

УДК.691.001.4:006.354

## **ДИСПЕРГИРОВАННЫЙ ФИБРОПЕНОБЕТОН ОПТИМАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Пахтусов Д.Б., Огородников И.А., Бородулин В.Ю.*

*ООО «Экодом», г. Новосибирск*

Монолитное строительство из фибропенобетона является наиболее перспективным в области малоэтажного домостроения. Основные преимущества материала: экологичность, энергоэффективность, доступность и легкость применения любых архитектурных форм.

### **Строительный материал ограждающей конструкции здания**

Для возведения конструкций зданий широко применяются кирпич и бетон при соответствующих технологиях проведения работ. С вводом новых требований по энергоэффективности в строительстве возросли показатели нормированного приведенного теплового сопротивления ограждающих конструкций. При этом толщина кирпичной кладки, например, должна возрасти более чем в 3 раза. Уже одно это обуславливает необходимость замены используемого строительного материала на более теплоэффективный и долговечный. Одним из таких материалов является пенобетон или фибропенобетон.

Фибропенобетон – вид пенобетона [1], в состав которого входит тонкое синтетическое волокно (фибра). Наличие фибры обеспечивает направленную кристаллизацию раствора, повышенную прочность и безусадочность. В отличие от обычного пенобетона, фибропенобетон теплее, легче, крепче и имеет однородную мелкопористую структуру за счет диспергирования активатором [2] состава при его производстве. В материале формируется структура закрытых мелкодисперсных пор, которые позволяют достичь хороших результатов по теплотехническим, прочностным и технологическим свойствам [3].

Фибропенобетон оптимально сочетает требования к строительным материалам и конструкциям. Во-первых, он является экологически чистым, не выделяющим и не абсорбирующим вредные вещества. Он не подвержен воздействию микроорганизмов, насекомых и представителей фауны, а по качеству огнестойкости превосходит кирпичную кладку за счет медленного процесса передачи разрушающей тепловой энергии. Фибропенобетон не требует обработки неэкологичными специальными составами для продления эксплуатации здания и предотвращения возгорания. По теплофизическим свойствам превосходит дерево, так, например, при максимально возможной влажности материала 12% коэффициент теплопроводности при плотности D600 составляет 0,14 Вт/м<sup>2</sup>\*К.

Перечисляя основные достоинства применения фибропенобетона как строительного материала необходимо добавить следующее. Фибропенобетон обеспечивает однородность материала ограждающей конструкции зданий, обладает высокой долговечностью, прочностью, морозостойкостью и не гниет. Предотвращает значительные потери тепла отопления здания и способен его аккумулировать, что при эксплуатации позволяет снизить его расход на 20-30%.

Фибропенобетон обладает высокой способностью к поглощению звука и превосходит по этому показателю кирпич, бетон, дерево.

Стены из фибропенобетона в несколько раз легче кирпичных. Они создают значительно меньшую нагрузку, а это в свою очередь позволяет снизить стоимость фундамента.

### **Строительная технология**

Обусловленность выбора технологии монолитного строительства определяется рядом потребительских качеств, таких как, например, наличие на рынке доступного готового технологического оборудования, расходных материалов, меньшей, по сравнению с кладочными технологиями, трудоёмкостью, унификацией капитального строительства и гарантией качества. Кроме того, скорость возведения домов по монолитной технологии в несколько раз превосходит скорость возведения из любых других материалов.



Рис. 1. Применение монолитной технологии на примере КОТЦ «Этномир». Построено 2 здания общей площади 7000 м<sup>2</sup>, за период с 8 августа по 15 декабря 2012 г. с применением установки Сармат-Горнадо МС-500 силами шести-семи человек.

Применение монолитной технологии исключает затраты на цементный раствор или клей, а также использование ручного труда при кладке блоков или кирпича.

При проектировании зданий и сооружений отсутствуют ограничения связанные с привязкой к стандартным строительным изделиям, что даёт возможность внедрять самые смелые архитектурные решения.

Технология монолитного строительства позволяет осуществлять закладку инженерных коммуникаций в процессе возведения опалубки и заливки, а также применять без дополнительной подгонки изделия, изготовленные в заводских условиях, например, окна и двери.

### **Оценка сравнения стоимости работ**

Удельная стоимость возведения конструкции здания кладочной технологией при использовании блоков из ячеистых бетонов составляет:

для пенобетона – 4612 руб/м<sup>3</sup>;

для газобетона – 5392 руб/м<sup>3</sup>.

Удельная стоимость возведения монолитной конструкции здания с применением фибропенобетона составляет 3112 руб/м<sup>3</sup>.

Таким образом, при строительстве, например, индивидуального дома общей площадью 120–150 м<sup>2</sup> разница стоимости между кладочной и монолитной технологиями составит не менее 182.4 тыс. рублей, что даёт 32% экономии при возведении стен.

### **Совершенствование технологии строительства**

Выбранное направление развития перспективно, как в плане совершенствования строительного материала, так и собственно в технологии возведения зданий и сооружений.

Перспективы, связанные с материалом, заключаются в получении необходимых потребительских свойств путём использования доступного природного или техногенного сырья в качестве наполнителя для фибропенобетона. Наиболее интересен ряд наполнителей в виде керамзитов и микросфер. Керамзит с низкой температурой спекания можно получать из местных глин и супесей непосредственно на строительной площадке, а микросферы не обладают, в отличие от применяемых в строительстве зол, капиллярной пористостью.

Другим перспективным направлением является уменьшение доли цемента в составе, за счет применения активированных наполнителей, которые можно получать непосредственно на строительной площадке с помощью измельчения и физической активации местного природного сырья, например, песка.

После ряда экспериментальных работ стало возможным замена микро армирующего материала – фибры полиамидной на материал из вторичного сырья – тканевого корда из отработанных автомобильных покрышек после измельчения и дополнительной обработки. Результатом данной работы является уменьшение себестоимости данной продукции и улучшение прочностных характеристик и повторное использование вторичного сырья (рециклинг).

Также, интересно направление микро армирования для увеличения прочностных характеристик на сжатие с применением игольчатого минерала волластонита. Многолетний опыт и эксперименты показывают, что увеличить прочность на сжатие возможно, применив измельченный волластонит с размерами частиц от 1 мкм до 0,5 мм с соотношением длины к диаметру иглы  $L/D=5/1$  и менее, более 2,5 % от общей массы. Но существенное увеличение прочностных характеристик достигается при применении от 5 до 10%. Сдерживающим фактором применения волластонита в ячеистых бетонах является его цена и в ближайшее десятилетие она не пойдет на убыль. Но решить некоторые архитектурные задачи по возведению строительных конструкций с применением волластонита возможно.

Фибропенобетон обладает наилучшими возможностями по его модификации различными материалами и наполнителями. В их перечень входят микрофибра, микросферы, микрогранулы, нановолокно, хризотил асбест, микроминералы [4], различный керамзит и т.д.

Перечисленные меры актуальны для возведения энергоэффективных, в широком смысле этого понятия, зданий и направлены на снижение стоимости строительного материала, а также обеспечивают улучшение качества через повышение термосопротивления, трещиностойкости и уменьшения усадочной деформации.

Перспективы, связанные с совершенствованием собственно технологии строительства реализуется по следующим направлениям:

- модульное наращивание строительных мощностей и расширение набора технологических линий на основе минипроизводств;

- обеспечение круглогодичного цикла проведения строительных работ;
- применение многооборотной съёмной опалубки;
- изготовление оптимальных фундаментов, конструкций перекрытий, утепляющих слоёв для перекрытий и стен из фибропенобетонов.

Дадим краткую характеристику каждому из перечисленных направлений.

Минипроизводство строительных материалов для монолитной технологии представлено на рынке широким спектром основного и технологического оборудования, которое включает в себя насосы различного типа, вибросита, смесители, мобильные комплексы, мобильные автоматические и полуавтоматические заводы. Все они обладают различными массогабаритными характеристиками, производительностью и ресурсопотреблением, поэтому способны обеспечить оптимизацию затрат при выполнении работ необходимого объёма строительства путем сведения цели и средств её достижения к точному соответствию.

Одно из решений по обеспечению возможности ведения малоэтажного строительства независимо от условий погоды и времени суток заключается в применении на строительной площадке быстровозводимых (надувных) легких конструкций ангарного типа необходимой площади и высоты.

Максимальное сокращение времени строительства и трудозатрат возможно при применении в монолитном строительстве специальных легких многооборотных опалубочных систем. Они могут быть снабжены двойным контурным уплотнением, которое гарантированно исключает протечку при высоком уровне заливки пенобетона. Последующая установка щитов второй рабочей стороной не потребует времени на очистку, так как после установки и укладки пенобетона первая сторона доступна для обслуживания. Высокое термическое сопротивление материала конструкции опалубки многократно ускорит набор прочности пенобетона за счет сохранения тепла, выделяемого при гидратации. Усовершенствование конструкции замков позволит быстро и легко закреплять элементы конструкции опалубки линейно или под углом, обеспечивая различные варианты сборки с необходимой кратностью размеров 300 (150, 300, 450, 600, 1200).

Использование фибропенобетона в качестве основного строительного материала значительно уменьшает весовую нагрузку здания на фундамент. Это, в свою очередь, позволяет говорить об изменении применяемых в строительстве конструкций фундаментов в сторону значительного снижения материалоёмкости и стоимости. Дополнительное развитие в направлении унификации и повышения технологичности заключается в замене применяемых в качестве межэтажных перекрытий железобетонных конструкций из различных марок тяжелого бетона на перекрытия из фибропенобетона специальной конструкции.

Комбинирование в слоистых фибропенобетонных конструкциях различных марок бетонов позволяет добиться оптимального сочетания материальных и финансовых затрат с качеством. Например, ухудшение теплотехнических показателей по энергоэффективности за счёт уменьшения толщины стен ограждающей конструкции, изготовленных из тяжелого фибропенобетона, можно компенсировать утепляющим слоем из лёгкого фибропенобетона.

Таким образом, как и в случае со строительным материалом, все перечисленные меры имеют выраженную экономическую направленность в сторону оптимизации затрат, и характеризуются как экологичные в силу снижения потребления энергоресурсов, широкого использования местного природного и техногенного сырья, а также экологически чистых материалов.

## **Заключение**

Суммируя перечисленное и учитывая объём предстоящих строительных работ, приходим к выводу, что стратегия экологического развития в строительном секторе должна опираться, прежде всего, на малоэтажное монолитное строительство энергоэффективных зданий и сооружений с применением фибропенобетона. Этот выбор является наиболее оптимальным с любой точки зрения. Одна только замена кладочных работ на монолитные приносит экономию финансовых средств свыше 30%.

Шаги реализации стратегии могут быть следующими.

Полное освоение технологии монолитного строительства из фибропенобетона.

Поэтапное формирование собственного комплекса производства строительных материалов указанных типов, путём закупки основного и технологического оборудования для минипроизводства.

Поэтапный переход с покупных материалов и изделий на производство экологически чистого строительного материала на базе минипроизводств из собственного сырья.

Поэтапное совершенствование технологического процесса монолитного строительства путём обеспечения всесезонности ведения строительных работ, повышения эффективности опалубочных систем, применения фибропенобетона для изготовления перекрытий и фундаментов.

По мере реализации мероприятий выбранной стратегии развития достигаются:

- ускоренное наращивание строительной мощности до необходимого уровня;
- сокращение времени возведения строительных объектов;
- сокращение потребности трудовых ресурсов;
- сокращение потребности материальных и энергетических затрат;
- сокращение финансовых затрат и повышение эффективности их вложения;
- снижение антропогенной нагрузки на окружающую природную среду территории строительства.

## **Литература**

1. Ружинский С. и др. – Все о пенобетоне. – 2-е изд., улучшенное и дополн. – Спб: Издательство ООО "Строй Бетон", 2006. – 630с.
2. Пат. №219536 (РФ) Смеситель. Чумакин Е.Р.
3. Шахова Л. Д. – Технология пенобетона. Теория и практика. Монография. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 248 с.
4. Микроструктура цементного камня. Нестерова Л.Л., Лучинина И.Г., Шахова Л.Д.- М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012. – 103 с.