

БУЛА АРМАТУРАЛАНГАН КУРАМА УЮЛДУК БЕТОН

Кенжеханова Ж.Б. ¹, Акмалайулы К. ²

⁽¹⁾К. И. Сатпаев атындагы Казак Улуттук изилдөө техникалык университетинин студенти, kenzhehanova02@bk.ru

⁽²⁾К. И. Сатпаев атындагы Казак Улуттук изилдөө техникалык университетинин профессору, kakmalaev@mail.ru

Аннотация. Жылуулук изоляциялоочу Уюлдук бетондун технологиясын өркүндөтүү заводдук шарттарда орточо тыгыздыгы 500 кг/м³ чейин, кысуу күчү 0,4-0,6 МПа жана жылуулук өткөрүмдүүлүгү 0,065-0,07 Вт/м·К буюмдарды туруктуу алууга багытталган. Акыркы жылдары полипропилен, айнек, базальт жана металл булаларын колдонуу менен бетон матрицасын дисперстик арматураны колдонуу технологиясы өнүгүп келе жатат. Бул ыкмалар татаал конфигурацияны түзүүгө мүмкүндүк берет, продукциянын суукка туруктуулугун чечет. дисперстик арматура структуралардын жалпы салмагын азайтат.

Өзөктүү сөздөр: уюлдук бетон, була бетон, базальт, була, арматура, тыгыздык, жылуулук изоляциясы.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН АРМИРОВАННЫЙ ФИБРОЙ

Кенжеханова Ж.Б. ¹, Акмалайулы К. ²

⁽¹⁾студент Казахского национально исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, kenzhehanova02@bk.ru

⁽²⁾профессор Казахского национально исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, kakmalaev@mail.ru

Аннотация. Совершенствование технологии теплоизоляционного ячеистого бетона направлено на стабильное получение в заводских условиях изделий средней плотностью до 500 кг/м³, прочностью на сжатие 0,4-0,6 МПа и теплопроводностью 0,065-0,07 Вт/м·К. это позволит уменьшить себестоимость изделий более чем на 40 %, повысить их тепловую эффективность. В последние годы развиваются технологии применения дисперсного армирования бетонной матрицы с помощью полипропиленовых, стеклянных, базальтовых и металлических волокон. Данные способы позволяют изготавливать конструкции сложной конфигурации, решают проблемы морозостойкости изделий. дисперсное армирование уменьшает общий вес конструкций.

Ключевые слова: ячеистый бетон, фибробетон, базальт, волокно, армирование, плотность, теплоизоляционные.

COMPOSITE CELLULAR CONCRETE REINFORCED WITH FIBER

Kenzhekhanova Zh.B.¹, Akmalayuly K. ²

¹student of K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, kenzhehanova02@bk.ru

²professor of K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, kakmalaev@mail.ru

Abstract. The improvement of the technology of heat-insulating cellular concrete is aimed at stable production in factory conditions of products with an average density of up to 500 kg/m³,

compressive strength of 0.4-0.6 MPa and thermal conductivity of 0.065-0.07 w / m K. this will reduce the cost of products by more than 40%, increase their thermal efficiency. In recent years, technologies for the application of dispersed reinforcement of concrete matrix using polypropylene, glass, basalt and metal fibers have been developing. These methods make it possible to produce structures of complex configuration, solve the problems of frost resistance of products. dispersed reinforcement reduces the overall weight of structures.

Keywords: *cellular concrete, fiber concrete, basalt, fiber, reinforcement, density, thermal insulation.*

Введение. Легкий ячеистый бетон, полученный в результате твердения раствора, состоящего из цемента, песка, воды и пенообразователя, образованной с использованием протеинового пеноконцентрата. заданная плотность бетона достигается изменением соотношения компонентов. Легкий бетон использовали для утепления крыш (средняя плотность бетона 80-400 кг/м³), для заполнения пустотных пространств (выработанные шахты, канализационные системы и др., плотность 600-1000 кг/м³), для изготовления стеновых блоков, плит и панелей (плотность 700-1400 кг/м³) [1-3].

Применение автоклавов позволяет получать изделия высокого качества, но само по себе усложняет производство и делает его опасным. недостаток неавтоклавного ячеистого бетона — необходимость использования смесей (что снижает возможный максимум прочностных характеристик). Эти недостатки возможно минимизировать применением дисперсного армирования, что повышает пластичность бетонной смеси и уменьшает образование усадочных трещин [4-5].

При определенном дозировании волокно заменяет вторичное армирование, уменьшая объемы применения конструктивной стальной арматуры. Дисперсионное армирование повышает пластичность бетонной смеси и уменьшает образование усадочных трещин. в отличие от стальной сетки, которая «включается в работу» только после того, как бетон треснул, фибра предотвращает появление трещин в бетоне еще на стадии, когда он пребывает в пластическом состоянии. [6-8].

По результатам исследований применение для армирования бетонов базальтовой фибры позволяет увеличить марочную прочность бетона до 30%; уменьшить расслаивание бетонной смеси до 40 %; сократить время первичного и окончательного твердения на 25 %. базальтовая фибра щелочестойкая и не разрушается в бетоне.

Одним из перспективных направлений дисперсного армирования ячеистого бетона является применение базальтовой фибры. Блоки стеновые базальтофибробетонные плотностью D700 производятся по технологии, разработанной [7-10].

Актуальность темы и постановка задач — создание опытного образца фибробетона с средней плотностью D500 и эксплуатационными показателями, соответствующими аналогам в проект закладывается неавтоклавная технология, что

позволит оптимизировать энергозатраты при изготовлении. Применение дисперсного армирования направлено на снижение усадки блоков при твердении и на ранних стадиях эксплуатации, улучшение прочностных и эксплуатационных свойств блоков. Снижение влажности формовочных масс основано на пластифицирующем действии волокон и на применении способа сухой минерализации, разработанного.

Результатом работ стало создание опытного образца плотностью D500 и D600. Область применения: конструкционно-теплоизоляционные ограждающие строительные конструкции и перегородки; огнезащитные пояса; звукоизоляция; утепление кирпичных стен. характеристика блоков приведена в таблице.

Таблица 1. Характеристика блоков из ячеистого фибробетона

Характеристика	Марка по плотности, кг/м ³	
	D 500	D 600
Длина, мм	600	600
Толщина, мм	200,250,300,375,400	
Высота, мм	300	300
Класс прочности	B 3,5	B 3,5
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,14	0,14
Морозостойкость	F 50	F 50

Производство ячеистого бетонов низких плотностей сдерживается высокой деформацией усадки и низкой трещиностойкостью изделий. С целью увеличения прочностных показателей ячеистого бетона при плотности 200-300 кг/м³ и его устойчивости к трещинообразованию в бетонную смесь вводили армирующие волокна. Известно, что матрица армирующих и микроармирующих добавок за счет механического и физико-химического зацепления армирующей добавки в поризованном цементном камне стягивает, образующиеся вследствие усадки трещины, и препятствует их дальнейшему росту. Опыт использования двуводного гипса в сухих штукатурных смесях натолкнул на мысль использования его в ячеистого фибробетоне.

Теоретическое обоснование. Была выдвинута гипотеза, что возможно провести дополнительное микроармирование бетонной смеси игольчатыми кристаллами этрингита, образующимися в процессе взаимодействия двуводного гипса с трехкальциевым алюминатом из цемента. В качестве вяжущего для получения ячеистого бетона использовался бездобавочный цемент марки 500 (ПЦ- 500 Д0).

Таблица 2. Химический и минералогический состав цемента

Содержание оксидов, масс. %									Н	Модули		Расчетный минералогический состав, %				
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	CaO _{св}	ППП								
2,49	,77	,40	7,22	,43	,04	,64	,2		,91	2,5	,1	2,9	4,0	3,4	,7	6

Таблица 3. Строительно-технические свойства цемента

Удельная поверхность, м ² /кг	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч-мин	
		начало	конец
320	23,5	2 - 10	3 - 40

Для получения использовался белковый пенообразователь. Материалами для армирования являлись волокна: полиамидные и полипропиленовые.

1. Полиамидные волокна - синтетические волокна, формуемые из полиамидов. Использовались полиамидные волокна длиной 11 и 5,5 мм, а также полиамидные волокна различной длины как отход производства искусственных меховых изделиях.

Полиамиды - это твердые рогоподобные продукты, обладающие высокой механической прочностью, хорошей адгезией ко многим материалам, высокой эластичностью, устойчивы к износу и способны к волокнуобразованию. Они имеют следующую структурную формулу: $[-NH-C_6H_{12}-NH-CO-C_6H_{12}-CO-]_n$.

2. Полипропиленовые волокна - это олефиновые волокна, изготовленные из полимеров или сополимеров пропилен. Они имеют следующую структурную формулу: $[-CH=CH-CH_2-]_n$.

Полипропиленовое волокно по эластичности, устойчивости к двойным изгибам, как правило, превосходит полиамидные волокна, но уступает им по стойкости к истиранию. Обладает хорошими теплоизоляционными свойствами, имеет высокую стойкость к действию кислот, щелочей, органических растворителей использовались волокна длиной 12 мм.

Таблица 4. Основные физика-механические свойства волокон

Название волокна	Диаметр, мкм	Плотность, кг/м ³	Предел прочности на растяжение, ГПа	Модуль упругости, ГПа	Удлинение при разрыве, %
Фибриллированный полипропилен	200-2000	5000-7700	0,5-0,75	-	8
Полиамид	5-50	1100-1170	0,5-0,9	4,0	15-60

Для микроармирования ячеистого бетона использовался: двухводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и полуводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Приготовление бетонной смеси велось по классической технологии, при которой в готовую пену вводят цементное тесто с фиброй. Образцы твердели в воздушно-влажных условиях в течение 28 суток.

Практическое исследование и выводы. Полученные результаты рассмотрены ниже. Так как для поризованных материалов зависимость прочности и плотности носит не линейный характер, то для комплексной оценки физико-механических характеристик ячеистого бетона используется Коэффициент конструктивного качества (далее - ККК) который определяется по формуле: $\text{ККК} = \text{РСж} / \rho^2$

где РСЖ - прочность на сжатие бетона Па,

ρ - плотность ячеистого бетона $\text{кг}/\text{м}^3$.

Анализ зависимости плотности от количества и вида вводимой фибры показал:

– при введении добавки полиамидной фибры длиной 11 мм плотность увеличивается: при вводе 0,1% на 3,4%; при вводе 0,5% на 9,8%; при вводе 1% на 6,8%;

– при введении добавки полиамидной фибры длиной 5,5 мм плотность при вводе 0,1% снижается на 4,7%, при вводе 0,5 и 1% волокна увеличивается на 8,5% и на 5,5% соответственно;

– при введении добавки полиамидного волокна как отхода производства плотность при вводе 0,1 и 1% добавки практически не меняется, а при вводе 0,5% добавки резко падает на 12,8%.

– при введении полипропиленового волокна плотность ячеистого бетона практически не меняется. Незначительный рост плотности образцов на 2-3 $\text{кг}/\text{м}^3$ можно отнести к ошибке эксперимента. Плотность образцов колеблется в пределах от 235 до 240 $\text{кг}/\text{м}^3$. Ячеистый бетон с такой плотностью можно отнести к теплоизоляционным легким бетонам.

Анализ зависимости прочности от количества и вида вводимой фибры:

– при введении добавки полиамидной фибры длиной 11 мм в количестве 0,1% и 1% прочность уменьшается на 4,8% и 6,1% соответственно, а при вводе 0,5 % добавки увеличивается на 75,2%.

– при введении добавки полиамидной фибры длиной 5,5 мм в количестве 0 1% прочность

уменьшается на 24,8%, а при введении 0,5 и 1% волокна прочность увеличивается на 44,8% и на 16,1% соответственно.

– при введении добавки полиамидного волокна как отхода производства прочность при вводе 0,5% волокна уменьшилась на 15,6%, а при вводе 0,1 и 1% волокна увеличилась на 12,6% и 5,7% соответственно.

– при добавлении 0,1% полипропиленового волокна прочность образцов ячеистого бетона вырастает на 22% и составляет 0,281 МПа. дальнейшее увеличение количества добавки до 0,5% ведет к незначительному снижению прочности (примерно

на 1% по отношению к образцу с содержанием волокна 0,1%), а при увеличении количества фибры до 1% кривая прочности падает более круто и снижение прочности по отношению к образцу с содержанием волокна 0,5% становится равным 3%. Рост прочности для образцов с содержанием пропиленового волокна 0,5 и 1% по отношению к бездобавочному образцу составляет 17 и 15% соответственно.

Заключение. В ходе исследований установлено, что изделия, армированные полипропиленовыми волокнами, характеризуются значительными деформациями даже при небольших нагрузках растяжения, что объясняется низкой адгезией полипропилена в цементной матрице. Кроме того, такие изделия с течением времени теряют свои прочностные свойства, имеют высокую истираемость поверхности и горючесть при воздействии на волокно открытого пламени. Основными недостатками металлических волокон являются катодный эффект и нестойкость к агрессивной среде цементных растворов. Этих недостатков лишены бетонные изделия, армированные базальтовой фиброй.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. **Герасимов М.М., Лелягина А.Н.** Преимущества использования литого пенобетона в современном строительстве. Актуальные проблемы управления экономикой и финансами транспортных компаний: Сборник трудов Национальной научно-практической конференции. Москва, 2016. С. 70–73.
2. **Лундышев И.А.** История работы с монолитным пенобетоном в жилищном строительстве. решения, проблемы и особенности // Жилищное строительство. 2014. № 5. С. 67–72.
3. **Славчева Г.С., Чернышов Е.М., Новиков М.В.** Теплоэффективные пенобетоны нового поколения для малоэтажного строительства // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 20–24.
4. **Аниканова Т.В., Рахимбаев Ш.М.** Пенобетоны для интенсивных технологий строительства. Белгород: БГТУ, 2015. 127 с.
5. **Моргун Л.В.** Пенобетон. Ростов н/Д.: РГСУ, 2012. 154 с.
6. **Рахимбаев Ш.М., Половнева А.В., Аниканова Т.В.** Влияние новых добавок электролитов на свойства мелкозернистого бетона // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. № 11–12 (683–684). С. 12–17.
7. **Кудяков А.И., Стещенко А.Б.** Пенобетон дисперсно-армированный теплоизоляционный естественного твердения // Вестник ТГАСУ. 2014. № 2 (43). С. 127–133.
8. **Жуков А.Д., Рудницкая В.А.** Пенобетон, армированный базальтовой фиброй // Вестник МГСУ. 2012. № 6. С. 83–86.
9. **Кадомцева Е.Э., Моргун Л.В., Бескопыльная Н.И., Моргун В.Н., Бердник Я.А.** Исследование влияния бимодальности фибропенобетона на прочность армированных балок // Строительные материалы. 2017. № 5. С. 52–55.
10. **Хасанов Н.М.** Применение природного волластонита в качестве армирующей и стабилизирующей добавки в составе ЩМА // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3. С. 181–186.
11. **Бердов Г.И., Ильина Л.В., Зырянова В.Н.** Влияние минеральных микронаполнителей на свойства композиционных строительных материалов. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2013. 124 с.

Рецензент: Ахметов Д.А., д.т.н., ассоциированный профессор КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, d.a.akhmetov@satbayev.university