

В реалиях, требующих максимальной изоляции, соблюдения социальной дистанции и принятия множества санитарных мер, одним из наиболее сложных пространств для обеспечения безопасности становятся строительство здравоохранительных учреждений.

При возведении таких зданий, как и во всех остальных случаях, главными целями являются надежность, функциональность, экономичность. Однако, если говорить конкретно о строительстве в период пандемии, здесь одним из важнейших показателей будет выступать время, а именно, сроки возведения и ввода в эксплуатацию здания. Самым быстрым методом строительства является – модульное строительство.

Проанализирован опыт строительства госпиталей в период пандемии, и на основании этого сформулировано предложение о создании модулей, максимально эффективно используемых в строительстве. Применение данных типов модулей позволит сократить время их производства, и как следствие, уменьшить сроки строительства всего объекта.

На основе всех полученных данных осуществлена оценка эффективности использования модулей при строительстве жилых и общественных, отмечено положительное влияние на скорость строительства, качество и стоимость.

Библиографические ссылки

1. *Бородейко, И. В.* Оптимальный метод строительства в период пандемии / *И. В. Бородейко* // Результативность и эффективность внедрения современных методологий в научные исследования и разработки. – 16 октября 2020. – Сборник материалов международной научно-практической конференции. - С. 8-11.

©ПГУ

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК И СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ ФИБРОБЕТОНОВ

А. В. БРИЛЬ

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – В. А. ХВАТЫНЕЦ, АССИСТЕНТ

В работе рассматривается возможность использования отходов производства для улучшения прочностных характеристик бетонов и уменьшения стоимости. Проведены эксперименты по замене части песка в мелкозернистом бетоне на золу. Использовано дисперсное армирование отходами производства щелочестойкой стеклосетки.

Ключевые слова: отходы щелочестойкой стеклосетки, фибра, мелкозернистый бетон, прочность, дисперсное армирование, зола.

На сегодняшний день, одними из приоритетных направлений в строительстве являются снижение стоимости объекта, за счет экономии материалов и безотходное производство [1]. Одним из способов, соответствующим сразу двум критериям, является использование отходов щелочестойкой стеклосетки для фибрового армирования бетонов.

Фибробетон – это композитный строительный материал, представляющий собой бетон с включением волокон, равномерно распределенных по объему (рис. 1). Дисперсное армирование бетонов увеличивает прочность на растяжение при изгибе и трещиностойкость, а так же незначительно увеличивает прочность на сжатие.

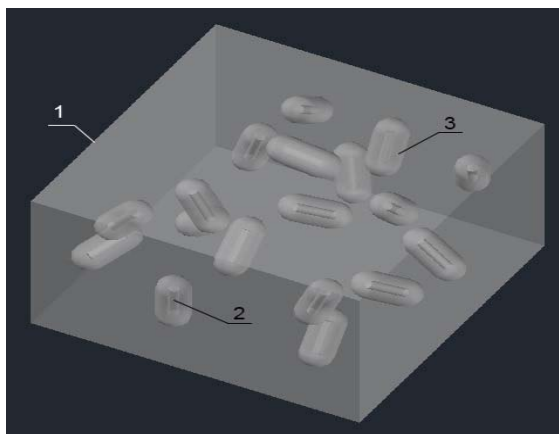


Рис. 1. Структура фибробетона:
1 – матрица бетона; 2 – волокно;
3 – зона контактного взаимодействия фибры и бетона

Отдельным плюсом применения фибробетона является его облегченность по сравнению с обычным, так что и здесь нагрузка на основание значительно снижается, в сравнении с использованием традиционных технологий. Монолитные сооружения из фибробетонного массива отличаются повышенной сейсмостойкостью. Они спокойно воспринимают резкую смену температуры, устойчивы к воздействию влаги. Несомненный плюс монолитного композитного строительства – возможность сооружения сложных по конфигурации конструкций.

В процессе исследования были изготовлены балки размерами 160x40x40 мм. Для изготовления образцов использовались: песок, зола, вода, портландцемент ОАО «Белорусский цементный завод» СЕМІ 42,5Н; водоцементное отношение принято В/Ц=0,4, отношение массы цемента и песка равнялось 1:3. После формования образцы-модели подвергались тепловлажностной обработке, затем были извлечены из опалубки и помещены в нормально-влажностные условия на 24 часа. Испытания образцов осуществлялись согласно ГОСТ 10180-2012 [2].

В эксперименте по определению прочности на сжатие один состав был контрольным, содержащим в себе 5 % отходов щелочестойкой стеклосетки, так как именно этот образец в прошлых испытаниях показал максимальное значение прочности на сжатие. Образцы 2, 3 и 4 содержали в себе 5 % отходов щелочестойкой стеклосетки и золу, заменяющую 5, 7,5, и 10 % песка, соответственно. Образцы 5, 6 и 7 содержали в себе 15 % отходов щелочестойкой стеклосетки и золу, заменяющую 5, 7,5, и 10 % песка, соответственно. Матрица планирования и полученные результаты эксперимента представлены в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1. Матрица планирования эксперимента

№ образцов	% отходов щелочестойкой стеклосетки	% замены песка на золу	Прочность на сжатие, МПа
1	5	–	32,18
2	5	5	33,10
3	5	7,5	34,55
4	5	10	34,33
5	15	5	29,83
6	15	7,5	30,09
7	15	10	29,05

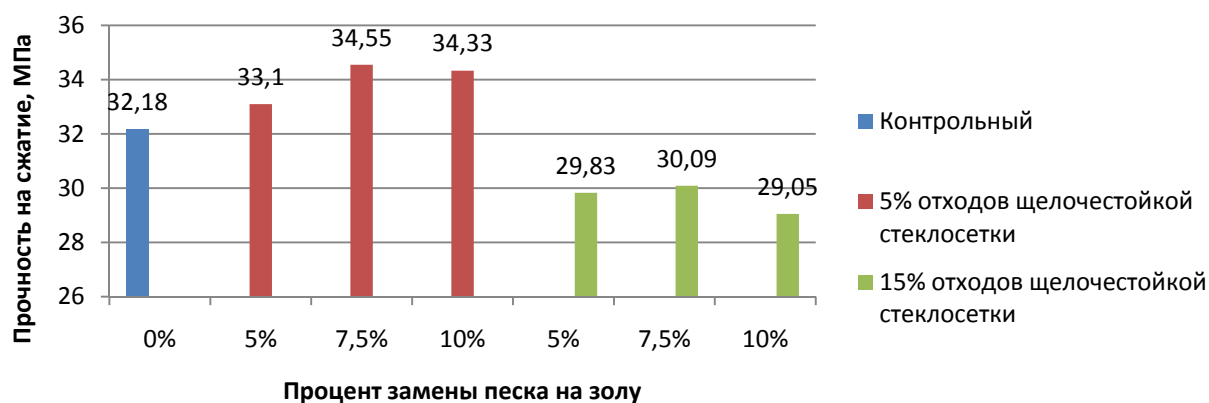


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие от процентного содержания фибры и процента замены песка на золу

В результате исследования было доказано, что частичная замена песка на золу приводит к увеличению прочности на сжатие фибробетона.

При содержании 5 % отходов щелочестойкой стеклосетки, любое процентное содержание золы, в рамках эксперимента, дает положительный результат. При это, максимальная прочность на сжатие составляет 34,55 МПа, что на 2,37 МПа выше чем контрольный образец. Образцы с 5 % и 10 %, показали значение прочности выше чем у контрольного образца, но меньше чем при замене 7,5 % песка на золу.

Образцы, содержащие 15 % отходов щелочестойкой стеклосетки, при любом процентном содержании золы показали значение прочности на сжатие ниже, чем контрольный образец. Связано это с меньшей подвижностью раствора, за счет поглощения части воды золой.

В эксперименте по определения прочности на растяжение при изгибе, один состав был контрольным, содержащим в себе 15 % отходов щелочестойкой стеклосетки, так как именно этот образец в прошлых испытаниях показал максимальное значение прочности на растяжение при изгибе. Мате-

риалы использовались, которые описаны в эксперименте прочности на сжатие. Образцы 2, 3 и 4 содержали в себе 5 % отходов щелочестойкой стеклосетки и золу, заменяющую 5, 7,5, и 10 % песка, соответственно. Образцы 5, 6 и 7 содержали в себе 15 % отходов щелочестойкой стеклосетки и золу, заменяющую 5, 7,5, и 10 % песка, соответственно. Матрица планирования и полученные результаты эксперимента представлены в табл. 2 и на рис. 3.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента

№ образцов	% замены песка на золу	% отходов щелочестойкой стеклосетки	Прочность на растяжение при изгибе, МПа
1	–	15	9,52
2	5	5	7,19
3	7,5	5	7,72
4	10	5	7,45
5	5	15	10,93
6	7,5	15	11,96
7	10	15	11,35

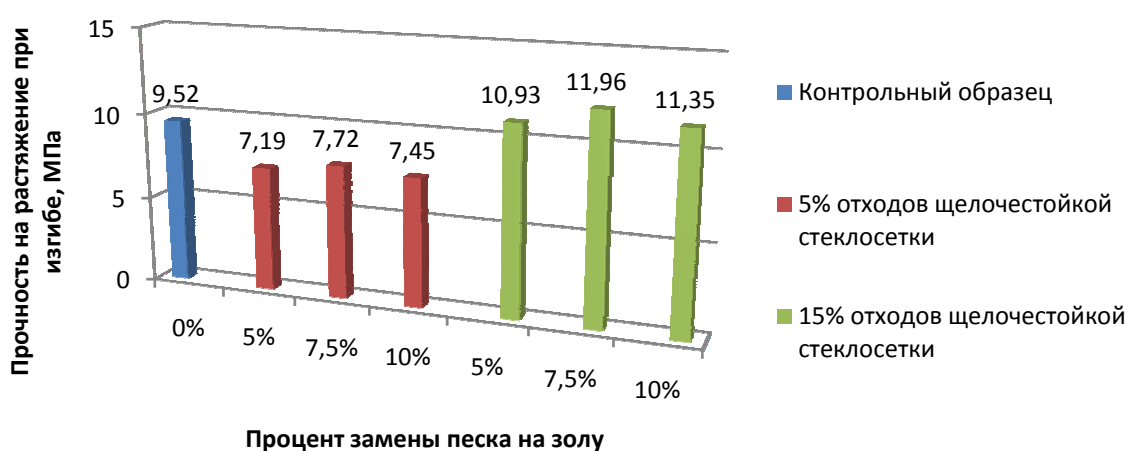


Рис. 3. Зависимость прочности на растяжение при изгибе от процентного содержания фибры и золы

По полученным данным можно сделать вывод, что частичная замена песка на золу, повышает прочность на растяжение при изгибе. Образцы 5, 6 и 7, оказались прочнее контрольного образца, при одинаковом процентном содержании отходов щелочестойкой стеклосетки. При этом при замене 7,5 % песка на золу – прочность увеличивается, по сравнению с 5 %, но при замене 10 % – показатель прочности уменьшается. На основании этого можно сделать вывод, что оптимальным является 7,5 %.

В ходе испытания максимальное значение прочности на растяжение при изгибе, равное 11,96 МПа, показал образец 6, при замене 7,5 % песка на золу и содержащий 15 % отходов щелочестойкой стеклосетки. Наименьший показатель прочности был у образца номер 2, в котором было 5 % щелочестойкой стеклосетки и 5 % золы. Однако, это связано скорее с меньшим содержанием фибры, т.к. все образцы с 5 % стеклосетки показали прочность на растяжение при изгибе меньше, чем у контрольного образца.

При армировании фиброй достигается улучшение свойств бетона. Одним из важнейших показателей является водопоглощение по массе, так как от этого параметра зависят такие важные физико-технические характеристики как коррозионная стойкость, морозостойкость, прочность на сжатие и прочность на растяжение при изгибе.

Помимо армирующего волокна, для увеличения прочностных характеристик бетона, применялись отходы энергетической промышленности, а именно – зола. Ранее было установлено, что зола действительно увеличивает прочность фибробетона. В данном эксперименте следует установить влияние золы на водопоглощение фибробетона.

В эксперименте один образец был контрольным, содержавшим в себе 15 % отходов щелочестойкой стеклосетки, так как именно этот образец в прошлых испытаниях показал максимальное значение прочности на растяжение при изгибе. Образцы 2, 3 и 4 содержали в себе 5 % отходов щелочестойкой стеклосетки и золу, заменяющую 5, 7,5, и 10 % песка, соответственно. Образцы 5, 6 и 7 содержали в себе 15 % отходов щелочестойкой стеклосетки и золу, заменяющую 5, 7,5, и 10 % песка, соответственно. Матрица планирования и полученные результаты эксперимента представлены в табл. 3.

Таблица 3. Матрица планирования и результаты эксперимента

Номер образцов	% замены песка на золу	% отходов щелочестойкой стеклосетки	Водопоглощение, % по массе
1	-	15	2,68
2	5	5	2,5
3	7,5	5	2,59
4	10	5	2,80
5	5	15	2,47
6	7,5	15	2,52
7	10	15	2,93

Прирост водопоглощения показан в табл. 4.

Таблица 4. Прирост водопоглощения по массе образцов

Номер образцов	% замены песка на золу	% отходов щелочестойкой стеклосетки	Водопоглощение по массе, %	Прирост водопоглощения по массе, %
1	—	15	2,68	—
2	5	5	2,5	-6,59
3	7,5	5	2,59	-3,29
4	10	5	2,80	4,76
5	5	15	2,47	-7,62
6	7,5	15	2,52	-5,81
7	10	15	2,93	3,79

Зависимости водопоглощения бетона от различной дозировки золы свидетельствуют, что при замене 5 % песка на золу при содержании 15 % фибры, отмечается максимальное снижение водопоглощения бетона. Однако, при увеличении дозировки золы, водопоглощение пропорционально увеличивается, так при 15 % фибры и 10 % золы, прирост водопоглощения составляет 3,79 %.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при незначительном проценте замены песка на золу, водопоглощение уменьшается, но увеличение процентного содержания – приводит к увеличению водопоглощения, не зависимо от количества фибры в бетоне.

Минимальный прирост водопоглощения по массе составил -7,62 % при замене 5 % песка на золу и содержании 15 % фибры от массы цемента. Максимальный прирост водопоглощения по массе составил 4,76 % при замене 10 % песка на золу и содержании 5 % фибры от массы цемента. На основе анализа результатов экспериментальных исследований осуществлена оценка эффективности влияния замены части песка на золу и дисперсного армирования отходами производства щелочестойкой стеклосетки. Использование золы в малых дозировках приводит не только к увеличению прочностных характеристик, но и к уменьшению водопоглощения.

Основным экономическим показателем на сегодняшний день остается стоимость материалов. В качестве расчетного параметра для определения стоимости будет принята стоимость одного кубического метра материала.

Применительно к изучаемому материалу, важным будет отметить, что при его создании используются отходы производства. Данное сырье бесплатно, единственные затраты, связанные с ним – транспортные расходы для доставки к производителю материала. Данные отходы производства требуют решения по утилизации. Вариантом может быть их вторичное использование для дисперсного армирования бетонов. В свою очередь, фибра из стекловолокна (альтернативный вариант) приобретается по цене 1 руб./м.п. и так же требует затрат на перевозку.

Рассмотрим стоимость материала в сравнении с альтернативными вариантами. Базовый вариант без армирования в расчетном объеме обойдется потребителю в 70 руб. (по усредненной стоимости). При армировании максимальным по подбору процентом стекловолокна стоимость расчетного объема составит порядка 80 руб/м³. В малых объемах поставки серьезного влияния на стоимость материала данная модификация не оказывает. Однако при возведении малоэтажных монолитных объектов разница окажется значительной, тогда как отходы стеклосетки бесплатны, позволяют внедрять больше фибры, не оказывая при этом влияния на стоимость. Зола, являющаяся отходом энергетической промышленности, бесплатна и так же требует только затрат на транспортировку. Песок в свою очередь добывается и реализуется по цене 55 рублей за тонну. Таким образом, если взять для анализа состав в котором тонна песка и состав в котором 7,5 % песка замещено золой, то экономия средств составляет 4,13 рублей, что довольно значительно в общих затратах на материалы и при масштабном строительстве.

Библиографические ссылки

1. Национальная стратегия устойчивого социально- экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года // Министерство экономики Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2015. – Режим доступа: www.esomony.gov.by/ru/nac-strategia.pdf // Дата доступа: 12.03.2017.
2. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
3. *Хватынец В.А.* Тенденции в области совершенствования конструкций при проектировании и строительстве автомобильных дорог / *В.А. Хватынец, Л.М. Парфенова, Д.Н. Шабанов* // Современные направления в проектировании, строительстве, ремонте и содержании транспортных сооружений: материалы II Международной студенческой конференции, Минск, 2018 – С. 51-55.

©ПГУ

ПЕРЕДАТЧИК СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА С СВЧ АНТЕННОЙ

Д. Д. БУДЬКО

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ, КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

В статье рассмотрены вопросы применения передатчика сверхширокополосного сигнала с СВЧ антенной. Исследованы характеристики сверхширокополосного передатчика и СВЧ антенны. Проведено исследование коэффициента стоячей волны по напряжению, входного импеданса и диаграммы направленности антенны. Результаты исследований могут быть использованы в радиосвязи.

Ключевые слова: радиопередающее устройство, приемно-передающая антенна, коэффициент стоячей волны, входной импеданс, диаграмма направленности.

Радиопередающее устройство удовлетворяет требованиям по уровню внеполосного излучения и стабильности генерируемой частоты. Разработанный передатчик обеспечивает требуемый вид модуляции с характеристиками, удовлетворяющими исследованию, а так же обеспечивает генерирование полезного сигнала заданных диапазонов частот и выходной мощности.

При проектировании приемно-передающей антенны в качестве референса использована микрополосковая патч антенна Антрад–4 имеющая излучающую поверхность в форме круга [1].

При проведении исследований антенны были рассмотрены характеристики: коэффициент стоячей волны по напряжению, входной импеданс, диаграмма направленности.

Значение КСВН антенны не превышает 2, что говорит о работоспособности антенны. В данной СВЧ антенне коэффициент усиления равен 3,8 дБ. КСВ антенны равен 1,5.

Спроектированная модель антенны обеспечивает хорошую передачу сигнала. Антенна работает в широком диапазоне сверхвысоких частот [2].

В ходе проведенного исследования антенны было установлено:

- с увеличением толщины диэлектрической подложки величина КСВН уменьшается тем самым увеличивая диапазон частот работы антенны;
- при увеличении толщины диэлектрической подложки на диаграммах направленности антенны в прямом направлении получается небольшой провал;
- при увеличении толщины диэлектрической подложки разброс значений входного сопротивления меняется достаточно значительно;
- с увеличением толщины излучающей поверхности величина КСВН уменьшается;
- при увеличении толщины излучающей поверхности разброс значений входного сопротивления меняется достаточно значительно;
- при увеличении толщины излучающей поверхности наблюдается расширение диаграммы направленности антенны;

Спроектированная антенна может найти применение в различных радиоэлектронных приборах и устройствах, и будет востребована как в военной, так и гражданской промышленности, спутниковом телевидении, радиосвязи, беспроводных компьютерных сетях, спутниковой навигации.

Библиографические ссылки

1. *Филонов А. А.* Устройства СВЧ и антенны : учебник / *А. А. Филонов, А. А. Фомин, Д. Д. Дмитриев*. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 492 с.
2. *Кременя, К.И.* Сравнительный обзор сверхширокополосных антенн: плоской логарифмической спиральной антенны Вивальди / *К.И. Кременя, В.Ф. Янушкевич* // Вестник ПГУ. Серия С. Информационные технологии. Электрофизика. - 2014. - № 12 С.21-24.

©БрГТУ

ОСОБЕННОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ 3D-МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ РАСТРОВОЙ И ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ

С. Н. БУРЫЙ, В. А. БРЕНЬ

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – О. А. АКУЛОВА, КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

В настоящее время невозможно себе представить ни одного серьезного инженерного проекта без сопутствующих фотореалистичных изображений узлов, конструкций, зданий и сооружений. С каждым годом