



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕСЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-АРМИРУЮЩИХ ДОБАВОК В СОСТАВ ОПИЛКОБЕТОНА

В статье рассмотрено влияние внесения различных пространственно-армирующих добавок в состав строительного композита на основе отходов лесной промышленности (опилкобетона), сравнительный анализ результатов исследования образцов, полученных с применением таких компонентов и без их внесения, а также приведен обзор существующих на рынке вариантов фиброволокон.

Фибра, опилкобетон, отходы лесной промышленности, композиты.

Сегодня основными источниками образования древесных отходов являются лесопромышленные комплексы и деревоперерабатывающие комбинаты. Кроме того, древесные отходы образуются при санитарной рубке, в процессе ухода за зелеными насаждениями на улицах, в парках, скверах, бульварах и лесопарках. Получение экологически чистых дешевых строительных материалов, свободных от десорбирующих химических веществ, – одна из важных проблем строительного материаловедения. Благодаря применению различных технологий переработки возможно вовлечь большую долю древесных отходов в производство подобных материалов. Исследование свойств таких композитов может позволить вывести их характеристики на качественно новый уровень. Мы обратили внимание на возможность увеличения прочности таких композитов путем введения в их состав пространственно-армирующих добавок – фиброволокон различного происхождения (стеклофибра, базальтовая фибра, полипропиленовая фибра).

На сегодняшний день тема вовлечения древесных отходов в производство различных композитов широко рассматривается в науке. Также часто выносятся на обсуждение тема применения пространственно-армирующих добавок в составе различных строительных композитов. Однако применение таких компонентов для улучшения свойств композитов на основе отходов лесной промышленности не находит рассмотрения. Исследование носит передовой, инновационный характер.

Современная альтернатива армированию – применение специальной фибры для бетона, которую добавляют в бетонный раствор. В зависимости от материала, фиброволокно делится на несколько разновидностей [1]:

1. **Фибра стальная** – отличается повышенной стойкостью к температурным перепадам, увеличенным запасом прочности. Это позволяет использовать ее в помещениях производственных предприятий, где на прочность и долговечность бетона отрицательно влияют повышенные нагрузки, вибрация и поверхностное истирание. Стальные волокна восприимчивы к воз-

действию повышенной влажности, а также имеют увеличенный вес по сравнению с фиброволоконными аналогами из других материалов. Наиболее часто используется фибра стальная в виде анкерных и волнообразных волокон.

а. **Фибра анкерная стальная** – ее производят из низкоуглеродистой проволоки общего назначения (термически не обработанной), в соответствии с ГОСТ 3282-74, EN 10016-4, C12D2 – C18D2. Длина 50–60 мм, диаметр 1 мм, предел прочности на разрыв от 950 до 1350 Н/мм².

б. **Фибра стальная волновая** – такое волокно изготавливается из стальной низкоуглеродистой и высокоуглеродистой проволоки, произведенной в соответствии с ГОСТ 3282-74, ГОСТ 9389-75.

2. **Фибра из базальта** – обеспечивает целостность бетонной основы даже при возникновении сквозных трещин. Эти достоинства позволяют использовать материал для заливки полов в зданиях, возводимых в сейсмически активных зонах, а также в помещениях с увеличенной концентрацией влаги.

3. **Углеродная фибра** – добавка, наделенная существенными достоинствами, зачастую отсутствующими у других фиброволокон. Она не подвержена коррозии (в отличие от стальной), обладает стойкостью к щелочам (что отсутствует у базальтовой и стеклофибры), имеет отличное сцепление с бетоном (чем не может похвастаться полипропиленовая фибра). Углеродная разновидность достаточно дорога по сравнению с остальными, однако маленький расход и отличные качества это компенсируют.

4. **Фибра из полиамида** – добавляет раствору цепкости, эластичности и прочности, улучшает гидроизоляционные свойства, морозо- и химическую стойкость. Ее можно вводить и в сухие смеси, и в растворы с водой. Обладает низкой ценой и отличается малым расходом.

5. **Стеклофибра** – представляет собой нарубленное стекловолокно. При перемешивании раствора добавка распадается на волокна и становится практически невидимой. Стеклофибра помогает уменьшить усадку и растрескивание бетона. Она устойчива к воз-

действиям агрессивных сред и коррозии. Обладает хорошей прочностью, эластичностью и упругостью.

6. Фибра из полипропилена – фибра, имеющая уменьшенный вес, характеризующаяся стойкостью к воздействию агрессивных веществ. Армирующий материал является диэлектриком, что позволяет безопасно использовать его как для стяжки обогреваемой напольной основы, так и в качестве стандартного выравнивающего покрытия. Приемлемая цена фиброволоконного наполнителя позволяет применять его в частном строительстве для решения широкого круга задач – начиная от стяжки пола и заканчивая штукатуркой стен. Одна из наиболее активно используемых добавок. Благодаря ей бетон становится менее подвержен разрушению, истиранию и образованию трещин.

7. Асбестовая фибра – фибра, характеризующаяся долговечностью, стойкостью к щелочной среде, нагрузкам и термозащитными качествами. Значительно увеличивает сроки эксплуатации готовых изделий и ценится за огнеупорность.

8. Макросинтетическая фибра – эффективно предотвращает образование трещин. Не подвержена коррозии. Содержит два типа волокна для равномерного распределения внутри раствора без образования «ежей». Макросинтетическая фибра из-за своей недостаточной длины и слабого сцепления в меньшей степени способствует снижению истираемости, однако благоприятно влияет на морозостойкость фибробетонов и увеличивает количество циклов замораживания–оттаивания в 1,5–2 раза.

9. Полимерная фибра (ПАН-фибра) – это волокна из полимерного материала длиной от 3, 6, 12, 18, 24 мм и выше. Основное преимущество полимерной фибры – она придает бетону пластичность. Используется в дорожном строительстве, для устройства промышленных полов, цементно-песчаных стяжек, изготовления ЖБИ.

Анализируя приведенные варианты фиброволокон, можно с уверенностью сказать, что рассмотренные в данной статье добавки находят широкое применение на практике.

Целью работы является исследование возможности и анализ целесообразности внесения различных пространственно-армирующих добавок в состав строительного композита на основе отходов лесной промышленности (опилкобетона) [2].

После рассмотрения различных вариантов использования отходов лесной промышленности мы решили остановиться на опилкобетоне, так как данный материал имеет широкие перспективы для улучшения свойств путем внесения различных добавок в состав. Опилкобетон появился в СССР в 60-е годы, но так и не нашел особой популярности из-за развития крупноблочного строительства. Сегодня данный материал обращает на себя внимание из-за своей эколо-

гичности и высоких теплотехнических характеристик в совокупности с высокими прочностными характеристиками.

В качестве добавок в состав нами были подобраны ускоритель твердения, пластификатор и различные варианты фиброволокон для создания пространственного армирования в структуре композита. Были рассмотрены стеклофибра, базальтовая фибра, фибра из полипропилена. Также были изготовлены образцы без применения волокон для сравнительного анализа.

В качестве древесных отходов нами были использованы сосновые опилки и стружка размерами от 0,25 см до 2–3 см, толщиной 1–3 мм. Содержание опилок мелкой фракции 0,25–1 см – 70 %, больших размеров – 25 %, 5 % – щепа. Сырье проходило предварительную подготовку путем вымачивания опилок в 1,5 % растворе извести в течение 4 суток. Данная процедура позволяет удалить сахара и другие органические вещества из сырья для улучшения его свойств.

После 4 суток вымачивания изготавливались образцы для испытаний на сжатие и изгиб по ГОСТ 22690-2015 [3]. Состав подбирался идентичный для всех вариантов образцов, различия возникали лишь в вариациях внесения различных волокон. Состав исходного материала (опилкобетона) брался по классу по прочности на сжатие В1,5 (2,05 МПа). Основой смеси является подготовленное сырье отходов лесной промышленности. Его доля в составе композита в расчете на 1 м³ по массе составляет 31 %, доля песка фракции 0,25 равна 52 %, доля цемента – 17 %. Водоцементное соотношение было принято равным 0,5. В состав всех вариантов композитов вносились суперпластификатор и ускоритель твердения (рис.). Необходимое количество добавок бралось согласно указаниям производителя.

Смесь изготавливалась в следующей последовательности – в бетоносмеситель насухо загружались опилки с песком, а после них фибра для равномерного распределения в составе композита. Затем вносилась половина потребного количества воды с добавками, цемент и оставшаяся доля воды. Количество потребной фибры также бралось согласно указаниям производителя и составило в расчете на 1 м³: базальтовой фибры – 2,067 кг, полипропиленовой фибры – 1,48 кг, стекловолоконной фибры – 2,067 кг. Как можно увидеть, наиболее экономичный вариант – полипропиленовая фибра.

После приготовления смеси производилось заполнение форм. Материал в формах также подвергался уплотнению для получения равномерной структуры, без значительных включений воздуха. По истечению 28 суток твердения образцов производились испытания образцов на прочность на сжатие и изгиб.

Предлагается сравнить плотность и прочность полученных композитов с применением наиболее популярных на рынке вариантов фиброволокон (табл. 1–2).

Сравнение плотности образцов

Параметр	Опилкобетон В1,5 – без фибры	Опилкобетон – полипропиленовая фибра	Опилкобетон – базальтовая фибра	Опилкобетон – стеклофибра
Плотность, кг/м ³	950	1010	986	932

Таблица 2

Сравнение прочности образцов на сжатие и изгиб

Параметр	Опилкобетон В1,5 – без фибры	Опилкобетон – полипропиленовая фибра	Опилкобетон – базальтовая фибра	Опилкобетон – стеклофибра
Предел прочности на сжатие, МПа	1,15	2,19	1,86	1,52
Предел прочности на изгиб, МПа	0,42	1,1	0,9	0,9

Подводя итоги данного этапа исследования, стоит отметить, что опилкобетон заявленного класса не был получен. Однако результаты сравнительного анализа образцов все-таки можно считать достоверными. Так, образцы без добавления фибры обладали в среднем на 30–50 % более низкой прочностью, чем образцы с фиброй. Анализируя примененные добавки, стоит отметить интересный результат, полученный с полипропиленовой фиброй. Рост прочности на сжатие составил почти 100 %, в сравнении с 30 и 50 % у базальтовой и стеклофиброй. Полученный при добавлении именно полипропиленовой фибры материал хорошо сопротивлялся разрушению и хорошо воспринимал деформацию. Это объяснимо свойствами полипропиленовой фибры – она более пластична, но при этом обладает высоким сцеплением в композите.

В ходе исследовательской работы была доказана эффективность введения в состав опилкобетона пространственно-армирующих добавок, проведен сравнительный анализ результатов различных вариаций

волокон, определивший, что полипропиленовое фиброволокно дает наибольший прирост прочности опилкобетона.

Литература

- Макаридзе, Г. Д. Применение современных строительных материалов – опилкобетон: функциональные свойства и технология производства / Г. Д. Макаридзе, Л. Г. Ворона-Сливинская // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 10. – С. 249–254.
- Куннос, Г. Я. Опилкобетон / Академия наук Латвийской ССР. Институт строительства и архитектуры. – Рига : Издательство Академии наук Латвийской ССР, 1960. – 27 с.
- ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля : введен 2016-04-01. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 10.06.2021). – Режим доступа : для авториз. пользователей.

T.A. Polyakov, N.A. Poluektova, O.A. Povarova
Cherepovets State University

RESEARCH OF EFFECT OF ADDING SPATIALLY REINFORCING ADDITIVES TO SAWDUST CONCRETE COMPOSITION

This article shows the impact of adding various spatial reinforcing additives to the composition of a construction composite based on forest industry waste (sawdust concrete), a comparative analysis of the results of the test of samples obtained with the use of such components and without their adding, and also provides an overview of existing options for fibers.

Fiber, sawdust concrete, forest industry waste, composites.