

**Бозылев В.В., канд. техн. наук, доц.; Драгель А.А.**  
(ПГУ, г. Новополоцк)

## **ОСОБЕННОСТИ МОДИФИКАЦИИ ПЕНОБЕТОНА ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ ФИБРОЙ**

В настоящее время в Республике Беларусь наиболее распространенными стеновыми материалами в жилищном строительстве являются ячеистые бетоны. Для наружных стен введен новый нормативный показатель сопротивления теплопередачи, равный 3,2. Таким образом, государство законодательно определило условия для снижения расходов энергии на поддержание комфортного теплового режима в зданиях.

Поэтому к технологии ячеистых бетонов, применение которых способствует снижению материалоемкости возводимых объектов и расходов энергии на их эксплуатацию, обращено пристальное внимание ученых и практиков. В условиях постоянного и быстрого роста цен на энергоносители особой привлекательностью обладают изделия из ячеистых бетонов неавтоклавного твердения. Практически все разновидности пенобетонов естественного твердения характеризуются интенсивным развитием усадочных деформаций как в период набора прочности, так и в течение первых трех лет эксплуатации. Причем, чем меньше средняя плотность, тем выше усадка. Усадка пенобетонов неавтоклавного твердения плотностью 300–400 кг/м<sup>3</sup> может достигать 7 мм/м [1].

Параметры усадочных деформаций определяют эксплуатационные свойства бетонов и долговечность изготавливаемых из них конструкций. Важнейшей причиной развития усадочных деформаций в пенобетонах неавтоклавного твердения являются трещины, возникающие в межпоровых перегородках материала в ходе технологической переработки исходного сырья и твердения цементного вяжущего. При условии устранения трещин или причин, ведущих к их возникновению, возможно существенное снижение усадочных деформаций. Экспериментально этот тезис подтверждается результатами исследований, выполненных в Полоцком государственном университете, которые показывают, что дисперсное армирование волокнами целлюлозы позволяет весьма эффективно влиять на размеры усадочных деформаций в пенобетонах неавтоклавного твердения, и, как следствие, на их физические и механические свойства, напрямую зависящие от структуры материала. Причем значение имеет не только процент пор, но и

равномерность их распределения, размер и форма. И если принять во внимание, что процентное соотношение пустот определяет такие важные характеристики материала как теплосоппротивление, водопоглощение, объемный вес, то следует признать, что наиболее перспективными для повышения прочности материала являются методы дисперсного армирования, контроля размеров пустот и их распределения.

С теоретической точки зрения при анализе порового пространства можно выделить три типа пустот (пор).

Тип первый – «полезные пустоты»: сферические пустоты правильной формы (рис. 1, а) с размерами от 0.1 до 2 мм (в пенобетонной массе их большинство, если не были допущены грубые технологические ошибки). Именно «полезные пустоты», прежде всего, влияют на показатели плотности и теплопроводности готового материала, а также его прочность.

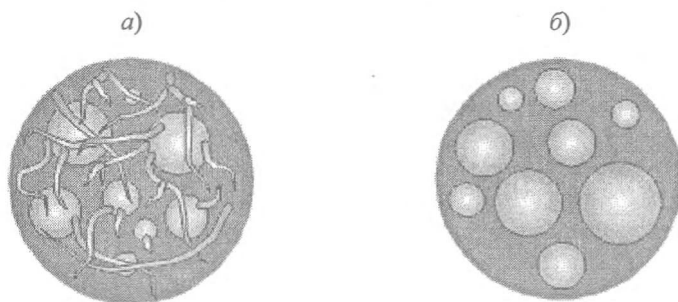


Рис. 1. Типы пустот (пор):  
а – сферические пустоты правильной формы;  
б – хаотично расположенные капиллярные пустоты

Тип второй – «вредные пустоты первого вида»: хаотично расположенные капиллярные пустоты различного диаметра и протяженности (рис. 1, б). Именно эти пустоты второго типа существенно повышают водопроницаемость цементного камня, снижают его морозостойкость и, самое главное, снижают прочность несущих межпоровых стенок. Большое количество капиллярных пор не только делает камень водопроницаемым, но и за счет капиллярного эффекта перемещает воду в соседние блоки, расположенные выше.

Тип третий – очень мелкие поры «вредные пустоты второго вида», преимущественно неправильной формы, хотя встречаются и сферические, расположенные в межпоровых стенках основных, крупных, «полезных» пустот [2].

Для изучения структуры пенобетона с дисперсным армированием были изготовлены образцы. Формование образцов и исследование их структуры проводилось с использованием сырьевой смеси, содержащей цемент, воду, водный раствор пенообразователя ПБ-2000. Твердение образцов осуществлялось в пропарочной камере при заданном режиме твердения.

После разрушения образцов выполнено сравнение структуры пенобетона, полученного с применением дисперсного армирования и без армирования (рис. 2).

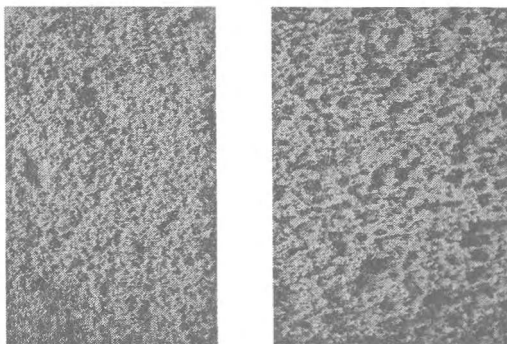


Рис. 2. Сравнение макроструктуры пенобетона (справа) с дисперсно-армированным волокнами целлюлозы пенобетоном (слева)

Образцы, изготовленные без дисперсного армирования (рис. 2, справа), имеют неоднородную структуру и множество пустот большого размера.

Образцы, изготовленные с применением дисперсного армирования (рис. 2, слева), имеют относительно однородную структуру, причем более равномерное распределение пор наблюдается у кубика, с количеством дисперсно-армирующих волокон 0,5 % от массы вяжущего.

На рисунке 3 показан фрагмент дисперсно-армированных межпорных стенок образца пенобетона после разрушения.

Также к недостаткам пенобетона относится высокий показатель адсорбционной влажности, что проявляется как в процессе изготовления (данный показатель приводит к длинному периоду приобретения отпускной влажности), так и в процессе эксплуатации зданий (влага накапливается в толще стены в осенне-весенний период, что приводит к снижению теплозащитной характеристики стен).

В лабораторных условиях определена скорость снижения влажности пенобетона марки D450 с разным процентом дисперсного армирования, согласно ГОСТ 12730.2-78. Измерения влажности образцов проводились с

момента их распалубки до постоянной массы. Данные проведенного исследования приведены в таблице 1.

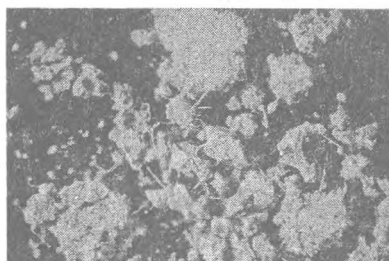


Рис. 3. Фрагмент дисперсно-армированных межпоровых стенок образца пенобетона после разрушения

Таблица 1

Изменение влажности образцов с различными показателями дисперсного армирования

% дисперсного армирования	Влажность образцов по суткам, %										
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	
0	23,9	16,4	10,9	6,7	5,1	3,0	1,6	0,9	0,3	0,0	
0,5	27,7	17,2	10,9	6,5	4,8	2,4	0,9	0,3	0,0	0,0	
1	26,9	16,9	9,6	6,1	4,2	1,8	0,3	0,0	0,0	0,0	

Полученные данные свидетельствуют о том, что дисперсное армирование пенобетона волокнами целлюлозы не только повышает его прочность на сжатие, но и уменьшает время достижения им равновесной влажности. Так, образец с содержанием дисперсно-армирующего волокна 1 % от массы вяжущего, несмотря на более высокую начальную влажность (на 3 процентных пункта), достигает постоянной массы на 4 суток раньше контрольного образца. 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.

Были выполнены сопоставительные исследования плотности и прочности пенобетона, полученного с применением разного процента дисперсного армирования волокнами целлюлозы.

Результаты выполненных экспериментов представлены в таблице 2.

Значения средней плотности и прочности образцов

Наименование показателей	Процент армирования дисперсными волокнами, %			
	0	0,5	1	2
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	423,54	453,98	468,62	477,15
$\sigma$ , МПа	0,59	0,72	0,54	0,41

Полученные данные свидетельствуют о том, что при введении фибры изменяется характер пористости – плотность ячеистого бетона, полученного с применением дисперсного армирования, возрастает с увеличением количества вводимого дисперсно-армирующего волокна.

Прочность образцов также возрастает по мере увеличения количества вводимого дисперсно-армирующего волокна до определенного предела (в данном опыте до 0,5 % от массы вяжущего). При количестве волокон 0,5 % от массы вяжущего прочность образцов возросла на 18 %. Дальнейшее увеличение количества дисперсно-армирующего волокна приводит к снижению прочности.

Ниже приведены результаты определения показателей средней прочности ячеистых бетонов с дисперсным армированием с пересчетом состава на показатель средней плотности D500. Результаты выполненных экспериментов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Значения средней прочности по образцам из пенобетона D500

Наименование показателей	Процент армирования дисперсными волокнами, %			
	0	0,5	1	2
$\sigma$ , МПа	0,75	0,82	0,68	0,47

Полученные данные свидетельствуют о том, что прочность образцов класса по средней прочности D500 возрастает по мере увеличения количества вводимого дисперсно-армирующего волокна до 0,5 % от массы вяжущего. Однако прочность возрастает в значительно меньшей степени в сравнении с результатами изменения прочности образцов класса по средней плотности D450. При количестве волокон 0,5 % от массы вяжущего прочность образцов класса по средней прочности D500 возросла лишь на 9 %. Это свидетельствует о том, что дисперсное армирование особенно эффективно при изготовлении пенобетонов низкой плотности.

Выполненные эксперименты позволяют сделать вывод о перспективности работ по дисперсному армированию пенобетона волокнами целлюлозы с возможностью обеспечения как роста прочностных показателей, так и возможности снижения времени достижения равновесной влажности.

### Литература

1. Махамбетова, У.К. Современные пенобетоны / У.К. Махамбетова, Т.К. Солтанбеков, З.А. Естемесов. – СПб.: ГУПС, 1999. – 161 с.
2. Проблема получения качественного пенобетона // ООО «СтройМеханика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.torgblok.ru/publications/03.html>. – Дата доступа: 01.02.11.
3. Обзор технологий производства пенобетона // Строй-бетон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ibeton.ru/intro\\_main.php](http://www.ibeton.ru/intro_main.php). – Дата доступа: 12.10.11.
4. Пенобетон: Технология производства // Новые технологии для бизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ntb.org.ua/ntb/technologies/building/pbeton/technol/>. – Дата доступа: 11.10.11.

УДК 624.0733-416.042

**Шабанов Д.Н., канд. техн. наук; Прокоп А.А.**  
(ПГУ, г. Новополоцк)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

На данный момент трудно представить себе стройку без использования строительной арматуры. Стеклопластиковая арматура (СПА) по праву занимает все более прочные позиции в современном строительстве. Уже несколько десятков лет ученые многих стран пытаются создать свою идеальную модель зажимов для испытаний стеклопластиковой арматуры. Прделана огромная работа, но не было найдено наилучшего решения этой проблемы. Создатели зажимов для СПА стремились воздействовать на неё путём увеличения контактной площадки зажимных элементов, при этом не решалась проблема возникновения концентраторов напряжений (рис. 1).

В этих устройствах контактная поверхность имеет рифление, обратное рифлению композитной арматуры, для лучшего сцепления. Данные устройства имеют стальные клинья, которые в момент испытаний закли-