

УДК 666.973

А.Д. Жуков, В.А. Рудницкая

ФГБОУ ВПО «МГСУ»

ПЕНОБЕТОН, АРМИРОВАННЫЙ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРОЙ

Эксплуатационные характеристики пенобетона могут быть улучшены его дисперсным армированием, в том числе с применением базальтовой фибры. Приведены результаты моделирования технологии пенофибробетона и оценки значимости технологических параметров. Предложены критерии эффективности материала и технологии.

Ключевые слова: фибра, пенобетон, технология, моделирование.

Производство ячеистых бетонов (ГОСТ 21520—89) организовано практически во всех регионах России. Экономический кризис, вызвавший спад производства большинства строительных материалов (цемента, ЖБИ и ЖБК, кирпича, нерудных и других материалов) на 26...38 %, практически не коснулся производства сухих строительных смесей и ячеистых бетонов, даже прибавивших за это время 25...30 %.

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. Примером использования теплоизоляционного пенобетона в мировой практике является опыт немецкой фирмы «Неопор», которая с 1975 г. внедрила свою технологию пенобетона в 40 странах мира. Эта и подобная технологии получили распространение в таких странах мира, как Германия, Швеция, США, Южная Корея и др.

Неопор-бетон — легкий ячеистый бетон, полученный в результате твердения раствора, состоящего из цемента, песка, воды и пены, образованной с использованием протеинового пеноконцентрата. Заданная плотность бетона достигается изменением соотношения компонентов. Построены тысячи домов и сооружений, в которых неопор-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).

Применение автоклавов — сосудов под давлением до 1,2 МПа (технологии Hebel, Ytong, Wehrhahn) — позволяет получать изделия высокого качества, но само по себе усложняет производство и делает его опасным. Недостаток неавтоклавного пенобетона — необходимость использования смесей с высоким В/Т (что снижает возможный максимум прочностных характеристик). *Эти недостатки возможно минимизировать применением дисперсного армирования*, что повышает пластичность бетонной смеси и уменьшает образование усадочных трещин.

В последние годы развиваются технологии применения дисперсного армирования бетонной матрицы с помощью полипропиленовых, стеклянных, базальтовых и металлических волокон (рис. 1). Данные способы позволяют изготавливать конструкции сложной конфигурации, решают проблемы морозостойкости изделий. Дисперсное армирование уменьшает общий вес конструкций. 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.

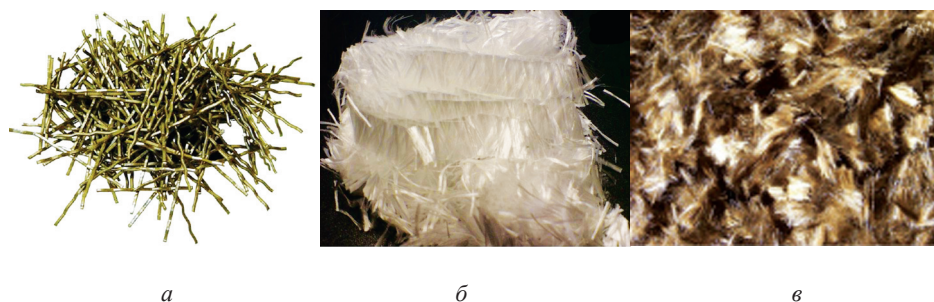


Рис. 1. Армирующая фибра: *а* — стальная; *б* — полипропиленовая; *в* — минераловатная

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. Этим недостаткам лишены бетонные изделия, армированные базальтовой фиброй.

По результатам исследований ЗАО «МИНЕРАЛ 7» (Украина) совместно с НИИСМ (г. Киев) и Киевским НТУ [1] 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 пенобетона является применение базальтовой фибры. *Блоки стеновые базальтофибренобетонные* плотностью D700 производятся по технологии, разработанной ООО «Мосспецпромпроект» и НИИЖБ (ТУ 5835-020-74124663—08).

Цель исследований — создание *опытного образца пенофибробетона* с средней плотностью D500 и эксплуатационными показателями, соответствующими аналогам (Hebel, Ytong). 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 в МГСУ. Процесс образования минерализованной пены включает приготовление устойчивой чистой пены, сухую подготовку твердой сырьевой композиции (например, помол и смешивание минерального вяжущего и кремнеземистого компонента), смешивание пены и минерального порошка, т.е. бронирование пены (рис. 2).

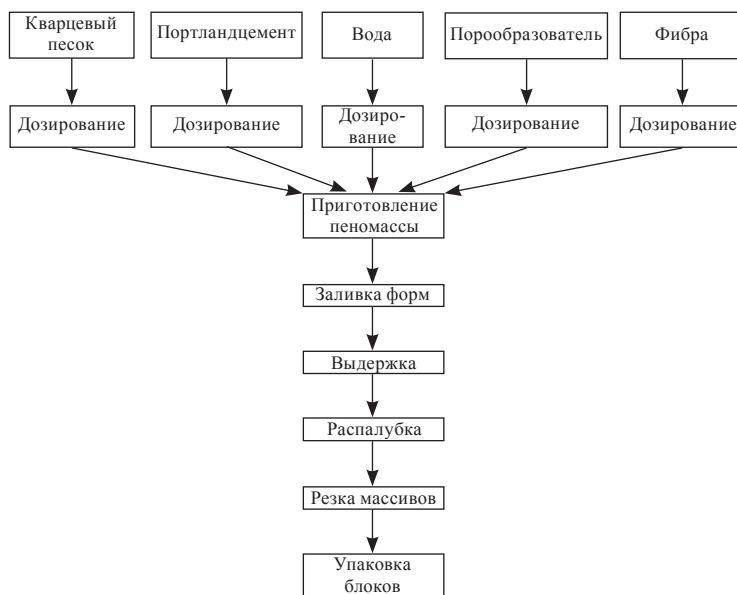


Рис. 2. Технологическая схема

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 табл.

Характеристика блоков из пенофибробетона

| 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 |
| Цена за 1 м ³ с доставкой г. Липецк — Москва (МКАД), р. | 3050 | 3180 |

Анализ прав интеллектуальной собственности по данному вопросу показал, что тематика по пенобетонам, «сухой минерализации», фибробетонам и пенобетонам, армированных фиброй, имеет очень глубокую проработку. Выявлено 32 авторских свидетельства и 12 патентов. При этом новизна подходов и технологических приемов, положенных в основу проектируемой технологии, делает обоснованной подачу заявки на изобретения как по составу, так и по способам производства.

Экономическая оценка показала, что себестоимость блоков из пенофибробетона будет находиться в пределах 1900 р./м³, что при норме прибыли 30 % будет соответствовать базовой цене 2500 р./м³. Продажная цена аналогов (плотностью D500) составляет от 3100 р./м³ (пенобетонные блоки EuroBlok) до 3900 р./м³ (автоклавные

газобетонные блоки Ytong). Это позволяет в реализации рассчитывать на экономический эффект от 100 р./м³ продукции. Расчетная мощность завода 40000 м³ в год.

Библиографический список

1. *Новицкий А.Г., Ефремов М.В.* Волокно из горных пород для армирования бетонов : доклады VII Всеросс. науч.-практ. конф. (г. Белокуриха). М. : ЦЭИ «Химмаш», 2007. С. 116—120.
2. *Сахаров Г.П., Стребицкий В.П., Воронин В.А.* Новая эффективная технология неавтоклавно поробетона // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.* 2002. № 6. С. 28—29.
3. *Жуков А.Д., Чугунков А.В.* Локальная аналитическая оптимизация технологических процессов // *Вестник МГСУ.* 2011. № 1. С. 273—279.

Поступила в редакцию в феврале 2012 г.

Об авторах: **Жуков Алексей Дмитриевич** — кандидат технических наук, профессор кафедры технологии отделочных и изоляционных материалов, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, taursj@rambler.ru;

Рудницкая Виктория Александровна — слушатель магистратуры кафедры технологии отделочных и изоляционных материалов **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, torisever@rambler.ru.

Для цитирования: *Жуков А.Д., Рудницкая В.А.* Пенобетон, армированный базальтовой фиброй // *Вестник МГСУ.* 2012. № 6. С. 83—87.

A.D. Zhukov, V.A. Rudnitskaya

FOAM CONCRETE REINFORCEMENT BY BASALT FIBRES

The authors demonstrate that the foam concrete performance can be improved by dispersed reinforcement, including methods that involve basalt fibres. They address the results of the foam concrete modeling technology and assess the importance of technology-related parameters. Reinforcement efficiency criteria are also provided in the article.

Dispersed reinforcement improves the plasticity of the concrete mix and reduces the settlement crack formation rate. Conventional reinforcement that involves metal laths and rods demonstrates its limited application in the production of concrete used for thermal insulation and structural purposes. Dispersed reinforcement is preferable. This technology contemplates the infusion of fibres into porous mixes. Metal, polymeric, basalt and glass fibres are used as reinforcing components.

It has been identified that products reinforced by polypropylene fibres demonstrate substantial abrasability and deformability rates even under the influence of minor tensile stresses due to the low adhesion strength of polypropylene in the cement matrix.

The objective of the research was to develop the type of polypropylene of D500 grade that would demonstrate the operating properties similar to those of Hebel and Ytong polypropylenes. Dispersed reinforcement was performed by the basalt fibre. This project contemplates an autoclave-free technology to optimize the consumption of electricity. Dispersed reinforcement is aimed at the reduction of the block settlement in the course of hardening at early stages of their operation, the improvement of their strength and other operating properties. Reduction in the humidity rate of the mix is based on the plasticizing properties of fibres, as well as the application of the dry mineralization method.

Selection of optimal parameters of the process-related technology was performed with the help of G-BAT-2011 Software, developed at Moscow State University of Civil Engineering. The authors also provide their overview of intellectual property rights and an economic efficiency assessment.

Key words: fibre, foam concrete, technology, modeling.

References

1. *Novitskiy A.G., Efremov M.V.* *Volokno iz gornykh porod dlya armirovaniya betonov* [Rock Fibres Designated for Concrete Reinforcement]. Proceedings of the 7th All-Russian Scientific and Practical Conference in Belokurikha. Moscow, Khimmash Publ., 2007, pp. 116—120.

2. Sakharov G.P., Strebitskiy V.P., Voronin V.A. Novaya effektivnaya tekhnologiya neavtoklavnogo porobetona [New Effective Technology of the Autoclave-Free Concrete]. *Stroitel'nye materialy i obrudovanie tekhnologii XX veka* [Building Materials and Equipment Technologies of the 20th Century]. 2002, no. 6, pp. 28—29.

3. Zhukov A.D., Chugunkov A.V. Lokal'naya analiticheskaya optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov [Local Analytical Optimization of Technology-related Processes]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2011, no. 4, pp. 273—279.

About the authors: **Zhukov Aleksey Dmitrievich** — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Technology of Finishing and Insulation Materials, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; taurusj@rambler.ru;

Rudnitskaya Viktoriya Aleksandrovna — master student, Department of Technology of Finishing and Insulation Materials, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; torisever@rambler.ru.

For citation: Zhukov A.D., Rudnitskaya V.A. Penobeton, armirovannyy bazal'tovoy fibroy [Foam Concrete Reinforcement by Basalt Fibres]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 6, pp. 83—87.