темпы набора прочности керамзитопенобетона.

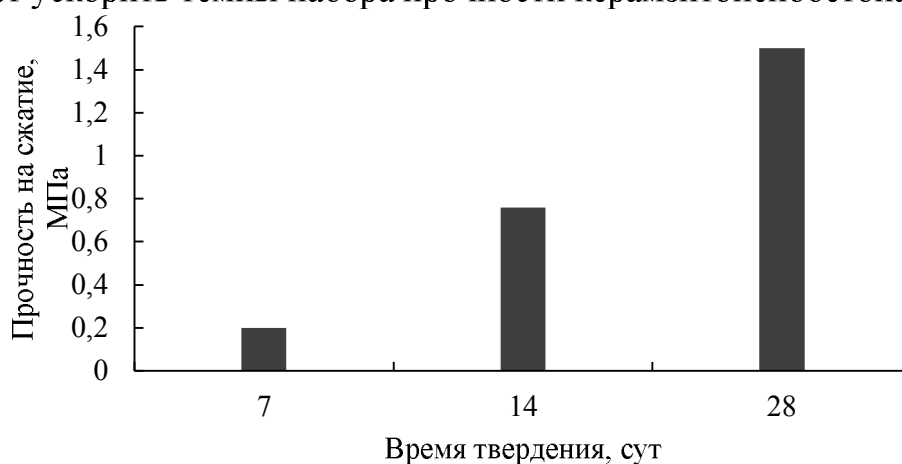


Рисунок 2 – Кинетика набора прочности керамзитопенобетона

На основании выполненных исследований установлены основные физико-механические свойства экспериментальных образцов керамзитопенобетона, полученного на основе отечественного пенообразователя (ЧПУП «БелХимос»): марка по плотности D500, класс по прочности – В1, водопоглощение по массе – 16%, теплопроводность – 0,101 Вт/(м·°С).

Теплотехнические расчеты сопротивления теплопередаче согласно данным [1] показывают, что стеновые панели на таком керамзитопенобетоне с улучшенными теплофизическими характеристиками будут практически удовлетворять новым требованиям по теплозащите.

Список использованных источников:

1. Керамзитобетон — эффективный материал для наружных ограждающих конструкций [Электронный ресурс] // URL: <http://keramzit.by> (дата обращения 02.03.2020).
2. Сандан, А.С. Влияние технологических факторов на структуру керамзитопенобетона / А.С. Сандан // Вестник ТГУ. – 2011, № 3. – С. 8-13.
3. Мордич М.М. Технология и физико-механические свойства керамзитопенобетона для монолитного и сборного строительства / М.М. Мордич // Наука и техника. – 2019, Т. 18 (4). – С. 292–302.
4. Степанов В.Б. Керамзитопенобетон. Изготовление, свойства и область применения / В.Б. Степанов, Б.Н. Мельников // Тр. Псковского политехнического института. № 13. Строительство. – 2010. – С.122–124.