

Напряженность электрического поля, которое создает точечный заряд, определяется законом Кулона:

$$E = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{q_3}{r^2}, \quad (9)$$

при этом заряд

$$q_3 = CU, \quad (10)$$

В ходе реализации математической модели была доказана удовлетворительная сходимость опытных и расчетных данных, что говорит об адекватности разработанной модели.

#### Список литературы

1. Разумов Е. Ю., Сафин Р. Р., Шамсутдинова А. И. Современные российские исследования и разработки в области термомодифицирования пиломатериалов. *Деревообрабатывающая промышленность*. 2017. № 3. С. 5–12.
2. Кайнов П. А., Мухаметзянов Ш. Р., Шамсутдинова А. И., Мухтарова А. Р. Математическая модель процесса сушки пиломатериалов в вакуумной СВЧ установке. *Деревообрабатывающая промышленность*. 2017. № 4. С. 17–21.
3. Шагеева А. И., Сафин Р. Р., Мухаметзянов Ш. Р., Порфирьева К. М. Математическое моделирование процессов сушки пиломатериалов в СВЧ-среде / Актуальные проблемы лесного комплекса. 2020. В. 57. С. 71–74.
4. Шамсутдинова А. И., Кайнов П. А., Моделирование процесса сушки пиломатериала в вакуумной СВЧ установке // Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции «БУДУЩЕЕ НАУКИ – 2018». 2018. Т. 4. С. 313–316.

УДК674.816.2

**В. Д. Эскин,**

магистрант 1 курса, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологии имени академика М. Ф. Решетнева», г. Красноярск, РФ,  
[vladislaweskin@gmail.com](mailto:vladislaweskin@gmail.com)

**А. И. Криворотова,**

к. т. н., доцент кафедры ТКМД, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологии имени академика М. Ф. Решетнева», г. Красноярск, РФ,  
[tkmkai@mail.ru](mailto:tkmkai@mail.ru)

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ И СВОЙСТВ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ

*Участие в конференции поддержано Красноярским краевым фондом науки <http://www.sf-kras.ru>.*

*Современные тенденции последних десятилетий показывают значительный рост интереса к экологически чистым композиционным материалам на основе древесного сырья. Кусковые отходы деревообработки, опилки, кора – вторичное древесное сырье, применение которого позволяет обеспечить комплексную переработку древесины без увеличения количества ее заготовки. Одним из способов переработки отходов является механоактивация. В работе определены способы и режимы изготовления экологически чистых плотных материалов на основе механоактивированных тонкодисперсионных частиц коры и древесной шишки, исследованы основные физико-механические свойства полученных материалов.*

**Ключевые слова:** механоактивация, древесина, сырье, листовой материал, кавитация, режим, свойства.

**V. D. Eskin,**

1st yearmaster'sdegree student, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation,  
[vladislaweskin@gmail.com](mailto:vladislaweskin@gmail.com)

**A. I. Krivorotova,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation,  
[tkmkai@mail.ru](mailto:tkmkai@mail.ru)

### INVESTIGATION OF THE MODES AND PROPERTIES OF SHEET MATERIALS MADE OF MECHANICALLY ACTIVATED WOOD PARTICLES

*Modern trends in recent decades show a significant increase in interest in environmentally friendly composite materials based on wood raw materials. Lumpy wood processing waste, sawdust, bark – secondary wood raw materials, the use of which allows for*

*complex processing of wood without increasing the amount of its harvesting. One of the ways to process waste is mechanical activation. The paper defines the methods and modes of manufacturing environmentally friendly plate materials based on mechanoactivated fine particles of bark and wood cones, and studies the basic physical and mechanical properties of the materials obtained.*

**Keywords:** *mechanical activation, wood, raw materials, sheet material, cavitation, mode, properties.*

Общемировые тенденции последних десятилетий показывают значительный рост интереса к экологически чистым композиционным строительным материалам на основе древесного сырья, в производстве которых не применяются связующие вещества, негативно воздействующие на организм человека в процессе эксплуатации. Традиционные технологии производства строительных материалов не всегда соответствуют требованиям экологической безопасности. Отходы производств таких материалов либо не перерабатываются, либо перерабатываются неэффективно, что также создает угрозу для окружающей среды.

Кусковые отходы деревообработки, опилки, кора – вторичное древесное сырье, требующее дальнейшей переработки. На сегодняшний день все более широкое распространение получают технологии переработки кусковых отходов и опилок в топливные брикеты и гранулы. Такие отходы как кора и шишка хвойных перерабатываются малоэффективно. С 1964 года известна технология производства изоляционных плит из коры, где в качестве связующего выступает бардяной концентрат, который в свою очередь является отходом производства целлюлозы [1]. Кора также используется в качестве основного сырья при изготовлении королита [2]. Известны способы изготовления топливных брикетов из отходов окорки и мелких отходов механической обработки древесины [3]. Отходы древесной шишки, которые образуются на лесозаготовках и семязаготовительных предприятиях не находят широкого применения. Самым известным способом переработки древесной шишки, является производство композиционного материала «Кедропласт». В состав этого материала входит скорлупа кедрового ореха, шелуха кедровой шишки и смола кедра в качестве связующего элемента. Наибольшее распространение кедропласт получил в медицине. Из кедропласта изготавливают лечебные кабины и капсулы [4].

Одним из современных и набирающих популярность способов обработки древесного сырья, целью которого является получение из отходов деревопереработки высококачественных конструкционных, теплоизоляционных или декоративных материалов, является механоактивация. Под механоактивацией понимается метод, основанный на явлении кавитационного воздействия на обрабатываемый древесный материал [5]. В результате такой обработки древесное сырье приобретает активные аутокогезионные свойства, которые обеспечивают полную однородность и высокую слипаемость обработанной древесной массы. Это дает возможность при изготовлении древесных композитов отказаться от введения в состав материала связующих веществ и получать экологически чистые материалы с широким спектром физико-механических свойств.

Для исследования свойств листовых материалов предварительно измельченные отходы древесной коры, шишки и опилок поочередно обрабатывались в установке роторно-пульсационного типа. Результатом обработки являлась водная эмульсия тонкодисперсионных частиц. Под словосочетанием «водная эмульсия тонкоизмельченных частиц» понимается следующее. При циклическом движении измельченного древесного материала в кавитационной установке происходит его дополнительное измельчение за счет гидродинамического удара с одновременным вымыванием из сырья водорастворимых экстрактивных веществ. Последующее фильтрование полученных эмульсий приводит к их разделению на водные экстракты и древесные фракции большой влажности, обладающие высокой пластичностью. Дальнейшие операции подпрессовки и прессования позволяют получать из древесной массы композиционные материалы, обладающие заранее заданными физико-механическими свойствами [6].

Процедура выбора методики прессования плитных композитов без связующих веществ была основана на реализации предварительного эксперимента по изготовлению образцов материала способом холодного и горячего прессования. В результате пробных холодных запрессовок плит на тонкоизмельченной механоактивированной массе было установлено, что изготовленный материал по внешним признакам более подходит к материалам из группы утеплителей на древесной основе [7]. Пробные горячие запрессовки позволили установить, что получаемый материал обладает высокой плотностью и может быть отнесен к группе конструкционных материалов. Изменение режима прессования позволяет изменять физико-механические свойства материала, но при этом не дает возможности изготовить плиты низкой плотности. Плотность материалов на основе механообработанных частиц коры, опилок и шишки варьируется от 800 до 1200 кг/м<sup>3</sup>.

Оптимальные значения режимов холодного и горячего прессования для листовых материалов из механоактивированных частиц коры хвойных и древесной шишки определялись согласно V<sup>3</sup>-плану с использованием программного продукта *Statgraphics*. В результате получены следующие значения режимных параметров горячего прессования: для материалов на основе коры хвойных: температура прессования – 200 °С, удельная продолжительность прессования – 2,3 мин/мм, давление прессования –

1,75 МПа (плотность плит 850 кг/м<sup>3</sup>); для материалов на основе древесной шишки – температура прессования – 230 °С, удельная продолжительность прессования – 3,0 мин/мм, давление прессования – 1,9 МПа (плотность плит 850 кг/м<sup>3</sup>). Полученные материалы обладали следующими отличительными свойствами: для материалов на основе коры хвойных: предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты – 0,9–1,1 МПа, предел прочности при изгибе – 12,2–15,6 МПа (в зависимости от плотности); для материалов на основе древесной шишки: предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты – 0,6–0,85 МПа, предел прочности при изгибе – 6,2–8,0 МПа (в зависимости от плотности). При проведении исследований полученных материалов на показатели водопоглощения и разбухания по толщине изготовленных образцов было отмечено, что образцы разработанного материала на основе коры хвойных практически не смачиваются водой и впитывают влагу очень медленно. Для достижения незначительных изменений данных параметров образцам материала требуется выдержка в воде в течение не менее 3 суток. Образцы материала, изготовленные на основе древесной шишки, имеют невысокие показатели разбухания за 24 ч – от 4,5 до 16,8 % в зависимости от плотности материала. Наименьшими показателями обладают образцы, изготовленные способом горячего прессования с использованием максимальных значений параметров режима прессования.

По результатам проведенных исследований необходимо отметить, что свойства листовых материалов на основе механоактивированных древесных частиц определяются способом их изготовления и режимными параметрами процесса прессования. Полученные материалы обладают достаточно высокими прочностными характеристиками, имеют низкие показатели водопоглощения и разбухания, полностью экологически безопасны и не содержат токсичных связующих веществ.

#### Список литературы

1. Цыбульский Л. М. Свойства древесных плит из отходов окорки сосновой древесины // МОД. 1971. № 3. С. 10.
2. Пинджоян М. Л. Королит – новый строительный материал // Лесная промышленность. 1969. № 10. С. 13–14.
3. Зыков Ф. И. Подготовка древесной коры к сжиганию. М. : 1971. 38 с.
4. Патент № 2343078 Российская Федерация, МПК51С2 В44С 5/04(2006.01), В44С 1/24 (2006.01). Способ получения декоративных изделий из отходов кедровых шишек: № 2006125261: заявл. 13.07.2006: опубл. 10.01.2009 / Степченко В. М. 5 с.
5. Перник А. Д. Проблемы кавитации. Л. : Судостроение, 1966. 440 с.
6. Казицин С. Н. Получение древесных плит без связующих веществ из механоактивированных древесных частиц : дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург : УГЛУ, 2018. 132 с.
7. Технология изготовления теплоизоляционных плит из коры местных пород деревьев // Комплексное использование отходов по материалам тематической выставки и конференции на ВДНХ СССР. М. : Гослесбумиздат, 1961. 70 с.

УДК 674.815

**Ю. П. Данилов,**

к. т. н., доцент кафедры ЛДП, ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет», г. Кострома, РФ,  
*danilov2135@mail.ru*

**Е. С. Хохлова,**

ст. преп. кафедры ЛДП, ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет», г. Кострома, РФ,  
*hohlova\_ec@mail.ru*

**А. А. Федотов,**

к. т. н., доцент кафедры ЛДП, ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет», г. Кострома, РФ,  
*aafedotoff@yandex.ru*

**И. В. Сусоева,**

к. т. н., доцент кафедры ЛДП, ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет», г. Кострома, РФ,  
*i.susoeva@yandex.ru*

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПО СЕЧЕНИЮ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ БРУСКОВ ЭКСТРУЗИОННОГО ПРЕССОВАНИЯ