

4. Кузьмич В.В. Технологии упаковочного производства: учеб. пособие. – Минск: Изд-во «Выш. шк», 2012. – 384 с.

5. Поддоны из опилок // Официальный сайт ГК «LESPT». Режим доступа: <https://www.v-hold.ru/stati/poddony-iz-opilok/>, свободный (дата обращения: 02.02.2025).

6. Прессованные поддоны из древесной стружки // Официальный сайт ООО «РуфБелКом». Режим доступа: <https://rufbel.com>, свободный (дата обращения: 04.03.2025).

7. Шипинский В.Г. Упаковка и средства пакетирования: учеб. пособие. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 415 с.

УДК 691.115

Использование древесноволокнистых отходов в качестве подложки под ламинат и производства деталей обуви

К.И. Тарутько¹, Ю.В. Дойлин¹, И.М. Грошев¹, А.Н. Буркин², К.О. Бужинская²

¹ОАО «Витебскдрев»

²УО «ВГТУ»

Рассматриваются вопросы импортозамещения, связанные с изготовлением поддонов из прессованной древесной стружки, в Республике Беларусь, в т. ч. с использованием сырья и материалов, применяемым оборудованием для изготовления поддонов, преимуществом данного вида изделий и рынка поддонов.

Ключевые слова: тара, поддоны, транспортные поддоны, импортозамещение, преимущество поддонов, сырьё и материалы, оборудование, древесная стружка, связующие, влагостойкость.

На предприятиях деревообработки, наряду с крупными отходами образуются значительные объёмы дисперсных отходов, которые используются в основном в качестве топлива. Решением проблемы утилизации дисперсных отходов является их вторичное использование в качестве наполнителя для получения волокнисто-наполненных композиционных материалов. Они представляют собой материалы, состоящие из дисперсной фазы, представленной волокнистыми частицами, и одного или нескольких других компонентов, играющих роль связующего (полимер, минерал и т. д.), между которыми имеется граница раздела фаз и адгезионное взаимодействие. Согласно данному определению, волокнистые композиционные материалы представляет собой матрицу, армированную механическим каркасом в виде волокон, что наделяет материал высокой прочностью при относительно малой плотности [6]. Применение предлагаемого способа использования древесноволокнистых отходов обеспечивает значительный экологический эффект за счёт сокращения площадей, используемых под их складирование; позволяет сократить загрязнение атмосферного воздуха близлежащих территорий древесной пылью. Основными преимуществами создания композитов, модифицированных древесноволокнистым напол-

нителем, является не только решение проблемы утилизации отходов, но и их низкая стоимость, размерная стабильность и улучшенные физико-механические свойства.

Влияние волокнистых наполнителей на свойства композита зависит в значительной степени от свойств самого наполнителя. Поэтому для научно-обоснованного создания композиций путём армирования необходимо знать характеристики наполнителей. Качественный анализ их заключается в оценке зернистости, формы и характера распределения частиц по размерам. От формы и размеров частиц зависят: плотность упаковки наполнителя, равномерность распределения частиц, площадь контакта со связующим, реологические, физико-механические и другие свойства [4].

Фракционный состав древесноволокнистой массы оценивают методом фракционирования волокон с помощью механических или оптических сортировщиков [1].

В данной работе в качестве наполнителя использовали волокнистые отходы, образующиеся в результате производства древесных плит. Первичную древесноволокнистую массу для древесноволокнистых плит средней плотности (MDF от англ. *medium density fiberboard*) получают размолотом предварительно пропаренной щепы на волокна в мельнице-дефибраторе [3].

С помощью металлографического микроскопа «Altami MET 5» были изучены особенности строения и внешний вид древесных волокон, что позволило отнести их к классу игольчатых, волокнистых частиц, представляющих собой сплюснутую в зависимости от толщины стенок трубочку (рис. 1).

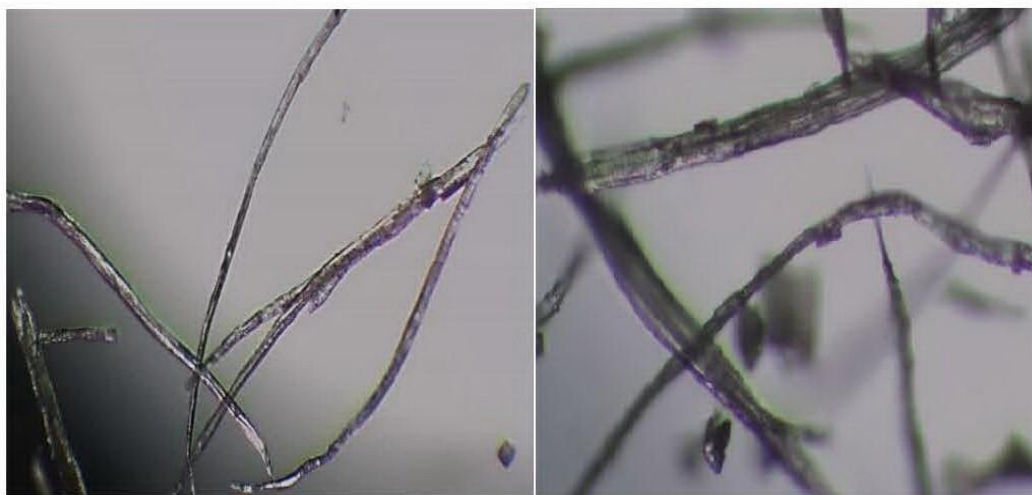


Рис. 1. Микроскопические снимки отходов древесного волокна (10X/0,25 BD, 20X/0,40 BD)

Для определения фракций по размерным характеристикам древесноволокнистые отходы помещали в лабораторный ультразвуковой ситоанализатор «VU100», оснащённый стандартными ситами с размерами сетки от 0,089 мм до 1,980 мм. Сортировщик «VU100» позволяет определить результативность работы участка изготовления волокна. По результатам исследований настраивается оборудование изготовления и размолот щепы на волокна, а также вносятся корректировки непосредственно в технологический процесс.

На ультразвуковом сортировщике в ходе исследований было проанализировано древесное волокно из двух партий по 5 бесповторных выборок, массой 10 г каждая. Волокнистые отходы, расположенные на верхнем сите с наибольшим размером ячеек, просеивались всухую в результате ультразвуковых вибраций и накапливались на ситах в соответствии с размерами ячейковой сетки (рис. 2).

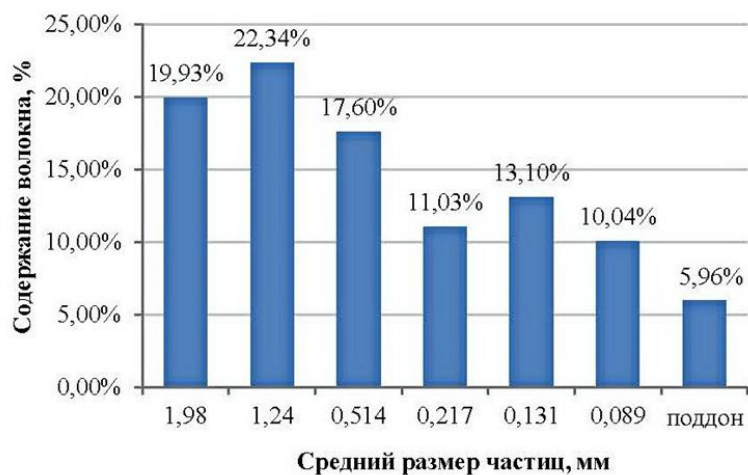


Рис. 2. Фракционное распределение древесного волокна на ситах

Процесс сортировки древесного волокна на фракции занимает незначительное время. Затем каждое отдельное сито взвешивается на лабораторных весах, подсчитывается масса каждой фракции. В результате получаем количественные данные о составе используемого материала. За средний размер частиц наполнителя принимали размер ячейковой сетки сита, на котором оседало волокно. Для проверки однородности дисперсий нескольких выборок вычислялся критерий Кохрена. Расчёты показали, что значение критерия меньше, чем критическое почти в три раза. Коэффициент вариации при этом не превышал 30 %, что говорит об однородности исследуемой волокнистой массы.

Соотношение содержания волокнистого наполнителя и полимерного связующего является определяющим фактором при создании композиционных материалов с заданными технологическими свойствами. При содержании проклеивающей композиции менее 10 % к абс. сух. волокну, волокна склеиваются лишь в отдельных точках. При содержании древесного волокна свыше 25 % от общей массы между отдельными волокнами образуются плёнки [2, с. 223].

Для получения полимерных композиционных материалов в качестве матрицы при исследовании применялись дроблённые отходы обувных картонов следующих марок:

1. Обувной картон марки СЦМ;
2. Обувной картон марки З-1;
3. Обувной картон марки КПЖ.

В основном они хоронятся на полигоне ТБО или подвергаются термическому обезвреживанию, что приводит к негативному воздействию на окружающую среду.

Картон СЦМ заменяет стелечную кожу, так как имеет высокие показатели прочности, влагопоглощения и влагоотдачи, низкую истираемость во влажном состоянии. Он состоит из сульфатной облагороженной целлюлозы, проклеенной синтетическими латексами [5].

Картон 3-1 состоит из кожевенных волокон, проклеен эмульсией латекса с жировой эмульсией. Его используют для изготовления задников повседневной мужской и женской обуви.

Картон КПЖ состоит из растительных волокон, проклеенных органическими веществами. Применяется для изготовления полустелек и укрепления пяточно-гельеочной части обуви.

Длина целлюлозных волокон влияет на физико-механические свойства получаемых материалов. Важной характеристикой стелечных картонов помимо прочности является их гибкость. Короткие целлюлозные волокна не обеспечивают требуемую гибкость, поэтому предпочтительнее использовать целлюлозу, полученную из хвойных пород, имеющих длинные целлюлозные волокна.

С целью установления процентного соотношения различных фракций в исследуемых отходах картонов был использован лабораторный оптический сортировщик волокна *FiberCam 100*.

Оптический сортировщик *FiberCam 100* снабжён пневматической системой для транспортировки волокна и телекамерой, позволяющей получать изображения, на которых видны результаты оптического измерения, идентифицирующего и анализирующего волокно. Измерения проводятся неразрушающим методом, прибор автоматически исключает чрезмерно скрученные и наложенные друг на друга волокна, что даёт возможность получать более точные результаты эксперимента. Фракционное распределение отходов картона представлено на рис. 3, 4 и 5.

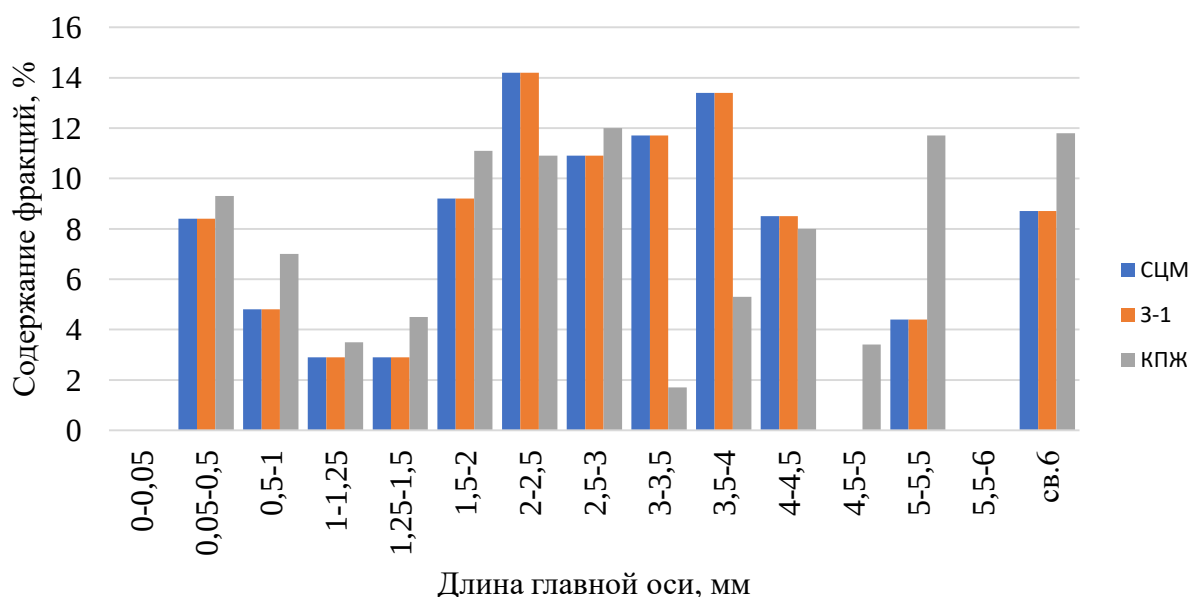


Рис. 3. Распределение дроблённых отходов картонов по главной оси (характеристика, отвечающая за длину частиц)

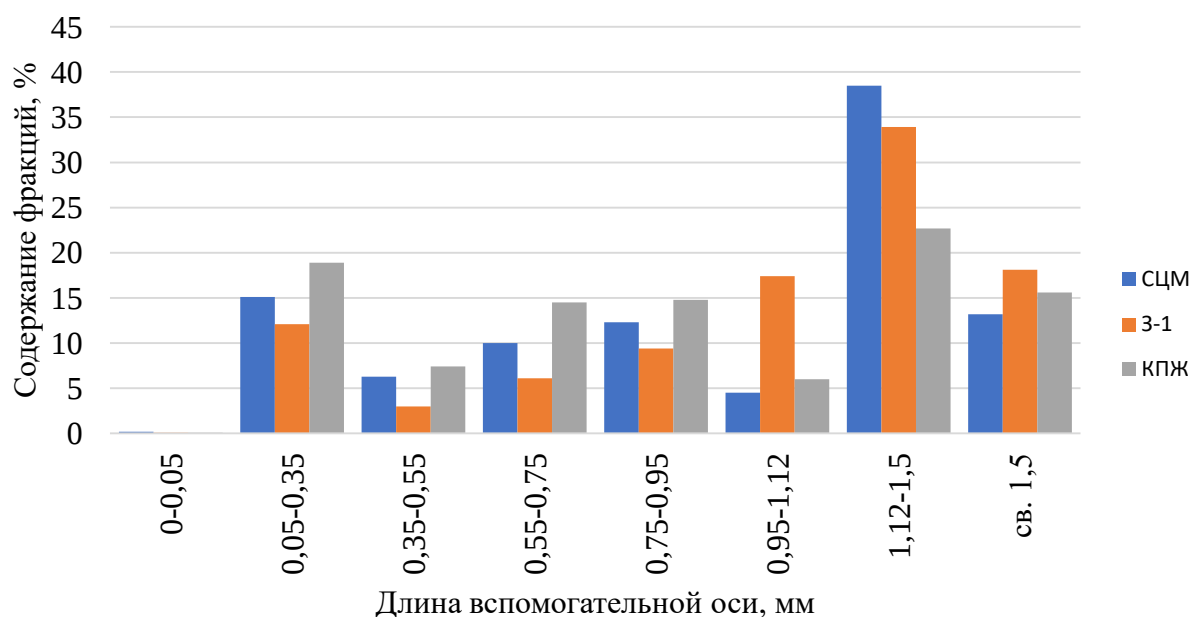


Рис. 4. Распределение дроблённых отходов картонов по вспомогательной оси (характеристика, отвечающая за ширину частиц)

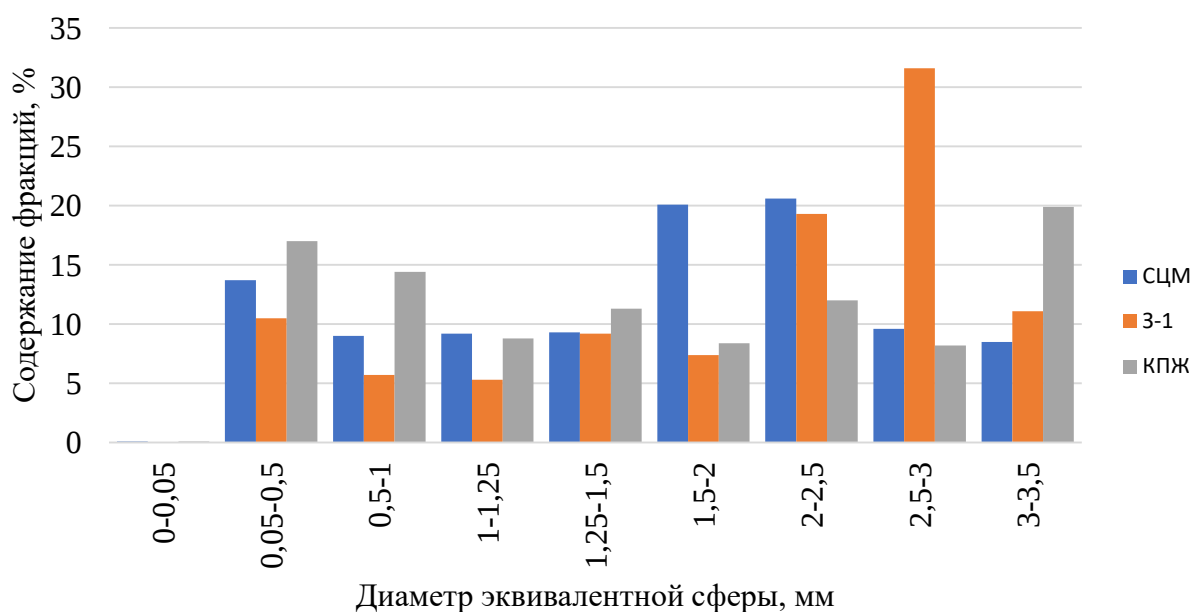


Рис. 5. Распределение дроблённых отходов картонов по диаметру эквивалентной сферы (характеристика, отвечающая за объём частиц)

Фракционное распределение показывает, что при измельчении обувных картонов были получены равные фракции разных видов картонов. Результаты исследований использовались при разработке технологии получения листовых материалов из отходов производства обувного картона и отходов древесного волокна. Состав композиции для изготовления образцов – отходы волокна производства MDF, измельчённый обувной картон, клей на основе КФС, отвердитель, карбамид (для снижения токсичности изделий).

Образцы изготавливались методом термоформования с использованием горячего гидравлического пресса. Регулировались давление, температура и

время прессования. Фракционное распределение материала по длине, ширине и объёму показывает их неравномерность, что позволяет использовать древесное волокно мелкой фракции в качестве наполнителя композиции, а длинное волокно – в качестве армирующей добавки.

Наиболее технологичным и эффективным в композиции является целлюлозный картон марки СЦМ. Это объясняется наличием в нём функциональных групп, характерных для целлюлозных волокон ($-\text{CO}$, $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, фенольные и др.), а также остаточным содержанием вещества, используемого в производстве картона. При незначительном увлажнении и горячем прессе при температуре 160...180 °С они дополнительно способствуют повышению прочности образцов. Также отходы можно использовать для получения экологически чистых изделий для подложки под ПНЛ и деталей низа обуви.

Целлюлозный картон поэтому составляет основу композиции. Остальные отходы картонов входили в состав в качестве наполнителя и частично как проклеивающая добавка, т. к. при температуре около 160 °С они переходили в пластичное состояние и проклеивали композиционную смесь. Следует отметить, что при температуре свыше 160 °С они разрушались, снижая тем самым прочность материала, его внешний вид, образуя на поверхности дефекты в виде тёмных пятен (прогаров). Использование их в смеси с древесным волокном, возможно получение материала листового без применения связующего.

В ходе выполнения эксперимента в лабораторных условиях были получены около 20 видов композиционных материалов различного композиционного состава различной толщины, в т. ч. с использованием отходов MDF и древесного волокна мокрого способа производства. Лабораторные образцы испытаны по физико-механическим показателям. Определён оптимальный композиционный состав образцов, определены предполагаемые области использования. По установленной плотности (таблица) исследовали её распределение по толщине образцов (рис. 6) на испытательной установке IBX 600, позволяющей производить взвешивание образцов до 2000 г и измерение геометрических размеров по трём осям до 150 мм с автоматическим внесением измеренных параметров в собственное программное обеспечение и автоматическим расчётом.

Таблица – Плотность образцов

№ обр.	ρ , кг/м ³	№ обр.	ρ , кг/м ³	№ обр.	ρ , кг/м ³	№ обр.	ρ , кг/м ³	№ обр.	ρ , кг/м ³
K0	1174	13,0	1406	21,0	869	30,0	1168	36,0	1106
K1	1049	14,0	1031	23,0	985	31,0	1033	37,0	1057
9,0	904	15,0	1367	24,0	994	32,0	1072	38,0	1079
10,0	1154	16,0	928	25,0	986	33,0	973	–	–
11,1	1114	17,0	1003	26,0	1178	34,0	1159	–	–
11,2	1004	18,0	891	27,0	815	39,0	999	–	–
12,0	1236	19,0	904	28,0	1135	35,0	1076	–	–

О б о з н а ч е н и я: ρ – плотность

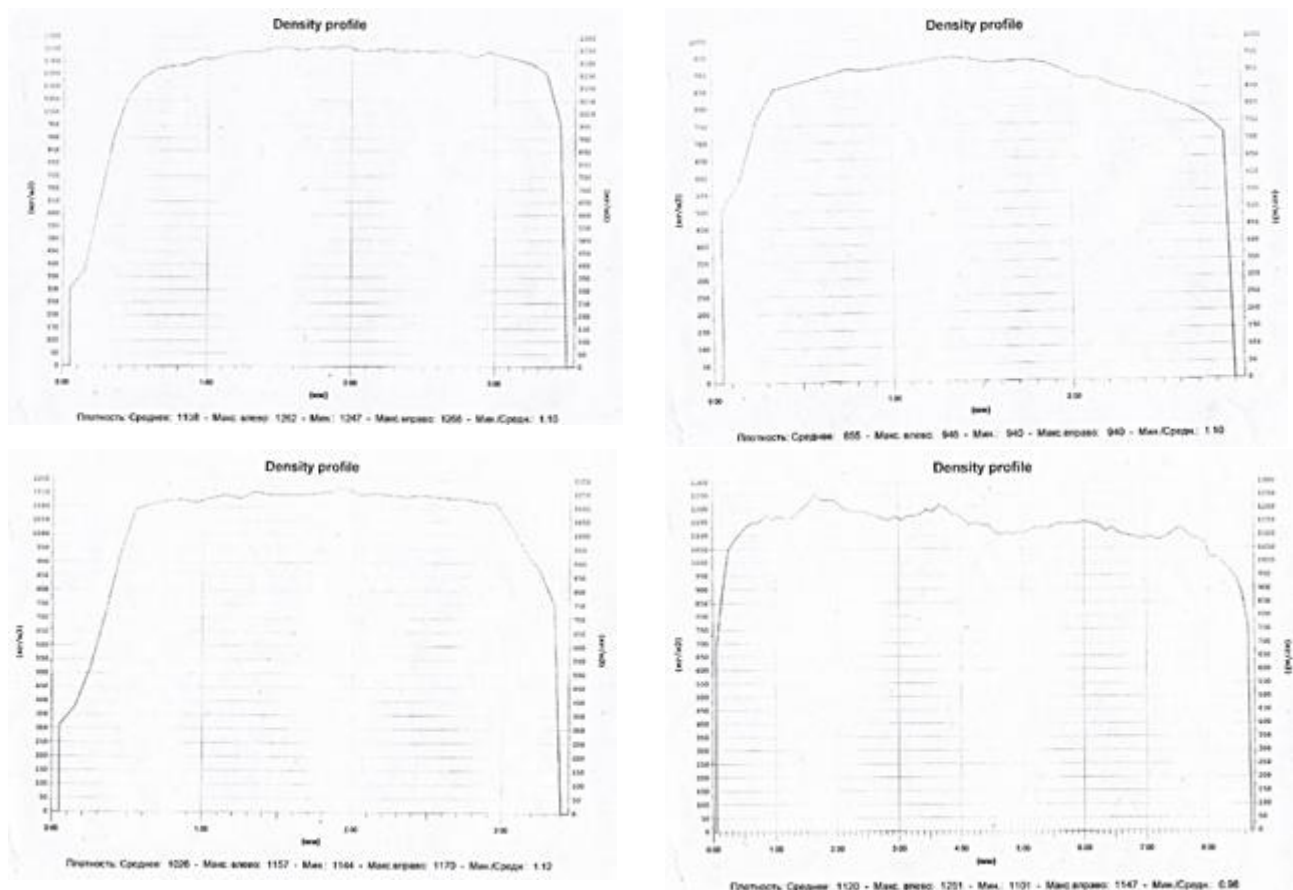


Рис. 6. Распределение плотности по толщине образца (равномерное)

Анализ показывает, что распределение плотности по толщине образцов равномерное, что является важным эксплуатационным признаком. Планируется полупромышленное изготовление образцов размером 500×500 мм для использования в качестве подложки под напольные покрытия и получения деталей обуви (в качестве полустельки и задника). В патентное ведомство Республики Беларусь подана заявка на изобретение композиционного материала.

Кроме того, получены образцы толщиной от 10 до 12 мм различного композиционного состава, которые могут быть использованы в качестве теплоизоляционного материала при обустройстве перегородок в жилых и технических помещениях.

Литература:

1. Буркин А.Н., Радюк А.Н., Дойлин Ю.В., Шаповалов В.М., Зотов С.В., Тимофеев А.А. Получение материалов с заданными свойствами и минимальным количеством ингредиентов // Полимерные композиты и трибология: материалы международной научн.-практич. конференции 28–30 июня 2022 года. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2022. С. 16. EDN: VKQFRL.
2. Буркин А.Н., Шеремет Е.А., Егорова Е.А., Лобацкая Е.М. Материаловедение кожевенно-обувного производства. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2011. 310 с. EDN: XVDRKP.
3. Мерсов Е.Д. Исследование фракционного состава древесноволокнистой массы // Технология древесных плит и пластиков: межвузовский сборник. 1981. Вып. VIII. 1981, № 7, С. 79–86. Режим доступа:

<https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/10736?mode=full>, свободный (дата обращения: 04.03.25 г.).

4. Сафин Р.Г., Саттарова З.Г., Галиев И.М., Салдаев В.А. Композиционные материалы на основе древесных частиц и полимеров // Вестник Казанского государственного технологического университета. 2015. Т.18, №19. С. 184–187. EDN: UYYFKB.

5. Справочник обувщика (Технология) / Михеева Е.Я., Мореходов Г.А., Швецова Т.П. и др. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 416 с.

6. Сушков А.С. Формирование древеснокомпозиционных материалов из отходов деревообработки // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. № 2-1(7-1). С. 160–169.