

Пероксид водорода наиболее эффективно снижает разбухание фанеры по толщине. На уровнях варьирования доли добавки 0,25...1,50 % значение показателя разбухания меньше, чем без данной добавки, а также меньше, чем при добавке железоаммонийных квасцов (0,50...1,50 %), диметилглиоксима (0,25...1,00 % в сухом виде и 0,75...1,50 % в виде суспензии).

Положительное влияние хлорида алюминия (1,00...1,50 %), хлорида магния (0,25...0,75 %) сульфосалициловой кислоты и сульфата цинка (0,25...0,50 %) несколько ниже и наблюдается также в указанных диапазонах варьирования.

При использовании хлорида железа III и сульфата алюминия разбухание фанеры выше, чем без модификации, это позволяет сделать вывод, что данные модификаторы положительно влияют на механические свойства фанеры, но при этом снижают гидролитическую устойчивость связующего.

В целом, можно отметить, что добавка пероксида водорода в качестве модификатора фенолоформальдегидного связующего позволяет при снижении температуры прессования сформировать более гидролитически устойчивую матрицу связующего и улучшить водостойкость фанеры ФСФ.

### Список литературы

1. Древесные плиты и фанера сегодня: цифры, факты, проблемы и перспективы развития // ПРОДЕРЕВО. URL: <https://proderevo.net/industries/wooden-plates/drevesnye-plity-i-fanera-segodnya-tsifry-fakty-problemy-i-perspektivy-razvitiya.html> (дата обращения: 02.03.2021).
2. Бесчастнов А. Тенденции замещения и потенциал роста: фанера, OSB, ДСП, MDF // ПРОДЕРЕВО. URL: <https://proderevo.net/industries/wooden-plates/tendentsii-zameshcheniya-i-potentsial-rosta-fanera-osb-dsp-mdf.html> (дата обращения: 02.03.2021).
3. Вахнина Т. Н., Федотов А. А., Сусоева И. В. Влияние модификаторов на время отверждения фенолоформальдегидного связующего для прессования фанеры при низкотемпературном режиме // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 4(36). С. 99–108.
4. Федотов А. А., Вахнина Т. Н., Котиков С. А. Повышение прочностных показателей фанеры ФСФ путем использования модифицирующих добавок к связующему // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 1(37). С. 124–135.
5. Mirski R., Dziurka D., Lecka J. Potential of shortening pressing time or reducing pressing temperature for plywood resinated with PF resin modified using alcohols and esters // European Journal of Wood and Wood Products. 2011. Vol. 69. No. 2. Pp. 317–323.
6. Sedliacik J., Bekhta P., Potapova O. Technology of low-temperature production of plywood bonded with modified phenol-formaldehyde resin // Wood research. 2010. Vol. 55(4). Pp. 124–130.
7. ГОСТ 33121–2014. Конструкции деревянные клееные. Методы определения стойкости клеевых соединений к температурно-влажностным воздействиям. М. : Стандартиформ, 2019. 14 с.

УДК 666.973.3:674.8; 674.046

**В. Ю. Чернов,**

к. т. н., доцент кафедры «Стандартизация, сертификация и товароведение», Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, Россия,  
[chernovvy@volgatech.net](mailto:chernovvy@volgatech.net)

**И. Г. Гайсин,**

к. т. н., доцент кафедры «Лесопромышленные и химические технологий», Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия

**А. А. Палкин,**

магистрант, ФГБОУ ВО «ПГТУ», Йошкар-Ола, Россия

**Е. М. Мальцева,**

студент, ФГБОУ ВО «ПГТУ», Йошкар-Ола, Россия

### БЕТОН НА ОСНОВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ ТМД: ОСОБЕННОСТИ МАТЕРИАЛА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Представлены теплоизоляционные свойства легкого бетона на основе ТМД. Проведены исследования прочности на сжатие и теплопроводность нового материала при использовании различных наполнителей. Результаты исследования показали целесообразность использования наполнителя из ТМД при использовании низкосортной древесины для производства арболита.*

**Ключевые слова:** арболит, бетон на основе ТМД, низкосортная древесина.

**V. Yu. Chernov,**

Ph. D., Associate Professor, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russian Federation, [chernovvy@volgatech.net](mailto:chernovvy@volgatech.net)

**I. G. Gaisin,**

Ph.D, Associate Professor, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russian Federation

**A. A. Palkin,**

master's degree student, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russian Federation

**E. M. Maltseva,**

student, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russian Federation

## THE CONCRETE BASED ON TMW FILLER: FEATURES OF THE MATERIAL AND PROSPECTS OF USE

*The thermal insulation properties of lightweight concrete based on TMW are presented. Studies of the compressive strength and thermal conductivity of the new material with the use of various fillers were carried out. The results of the study showed the feasibility of using a TMW filler when using low-grade wood for the production of arbolite.*

**Ключевые слова:** arbolite, concrete based on TMW, low-grade wood.

Одним из распространенных современных материалов бесспорно является бетон. Его область применения обширна, начиная от строительства и заканчивая декоративными работами. Он зарекомендовал себя как прочный относительно неприхотливый материал для гражданского и промышленного строительства. Достаточно широкое распространение приобрел и легкий бетон на основе цементного вяжущего, органических заполнителей и специальных добавок, известный как арболит [1]. Данный материал изготавливается как конструкционным, так и теплоизоляционным. Несмотря на высокие теплоизоляционные свойства (теплопроводность 0,07...0,16 Вт/(м·с)) имеются существенные недостатки, один из которых – это высокая гигроскопичность материала и невысокая марочная прочность [2]. Хорошая впитываемость и сохраняемость влаги создают некомфортные условия проживания или опасность, вызванную образованием плесени или разрушением материала в результате переувлажнения. Основной причиной этого является использование древесной щепы или стружки как основного наполнителя.

Для улучшения эксплуатационных свойств легких бетонов целесообразно использовать в качестве наполнителя термически модифицированную древесину (ТМД) исходя из следующих положений:

1) она обладает существенно меньшей гигроскопичностью и изменчивостью размеров (усушка/разбухание) по сравнению с необработанной древесиной;

2) отсутствие или малое содержание экстрактивных веществ в древесине улучшает процесс образования цементного камня и повышает адгезионные свойства между ним и древесным наполнителем, повышая прочность бетона в целом;

3) снижение плотности древесины в процессе термической модификации улучшает её теплоизоляционные свойства.

Для экспериментального подтверждения указанных преимуществ на базе малого инновационного предприятия «НовЛесТех», занимающегося термической модификации древесины, были разработаны [3], изготовлены и исследованы образцы бетона с различным наполнителем из ТМД (см. табл. 1).

Таблица 1

Характеристики пробных образцов легкого бетона с наполнителем из ТМД

Тип бетона	Состав	Особенности полученного материала
1	Стандартное соотношение портландцемента М500, щепы ТМД хвойных пород и воды	Исследования влагопоглощения и прочности на сжатие показали результат, существенно не отличающийся от обычного арболита. Низкая прочность на сжатие вследствие слабой адгезии между частицами щепы
2	Портландцемент М500, игольчатая стружка ТМД хвойных пород, песок, добавки (силикат натрия и гашеная известь)	Небольшая толщина стружки ТМД 1-1,5 мм придает ей гигроскопичность на уровне необработанной древесины, таким образом теряются преимущества от термической модификации. В процессе производства значительно увеличивается потребление воды при приготовлении смеси, существенно увеличивается время схватывания бетона даже при тепловлажностной автоклавной обработке и, как результат, низкое качество полученного бетона
3	Портландцемент М500, дробленка ТМД хвойных пород, песок, добавки (силикат натрия и гашеная известь)	Использование добавок существенно не улучшило адгезионные свойства и прочность на сжатие. Замечено, что в процессе исследования на сжатие разрушение образца начиналось от заостренных концов дробленки
4	Портландцемент М500, гранулообразный (цилиндрический) наполнитель ТМД ели, песок	Получены существенно более высокие эксплуатационные характеристики в отличие от трех предыдущих типов бетона

Легкий бетон 4 (см. табл. 1) типа содержит наполнитель в виде термически модифицированной древесины сухостойной ели круглого сечения специально изготовленный в виде гранул (цилиндра) диаметром около 20 мм и длиной вдоль волокон 30...35 мм. Перед приготовлением смеси наполнитель отдельно вымачивался в растворе, обладающим способностью обезжиривания. Технология изготовления бетона была стандартной и заключалась в перемешивание смеси цементного вяжущего, мелкого заполнителя в виде песка и крупного заполнителя в виде ТМД, в последующем вибролитье и тепловлажностной автоклавной выдержке.

Априорные исследования прочности на сжатие и теплопроводность данного бетона проводились в сравнении с силикатным кирпичом, газобетонным и полнотелым керамзитобетонным блоками. Всего было подготовлено по 8 образцов каждого из них. Все образцы имели стандартные для кирпича размеры 120×80×250 мм.

Прочность на сжатие исследовалась на универсальной испытательной машине (УИМ) SHIMADZU. Для этого образцы распиливались для получения параллелепипеда с размерами 120×80×120 мм. Средняя максимальная нагрузка на сжатие и предел прочности на сжатие представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты исследования и расчета прочности на сжатие

Материал	Максимальная нагрузка, кН	Предел прочности на сжатие, МПа	Класс прочности
Силикатный кирпич (СК)	более 45*	более 3,13	выше В2,5
Керамзитобетонный блок (КБ)	28,4	1,97	В1,5
Газобетонный блок (ГБ)	28,5	1,98	В1,5
Блок с наполнителями из ТМД ели (легкий бетон 4 типа БТМД)	более 45*	более 3,13	выше В2,5

\* максимально возможная нагрузка УИМ.

Силикатный кирпич и блок с наполнителями из ТМД ели показали самые высокие показатели прочности на сжатие. При этом в виду технических возможностей УИМ нагрузка была искусственно ограничена 45 кН, поэтому реальный предел прочности на сжатие определить не удалось. Однако, средний предел прочности кирпичей варьируется от 7,5 до 30,0 МПа.

Для исследования теплопроводности использовалась электрическая плитка мощностью 500 Вт. Образцы материала по очереди укладывались плашмя на нагревательный элемент плитки. Нагрев осуществлялся постоянно в течение 50 мин. В процессе нагрева на противоположной поверхности блока осуществлялось измерение температуры. Температура окружающей среды –15 °С. Результаты измерений представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты сравнительного исследования теплопроводности материалов

Время с начала нагрева, мин.	Температура поверхности противоположной поверхности блока, °С			
	СК	КБ	ГБ	БТМД
25	18,7	17,9	меньше 0	3,9
30	31,4	28,5	меньше 0	13,1
35	48,4	39,6	2,6	26
40	55,6	48,9	19,4	35,6
45	64,5	54,3	29,7	47,3
50	75,2	60,6	35,1	50,9

Диаграмма, характеризующая нагрев противоположной стороны блоков с течением времени представлена на рисунке.

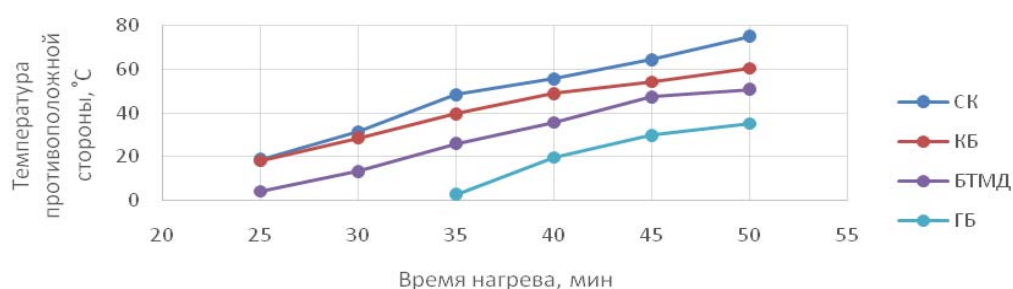


Рис. Температура поверхности противоположной поверхности блока

Легкий бетон 4 типа имеет существенно меньшую теплопроводность, чем керамзитобетон и силикатный кирпич, уступая лишь газобетону.

Учитывая тот факт, что ТМД как материал является не дешевым в изготовлении, его использование может быть целесообразно при использовании низкосортной древесины. Также с целью решения проблем рационального использования лесных ресурсов предлагается для производства наполнителя из ТМД применять древесину сухостойной ели. Следует отметить, что ель среди распространенных в России пород имеет одну из наименьших величин теплопроводности (0,11 Вт/(м·с)).

Несмотря на то, что сами исследования являются упрощенными и выполнены не по стандартным методикам, их результаты получились наглядными и позволяют предположить высокую конкурентоспособность разработанного строительного материала, благодаря сочетанию таких свойств как высокая прочность, низкая гигроскопичность и относительно малая теплопроводность.

#### Список литературы

1. ГОСТ 19222–2019. Арболит и изделия из него. Общие технические условия. Введ. 01.01.2020. М. : Стандартинформ, 2019. 36 с.
2. Справочник по производству и применению арболита / П. И. Крутов, И. Х. Наназашвили, Н. И. Склизков, В. И. Савин ; под ред. И. Х. Наназашвили. М. : Стройиздат, 1987. 208 с.
3. Чернов В. Ю., Гайсин И. Г., Мальцева Е. М. Арболитовая смесь. Заявка № 2020142177 от 21.12.2020.

УДК 674.047.3

**А. И. Шагеева,**

старший преподаватель кафедры АрД, ФГБОУ ВО «Казанского национального исследовательского технологического университета», г. Казань, РФ,  
*sham.adilya@yandex.ru*

**Р. Р. Сафин,**

д. т. н., зав. кафедрой АрД, ФГБОУ ВО «Казанского национального исследовательского технологического университета», г. Казань, РФ,  
*cfaby@mail.ru*

**П. А. Кайнов,**

к. т. н., доцент кафедры АрД, ФГБОУ ВО «Казанского национального исследовательского технологического университета», г. Казань, РФ,  
*petr.k@plastline.org*

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СВЧ-ПОЛЕ

*Данная работа выполнялась при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (МК-2246.2020.8)*

*В данной статье представлена разработанная математическая модель теплопереноса в условиях внутренней задачи в процессе сушки и термической обработки древесины в вакуумной СВЧ-установке. В ходе реализации разработанной модели опытными испытаниями по термомодифицированию пиломатериалов была проведена проверка математической модели на адекватность.*

**Ключевые слова:** *сушка, термомодифицирование, математическое моделирование, теплоперенос, древесина.*

**A. I. Shageeva,**

assistant of the Department of Architecture and Design of Wood Products, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation,  
*sham.adilya@yandex.ru*

**R. R. Safin,**

Doctor of Science in Engineering, Chairs the Department of Architecture and Design of Wood Products, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation,  
*cfaby@mail.ru*

**P. A. Kaynov,**

PhD of Science in Engineering, Associate Professor of the Department of Architecture and Design of Wood Products, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation,  
*petr.k@plastline.org*

#### MATHEMATICAL MODEL FOR THE PROCESS OF HEAT TREATMENT OF WOOD MATERIALS IN A MICROWAVE ENVIRONMENT