

характеристиками являются: соотношение соломы и костры льна в смеси заполнителя 7:3, 6:4, 1:1, расход вяжущего 1-1,7 масс. долей, давление формования 0,02-0,04 МПа. Варьирование факторов в указанных пределах позволяет сохранить капиллярную структуру соломы с минимальными повреждениями, особенно тонкостенных ячеек капилляров внутренней области стебля в процессе формовки изделий, что и делает возможным получение костросоломенных плит с высокими прочностными и теплотехническими характеристиками.

На сегодняшний день проведены натурные испытания теплоизоляционных соломенных и костросоломенных плит в ограждающих конструкциях жилых домов: колодезной кладке стен, чердачных перекрытиях, вентфасадах. В процессе натурных исследований определены теплофизические параметры теплоизоляционных плит подтверждающие возможность их применения в качестве эффективного экологически безопасного утеплителя при длительных условиях эксплуатации зданий [5].

По результатам исследований разработаны и зарегистрированы технические условия ТУ ВУ 300220696.060 – 2011 «Плиты костросоломенные строительные теплоизоляционные». На протяжении двух последних лет произведенные опытные партии теплоизоляционных плит проходят успешную апробацию в ограждающих конструкциях на двух эксплуатируемых жилых объектах.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Давыденко, Н.В. Отходы сельскохозяйственной переработки в производстве теплоизоляционных материалов / Н.В. Давыденко, А.А. Бакатович // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. – Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2009. – № 6. – С. 55–60.
2. Бабушкина, М.И. Жидкое стекло в строительстве / М.И. Бабушкина. – Кишинев: Изд. Картя Молдовеняскэ. – 1971. – 215 с.
3. Вознесенский, В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
4. Коканин, С.В. Исследование долговечности теплоизоляционных материалов на основе пенополистирола: дис. ... канд. техн. наук. 05.23.05 / С.В. Коканин. – Иваново, 2011. – 170 с.
5. Давыденко, Н.В. Опытная эксплуатация теплоизоляционных костросоломенных плит в конструкциях индивидуального жилого дома / Н.В. Давыденко, А.А. Бакатович // Методология и принципы ценообразования в строительстве. Инновационные технологии в строительной отрасли и их внедрение: материалы I междунар. научно-практич. конф., Минск, 23-24 мая 2013 г. / РУП Республ. научн.-техн. центр по ценообраз. в строит.; ред. кол. Г.А. Пурс [и др.]. – Минск, 2013. – С. 113–118.

УДК 691.327.333:666.9.015.7

Драгель А.А.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ДИСПЕРСНО-АРМИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА

Развитие малоэтажного и индивидуального строительства как одного из основных направлений в работе по увеличению жилого фонда требует разработки и организации производства эффективных строительных материалов, сочетающих в себе высокие технические и экономические показатели.

При использовании многих традиционных материалов и однородных конструкций из них выполнить требования к приведенному сопровитвлению теплотеплопередаче ограждающих конструкций, увеличенные по сравнению с ранее действовавшими нормативами, сложно, поскольку толщина стен по теплотехниче-

скому расчету получается неразумно большой. Применение однослойных ограждающих конструкций, выполненных из кирпича, дерева и бетонных блоков, не обеспечивает экономичность строительства, приводит к значительному утолщению стен и увеличению веса зданий [1].

С другой стороны, переход на многослойные конструкции с использованием пенополистирола, минеральной ваты и других теплоизоляционных материалов не всегда оправдан из-за того, что планируемый срок службы зданий, возводимых с их применением, значительно превышает фактический срок нормальной эксплуатации этих материалов. Расширение использования таких конструкций сдерживается также их недостаточной огнестойкостью, вредным экологическим воздействием на человека и рядом других факторов.

В сложившейся ситуации оптимальным решением проблемы повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий и снижения стоимости их возведения может стать использование для их производства теплоизоляционного ячеистого бетона [2-6]. Этот материал выгодно отличается своими характеристиками от многих традиционных теплоизоляционных материалов, широко представленных на строительном рынке каменными и стеклянными ватами, полистиролами и полистиролбетонами, пеноизолами, вспененным стеклом. Изделия из него хорошо адаптированы к сложным климатическим и экономическим условиям РФ и имеют ряд важных достоинств: низкие значения теплопроводности, плотности, водопоглощения, повышенную стойкость к высоким температурам, хорошую обрабатываемость, высокую долговечность, экологичность.

В научной литературе последних лет приводится информация о получении пенобетона плотностью ниже 200 кг/м^3 , но серийного производства такого материала в отечественной стройиндустрии нет [7]. Это объясняется тем, что его промышленный выпуск сопряжен с рядом трудностей: применяемое оборудование недостаточно надежно, полученный материал неоднороден по плотности и прочности. Часто заформованные изделия дают усадку прямо в формах, что свидетельствует о низкой стабильности получаемой пеноцементной системы. Поэтому изготовление эффективного теплоизоляционного материала низкой плотности ($200...400 \text{ кг/м}^3$) и теплопроводности остается одной из основных задач в производстве пенобетона.

Качество пенобетона в большей мере зависит не только от вида и расхода исходных компонентов, но и от способа его получения. В настоящее время существует большой выбор решений в технологии производства пенобетона, в том числе:

- традиционная технология, основанная на перемешивании исходного раствора с пеной заданной кратности;
- баротехнология, связанная с приготовлением пеномассы под давлением;
- технология, предусматривающая воздушное вовлечение при турбулентно-кавитационном способе перемешивания компонентов;
- технология, основанная на способе сухой минерализации пены.

Совмещение технологических операций перемешивания, транспортирования и формирования пор существенно влияет на свойства конечного продукта и позволяет получать заданную плотность и теплопроводность пенобетона. Прогрессивная технология и современное оборудование позволяют производить пенобетон плотностью от 400 до 1200 кг/м^3 , твердеющий при атмосферном давлении. В процессе формовки для ускорения твердения пенобетонов иногда применяют пропарку при атмосферном давлении, электропрогрев, быстротвердеющие цементы или химические добавки-ускорители.

Для повышения стабильности пенно-цементной смеси, а следовательно, однородности и прочности пенобетона, также используют различные дисперсно-армирующие добавки. Номенклатура искусственных волокон весьма обширна: от чрезвычайно дефицитных, например из карбида или нитрида кремния, бора, углерода, сапфира, вольфрама, до сравнительно доступных для применения в массовом строительстве – стальных, стеклянных, базальтовых, полимерных. В качестве армирующих элементов для бетонов могут использоваться и природные волокна: древесные (целлюлозные), сизалевые, бамбуковые, тростниковые, джутовые, кокосовые [8] и др. Однако в конструкционном отношении они уступают искусственным волокнам. В то же время сцепление цементного камня с поверхностью природных волокон значительно выше, что в некоторой степени компенсирует более низкую прочность природных волокон. Также использование водопроводящего природного волокна позволяет более эффективно выводить воду из массива пенобетона и, следовательно, сокращает время набора им отпускной и равновесной влажности. Данный тезис экспериментально подтвержден в Полоцком государственном университете.

В качестве дисперсно-армирующей добавки предложено использование древесной шерсти, применяемой для производства древесноволокнистых плит, и волокон целлюлозы, получаемых путем диспергирования в водной среде макулатуры (рис. 1).

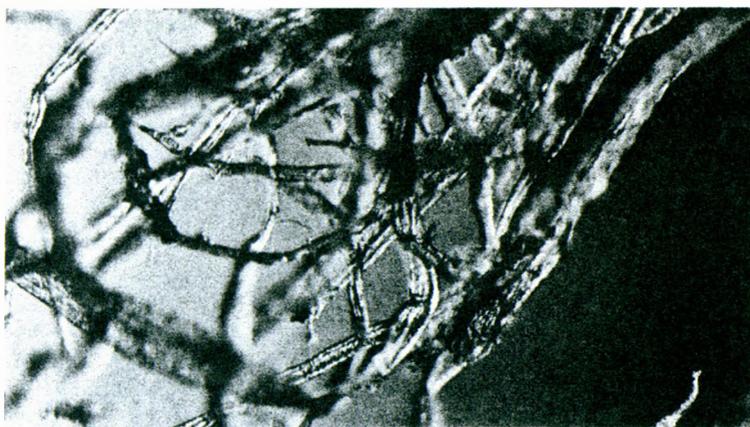


Рисунок 1 – Фрагмент волокна целлюлозы при пятидесяти кратном увеличении

Формование первой серии образцов и исследование их физико-механических характеристик проводилось с использованием сырьевой смеси, содержащей 1500 г. цемента марки М400 Д0, 750 мл воды, 150 мл водного раствора пенообразователя ПБ-2000 рабочей концентрации 3% (контрольные образцы). Количество вводимых в смесь дисперсно-армирующих волокон целлюлозы (в сухом состоянии) составило 1 процент от массы вяжущего (для образцов с ДАД).

Твердение образцов осуществлялось в пропарочной камере при заданном режиме твердения. После распалубки образцы высушивались до постоянной массы.

На следующем этапе были определены средние значения плотности и прочности образцов из пенобетона. Результаты выполненных экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения средней плотности и прочности образцов

Наименование показателей	Процент армирования дисперсными волокнами, %	
	0	1
ρ , кг/м ³	425,54	453,98
σ , МПа	0,59	0,72

Полученные данные свидетельствуют о том, что плотность ячеистого бетона, полученного с применением дисперсного армирования, мало отличается от плотности контрольного образца и незначительно возрастает с увеличением количества вводимого дисперсно-армирующего волокна.

Прочность образцов возрастает, по мере увеличения количества вводимого дисперсно-армирующего волокна до определенного предела (в данном опыте до 1% от массы вяжущего). При количестве волокон 1% от массы вяжущего прочность образцов возросла на 18%.

Формование второй серии образцов и исследование их физико-механических характеристик проводилось с использованием сырьевой смеси, содержащей 1500 г цемента марки М500 Д0, 750 мл воды, 150 мл водного раствора пенообразователя ПБ-2000, рабочей концентрации 3% (контрольные образцы). Количество вводимых в смесь дисперсно-армирующих волокон целлюлозы (в сухом состоянии) составило 1 процент от массы вяжущего (для образцов с ДАД).

Твердение образцов осуществлялось в пропарочной камере при заданном режиме твердения.

После распалубки образцы высушивались до постоянной массы.

На следующем этапе были определены средние значения плотности и прочности образцов из пенобетона. Результаты выполненных экспериментов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения средней плотности и прочности образцов

Наименование показателей	Процент армирования дисперсными волокнами, %	
	0	1
ρ , кг/м ³	474,35	463,15
σ , МПа	1,54	1,12

По данным таблиц 1 и 2 построены гистограммы – рисунок 2.

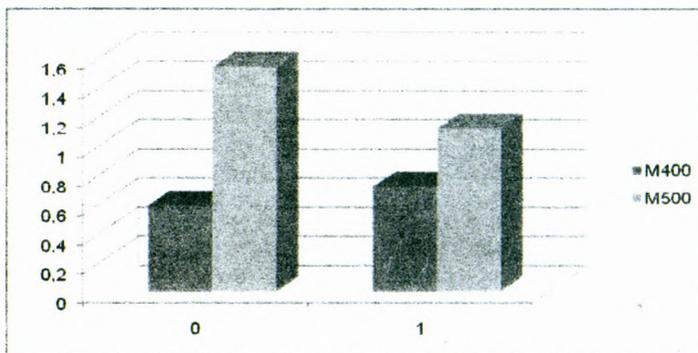


Рисунок 2 – Прочность пенобетона, при марках цемента М500 и М400

При марке цемента М500 Д0 прочность образцов, как с дисперсным армированием, так и без, возросла значительно, для образцов без ДАД – на 179%, для образцов с ДАД – на 56%, при этом следует отметить, что добавление волокон целлюлозы в данном случае носит отрицательный характер и привело к снижению прочности пенобетона на 27%. Таким образом применение ДАД волокон целлюлозы при марке цемента М500Д0 нецелесообразно при плотности пенобетона D 450 и выше.

Изучение кинетики набора прочности пенобетоном проводится на серии образцов-кубов с размером ребра 10 см. В качестве вяжущего используется Кричевский портландцемент М500Д0. Сравнительные исследования проводились на серии образцов с добавкой волокон целлюлозы, с добавкой волокон древесины и без добавки.

Составы пенобетонных смесей представлены в таблице 3 и 4, результаты испытаний отображены в виде гистограмм (рис. 3, 4).

Таблица 3 – Составы пенобетона плотностью Д450, модифицированного добавками

№ состава	Цемент М500 Д0 (кг/м ³)	ПБ-2000 (кг/м ³)	Вода (кг/м ³)	Вид добавки	Кол-во добавки, %
1	1500	150	750	–	–
2	1500	150	750	целлюлоза	1
3	1500	150	750	древесная шерсть	1



Рисунок 3 – Кинетика набора прочности пенобетона плотностью Д450, при марке цемента М500

Таблица 4 – Составы пенобетона плотностью Д300, модифицированного добавками

№ состава	Цемент (кг/м ³)	ПБ-2000 (кг/м ³)	Вода (кг/м ³)	Вид добавки	Кол-во добавки, %
1	1000	150	500	–	–
2	1000	150	500	древесная шерсть	1
3	1000	150	500	целлюлоза	1



Рисунок 4 – Кинетика набора прочности пенобетона плотностью Д300, при марке цемента М500

Таким образом, использование ДАД обеспечивает более высокую прочность пенобетона на ранней стадии твердения, а при плотности Д300 позволяет увеличить прочность на 32%.

В условиях рыночной экономики большое значение имеет степень готовности блоков для их продажи после изготовления. Одним из главных показателей в этом случае является отпускная влажность. Для пенобетона она составляет 25 % по массе. Чем раньше будет достигнуто значение отпускной влажности, тем меньше будет затрат у производителя по хранению блоков на складе и тем ниже, соответственно, себестоимость блоков.

Для испытаний изготавливаются образцы-кубы с размером ребра 10 см из пенобетона с добавкой волокон целлюлозы (образец 1); из пенобетона с добавкой древесных волокон (образец 2); и из пенобетона без добавки (образец 3).

Образцы высушиваются до постоянной массы и погружаются в воду на 24 часа, а затем производится их сушка при температуре 20 °С и влажности воздуха 60 %.

Таблица 5 – Результаты исследования кинетики сушки пенобетона в естественных условиях

№ образца	Влажность образца, %, через, сут.								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0	80,0	69,8	53,2	38,7	31,7	27,4	23,7	21,5
2	0	80,0	71,7	54,4	40,1	33,2	28,9	24,5	22,3
3	0	75	71,3	55,4	42,2	35,1	31,2	27,8	25,4

Образцы 1 и 2 достигли отпускной влажности на 4 суток быстрее образца 3 (без ДАД), за 14 суток.

Снижение теплопроводности за счет уменьшения плотности при сохранении заданной прочности является приоритетной задачей в современном производстве пенобетона. Для решения данной задачи необходимо создание оптимального технологического режима, а также комплексное использование добавок, в том числе и дисперсно-армирующих.

Пенобетон с дисперсным армированием, при марке цемента М400, имеет более равномерную структуру, причем обеспечивается увеличение средней прочности образцов на 18% (для пенобетона класса D450), при марке цемента М500 армирующий эффект исчезает и происходит снижение прочности. При сниже-

нии средней плотности материала до класса Д300и марке цемента М500 армирующая добавка увеличивает прочность образцов.

Определена скорость достижения равновесной влажности пенобетоном с дисперсным армированием и без армирования. Несмотря на более высокую начальную влажность, образцы с дисперсным армированием высыхали до постоянной массы быстрее, чем контрольные образцы. Таким образом, дисперсное армирование пенобетона волокнами целлюлозы не только повышает его прочность на сжатие, но и уменьшает время достижения им равновесной влажности. Следовательно, использование разработанных составов пенобетона с дисперсным армированием волокнами целлюлозы позволит сократить время достижения изделиями отпускной влажности и позволит обеспечить низкие показатели адсорбционной влажности стен в процессе эксплуатации.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Казаков, Ю.Н. Малоэтажные градостроительные комплексы с энергосберегающими строительными системами и ячеистыми бетонами / Ю.Н. Казаков // Ячеистые бетоны в современном строительстве: сб. докладов междунар. науч.-практ. конф. – СПб., 2004. – С. 29-33.
2. Вылегагин, В.П. Стены здания в несъемной опалубке из теплоизоляционного пенобетона / В.П. Вылегагин, В.А. Пинскер // Ячеистые бетоны в современном строительстве: сб. докладов, междунар. науч.-практ. конф. – СПб., 2004. – С. 6-9.
3. Пинскер, В.А. Состояние и проблемы производства и применения ячеистых бетонов / В.А. Пинскер // Ячеистые бетоны в современном строительстве: сб. докладов, междунар. науч.-практ. конф. – СПб., 2004. – С. 1-5.
4. Кондратьев, В.В. Структурно-технологические основы получения «сверхлегкого» пенобетона: автореферат дис. ... канд. техн. наук / В.В. Кондратьев. – Казань, 2003. – 22 с.
5. Курнышев, Р.А. Особо легкий поробетон: автореферат дис. ... канд. техн. наук. – М., 2004 – 23 с.
6. Елистраткин, М.Ю. Ячеистый бетон на основе ВНВ с использованием отходов КМА: автореферат дис. ... канд. техн. наук / М.Ю. Елистраткин. – Белгород, 2004 – 22 с.
7. Удачкин, И.Б. Теплосберегающие стеновые материалы на основе неавтоклавных ячеистых бетонов / И.Б. Удачкин, В.И. Удачкин // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2003. – № 4. – С. 14–25.
8. Композиция для изготовления дисперсно-армированного пенобетона, МКП С 04 В 38/10 / Б.М. Румянцев, В.Т. Нгуен, Н.Т. Нгуен; Московский государственный строительный университет. – № 2235082; заявл. 31.03.2003; опубл. 27.08.2004 // Открытия. Изобретения. – 2004.
9. Махамбетова, У.К. Современные пенобетоны / У.К. Махамбетова, Т.К. Солтанбеков, З.А. Естемесов – СПб.: ГУПС, 1999. – 161 с.

УДК 692.232.7

Дубатовка А.И., Твердохлебов Р.В.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕГКИХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ В МНОГОЭТАЖНОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Общим трендом в мировом развитии ж/б индустрии является развитие гибкости производителя под нужды заказчика и возможности использования изделий из сборного железобетона для строительства зданий свободной планировки в кратчайшие сроки с гарантированно высоким качеством ж/б изделия.

Конструкция сборного каркаса обеспечивает ускорение сроков возведения объектов за счёт заводского изготовления элементов и значительного упрощения технологии монтажа конструкции. Применение современных технологий