



Конкурс для школьников «Гениальные мысли» Автореферат проекта призера II степени

Название работы – Технология получения нанокompозита.

Автор – Беспалова Елизавета Андреевна, 9 класс, МАОУ "Лицей 44" г. Липецка, Детский технопарк "Кванториум", г. Липецк.

Руководитель – Андриянцева Светлана Александровна, к.т.н., педагог дополнительного образования Детского технопарка «Кванториум», доцент кафедры химии ЛГТУ, г. Липецк.

Основная идея работы, цели, задачи

Цель: разработать технологию получения нанокompозита с добавкой полиэфирной смолы.

Задачи:

- 1) Изучить компонентный состав бетона.
- 2) Исследовать составные части, влияющие на качество композита.
- 3) Проанализировать зависимость свойств материала от его дисперсности.
- 4) Изучить влияние полиэфирной смолы и добавки из тонкодисперсной фракции шлакового щебня на качество бетона.
- 5) Получить композит с добавлением полиэфирной смолы и тонкодисперсной фракции в лаборатории строительного материаловедения ЛГТУ.
- 6) Рассчитать экономическую составляющую нанокompозита и контрольного образца.

Методы: информационный поиск, описание, фотофиксация, эксперимент.

Объект исследования: полимербетон.

Материалы и оборудование: тонкодисперсная фракция шлакового щебня, портландцемент, известняковый щебень, вода, заполнитель из кварцевого песка, эпоксидная смола, гидравлический пресс, прибор МИИ-100, весы, полиэфирная смола, ёмкость, формы для заливки, инструменты для замешивания, сита.

Гипотеза: прочностные характеристики нанокompозита будут увеличены, а экономическая стоимость ниже, чем у существующих аналогов.

Актуальность и новизна работы

Наиболее распространённым материалом в современном строительстве является бетон, к основным характеристикам которого относят долговечность, прочность, морозостойкость и химическую стойкость. Состав бетонной смеси подбирают таким образом, чтобы она удовлетворяла требованиям нормативных документов. Поиск путей повышения технологических, экономических и эксплуатационных характеристик привели к созданию бетонов с добавками модификаторов и вяжущих веществ (чаще всего полимеров), которые называются полимербетонами [1].

Поиском методики по увеличению характеристик бетона, с помощью добавления в его состав полимера и иных добавок, то есть получением композиционного материала, заинтересовались и мы. Основной из наших задач является не только повышение физических и химических характеристик бетона, но и его экономическое удешевление, по сравнению с существующими на рынке полимербетонами.

Композит будет иметь в составе полиэфирную смолу, которая выгоднее по стоимости, но менее улучшает прочностные качества бетона, в отличие от эпоксидной, входящей в состав полимербетона у большинства аналогов. Мы самостоятельно увеличим данные качества за счёт добавки тонкодисперсной фракции шлакового щебня в состав, благодаря своей наноразмерной структуре, он будет увеличивать плотность и прочность образца и будет заменой известнякового, используемого при создании образцов бетона по ГОСТ.

Потенциальными потребителями нашего нанокompозита могут быть строительные компании, индивидуальные предприниматели и обычные обыватели, так как каждый мечтает о выгодном и индивидуальном решении для своей постройки.

Основные результаты

Методика эксперимента [7]

1. Механическое измельчение шлакового щебня до структуры 1 мкм в шаровой мельнице 5 часов, для получения дисперсности.
2. Наполнители предварительно промывают от загрязнений, сушат до влажности не более 1% по массе и разделяют на фракции по размерам.
3. Все компоненты загружают в ёмкость, где будет происходить смешение: портландцемент с кварцевым песком, затем тонкодисперсная фракция шлакового щебня (в контрольном образце - это известняковый щебень), полиэфирная смола и отвердитель $H_2O_2 + C_4H_8O$ (в соотношении 100:40).
4. Между загрузками происходит перемешивание в течение 2-3 минут.
5. Приготовленный полимербетон подается непосредственно в опалубку или форму, смазанных по внутренней поверхности технический вазелин или машинным маслом.
6. Вибрирование прекращают примерно через 2-3 мин при выделении на поверхности полимербетона жидкой фазы.

Пропорции для эксперимента (бетона марки М400) (таблица 1) [9]:

Таблица 1. Состав образцов

Наполнители Ц:П:Щ (1:1:2,7)	"Контроль" (10x10x10)	"Эксперимент" (10x10x10)
Портландцемент	325 г	325 г
Кварцевый песок	390 г	390 г
Известняковый щебень	878 г	0 г
Тонкодисперсная фракция шлакового щебня	0 г	878 г
ПЭС и ЭС (30% от состава)	478 г	478 г
Отвердитель (40% от смол)	192 г	192 г

Определение характеристик образцов

Методика определения *прочности образцов* по ГОСТ 10180-2012 заключается в нескольких этапах [12]:

- 1) Подготовка образцов к требуемым размерам (таблица 2).

Таблица 2. Требуемые характеристики образцов для проверки их на прочность при сжатии и изгибе

Метод	Форма образца	Номинальные размеры образца, мм
Определение прочности на сжатие и на растяжение при раскалывании	Куб	Длина ребра: 100; 150; 200; 250; 300
	Цилиндр	Диаметр: 100; 150; 200; 250; 300
Определение прочности на осевое растяжение	Призма квадратного сечения	100x100x400; 150x150x600; 200x200x800; 250x250x1000; 300x300x1200
	Цилиндр	Диаметр: 100; 150; 200; 250; 300
Определение прочности на растяжение при изгибе и при раскалывании	Призма квадратного сечения	100x100x400; 150x150x600; 200x200x800; 250x250x1000; 300x300x1200

- 2) При испытании на сжатие образцы-кубы и образцы-цилиндры устанавливают одной из выбранных граней на нижнюю опорную плиту гидравлического пресса центрально относительно его продольной оси.
- 3) После совмещают верхнюю плиту испытательной машины с верхней опорной гранью образца так, чтобы их плоскости полностью прилегали одна к другой. Образец нагружают до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки $(0,6 \pm 0,2)$ МПа/с.
- 4) Осматривается состояние протестированных образцов и значение на приборе, для записи результата.

Далее происходит проверка *прочности при изгибе*:

- 1) Образец-призму устанавливают в испытательную машину по схеме на рисунке 1 и нагружают до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки $(0,05 \pm 0,01)$ МПа/с.

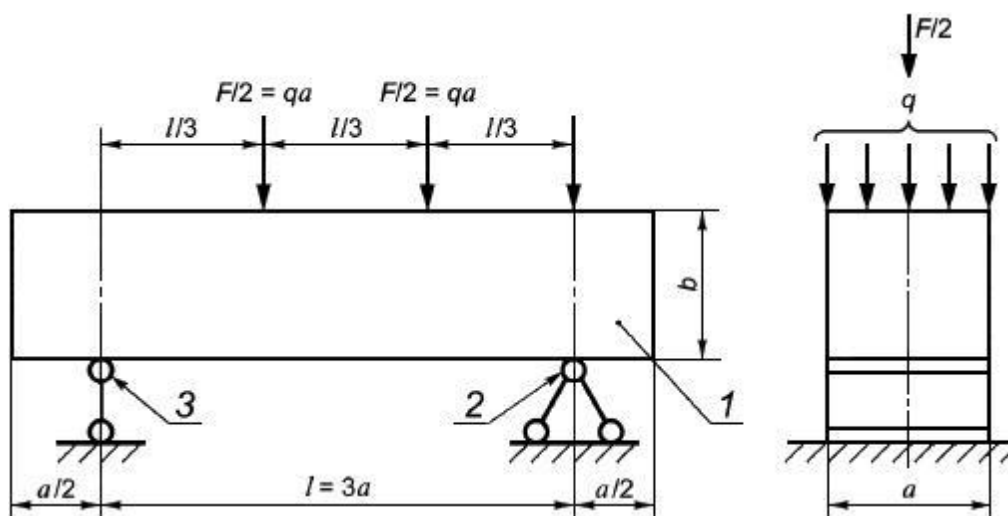


Рис.1. Схема испытания на растяжение при изгибе

- 2) Осматриваются образцы после исследования и записываются результаты.

Методика определения показателя морозостойкости образцов по ГОСТ 10060-2012 заключается в нескольких этапах [13]:

- 1) Насыщенные водой контрольные образцы извлекают из воды, обтирают влажной тканью и испытывают на сжатие по ГОСТ 10180.
- 2) Образцы помещают в морозильную камеру так, чтобы расстояние между образцами было не менее 20 мм. Включают камеру и понижают температуру. Началом замораживания считают момент установления в камере температуры минус 16°C.
- 3) Образцы испытывают по режиму, указанному в таблице 3.

Таблица 3. Режимы испытаний образцов

Размер образца, мм	Режим испытаний			
	Замораживание		Оттаивание	
	Время, ч, не менее	Температура, °С	Время, ч, не менее	Температура, °С
100 100 100	2,5	Минус (18±2)	2±0,5	20±2
150 150 150	3,5		3±0,5	

- 4) Образцы после замораживания оттаивают в ванне с водой температурой (20±2)°С. При оттаивании образцы размещают на расстоянии друг от друга не менее чем на 20 мм.
- 5) Основные образцы после заданного числа циклов замораживания и оттаивания извлекают из воды, обтирают влажной тканью и испытывают на сжатие. При появлении в процессе испытаний образцов трещин или сколов, или шелушения ребер испытания прекращают и устанавливают результаты.

Изготовление композиционных материалов

- 1) Первоначально были изготовлены образцы композиционного материала без добавления в состав полиэфирной смолы и тонкодисперсной фракции шлакового щебня по методике описанной ранее. В композит входила эпоксидная смола и известняковый щебень.
- 2) Затем полученная смесь заливалась в формы куба и балки и выдерживалась 14 суток, для последующей проверки технологических и эксплуатационных характеристик на приборе МИИ-100 (прочность при изгибе), гидравлическом прессе (прочность при сжатии) и морозильная камера+гидравлический пресс (морозостойкость), по ранее указанным методикам.
- 3) Получили такие результаты (таблица 4):

Таблица 4. Результаты измерения характеристик контрольных образцов

Кол-во добавленной фракции тонкодисперсного шлакового щебня, г	Плотность образцов, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Показатель морозостойкости
0	2204	235	44,2	F300

- 4) Далее были изготовлены экспериментальные образцы с тонкодисперсной добавкой, её количество было взято в трёх вариациях (с различием в 10% от среднего значения) чтобы установить положительное или отрицательное влияние. Также осуществилась замена эпоксидной смолы на полиэфирную смолу.
- 5) Спустя 14 суток была снята опалубка с образцов и проверены их качественные характеристики, такие как прочность при сжатии, прочности при изгибе и морозостойкость.
- 6) Получаем такие результаты (таблица 5).

Таблица 5. Результаты измерения характеристик экспериментальных образцов

Кол-во добавленной фракции тонкодисперсного шлакового щебня, г	Плотность образцов, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Показатель морозостойкости
878	2223	249	55,6	F300
869	2219	243	53,8	F300
887	2228	252	57,3	F300

Изучив полученные результаты можно заметить незначительное изменение всех показателей в зависимости от количества добавленной фракции (4-5 ед. прочности; 3-6 ед. прочности при сжатии; 2-2,5 ед. прочности при изгибе; показатель морозостойкости был одинаков во всех образцах).

Экономические расчёты

Следующим шагом в изучении характеристик полученного нанокompозита следует расчёт экономической составляющей, чтобы выявить уменьшение или увеличение себестоимости продукта (таблица 6).

Таблица 6. Экономическая составляющая

Контроль	Эксперимент
<u>Щебень (Известняковый)</u> 180 руб/50кг = 3,6 рубля за 1кг	<u>Щебень (Шлак) доменный ОАО НЛМК</u> 600 руб/1000кг = 60 копеек за 1кг
<u>Цемент ШПЦ-400</u> 280 руб/50кг = 2,8 рубля за 500г	
<u>Песок кварцевый Аквайс окатанный фракция 0,3 - 0,6 мм </u> 175 руб/ 25кг = 3,5 рубля за 500г	
<u>Эпоксидная смола ЭД-20</u> 640 руб/1кг = 320 рублей за 500г	<u>Полиэфирная смола NOAPOL 310 TAE</u> <u>общего назначения</u> 475 руб/1кг = 237 рублей за 500г
<u>Отвердитель пэпа 200 г</u> 455 руб/200г	<u>Отвердитель полиэфирных смол NOAPOL 1</u> 389 руб/200г
<u>Итого: 784 руб/литр</u>	<u>Итого: 632,9 руб/литр</u>

Просчитав экономическую составляющую для одного образца контроля и эксперимента, мы выявили, что наш нанокompозит дешевле обычного полимербетона на 151,11 руб/литр, что улучшает характеристику себестоимости.

Выводы, заключение, перспективы

- 1) Изучен компонентный состав полимербетона.
- 2) Исследованы составные части, влияющие на качество композита, определено, что ими являются полимер, входящий в состав и наполнитель.
- 3) Выявлено положительное влияние добавки тонкодисперсной фракции шлакового щебня и полиэфирной смолы в состав полимербетона, опираясь на теоретические материалы.
- 4) Был получен композит с добавлением полиэфирной смолы и тонкодисперсного шлакового щебня в лаборатории строительного материаловедения ЛГТУ.
- 5) Добавка в состав нанокompозита тонкодисперсного шлакового щебня увеличила прочность при сжатии на 17 МПа, при изгибе на 13,1 МПа, показатель морозостойкости у образцов одинаков, из чего следует, что данная методика положительно влияет на прочностные характеристики полимербетона.
- 6) Рассчитана экономическая составляющая контрольного и экспериментального образцов, из чего следует, что замена в составе композита эпоксидной смолы на полиэфирную смолу и известняковый щебень на шлаковый, положительно влияет на стоимость, уменьшает её на 151,1 руб/литр.

Заключение: гипотеза подтвердилась, результаты исследования можно считать положительными.

Перспективы: дальнейшей целью нашего проекта является подробное изучение характеристик полученного нанокompозита, выявление закономерности влияния количества добавки на прочностные качества образцов.

Список цитированных источников

1. Айткалиева Г. С. Утетилеува Е. И. Полимербетоны: достоинства и недостатки.
2. Воробьёв А. Полиэфирные смолы.
3. Воробьёв А. Эпоксидные смолы.
4. В.С. Кирчанов «Наноматериалы и нанотехнологии».
5. Мартенс. Техническая энциклопедия. Том 7 - 1929 г.
6. Нажекенова А. Ж. Исаков К. М. Модифицированный бетон на композиционном вяжущем с использованием металлургических отходов.
7. Паламарчук А.А., Шишакина О.А., Кочуров Д.В., Аракелян А.Г. Полимерные бетоны - перспективные строительные материалы // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 6.
8. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии / Панфилов М.И., Школьник Я.Ш., Орининский Н.В., Коломиец В.А. и др. М.: Металлургия, 1987. 238 с.
9. Растворы и бетоны на синтетических смолах - <http://stroi-archive.ru/rastvory-i-betony/782-rastvory-i-betony-na-sinteticheskikh-smolah.html>.
10. Седов Л. Н., Михайлова З. В., Ненасыщенные полиэфирсы, М., 1977.
11. <https://www.chem21.info/info/895478>
12. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
13. ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости.