

УДК [691.327:666.973.6].002.611

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА
С ЕСТЕСТВЕННОЙ КОЛОНИЗАЦИЕЙ МХОВ
ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ ФАСАДА**

К. М. СТАРИКОВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. О. В. ЛАЗАРЕНКО)

Современные конструктивные и эксплуатационные решения систем вертикального озеленения фасада основаны на применении опорных элементов, на которых располагают: модули, плиты, панели, слои полимерной ткани с растениями в почвенном или питательном субстрате. Независимо от вида субстрата, к корням растений необходимо подавать питательные растворы или воду, что требует наличия ирригационной системы полива и усложняет процесс эксплуатации и реконструкции систем [1].

Наиболее эффективным вариантом может быть применение системы со встроенными декоративными модулями, плитами, панелями, в структуру которых внедрены растения [2].

Предпосылками для создания таких систем являются уникальные свойства мха: размножение жизнеспособными десятками лет спорами в карбонатных средах, лишенных почвы и питательных веществ и макроструктура неавтоклавного портландцементного пенобетона с объёмом $83 \div 86$ %. Распределение пор в пенобетоне создает идеальные условия применения его в качестве субстрата для колонизации и прорастания мхов без полива и орошения.

Материалы и методика проведения исследований. Для изготовления декоративного неавтоклавного пенобетона использовались: портландцемент ПЦ 500-Д20 ОАО «Красносельскстройматериалы» с НГЦТ 26,6%; протеиновый пенообразователь FoamIn С кратность пены 80, стабильность пены 0,7-2,5 часа в количестве 1,1% от массы портландцемента. С целью снижения усадочных деформаций цементного камня [3], применяли обрезки кромки щелочестойкой стеклосетки ССШ-160(100) - 1800/1800 ОАО «Полоцк-Стекловолокно» с номинальной массой 160 г/м²; разрывной нагрузкой – 1800 Н в количестве 0,3% от массы портландцемента; мхи: гриммия, нифотрихум, схистидий, андрея, насыпная плотность 1300 кг/м³.

Расчет состава пенобетона проводили по методике разработанной Блещиком Н.П. [4]. Принят одинаковый состав пенобетонной смеси для разных мхов с условным обозначением М (Табл.1).

Таблица 1 – Состав пенобетонной смеси

Расход составляющих на м ³					
Ц, кг	М, кг	Ц:М	В, л	В/Ц	Раствор пенообразователя, л
140	260	1:2	180	0,78	0,026

Методика изготовления и испытания опытных образцов. Изготовление фибропенобетонных смесей осуществлялось в весенний период, учитывая благоприятный период для спороношения мхов, до приготовления смесей мхи хранились в морозильной камере. Мхи измельчали в лабораторной роторной мешалке WiseStir HS2-120A с размерами кусочков до 5мм. Для получения фибры отходы стеклосетки нарезали на отрезки размером 15×15 мм; 15×20 мм; 10×15 мм; 10×20 мм.

Приготовление пенобетонной смеси производили в лабораторной роторной мешалке WiseStir HS2-120A в следующей последовательности: перемешивали сухие компоненты - портландцемент, фибру; вводили измельченный мох, воду. Перемешивание материалов производили в течение 120 ± 10 секунд до получения однородной смеси. После остановки мешалки в смесь заливали пенообразователь, продолжительность поризации 4 минуты.

Формование образцов проводилась по литьевой технологии в металлических формах с размером ребра 10×10×10 см и размером 4×12×16 см для каждого состава со мхами. Смесь уплотняли постукиванием формы и заглаживали поверхность линейкой. Формование образцов проводилась по литьевой технологии в металлические формы с размером ребра 10×10×10 см и размером 4×12×16 см для каждого состава М1÷М4. Смесь уплотняли постукиванием формы и заглаживали поверхность линейкой.

Твердение проводили по двум режимам согласно [5]. 1. В естественных условиях при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности более 90% до достижения 28-суточного возраста, поверхность образцов укрывали полиэтиленовой пленкой. 2. ТВО по сокращенному режиму: выдерживание заполненных форм в естественных условиях в течение 24ч; помещали в камеру ТВО, подъем температуры в течение 3-х часов со скоростью 5-60/ч. до 800С. После достижения температуры 800С, образцы из камеры

вынимали, укрывали поверхность полиэтиленовой пленкой, через 3 суток извлекали из форм. Твердение продолжали в естественных условиях при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности более 90% до достижения 28-суточного возраста.

Испытания образцов проводились по стандартным методикам, результаты испытаний приведены в таблицах 2, 3.

Таблица 3 – Физико-механические свойства пенобетона

Состав	Вид мха	Уровень pH бетонной смеси	Средняя плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
M1	гриммия	6,8	398	0,581
M2	нифотрихум		405	0,590
M3	схистидий		380	0,510
M4	андрея		423	0,593

Таблица 4 – Интенсивность прорастания мхов

Состав	Вид мха	Интенсивность прорастания в естественных условиях твердения				Интенсивность прорастания в условиях ТВО			
		7 сут.	14 сут.	28 сут.	42 сут.	7 сут.	14 сут.	28 сут.	42 сут.
M1	Гриммия	Прорастание не наблюдалось	Прорастание не наблюдалось	Тонкая плёнка из мха на поверхности	Прорастание с локальными участками из плёнки мха	Тонкая плёнка из мха на поверхности	Прорастание с локальными участками из плёнки мха	Полное прорастание	
M2	Нифотрихум								
M3	Схистидий								
M4	Андрея								

Экспериментально установлено, уровень pH бетонной смеси близок к нейтральному водородному показателю pH7, что является нормальной средой для размножения мхов группы кальцефилов. Марка полученного пенобетона по средней плотности D400, класс по прочности на сжатие B0,5, что не противоречит требованиям, предъявляемым к материалам для устройства навесных фасадных систем. Осмотр наружной поверхности образцов в возрасте 7 суток показал эффективность дисперсного армирования цементной матрицы: трещины отсутствуют.

Применение тепловлажностной обработки пенобетона по сокращенному режиму со мхами семейства кальциевых не только возможно, но и благоприятно для интенсивности прорастания: на весь период прорастания поддерживается влажная среда – идеальное условие для прорастания, повышенная на короткий промежуток времени температура влажной среды обеспечивает усиление спорообразования мхов. Разница в интенсивности прорастания мхов связана с их структурой, их всех рассмотренных мхов самое медленное прорастание у мхов семейства андреевых.

Закключение. Установлена возможность применения неавтоклавного пенобетона для колонизации мхов. На основании разработанных составов пенобетона, режимов термообработки предлагается разработать однослойную облицовочная плита с размерами 300 - 400 x 400 ÷ 600 мм, толщиной 80мм. Возможно изготавливать отдельные декоративные элементы разных форм. Выпуск изделий может быть организован на базе предприятия по изготовлению изделий из неавтоклавного пенобетона, с добавлением технологических операций по подготовке мха и фибры. Изделия могут быть использованы для вертикального озеленения фасада строящегося или реконструируемого здания, в виде сплошной облицовки, отдельных вставок в существующую облицовку в сочетании с теплоизоляцией (Рис.1).

Крепления плит можно производить крепежными элементами, используемыми при устройстве навесных вентилируемых фасадов.



Рисунок 1. – Применение декоративных плит для вертикального озеленения

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродач, М.И. Рынок зелёного строительства в России / М.И. Бродач, Г.А. Имз // Сб. науч. тр. / Орлов. гос. аграрный ун-т. – Орел, 2014. – Вып. 60: Здания высоких технологий. – С. 118–122.
2. Что такое биологический бетон: вертикальное озеленение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dwgformat.ru/2015/10/10>. - Дата доступа: 14.09.2019.
3. Парфенова, Л.М. Эффективность армирования бетонов волокнами нитрона /Л.М. Парфенова// Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F, Строительство. Прикладные науки. – 2018. – № 8. – С. 88–92.
4. Блещик, Н.П. Методика расчета состава неавтоклавного ячеистого бетона / Н.П. Блещик, Д.В. Корыстин // Бетон и железобетон. – 2010. – № 6 – С. 55-58.
5. Романов, Д.В. Оптимизация режимов тепловлажностной обработки пенобетонов неавтоклавного твердения / Д.В. Романов, М.М. Мордич, О.Г. Галу-зо // Современные проблемы внедрения европейских стандартов в области строительства: материалы международ. научн.-метод. конф., Минск, 27-28 мая 2014 г. / БНТУ, Минск, 2014. – С.118-123.