

**МИКРОАРМИРОВАННЫЙ ЯЧЕЙСТЫЙ БЕТОН С ПРИМЕНЕНИЕМ
БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА****MICRO REINFORCED CELLULAR CONCRETE WITH BASALT FIBERS**

Макалада базальт буласынын негизинде микроарматураланган көбүк бетон курамын иштеп чыгуунун жана бул курамдын бетондун физико-механикалык касиетине болгон таасирин изилдөөнүн жыйынтыгы келтирилген.

Ачкыч сөздөр: уюкча бетон, майда чатырашталган уюкча бетон, автоклавдык эмес уюкча бетон, көбүк чыгаргыч, фиброкөбүк бетон, кремнезем толтургучтар.

В статье приведены результаты исследования к разработке составов микроармированного пенобетона на основе базальтовой волокны и влияния его на физико-механических свойств.

Ключевые слова: ячеистый бетон, микроармированный ячеистый бетон, неавтоклавный ячеистый бетон, пенобетон, неавтоклавный пенобетон, пенообразователь, фибропенобетон, кремнеземистые заполнители.

The paper presents the results of research to the development of micro-reinforced foam formulations based on basalt fiber and its influence on the physical and mechanical properties.

Keywords: cellular concrete, micro-reinforced cellular concrete, non-autoclaved cellular concrete, foam concrete, non-autoclave concrete, foaming agent, fibropenobetona, siliceous aggregates.

В номенклатуре стеновых материалов строительной промышленности Кыргызской Республики основное место занимают два основных вида ячеистого бетона: ячеистый бетон автоклавного твердения и ячеистый бетон неавтоклавного твердения. Данные материалы в основном взаимозаменяемы и производятся в соответствии с национальным стандартом ГОСТ 25485-89 [1]. Но неавтоклавные ячеистые бетоны всегда уступает по основным физико-механическим показателям к автоклавному.

При использовании в составе ячеистобетонных масс армирующих добавок повышается физико-механических свойств неавтоклавного ячеистого бетона [2]. Анализ множественных научных и исследовательских работ показали, что в качестве армирующих добавок использовались асбест. Но асбест – химически инертный минерал, однако, при попадании в организм человека становится активным и канцерогенным на клеточном уровне. Выявлена растущая тенденция раковых заболеваний горла и легких на асбестовых заводах от фиброволокон асбеста.

Анализ возможных заменителей асбеста в различных строительных материалах показал, что одним из таковых может быть базальтовые волокна (базальтовая фибра).

Базальтовую фибру получают плавлением шихты из расплава горной породы базальта [3]. По химическому составу данные породы относятся к группе основных пород, для которых характерно невысокое содержание кремнезема (SiO_2) [4]. Наиболее распространенными технологиями получения базальтовых волокон являются центробежное диспергирование, дуплекс-процесс, раздув расплава вертикальной струей воздуха. Так как базальт является распространенным материалом, а волокна на его основе обладают высокой прочностью при разрыве, высоким модулем упругости, имеют малую растяжимость, не горят, не гниют, обладают хорошей химической стойкостью, данный материал является перспективным для использования в технологии ячеистобетонных

изделий. Базальтовая фибра совместима с цементным тестом, таким образом, имеет хорошую адгезию с цементным камнем и прочность бетона повышается [5].

Целью настоящей работы является разработка составов микроармированного пенобетона на основе базальтовой волокны.

При проведении исследований для приготовления пенобетонной смеси использовался цемент Кантского цементного завода (КЦЗ) марки М400 Д20ГОСТ 10178-85. В качестве пенообразователя применялась ПБ-2000 (ТУ 2481-185-05744685-01) – синтетический пенообразователь. Представляет собой жидкий раствор поверхностно-активных веществ со стабилизирующими добавками. Технические характеристики пенообразователя приведены в таблице 1.

Таблица 1 -Технические характеристики пенообразователя ПБ 2000

Наименование показателя	Значение показателя
Внешний вид	Однородная прозрачная жидкость от светло-желтого до коричневого цвет
Плотность при 20°С, г/см ³ , в пределах	1 -1,2
Кратность пены	7,0
Устойчивость пены, мин	не менее 60

В качестве заполнителя использован полевошпатовый песок Ивановского месторождения, представленный, в %: SiO₂ – 68,72; Al₂O₃ – 14,21; Fe₂O₃ – 3,24; CaO – 3,25; MgO – 2,68; SO₃ – 2,61; TiO₂ – 6,63.

Для исследований использовали волокна длиной 3-5 мм и диаметром 0,5-2,5 мкм (БСТВ) и 10-80 мкм (БТВ). Эти волокна равномерно распределяются по всему объему газобетонной смеси и заметно стабилизируют процесс ее поризации. После 28 суток твердения и после пропаривания определялась прочность образцов с добавкой волокна в количестве 1% от массы твердого компонента, которая составила соответственно 0,56 МПа и 0,63 МПа при плотности образцов 300 кг/м³. При введении минерального волокна указанных размеров наблюдаются следующие эффекты: устойчивость процесса поризации, отсутствие усадочных трещин и трещин напряжения, увеличение прочности пенобетона неавтоклавного твердения, отсутствие даже незначительной усадки, как при схватывании смеси, так и во время всего периода твердения, равномерность пористой структуры.

Введение волокна в состав пенобетонные смеси весьма существенно влияет на меру связности всех типов дисперсных частиц друг с другом. Протяженные поверхности раздела фаз (волокна) изменяют энергетические и геометрические параметры вязких связей между частицами твердой фазы на раннем этапе структурообразования. Это выражается в повышении пластической прочности пеносмесей. Установлено влияние базальтового волокна на агрегативную устойчивость пеносмесей. Смеси, содержащие волокно, не имели признаков расслоения и осадки. В табл. 2 приведены показатели пластической прочности пенобетонных и дисперсно-армированных смесей, которые сохранили или в допустимых пределах изменили поровую структуру, полученную при перемешивании.

Таблица 2 -Пластическая прочность пенобетонных и дисперсно-армированных смесей

Время твердения смеси, мин	Пластическая прочность, Па	
	Обычный пенобетон	Пенобетон с базальтовым волокном
1	2	3
0	62,6	70,1
5	58,5	66,3

10	66,2	69,8
15	68,1	74,2
20	74,3	80,7
25	76,5	92,5
30	71,1	91,4
35	72,1	90,3
1	2	3
40	74,3	112,5
45	77,2	136,8
50	82,4	139,4
60	83,2	146,5
75	86,8	152,3
90	88,9	204,7
105	114,4	201,9
120	125,7	312,1
135	161,1	322,8
150	167,8	347,6
165	176,2	598,6
180	183,8	755,0
195	280,3	1047,2

Агрегативная устойчивость дисперсно-армированных пенобетонных смесей в сравнении с обычными пенобетонными, не имеет расслоения и характеризуется низкой осадкой.

Прочность пенобетона зависит от структуры твердой фазы образующейся в процессе его изготовления в результате взаимодействия дисперсных частиц вяжущего и заполнителя, обусловленного силами молекулярного взаимодействия.

При твердении пенобетона частицы кремнеземистого компонента, имеющие сравнимую с цементом дисперсность, растворяются с поверхности и вступают во взаимодействие с продуктами гидролиза и гидратации вяжущего с образованием низкоосновных гидросиликатов и гидралуминатов кальция.

Последние вследствие близости структур со структурой кремнеземистого компонента срастаются с ним по всей поверхности, образуя сплошной контакт. Разрастающиеся частицы кремнеземистого компонента, перемещаясь в жидком пересыщенном растворе реагирующих веществ, сближаются между собой и контактируют с образованием прочного кристаллического сростка. Аналогичным образом контактируют между собой зерна цемента. В промежутках между зернами цемента и песка образуется коагуляционная структура синтезированных гидратных соединений кальция.

Вместе с тем высокая прочность гидросиликатов кальция, конденсационно-кристаллизационный характер структуры твердой фазы, прочное срастание продуктов реакции вяжущего с поверхностью зерен кремнеземистого компонента, высокая степень кристаллизации продуктов реакции обеспечивает пенобетону достаточно высокую прочность, при твердении в естественных условиях в более поздние сроки твердения. Это связано со структурой пенобетонов неавтоклавного твердения.

По общепринятой терминологии структуры дисперсных частиц, разделенных тонкими жидкими прослойками дисперсной среды, относятся к структурам с «дальней» коагуляцией, а структуры с непосредственным контактом частиц – к конденсационным или структурам с «ближней» - 18 - коагуляцией. Переходом от «дальней» коагуляции к «ближней» П.А.Ребиндер, применительно к цементам, рассматривал как временной процесс собирательной рекристаллизации, сопровождающейся образованием конденсационно-кристаллизационной структуры контактов срастания. В нормальных условиях твердение пенобетона, изготавливаемого преимущественно на цементном

вяжущем, растягивается во времени и имеет экспоненциальный возрастающий характер. Это значит, что через некоторое время прочность неавтоклавного пенобетона может достигнуть прочности автоклавного газобетона, практически не изменяющейся или часто снижающейся во времени вследствие карбонизации и других воздействий.

Решение данной задачи может стать введение базальтового волокна в пенобетоны неавтоклавного твердения. Согласно проведенным исследованиям введение базальтового волокна ускоряет процесс твердения, результатом чего является повышение прочности пенобетонов. Изменение прочности при сжатии во времени для дисперсно-армированных пенобетонов плотностью D 400 и D700 представлены на рис. 1 а) и б).

В результате проведенных исследований прирост прочности пенобетонов дисперсно-армированных базальтовым волокном на 3 сутки твердения составляет практически 100 % от обычного пенобетона. Прирост прочности при сжатии на 28 сутки твердения для плотности D 400 составляет 54 %, для плотности D700 составляет 36 %.

Изменение прочности при изгибе во времени дисперсно-армированных пенобетонов плотности D400 и D800 представлены на рис. 2 а) и б).

В настоящее время для ячеистых бетонов морозостойкость является единственным нормируемым показателем их долговечности. Особенность ячеистого бетона (пенобетона) – большое количество замкнутых пор, заполняющихся водой лишь при особых условиях.

Вследствие этого даже после нескольких месяцев выдерживания кубов размером 10x10x10см в воде середина образцов остается относительно сухой. Система замкнутых, не заполняемых водой пор в пенобетоне, образует буферные емкости, в которых перемещается избыток воды.

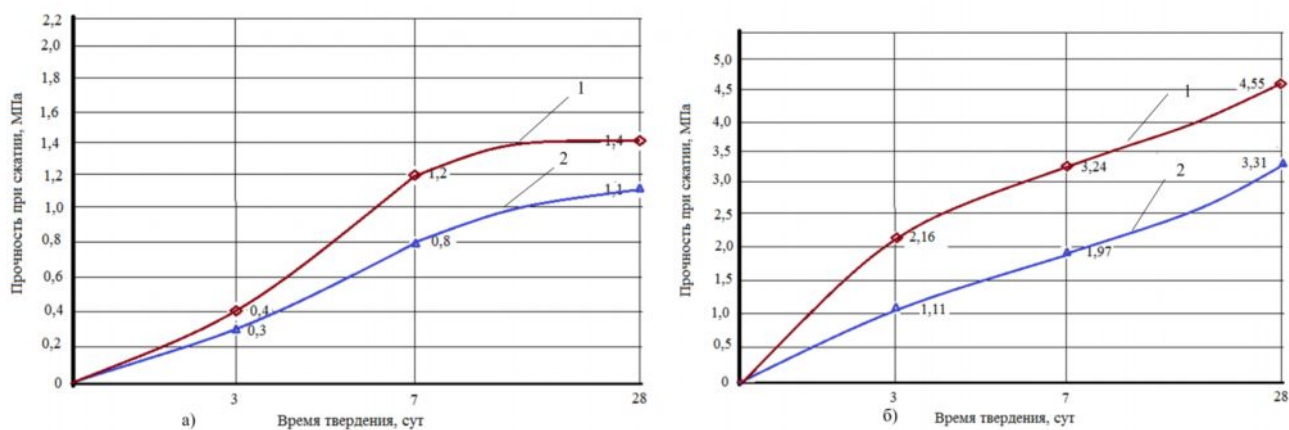


Рис. 1. Предел прочности при сжатии средней плотностью: а) D 400 и б) D 700: 1 - дисперсно-армированный пенобетон; 2 - обычный пенобетон.

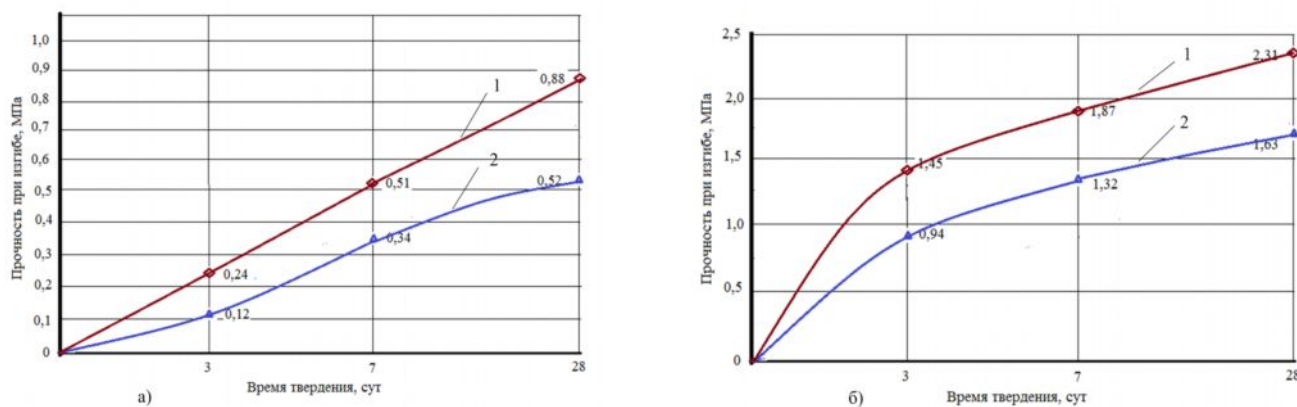


Рис. 2. Предел прочности при изгибе средней плотностью: а) D 400 и б) D 700:

1 - дисперсно-армированный пенобетон; 2 - обычный пенобетон.

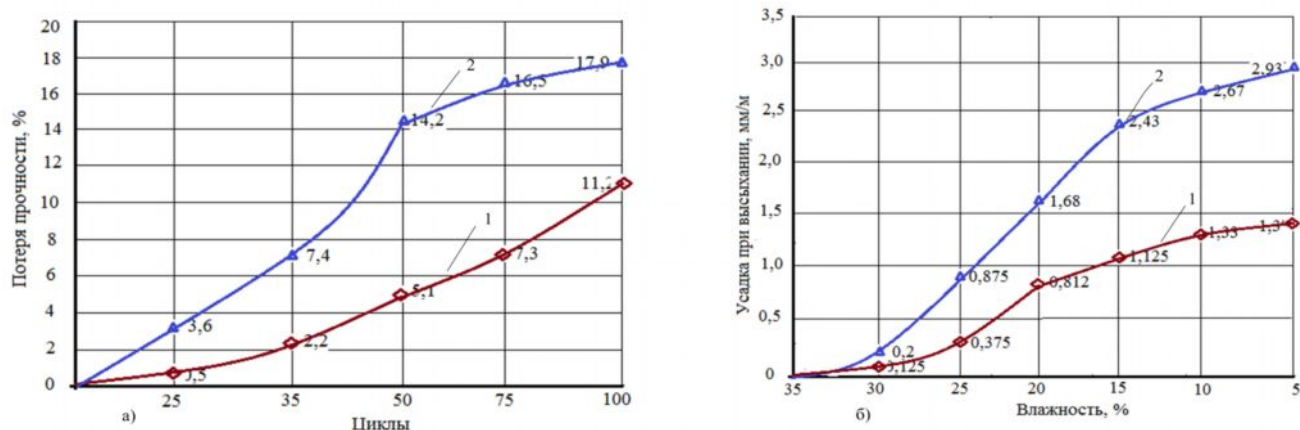


Рис. 3. а) Морозостойкость пенобетона; б) Усадка при высыхании пенобетона.
1 – дисперсно-армированный пенобетон; 2 – обычный пенобетон.

Таким образом, структура пенобетона создает предпосылки для его высокой морозостойкости. Результаты испытаний представлены на рис. 3. а).

Результаты испытаний показали, что пенобетон дисперсно-армированный базальтовым волокном имеет морозостойкость, более F100. Пенобетоны неавтоклавного твердения, имея пористую структуру, более подвержены усадочным явлениям и нуждаются в улучшении этого показателя. Результаты испытаний усадки представлены на рис. 3 б). Как видно из рис.3 б), усадка пенобетона более чем в два раза превышает усадку дисперсно-армированного пенобетона. Это объясняется сцеплением бетона с волокном, которая снижает внутренние напряжения в теле пенобетона, тем самым предотвращая разрушения. Свойства пенобетона взаимосвязаны между собой. Так, коэффициент теплопроводности (λ) в сухом состоянии зависит в основном от величины средней плотности.

Несущественное влияние на величину коэффициента теплопроводности λ оказывает вид вяжущего, условия твердения и другие факторы. Это объясняется тем, что материал стенок, образующих поры, состоит из цементного камня или близкого к нему гидросиликатного каркаса. Поэтому, величина пористости и соответственно средней плотности преимущественно определяет теплопроводность пенобетона.

Результаты исследований теплопроводности пенобетонов и пенобетона дисперсно-армированного базальтовым волокном плотностью D 400 и D 700 представлены в табл. 3.

Таблица 3 -Результаты испытаний пенобетона и дисперсно-армированного пенобетона на теплопроводность

Наименование показателя	Результаты испытаний	
	Пенобетон	Дисперсно-армированный пенобетон
Коэффициент теплопроводности, В/(м· ⁰ С), не более, в сухом состоянии плотностью D 400	0,096	0,098
Коэффициент теплопроводности, В/(м· ⁰ С), не более, в сухом состоянии плотностью D 700	0,176	0,181

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что коэффициент теплопроводности пенобетона дисперсно-армированного базальтовым волокном незначительно выше обычного пенобетона.

Состав и свойства неавтоклавного пенобетона с добавкой базальтовой волокны приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4 -Состав для изготовления дисперсно-армированного пенобетона

Вид пенобетона	Цемент КЦЗ, кг	Полевош патовый песок, кг	Вода, л	Пенообразователь ПБ-2000, л	Базальтовая волокна, кг
Обычный пенобетон	300	150	225	1,3	-
Микроармированный пенобетон	300	150	225	1,3	0,3

Таблица 5 -Показатели свойств микроармированного неавтоклавного пенобетона с применением базальтового волокна

№ с.с	Вид и марка	В/Т	Свойства неавтоклавного газобетона				
			Среднее значение плотности, кг/м ³	Среднее значение прочности, МПа	Пористость, %	Морозостойкость, F, цикл	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/м °С
1	Обычный пенобетон	0,5	468	3,31	68,4	35	0,096
2	Микроармированный пенобетон	0,5	488	4,55	64	75	0,098

Список литературы

- ГОСТ 25485-89. Бетоны ячеистые. Технические условия.
- Пухаренко Ю.В. Свойства и перспективы применения ячеистого фибропенобетона [Текст] / Ю.В. Пухаренко // Популярное бетоноведение. – 2006. – №1. – С.30-33.
- Гришина И.Н. Горные породы. Применение в строительстве [Текст] / И.Н. Гришина. – Н.Новгород: ГГАСУ, 2002. – С.29. .
- Стешенко А.Б. Цементный фибропенобетон. Аспекты применения базальтовой фибры для армирования бетонов [Текст] / А.Б. Стешенко, А.Г. Новицкий, М.В. Ефремов // Сборник: Строительные материалы, изделия и санитарные техника. – 2010. – № 36. Бети, шаарыжокго
- Батанова А.М. Состав и физико-химические свойства стекловидных волокон на основе базальта / А.М. Батанова Е.Н. Граменицкий А.Н. Земцов // Тр. Международ. нтк. «Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее». – Т.Ш.М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. – С. 243-248.