

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ БЕТОННОГО КОМПОЗИТА, АРМИРОВАННОГО СУХОЙ РАСТИТЕЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ

Мусорина Т.А., Петриченко М.Р., Заборова Д.Д., Гамаюнова О.С., Куколев М.И.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ); Россия, 195251,
г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Аннотация. В статье проведен анализ существующих данных по применению органических добавок в бетон в целях улучшения его теплотехнических характеристик. Выявлены наиболее перспективные виды добавок для армирования, проведена серия экспериментальных исследований и получены данные по прочностным и теплотехническим характеристикам полученных бетонов. Даны развернутые выводы и рекомендации по применению полученных результатов.

Предмет исследования: использование растительных добавок позволяет улучшить теплотехнические и механические свойства бетонных композитов. Древесные добавки являются наиболее популярными и экологически безопасными, используются в виде щепы, стружки и золы. В статье предлагается в качестве добавки в бетон использовать сухую щепу борщевика длиной 25 мм и 50 мм. Для сравнения были созданы образцы из полипропиленовых волокон и контрольный образец (без добавки). Целью работы является изучение теплотехнических и механических свойств нового бетонного композита.

Материалы и методы: каждая серия бетонного композита состоит из трех образцов. С помощью испытаний на трехточечный изгиб на установке Instron 5965 (США) была определена максимальная нагрузка и нормальное напряжение. На установке ПИТ 2.1 при стационарном тепловом режиме была определена теплопроводность нового бетонного композита.

Результаты: полученные результаты выявили определенный прирост нормального напряжения на 29% образца с добавкой длиной 50 мм. Теплопроводность нового бетонного композита на 43% меньше, чем теплопроводность обычного бетона, следовательно, увеличение термического сопротивления. Данная добавка не только улучшает механические и теплотехнические свойства материала, а также делает его легче, что существенно снижает нагрузку от ограждающих и несущих конструкций.

Выводы: предложенная растительная добавка улучшает не только свойства бетона, но и сокращает количества сорняка. Данную добавку необходимо испытать в мокром виде, чтобы избежать образование осадка на поверхности борщевика и проверить механические и теплотехнические свойства.

Ключевые слова: добавка в бетон, борщевик, теплопроводность, термическое сопротивление, нормальное напряжение, прочность на изгиб.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

ВВЕДЕНИЕ

Потери тепла происходят через оболочку здания – ограждающие конструкции (стены, кровля и др.). При выборе материала для конструкции существует множество критериев отбора, в т.ч. технических и санитарно-гигиенических.

Целью работы является создание бетонного композита, армированного сухой растительной добавкой, обладающий повышенным термическим сопротивлением и прочностью на изгиб.

Задачи:

1. Создание бетонных композитов, армированных различными добавками
2. Определение механических свойств бетонного композита, армированного различными добавками: поперечный изгиб
3. Определение теплотехнических свойств нового бетона и обычного бетона: теплопроводность и термическое сопротивление
4. Сравнение нового бетонного композита с обычным бетоном.

Бетон является основным материалом в строительстве и с каждым годом его состав совершенствуется за счет различных добавок, влияющих на его тепловые и механические свойства. В Европе бетон с древесным наполнителем используется с 30-х годов прошлого столетия [1,2]. На сегодняшний день предложено множество вариантов и способов использования древесины и древесных отходов [3-5].

В России с 60-х годов прошлого столетия мягкие отходы в небольших количествах используются в гидролизном производстве для изготовления арболита (деревобетон) и опилкобетона (конструкционно-теплоизоляционный бетон). В опилкобетоне опилки и песок используются в качестве заполнителя, а цемент и известь как вяжущее наполнение. В арболите цемент занимает в среднем 10-22% по весу, а в опилкобетоне – до половины. Это не влияет на прочность, но заметно снижает теплозащитные свойства. Смеси можно использовать для изготовления штучных блоков различных размеров для последующего возведения стен построек, а также для непосредственной укладки в опалубку при возведении монолитных

стен. Деревобетон не может впитывать воду физически, потому что он не имеет пор, так как место пор занимает древесный наполнитель. Дерево в большинстве вариантов хорошо пропитано известью, к тому же плотно схвачено цементом, поэтому вода внутрь материала проникать не может. Существуют гипсоопилочный бетон, применяемые для устройства стен в жилых, общественных и производственных зданиях (одноэтажные здания III и IV степени долговечности) с относительной влажностью воздуха не более 60%. Термопорит – это плиты плотностью от 700 до 1300 кг/м³, различных форматов применяются в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала в каркасном строительстве. Смеси заливаются в металлические или металлодеревянные формы и выдерживаются в течение 1-2 суток при $t = 15^{\circ}\text{C}$ и выше. При приготовлении смеси древесные опилки должны быть просеяны через сито с ячейками 10-20 и 5 мм. Остаток на сите 5 мм - основная масса для смеси, к ней допускается добавлять до 30% остатка на сите 10 мм. Расход воды такой же, как при приготовлении опилкобетона. Плиты термопорита используются для закладки проемов каркасных стен с учетом толщины теплоизоляции, аналогично опилкобетону. Термиз – это теплоизоляционный материал на основе гашеной извести, опилок, цемента, суглинка. Применяется в строительстве в виде плит или монолита для утепления стен и кровли [6,7].

Тепловая защита здания, следовательно, и его энергетическая эффективность во многом зависят от теплотехнической однородности ограждений [8]. Теплотехнические расчеты показывают, что заменяя тяжелый бетон в несущих конструкциях зданий на низкотеплопроводный легкий, можно существенно выиграть в теплотехнической однородности ограждения и, следовательно, либо в сокращении расчетной толщины наружной стены на 10–20%, либо при сохранении толщины – в снижении энергозатрат на отопление здания, а именно в повышении его энергоэффективности [9].

Еще одним главным преимуществом древесных наполнителей, добавляемых к цементным материалам, является то, что они недороги, доступны в больших количествах, экологически чисты и просты в обработке.

Древесные добавки представлены в следующей форме: щепа, опилки, стружки, древесная пыль, зола, которые показали положительные влияния на прочностные свойства бетона. В дополнении к низкой плотности древесина обладает высокой прочностью. Уникальными являются физико-химические показатели древесины: низкая тепло- и звукопроводность, коррозионная стойкость в

агрессивных средах, способность гасить вибрации, легкая обрабатываемость и формообразование.

В связи с этим для России и стран ЕС и СНГ стоит рассмотреть в качестве растительной добавки к бетону борщевик, который занимает большие территории и считается большой проблемой.

Борщевик Сосновского (БС) (*Heracleum sosnowskyi Manden.*) – крупное травянистое растение семейства зонтичных (Ariaceae). В середине 20-го века широко внедрялся на полях европейской части СССР и Восточной Европы как кормовая культура. Все части растения содержат фурукумарины – вещества, которые при попадании на кожу резко повышают ее чувствительность к ультрафиолетовому свету [10]. В сухом виде оно безопасно (не выделяет никаких вредных веществ) и, учитывая строение стебля, представляет интерес в качестве дешевой добавки. Для этого проведем исследования использования борщевика в строительстве в качестве добавки к бетону

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данном разделе описываются процесс организации эксперимента, примененные методики, использованная аппаратура; даются подробные сведения об объекте исследования; указывается последовательность выполнения исследования и обосновывается выбор используемых методов (наблюдение, тестирование, эксперимент, лабораторный опыт, анализ, моделирование, изучение и обобщение и т.д.).

Определение механических и теплотехнических свойств бетона, армированного различными добавками. На основе физического эксперимента рассматривается определение максимальной нагрузки на образцы с различными добавками; определение прочности на изгиб образцов; определение коэффициента теплопроводности материалов.

В данной работе были исследованы четыре типа образцов: контрольный образец без армирования; образец с наполнителем в виде короткого полипропиленового (ПП) волокна и два типа образцов, наполненных щепой борщевика Сосновского различной длины. Короткая ПП фибра была специально выбрана для сравнительного анализа, так как такой вид наполнителя наиболее часто на сегодняшний день используется для изготовления фибробетонов. Характеристики образцов представлены в таблице 1, на рисунке 1 показаны армирующие наполнители.

Таблица 1. Характеристики образцов
Table 1. Characteristics of samples

№	Армирование	Аббревиатура	Продольный размер, мм
1	Без армирования	без армир.	-
2	Короткое ПП волокно	ПП волокно	54
3	борщевик Сосновского	Б-1	50
4	борщевик Сосновского	Б-2	25

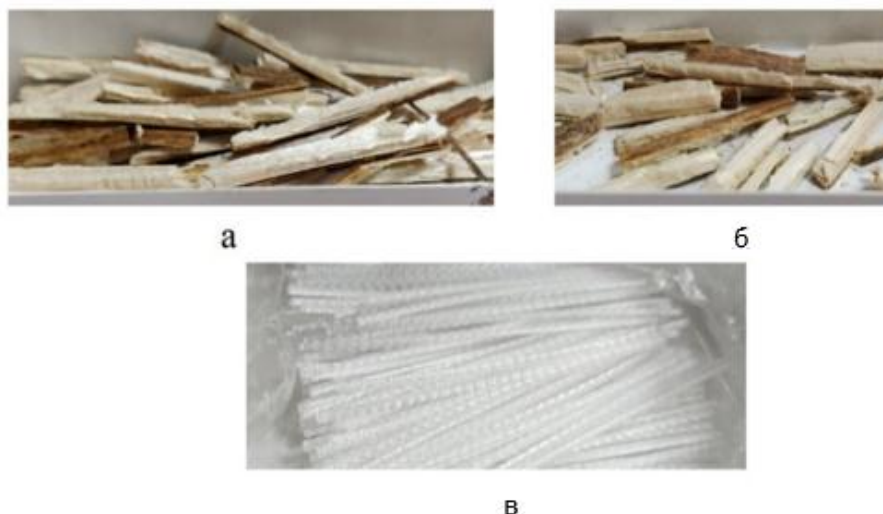


Рис. 1. Виды добавок: крупная добавка 50мм (а), средняя добавка 25мм (б), ПП волокно 54 мм (в)
Fig. 1. Types of additives: large additive 50mm (a), medium additive 25mm (b), P fiber 54 mm (c)

Для изготовления опытных образцов бетона использовалась цементная смесь (предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток не менее 30 МПа) М300 Петролит Профи, заполнитель – мелкозернистый песок с максимальной фракцией 2,5 мм. Соотношение цемента и песка 1:2. Состав смеси бетона приведен в таблице 2. Объемная доля волокна в изготовленных образцах составляла

приблизительно 2%. Для изготовления образцов была использована форма прямоугольного сечения с размерами 77 × 200 × 20 мм. Для испытаний каждого из типов бетона была изготовлена серия из не менее чем 3 образцов. Испытуемые образцы хранились перед механическими испытаниями в течение 28 суток при температуре 20°С и относительной влажности 95%.

Таблица 2. Состав бетона
Table 2. Composition of concrete

Цемент, г	Песок (2,5 мм), г	Пластификатор, г	Вода, мл
500	1000	10	285

Подготовленные образцы были испытаны на поперечный (трехточечный) изгиб (рисунок 2). Испытания проводились на универсальной испытательной установке Instron 5965 (США). Расстояние между крайними опорами составляло 150 мм.



Рис.2. Испытание образца на трехточечный изгиб
Fig. 2. Three-point bending test of the sample

По результатам испытаний была определена величина предела прочности при изгибе как отношение максимального изгибающего момента

при разрушении образца к осевому моменту сопротивления сечения при изгибе:

$$\sigma = \frac{M_{изг}^{max}}{W_z}, \quad (1)$$

где $M_{изг}^{max}$ – максимальный изгибающий момент, кН·м;

W_z – осевой момент сопротивления, м³ [11, 12].

Одна из главных задач строительства – обеспечить сохранность тепла в помещении [13,14]. Необходимо определить коэффициент теплопроводности нового материала на основе растительной добавки (сухой борщевик) и сравнить полученное значение с обычном бетоном. На определение коэффициента влияют два фактора: заполнитель, влияющий на плотность материала и температура окружающей среды [15,16].

Теплопроводность – свойство материала проводить тепловой поток через свою толщину от одной поверхности к другой. Это свойство имеет важное значение для строительных материалов, применяемых при устройстве ограждающих конструкций (стен, перекрытий, покрытий) и материалов, предназначенных для теплоизоляции.

Теплопроводность пористых материалов ниже, чем плотных. Чем он больше, тем хуже теплоизоляционная способность материала. Плотные стройматериалы, материалы с крупными порами и с закрытыми порами лучше передают тепло, поэтому для целей теплоизоляции стараются применять мелкопористые материалы и материалы с открытыми порами [17].

Показания теплопроводности снимались с устройства ПИТ 2.1 при стационарном тепловом режиме [18]. Предел допускаемой относительной погрешности 3%. Метод оценки - по технологическим характеристикам материалов,

определяющиеся по ГОСТ 7076 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме» [19].

Для опытов был создан образец с параметрами $25 \times 25 \times 3$ см, вес образца – 3,289 кг, состав смеси был такой же как для образца Б-1 (50 мм). Далее образец помещался между пластинами прибора (рисунок 3). Результаты определения коэффициента теплопроводности представлены графически: по у откладывается величина коэффициента теплопроводности, [Вт/(м·К)], по х время эксперимента, с шагом 10 мин.



Рис.3. Прибор для измерения коэффициента теплопроводности образца
Fig. 3. Device for measuring the thermal conductivity coefficient of a sample

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Прочность при изгибе. Результаты проведенных измерений показали, что использованные наполнители для получения бетонных композитов, оказывают существенное влияние на механические свойства при изгибе. На рисунке 4 представлены зависимости стрелы прогиба от напряжения при поперечном изгибе образцов. Характер поведения до разрушения у всех исследуемых образцов примерно одинаковый.

Деформирование при изгибе сопровождается резким увеличением нагрузки с последующим разрушением после достижения пиковой нагрузки. Определенное различие имеется как в характеристики прочности, так и характеристики пластичности. По максимальной нагрузке при разрушении можно судить, что образец Б-1 обладает самым высоким значением. Для остальных трех образцов это разница менее заметна. Армирующий компонент привносит существенное увеличение модуля упругости образца.

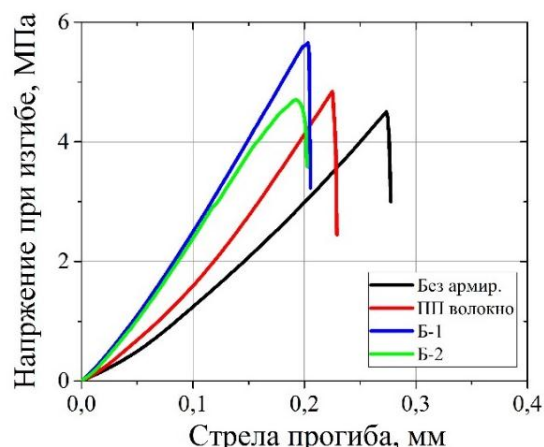


Рис.4. Диаграммы зависимости прогиба от изгибного напряжения исследуемых образцов
Fig. 4. Diagrams of the dependence of the deflection on the bending stress of the studied samples

Для проведения сравнительного анализа испытанных образцов была выбрана характеристика прочности при изгибе. Прочность при изгибе исходного образца составляет 4,54 МПа, что является минимальной среди всех полученных результатов. Максимальной прочностью обладает образец Б-1 составляет 5,61 МПа, армированный щепой борщевика длиной в 50 мм. Результаты испытаний по всем образцам приведены в таблице 3.

Таблица 3. Значения прочности при изгибе
Table 3. Bending strength values

	образец	σ , МПа
1	Б1	5,610
2	Б2	4,365
3	ПП	4,791
4	К	4,545

Эффективность армирования. Для того чтобы выяснить эффективность армирования был рассчитан прирост по прочности в процентах относительно контрольного (неармированного образца) для всех исследуемых образцов. На рисунке 5 представлено процентное отношение эффективности армирования. Из полученных результатов видно, что максимальный прирост в 25% наблюдается у образца Б-1. Это связано с тем, что добавка сама по себе имеет большую размерность и при контакте с водой впитала

определенный процент влаги из смеси. У других двух образцов прирост составляет не более 5-7%.

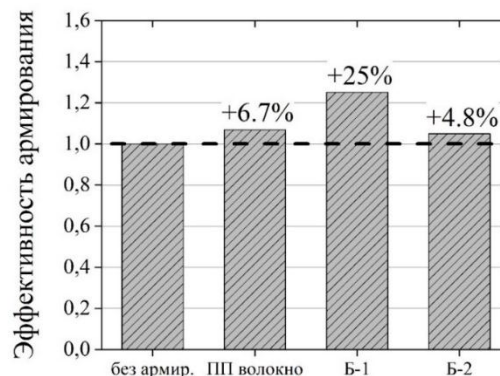


Рис.5. Процент эффективности армирования
Fig. 5. Reinforcement efficiency

Определение коэффициента теплопроводности нового материала с борщевиком. Для определения среднего коэффициента теплопроводности необходимо провести три испытания, которые представлены на рисунках 6 и 7.

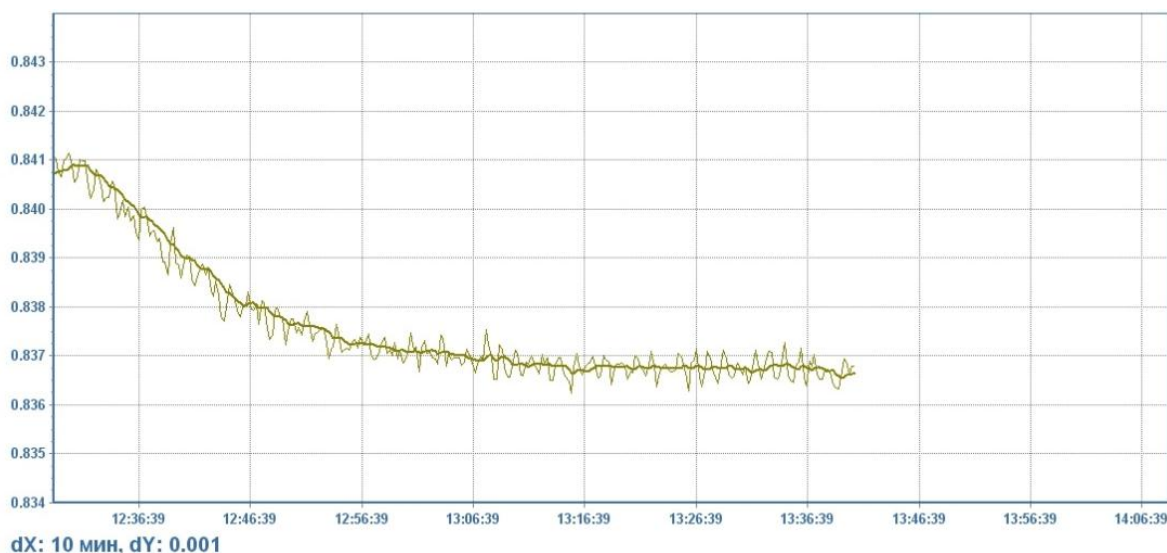


Рис.6. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности
Fig. 6. Experimental determination of the thermal conductivity coefficient

Среднее значение коэффициента теплопроводности:

$$\lambda = \frac{0,834 + 0,858 + 0,881}{3} = 0,8576 \frac{Вт}{м \cdot К} \quad (1)$$

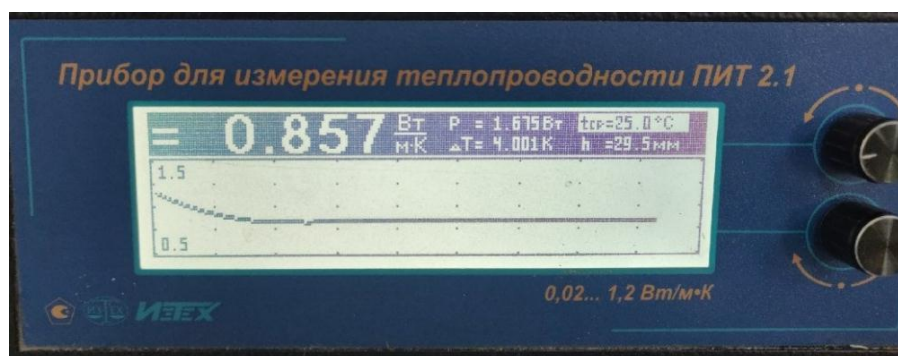


Рис.7. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности. Показания прибора
Fig. 7. Experimental determination of the thermal conductivity coefficient. Device readings

Теплопроводность обычного бетона в районе 1,5 Вт/(м·К). Это в 1,75 раз больше, чем у бетона с добавкой борщевика. Данный материал не только механически устойчив, но и имеет лучше теплотехнические свойства.

На основе проведенного эксперимента был проведен сравнительный анализ теплофизических свойств двух материалов: чем выше прочностные характеристики материала (минимальное количество пор), тем выше его тепловые свойства. Это связано с тем, что обычный бетон имеет пористость, в то время как поры высокопрочного бетона заполнены пластификатором и шлаком (добавкой).

Проведенные в работе экспериментальные исследования показали, что тип армирующего заполнителя оказывает влияние на изгибные свойства бетонных композитов. Были разработаны четыре типа образцов, в том числе неармированный образец; бетонный композит, армированный короткими волокнами ПП длиной 54 мм; два типа бетонных композитов, армированных растительными добавками: крупная добавка борщевика длиной 50 мм и средняя добавка борщевика длиной 25 мм.

Необходимость учета теплотехнических характеристик, влияет на комфортный микроклимат помещения [20,21]. В качестве сравнения теплотехнические свойства аналогичных материалов можно сделать вывод: при большем объеме процента добавки увеличиваются теплотехнические свойства, но значительно уменьшаются механические свойства.

Исследования в этой статье отличаются от других тем, что ранее сухой борщевик не использовался в бетонных композитах в качестве древесных и растительных добавок. Но в то же время этот материал также обладает повышенными механическими свойствами. В работе [22] прочность на изгиб исследуемого бетона WWA составляла от 3,65 до 5,57 МПа, с самыми низкими значениями, полученными при уровне добавки 30%

золе. Сравнивая результаты с другими работами, можно отметить следующее: разработанные образцы композитов по структуре аналогичны представленным в [23-25]; их главное отличие - дешевизна и доступность наполнителя. Также следует отметить, что аналогичные прочностные показатели разработанных композитов получены разными авторами в [26-28]. Наибольшее значение прочности на изгиб 5,6 МПа было получено в случае образца Б-1 длиной борщевика 50 мм [29].

Разработанные образцы бетонных композитов были испытаны на поперечный изгиб в возрасте 28 суток. Результаты показали, что наибольшим пределом прочности обладает образец борщевика длиной 50 мм. В случае остальных образцов не удалось достичь какого-либо статистически значимого эффекта армирования. Теплопроводность нового бетонного композита в 1,75 раз меньше, чем у обычного бетона. При этом можно будет экономить на толщине утеплителя, чтобы добиться требуемого значения сопротивления многослойного стенового ограждения. Данный материал не только обладает аналогичными механическими свойствами, но и имеет лучше теплотехнические свойства. Новый бетонный композит обладает меньшей массой, что позволяет уменьшить нагрузку от несущих стен.

ВЫВОДЫ

Из проведенных опытов были получены следующие механические и теплотехнические свойств бетонов, представленные в таблице 4.

Основным недостатком на данный момент исследования является образование осадка на сухой добавке, который отрицательно может влиять на механические свойства (спецплемость бетонного композита и добавки). Но как показали результаты исследования, несмотря на образование осадка, механические свойства повышаются.

Таблица 4. Механические и теплотехнические свойства бетонов
Table 3. Mechanical and thermal properties of concrete

Свойство	Ед. изм.	Значения обычного бетона	Значения нового материала	Разница
Теплопроводность	Вт/(м·К)	1,5	0,858	-43%
Плотность	Кг/м ³	2400	1754	-27%
Температуропроводность	10 ⁻⁶ м ² /с	0,833	0,792	-5%
термическое сопротивление для 0,25 м	[м ² ·К/Вт]	0,167	0,291	+74%
Прочность при изгибе	МПа	3,873	4,821	+24%
Нормальное напряжение	МПа	4,5	5,6	29%

В дальнейшем планируется данную добавку Б-1 (длина 50 мм) добавлять в бетонный композит в мокром виде и изучить другие механические и теплотехнические свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cherkashin A., Begich Y., Sherstobitova P., Semencha A., Doroshin I. Heat-resistant properties of construction composites based on nanocarbon cement (ncmc) // E3S Web of Conferences. 2018 Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE 2018. 2019. pp. 02029. DOI: 10.1051 / e3sconf / 20199102029
2. Ramagea M. H., Burrige H. The wood from the trees: The use of timber in construction // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. 68. Pp. 333-359. DOI: 10.17863/CAM.10386
3. Sabbaghian, M., & Kheyroddin, A. Flexural strengthening of RC one way slabs with high-performance fiber-reinforced cementitious composite laminates using steel and GFRP bar // Engineering Structures. 2020. 221. Pp. 111106. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111106
4. Thandavamoorthy, T. S. Wood waste as coarse aggregate in the production of concrete // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2015. 20(2). Pp. 125–141. DOI: 10.1080/19648189.2015.1016631
5. Morales-Conde M. J., Rubio-de-Hita P., Pérez-Gálvez, F. Composite Mortars Produced with Wood Waste from Demolition: Assessment of New Compounds with Enhanced Thermal Properties // Journal of Materials in Civil Engineering. 2018. 30(2). Pp. 04017273. DOI: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002148
6. Сафин Р.Г., Степанов В.В., Хайруллина Э.Р., Гайнуллина А.А., Степанова Т.О. Современные строительные композиционные материалы на основе древесных отходов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №20. С. 123-128
7. Колосова А.С., Пикалов Е.С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на основе древесного сырья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 3. С. 66-77
8. Мусорина Т.А., Гамаюнова О.С., Петриченко М.Р. Обоснование конструктивных мероприятий по увеличению энергоэффективности стеновых ограждений // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 11 (110). С. 1269-1277. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.11.1269-1277
9. Матросов Ю.А., Ярмаковский В.Н. Энергетическая эффективность зданий при комплексном использовании модифицированных легких бетонов // Строительные материалы. 2006. № 1. С. 19-21
10. Озерова Н.А., Кривошеина М.Г. Особенности формирования вторичных ареалов борщевиков Сосновского и Мантегацци (*Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*) на территории России // Российский журнал биологических инвазий. 2018. № 1. С. 78–87. DOI: 10.1134/S2075111718020091
11. Волкова, А.А. Пайков А.В., Столяров О.Н., Семенов С.Г., Мельников Б.Е. Структура и свойства текстильно-армированного бетона // Инженерно-строительный журнал. 2015. №7. С. 50–56. DOI: 10.5862 / MCE.59.5
12. Кирсанов А.И., Столяров О.Н. Механические свойства синтетических волокон для армирования бетона // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 4(80). С. 15–23. DOI: 10.18720/MCE.80.2
13. Ватин Н.И., Петриченко М.Р., Корниенко С.В., Горшков А.С., Немова Д.В. Воздушный режим трехслойной стеновой конструкции // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 6 (45). С. 102-114. DOI: 10.18720/CUBS.45.6
14. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Assessment of enclosing structure unsteady-state moisture behavior using moisture potential theory // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 918. pp. 012113. DOI: 10.1051 / mateconf / 201819303053
15. Zubarev K.P. Gagarin, V.G. Determining the coefficient of mineral wool vapor permeability in vertical position // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. 1259. Pp. 593-600. DOI: 10.1007 / 978-3-030-57453-6_56
16. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Graphical method for determination of maximum wetting plane position in enclosing structures of buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 753. Pp. 022046. DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022046
17. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Position control of maximum wetting plane for building walls with foam polystyrene heat insulator // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 753. Pp. 022045. DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022045
18. Vatin N., Sultanov S., Krupina A. Comparison of thermal insulation characteristics of pir, mineral wool, carbon fiber, and aerogel // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. 983. pp. 877-883. DOI: 10.1007/978-3-030-19868-8_86
19. ГОСТ 7076-99 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. – М.: 1999. – 23 с.
20. Petrichenko M., Ostrovaia A., Statsenko E. The glass ventilated facades – research of an air gap // Applied

Mechanics and Materials. 2015. 725-726. pp. 87-92. DOI.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.87

21. Gamayunova O., Gumerova E., Miloradova N. Smart glass as the method of improving the energy efficiency of high-rise buildings // E3S Web of Conferences. 2018. С. 02046. DOI: 10.1051/e3sconf/20183302046

22. Udoyo F. F., Young D. T., Inyang H.I., Oparadu E. E Potential of wood waste ash as an additive in concrete // Journal of Materials in Civil Engineering. 2006. 18 (4). DOI: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2006)18:4(605)

23. Li M., Khelifa M., Ganaoui M. El. Mechanical characterization of concrete containing wood shavings as aggregates // International Journal of Sustainable Built Environment. 2017. 2 (6). Pp 587-596. DOI.org/10.1016/j.ijsbe.2017.12.005

24. Chowdhury S., Maniar A., Suganya O.M. Strength development in concrete with wood ash blended cement and use of soft computing models to predict strength parameters // Journal of Advanced Research. 2015. 6 (6). Pp. 907–913. DOI: 10.1016/j.jare.2014.08.006

25. Куправа Л.Р., Никольников Р.С. Современные технологии строительства. Несъемная опалубка durisol (дюрисол) - строительные блоки на основе природных материалов // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. 2014. С. 199-202

26. Batayneh M., Marie I., Asi I. Use of selected waste materials in concrete mixes // Waste Management. 2007. 27(12). pp. 1870–1876. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.07.026

27. Naik T.R., Kraus R.N., Siddique R. CLSM containing mixture of coal ash and a new pozzolanic material // Aci Materials Journal. 2003. 100(3). Pp. 208–215.

28. Morales-Conde M.J., Rodríguez-Liñán C., Pedreño-Rojas M.A. Physical and mechanical properties of wood-gypsum composites from demolition material in rehabilitation works // Construction and Building Materials. 2016. 114. Pp. 6–14. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.137

29. Мусорина Т.А. Конструктивное обеспечение теплотехнической эффективности стеновых ограждений зданий: дисс. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2020. 159 с. DOI: 10.18720/SPBPU/2/r20-42

REFERENCES

1. Cherkashin A., Begich Y., Sherstobitova P., Semencha A., Doroshin I. Heat-resistant properties of construction composites based on nanocarbon cement (ncmc) // E3S Web of Conferences. 2018 Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE 2018. 2019. pp. 02029. DOI: 10.1051/e3sconf/2019102029

2. Ramagea M. H., Burrige H. The wood from the trees: The use of timber in construction // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. 68. Pp. 333-359. DOI: 10.17863/CAM.10386

3. Sabbaghian, M., & Kheyroddin, A. Flexural strengthening of RC one way slabs with high-performance fiber-reinforced cementitious composite laminates using steel and GFRP bar // Engineering Structures. 2020. 221. Pp. 111106. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111106

4. Thandavamoorthy, T. S. Wood waste as coarse aggregate in the production of concrete // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2015. 20(2). Pp. 125–141. DOI: 10.1080/19648189.2015.1016631

5. Morales-Conde M. J., Rubio-de-Hita P., Pérez-Gálvez, F. Composite Mortars Produced with Wood Waste

from Demolition: Assessment of New Compounds with Enhanced Thermal Properties // Journal of Materials in Civil Engineering. 2018. 30(2). Pp. 04017273. DOI: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002148

6. Safin R.G., Stepanov V.V., Khairullina E.R., Gainullina A.A., Stepanova T.O. Modern construction composite materials based on wood waste // Bulletin of Kazan Technological University. 2014. №20. Pp. 123-128

7. Kolosova A.S., Pikalov E.S. Modern effective thermal insulation materials based on wood raw materials // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2021. № 3. Pp. 66-77

8. Musorina T.A., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Substantiation of constructive measures to increase the energy efficiency of wall fences // Vestnik MGSU. 2017. T. 12. № 11 (110). Pp. 1269-1277. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.11.1269-1277

9. Matrosov Yu.A., Yarmakovskiy V.N. Energy efficiency of buildings with integrated use of modified lightweight concretes // Building materials. 2006. № 1. Pp. 19-21

10. Ozerova N.A., Krivosheina M.G. Features of the formation of secondary areas of Sosnovsky and Mantegazzi hogweed (*Heraculum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*) on the territory of Russia // Russian Journal of Biological Invasions. 2018. № 1. Pp. 78–87. DOI: 10.1134/S2075111718020091

11. Volkova, A.A. Paikov A.V., Stolyarov O.N., Semenov S.G., Melnikov B.E. Structure and properties of textile-reinforced concrete // Engineering and Construction Journal. 2015. №7. Pp. 50–56. DOI: 10.5862/MCE.59.5

12. Kirsanov A.I., Stolyarov O.N. Mechanical properties of synthetic fibers for concrete reinforcement // Civil Engineering magazine. 2018. № 4(80). Pp. 15–23. DOI: 10.18720/MCE.80.2

13. Vatin N.I., Petrichenko M.R., Kornienko S.V., Gorshkov A.S., Nemova D.V. Air mode of a three-layer wall structure // Construction of unique buildings and structures. 2016. № 6 (45). Pp. 102-114. DOI: 10.18720/CUBS.45.6

14. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Assessment of enclosing structure unsteady-state moisture behavior using moisture potential theory // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 918. pp. 012113. DOI: 10.1051/mateconf/201819303053

15. Zubarev K.P. Gagarin, V.G. Determining the coefficient of mineral wool vapor permeability in vertical position // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. 1259. Pp. 593-600. DOI: 10.1007/978-3-030-57453-6_56

16. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Graphical method for determination of maximum wetting plane position in enclosing structures of buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 753. Pp. 022046. DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022046

17. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Position control of maximum wetting plane for building walls with foam polystyrene heat insulator // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 753. Pp. 022045. DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022045

18. Vatin N., Sultanov S., Krupina A. Comparison of thermal insulation characteristics of pir, mineral wool, carbon fiber, and aerogel // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. 983. pp. 877-883. DOI: 10.1007/978-3-030-19868-8_86

19. GOST 7076-99 Materials and construction products. Method for determining thermal conductivity and thermal resistance in a stationary thermal regime. – M.: 1999. – 23 p.
20. Petrichenko M., Ostrovaia A., Statsenko E. The glass ventilated facades – research of an air gap // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. 725-726. pp. 87-92. DOI.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.87
21. Gamayunova O., Gumerova E., Miloradova N. Smart glass as the method of improving the energy efficiency of high-rise buildings // *E3S Web of Conferences*. 2018. P. 02046. DOI: 10.1051 / e3sconf / 20183302046
22. Udoeyo F. F., Young D. T., Inyang H.I., Oparadu E. E Potential of wood waste ash as an additive in concrete // *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2006. 18 (4). DOI: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2006)18:4(605)
23. Li M., Khelifa M., Ganaoui M. El. Mechanical characterization of concrete containing wood shavings as aggregates // *International Journal of Sustainable Built Environment*. 2017. 2 (6). Pp 587-596. DOI.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.12.005
24. Chowdhury S., Maniar A., Suganya O.M. Strength development in concrete with wood ash blended cement and use of soft computing models to predict strength parameters // *Journal of Advanced Research*. 2015. 6 (6). Pp. 907–913. DOI: 10.1016/j.jare.2014.08.006
25. Kuprava L.R., Nikulnikov R.S. Modern construction technologies. Durisol permanent formwork (durisol) - building blocks based on natural materials // *Scientific support for the development of agriculture in the conditions of reform*. Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference of the teaching staff.2014. Pp. 199-202
26. Batayneh M., Marie I., Asi I. Use of selected waste materials in concrete mixes // *Waste Management*. 2007. 27(12). pp. 1870–1876. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.07.026
27. Naik T.R., Kraus R.N., Siddique R. CLSM containing mixture of coal ash and a new pozzoloanic material // *Aci Materials Journal*. 2003. 100(3). Pp. 208–215.
28. Morales-Conde M.J., Rodríguez-Liñán C., Pedreño-Rojas M.A. Physical and mechanical properties of wood-gypsum composites from demolition material in rehabilitation works // *Construction and Building Materials*. 2016. 114. Pp. 6–14. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.137
29. Musorina T.A. Constructive provision of thermal efficiency of wall fences of buildings: diss. ... candidate of Technical Sciences. Saint-Petersburg, 2020. 159 p. DOI: 10.18720/SPBPU/2/r20-42

IMPROVING THE PROPERTIES OF A CONCRETE COMPOSITE REINFORCED WITH A DRY PLANT ADDITIVE

Musorina T.A., Petritchenko M.R., Zaborova D.D., Gamayunova O.S., Kukolev M.I.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya st.,
St. Petersburg, 195251, Russian Federation

Abstract. The article analyzes the existing data on the use of organic additives in concrete in order to improve its thermal characteristics. The most promising types of additives for reinforcement have been identified, a series of experimental studies have been carried out and data on the strength and thermal characteristics of the obtained concretes have been obtained. Detailed conclusions and recommendations on the application of the obtained results are given.

Subject: the use of plant additives improves the thermal and mechanical properties of concrete composites. Wood additives are the most popular and environmentally friendly, they are used in the form of chips, shavings and ash. The article suggests using dry hogweed chips with a length of 25 mm and 50 mm as an additive in concrete. Samples were made from polypropylene fibers and controls (samples without additive) for comparison. The purpose of the work is to study the thermal and mechanical properties of the new concrete composite.

Materials and methods: each series of concrete composite consists of three samples. Using tests, the thermal conductivity of the concrete composite and the flexural strength mechanical properties were determined. Using three-point bending tests on the Instron 5965 installation (USA), the maximum load and normal stress were determined. The thermal conductivity of the new concrete composite was determined at the PIT 2.1 installation under a stationary thermal regime.

Results: the obtained results showed a certain increase in normal stress by 29% for the sample with the additive length 50 mm. The thermal conductivity of the new concrete composite is 43% less than the thermal conductivity of control concrete composite, hence the thermal resistance increases. This additive not only improves the mechanical and thermal properties of the material, but also makes it lighter, which significantly reduces the load from the enclosing and supporting structures.

Conclusions: the proposed plant additive improves not only the properties of concrete, but also reduces the amount of weed. This additive must be tested in wet form to avoid the formation of sediment on the surface of the hogweed and to check the mechanical and thermal properties.

Key words: additive in concrete, hogweed, thermal conductivity, thermal resistance, normal stress, flexural strength.