

**ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ ЦЕМЕНТНОЙ
МАТРИЦЫ НА УСАДОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ГАЗОБЕТОНА
НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

Мартынова В.Б. к.т.н. доц., Губарь В.Н. к.т.н. доц., Штефурко А.Ю.

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка*

Постановка научной проблемы. Большинство жилых и промышленных зданий в Украине на сегодняшний день не соответствуют требованиям энергоэффективной эксплуатации. За один отопительный период на 1 млн. кв. м. жилой площади расходуется до 55 тыс. т. натурального топлива, что в два раза выше, чем США [1]. В качестве резерва энергосбережения рассматриваются такие направления: использование альтернативных источников энергии, модернизация инженерных систем, контроль расхода энергии, тепловая изоляция зданий. Последнее экспертами оценено как наиболее весомый фактор энергосбережения.

В этой связи особую актуальность приобретают научные исследования в области разработки и внедрения стеновых материалов с высоким коэффициентом конструктивного качества.

За последние годы в Украине в области строительства принят ряд новых нормативных документов, направленных на снижение энергетических и сырьевых ресурсов, а также повышение качества и надежности строительства. Одним из путей повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций является широкое применение газобетонных изделий [2], которые широко используются в отечественной и зарубежной практике при строительстве жилых и промышленных зданий.

Газобетоны нормального твердения или пропаренные при атмосферном давлении по сравнению с автоклавными газобетонами характеризуются невысокой прочностью и повышенной усадкой. Известно, что величина усадки зависит от многих факторов: минералогического состава и тонкости помола цемента, водоцементного отношения, вида заполнителей и их объемного содержания, условий и продолжительности твердения бетона (недостаточная степень кристаллизации новообразований во время тепловлажностной обработки) [3, 4].

Процессы твердения цементных композиций сопровождаются объемными изменениями, в результате которых возникают деформации усадки, обусловленные характером физико-химических процессов, протекающих в сложной гетерогенной капиллярно-пористой структуре цементного камня. В неблагоприятных условиях твердения в результате развития усадочных деформаций возникают внутренние напряжения, которые, суммируясь с напряжениями от внешних воздействий, приводят к снижению прочностных показателей.

Для обеспечения полноты гидратационных процессов вяжущего необходимо 24-25% воды по массе. В этом случае между частицами цемента образуется прослойка жидкости, которая обеспечивает нормальное развитие процессов гидратации и твердения цемента. При большей толщине прослойки жидкости между частицами будут протекать достаточно интенсивно, однако образующихся гелеобразных продуктов будет недостаточно для заполнения свободного порового пространства и достижения стесненного состояния, при котором начинают развиваться процессы перекристаллизации первичных, неустойчивых продуктов гидратации в более слабые [5].

Только при перекристаллизации первичных продуктов гидратации формируется кристаллический каркас межпоровой перегородки, прочность. Если в межпоровой перегородке не достигается стесненного состояния, то образовавшиеся первичные продукты гидратации будут находиться преимущественно в гелеобразном состоянии, при высыхании начнут развиваться усадочные явления, как в межпоровых перегородках, так и во всем массиве газобетонного изделия.

Для формирования качественной перегородки и снижения усадочных явлений используют тонкодисперсные добавки, такие как прогидратированный цемент, двуводный гипс, тонкомолотый кварцевый песок, микрокремнезем, высокодисперсные золы ТЭС, которые улучшают плотность упаковки частиц и сокращают свободное пространство в перегородке. Кроме того, одним из направленных способов повышения физико-механических и деформационных свойств газобетонных изделий неавтоклавного твердения является дисперсное армирование минеральными, стеклянными, полимерными или другими неметаллическими волокнами [6]. Эффективность дисперсного армирования бетонов и выбор типа волокна обусловлены [7, 8]:

- 1) свойства фибробетона определяются видом применяемых волокон и бетона, их количественным соотношением и во многом зависят от состояния контактов на границе раздела фаз; 2) существенное повышение прочностных характеристик композита по сравнению с исходным бетоном с сохранением достигнутого уровня во времени обес-

печивается использованием высокотехнологичных волокон, химически устойчивых по отношению к матрице и с большим, чем у нее, модулем упругости; 3) вид волокон, их относительная длина (l/d) и процентное содержание в смеси (μ) должны назначаться, исходя из требований к изделиям и конструкциям с учетом принятой технологии; отступление от оптимальных значений указанных параметров в большую или меньшую сторону снижает эффективность дисперсного армирования; 4) при оптимальных параметрах армирования введение волокон способствует улучшению структуры и свойств исходного бетона, повышению его стойкости и долговечности.

Целью работы является исследование влияния микрофибры на формирование структуры газобетонной смеси и физико-механические и деформационные свойства газобетона неавтоклавного твердения.

Характеристика материалов и методы исследований.

В качестве основных компонентов шлакощелочной газобетонной смеси использовались портландцемент ПЦ/П-Б-Ш М500, доменный молотый шлак, кремнеземистый компонент–зола-уноса ТЭЦ, ускоритель твердения, щелочной компонент, газообразователь – алюминиевая пудра. В качестве пластификатора использовали С-3. Армирующее волокно – целлюлозный полимер UltraFiber 500. Микрофибра представлена в виде чипов 5×6 мм и содержит более 33.000 волокон рис. 1. Чипы диспергируются в отдельные волокна при смешивании с цементной пастой.



Рис. 1. Внешний вид чипов микрофибры UltraFiber 500

Коэффициент теплопроводности определяли измерителем теплопроводности материалов «МИТ-1», который предназначен для оперативного определения теплопроводности теплоизоляционных материалов зондовым методом.

Прибор «МИТ-1» (рис. 2) состоит из электронного блока (1), измерительного зонда (2) и внешнего источника питания (3) с выходным напряжением 9В. На лицевой панели корпуса электронного блока расположены клавиатура и окно графического дисплея. Принцип действия прибора основан на измерении изменения температуры измерительного зонда за определенное время при его нагреве постоянной мощностью. Рабочие условия эксплуатации прибора таковы: диапазон температур $-10...+40^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха до 80%, атмосферное давление $84...106,7$ кПа.



Рис. 2. Измеритель теплопроводности материалов «МИТ-1»: 1 – электронный блок; 2 - измерительный зонд; 3 - внешний источник питания

Расход компонентов на 1 м^3 газобетона с расчетной средней плотностью 600 кг/м^3 принят согласно СН 277-80.

Тепловлажностную обработку изделий проводили по режиму $\tau=3+8+3$ при $t_{\text{из.}}=85^{\circ}\text{C}$.

Структурообразование газобетонной матрицы изучали косвенными методами: по расходу воды затворения газобетонной смеси, определение средней плотности, коэффициента теплопроводности образцов газобетона. Испытывали образцы на показатели предела прочности при сжатии.

Усадка бетонов исследовалась на образцах 0,04×0,04×0,16 м, трех составов: газобетон контрольного состава и два вида образцов газобетона с содержанием микрофибры% соответственно. Образцы подготавливались согласно ДСТУ Б В.2.7-45-2010. Замеры деформаций производились микрометром часового типа с точность до 0,001 мм. Центрирование образцов при замерах производилось стальными реперами, приклеенными к образцам с помощью эпоксидной смолы. Замеры в течение первых четырех недель определяли измерения длины и массы образцов каждые трое-четверо суток. В дальнейшем измерения проводили не реже одного раза в неделю до достижения образцами постоянной массы. Между замерами образцы хранились над порошком карбоната калия, который создал соответствующую относительную влажность воздуха. Через каждые семь суток влажный карбонат калия заменяли сухим.

Результаты экспериментов. В результате исследований установлено, что при введении в состав газобетонной матрицы микрофибры разного содержания (состав 2 и 3) не изменяется водотвердое отношение смеси, которое контролировалось по диаметру расплыва по Суттарду, что составляет для газобетона средней плотности 600 кг/м³ 26 см. Результаты исследований представлены в (таблице 1).

Таблица 1

№ образца	Водотвердое отношение смеси, В/Т	Марка по средней плотности, Д	Коэффициент теплопроводности, λ (Вт·м/°С)
№ 1 Контрольный газобетон	0,4	Д600	0,0811
№ 2 Газобетон модифицированный микрофиброй 500 г/м ³			0,0814
№ 3 Газобетон модифицированный микрофиброй 900 г/м ³			0,0809

Следовательно, использование полипропиленовой микрофибры в составе газобетона не приводит к отрицательным изменениям структурообразования газобетонной матрицы, в частности на процесс газы выделения. Разница средней плотности образцов трех видов составляет не более 10 кг/м³. При применении дисперсного армирования в теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных строительных

материалах и изделиях важнейшим его показателем является коэффициент теплопроводности. При этом коэффициент теплопроводности так же не изменяется по сравнению с контрольными образцами (состав 1) и составляет $0,0809 \text{ Вт} \cdot \text{м} / ^\circ\text{С}$ при нулевой влажности образцов.

Анализ приведенных данных показывает, что усадка контрольных и модифицированных фиброй образцов газобетона в начальный период времени исследования практически не изменяется (рис. 3).

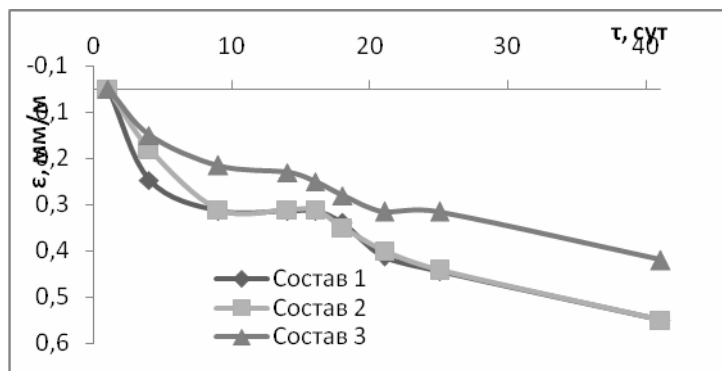


Рис. 3. Кинетика изменения усадочных деформаций контрольного газобетона (состав 1) и модифицированного микрофиброй $900 \text{ г} / \text{м}^3$ и $500 \text{ г} / \text{м}^3$ газобетонов (состав 2 и 3) соответственно.

На пятые сутки исследований заметны отличия усадочных деформаций контрольных образцов (состав 1) и модифицированных микрофиброй $900 \text{ г} / \text{м}^3$ (состав 3) на 15%. На десятые сутки измерений образцов газобетона модифицированных микрофиброй $500 \text{ г} / \text{м}^3$ (состав 2) наблюдается снижение усадки относительно образцов состава 1, что и сохраняется на протяжении всего времени исследования, при этом величина усадочных деформаций образцов 1, 2 на эти же сутки практически одинакова, что так же сохраняется и до конца исследования усадочных деформаций. Полностью усадка газобетонных образцов состава 3 стабилизируется на двадцатые сутки, что не характерно для образцов газобетона составов 1 и 2.

Такая кинетика и снижение усадочных деформаций образцов № 3 в первую очередь объясняется снижением свободного пространства в межпоровой перегородке за счет введения микрофибры в структуру газобетона, что улучшает плотность упаковки частиц. Кроме того, можно предположить, что дисперсное армирование микрофиброй частично компенсируют усадочные деформации. Данное предположение

можно подтвердить и характером разрушения газобетонных образцов состава 3. Газобетонные образцы состава 1 разрушаются при определении предела прочности на сжатия классическим способом, т. е. на кубиках с размерами ребер 0,10 м под нагрузкой изначально образуются волосяные трещины, затем наблюдается раскрытие трещин и отколы бетона по торцам образцов. Совсем иной характер разрушения под нагрузкой наблюдается у газобетонных образцов состава 3, где отколов по торцам при достижении предела прочности при сжатии не наблюдается, а только лишь трещины с различной шириной раскрытия.

Как известно микрофибра обладает высоким сопротивлением диффузии водяных паров, отсутствием капиллярного поглощения воды [3], что так же сказывается на снижении усадочных деформаций.

Показатели прочности газобетонных образцов составов 1, 2 и 3 в возрасте 28 суток представлено на рис. 4. Предел прочности при сжатии образцов газобетона состава 3 превышает на 30% по сравнению с контрольными образцами газобетона, что также подтверждается способностью микрофибры к упругим деформациям.



Рис. 4. Изменение предела прочности при сжатии газобетона в возрасте 28 суток: 1 – контрольные образцы газобетона, 2 – модифицированные образцы газобетона микрофиброй 900 г/м³, 3 – модифицированные образцы газобетона микрофиброй и 500 г/м³.

Выводы

Установлено положительное влияние микрофибры в составе газобетонной смеси микрофибры UltraFiber 500 на структурообразование. При этом не увеличивается средняя плотность образцов, а соответственно марка по средней плотности и не повышается коэффициент

теплопроводности. Так же, установлено, что для образцов модифицированных микрофиброй усадочные деформации составили: контрольный газобетон (состав 1) $D 600 - 0,5$ мм/м, газобетон, модифицированный микрофиброй (состав 2) $D 600 - 0,5$ мм/м, газобетон модифицированный микрофиброй (состав 3) $D 600 - 0,37$ мм/м. Прочность при сжатии повышается на 30% образцов газобетона состава 3 по сравнению с контрольными образцами при введении в состав газобетонной матрицы.

Summary

Researching results influence of a microfiber on formation of structure of the cellular concrete mixture resulted. It is established, that samples modified by a microfiber in 900 and 500 g/m³ accordingly, are characterized lower shrinkage and higher rates of the compression strength.

Литература

1. В.И. Песцов. Эффективность применения ячеистых бетонов в строительстве России/ В.И. Песцов, К.А. Оцоков, В.П. Вылегжанин, В.А. Пинскер// Строительные материалы. – 2004.–№3. – С.7.
2. Melnyk A.Y. Aerated concrete containing waste industry/Melnyk A.Y., Poznyak O.R., Soltysyk R.A.// SWorld. – 2013. – October 12-13
3. Цилосани З.Н. Усадка и ползучесть бетона/ З.Н. Цилосани – Тбилиси, 1984. – 160 с.
4. А.Е. Шейкин. Структура и свойства цементных бетонов/ Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. // М.: Стройиздат, 1979. – С.230-249.
5. В.А. Лотов. Влияние добавок на формирование межпоровой перегородки в газобетоне неавтоклавного твердения/ Лотов В.А., Митина Н.А. // Стоительные материалы, 2003. – №1. – С.2-6.
6. Пухаренко Ю. В. Принципы формирования структуры и прогнозирования прочности фибробетонов // Строительные материалы, 2004. – № 10. – С. 47-50.
7. Gerd Weidemann, Ronny Stadie, Jurgen Goebbels, Bernd Hillemeier. Fibre reinforced autoclaved aerated concrete studied by computed tomography/Weidemann G, Stadie R, Goebbels J, Hillemeier B //International Symposium on Digital industrial Radiology and Computed Tomography, 2007, - June 25-27.
8. Пухаренко Ю. В. Эффективные области использования различных армирующих волокон в бетонах и растворах // Стройпрофиль. – 2003. – № 6. – С. 95-96.