

**Министерство образования Республики Беларусь**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**  
**(УО «ВГТУ»)**

УДК 685.34.082

Рег. №20240633

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной  
работе УО «ВГТУ»

Е.В. Ванкевич

« 31 » \_\_\_\_\_ 2024 г.

**ОТЧЕТ**

**О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

**СОСТАВ И СТРУКТУРА ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ**  
**КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

(заключительный)

2024-Г/Б-390

Начальник

научно-исследовательской части



В.А. Сажин

Научный руководитель НИР

д.т.н., проф.



А.Н. Буркин

Витебск 2024



## РЕФЕРАТ

Отчет 54 с., 19 рис., 6 табл., 24 источника.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ, ОТХОДЫ, СТЕЛЕЧНЫЙ КАРТОН, РЕЦИКЛИНГ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ПЕНОПОЛИУРЕТАН, СТРУКТУРА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ДЕТАЛИ НИЗА ОБУВИ.

Объектом исследования является древесно-полимерные композиционные материалы, полученные из пенополиуретана и отходов обувных картонов.

Цель работы: получить древесно-полимерные композиционные материалы из отходов производства и исследовать их физико-механические свойства, разработать технологию изготовления новых высоконаполненных древесно-полимерных композитов в виде пластин для подошв обуви.

В ходе работы проведены исследования древесно-волоконистых наполнителей, исследованы физико-механические свойства и структура современных древесно-полимерных композитов для деталей низа обуви, проведен обзор методов использования пенополиуретановых отходов и отходов стелечного картона для получения изделий и материалов различного назначения. Методом каландрования получены образцы материалов из отходов обувной промышленности и исследованы закономерности изменения их свойств в зависимости от процента вложения наполнителя.

Практическая значимость результатов исследования состоит в получении материалов с определенным комплексом свойств, соответствующих требованиям ТНПА и находящимися в рамках традиционно используемых материалов для низа обуви. Использование разработанной технологии позволяет перерабатывать практически все вновь образующиеся отходы пенополиуретана и значительную часть отходов картонов. Кроме того, создаются предпосылки для существенной экономии дорогостоящих импортных материалов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. Волокнисто-наполненные композиционные материалы для деталей низа обуви .....	7
1.1. Анализ древесно-волоконистых наполнителей для деталей низа обуви.....	9
1.2. Способы получения древесно-полимерных композитов.....	15
2. Исследование физико-механических свойств и структуры современных древесно-полимерных композитов для деталей низа обуви.....	22
3. Исследование процесса рециклинга полиуретана и стелечного картона.....	31
3.1. Обзор методов использования пенополиуретановых отходов для получения изделий и материалов различного назначения.....	31
3.2. Обзор методов использования стелечных картонов.....	34
4. Исследование процесса термомеханической деструкции отходов пенополиуретана и их наполнение отходами картонов.....	36
4.1. Оптимизация фракционности и гранулометрического состава отходов пенополиуретана и картона.....	37
4.2. Исследование и оптимизация скорости экструдирования термопластичной композиции и процесса термостабилизации шнека.....	39
4.3. Получение образцов материала из отходов полиуретана, наполненных отходами картонов, методом каландрования.....	40
4.4. Методики проведения испытаний для определения физико-механических свойств образцов.....	41
4.5. Исследование закономерностей изменения свойств композитов в зависимости от процента вложения наполнителя.....	44
4.6. Разработка принципиальной схемы технологического процесса переработки отходов пенополиуретана и картона.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	53

## ВВЕДЕНИЕ

Внедрение достижений научно-технического прогресса в обувную промышленность способствует расширению применения новых видов химического сырья в производстве обуви, улучшению качества обувных материалов и повышению технико-экономических показателей производства.

Возросший спрос на относительно недорогую обувь, изготовленную на основе синтетических материалов, способствовал развитию прогрессивных технологических процессов ее изготовления. Для повышения комфортности и улучшения внешнего вида обуви в последние годы создана широкая гамма различных полимерных материалов.

Однако, тенденция непрерывного развития химизации обувной промышленности неразрывно связана с ростом объемов отходов полимерных материалов, требующих их переработки или утилизации.

Таким образом, в связи с увеличением объемов производства и потребления полимерных материалов, использование отходов и изношенных изделий становится не только экологической, технологической, но и в большей степени экономической проблемой.

Указанная область технологии, получившая достаточное распространение в 80-х годах, вновь выходит на передовые рубежи науки. Одно из ведущих мест при этом занимает Республика Беларусь.

Объясняется это тем, что геофизическое местоположение Республики Беларусь, определившее недостаточные материальные ресурсы, требует интенсификационного характера развития отраслей экономики. И здесь немаловажную роль играет хозяйское, рачительное использование материальных ресурсов, которое становится одним из главных условий успешного развития экономики Республики.

Использование отходов производства и потребления полимерных материалов является важным фактором расширения сырьевой базы промышленности, экономии денежных и трудовых ресурсов, снижения потребности в первичном сырье. Вместе с тем, переработка отходов пластмасс при современных масштабах производства превращается из экономической в социально-экономическую проблему и становится эффективным способом сохранения природных ресурсов и предотвращения загрязнения окружающей среды.

При все более возрастающих объемах производств полимерных материалов количество образующихся отходов также непрерывно увеличивается. В связи с этим актуальной становится проблема создания технологии переработки вторичных полимерных материалов и других материалов, используемых при изготовлении обуви.

Большое внимание вопросу переработки и вторичного использования материалов уделяется на обувной фабрике ОАО "Красный октябрь". Специалистами ВГТУ по заказу предприятия были проведены исследования по переработке отходов литья пенополиуретанов и осуществлено изготовление экспериментальной установки для реализации разработанной технологии.

Использование разработанной технологии позволяет перерабатывать практически все вновь образующиеся отходы пенополиуретана и значительную часть отходов картонов. Кроме того, создаются предпосылки для существенной экономии дорогостоящих импортных материалов.

Целью настоящей работы является получение древесно-полимерных композиционных материалов из отходов стелечного картона и исследование их физико-механических свойств, разработка технологии изготовления новых высоконаполненных древесно-полимерных композитов в виде пластин для деталей низа обуви.

## 1. Волокнисто-наполненные композиционные материалы для деталей низа обуви

В последние годы композиты являются одними из основных, применяемых в производстве изделий легкой промышленности, и представляют собой многофазные системы, состоящие из двух и более компонентов, которые сохраняют индивидуальность (структуру и свойства) своего вещества в составе композита. Чаще всего композит образован объемным сочетанием химически разнородных фаз [1, с. 406].

Ассортимент композитов, представленных на рынке, весьма разнообразен и велик, а их применение помогает удовлетворить современные запросы общества. В настоящее время в мировом масштабе проводятся всевозможные исследования, направленные на активное практическое применение волокнисто-наполненных композиционных материалов в обувной промышленности, что обусловлено уникальным набором их свойств, вариативным подходом к созданию изделий, возможностью моделирования его структуры, свойств и формы, а также выбором технологий производства [2].

Волокнисто-наполненные композиты – материалы с непрерывной матрицей, соединяющей волокна и характеризующиеся повышенной трещиностойкостью, так как в таких композитах поглощение энергии осуществляется в вершине растущей трещины (рисунок 1.1). При хаотическом расположении однонаправленных или извитых волокон композиты изотропны. Одноосное ориентирование волокон придает композиту анизотропию. В плоскости  $YZ$ , перпендикулярной направлению  $X$  укладки волокон, такой композит изотропен. Подобные материалы относят к классу трансверсально-изотропных [1].

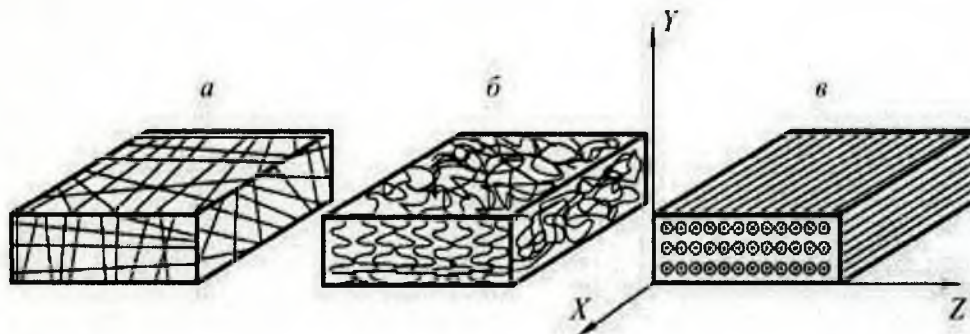


Рисунок 1.1 – Схемы структуры волокнистых композитов: *а, б* – изотропных; *в* – анизотропного

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Струк В.А. Материаловедение: учебник. – М.: «ИВЦ Минфина», 2008. – 519 с.
2. Sustainable polymer composites: functionality and applications. – URL:<https://functionalcompositematerials.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s42252-021-00027-z.pdf> (дата обращения 20.09.2024).
3. Махоткина Л.Ю., Тихонова Н.В., Емельцова Е.А. Полимерные композиционные материалы в производстве обуви // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – С. 300-301.
4. Буркин А.Н. Основы материаловедения: курс лекций. – Витебск : УО «ВГТУ», 2012. – 186 с.
5. Дориомедов М.С. Российский и мировой рынок полимерных композиций (обзор) // Электронный научный журнал "ТРУДЫ ВИАМ". — 2020. — № 6-7.
6. Полимерные композиты на основе химических волокон: основные виды, свойства, применение [Электронный ресурс]. – URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/27/> (дата обращения 04.10.2024).
7. Колосова А.С., Сокольская М.К., Виткалова И.А. Наполнители для модификации современных полимерных композиционных материалов // Фундаментальные исследования. – 2017. – №10-3. – С. 459–465.
8. Волокнистые наполнители [Электронный ресурс]. – URL: <https://sammas.ru/spravochnik-materialov/napolniteli/klassifikatsiya-i-vidy/voloknistie-napolniteli.html>. (дата обращения 04.10.2024).
9. Гольдаде В.А., Струк В.А., Воронцов, А.С., Авдейчик С.В. Материаловедение и технология полимеров и композитов. – Гродно: ГрГУ, 2018. – 351 с.
10. Власов Ю.В., Григорьев И.В., Куницкая О.А., Хитров Е.Г. Анализ исследований по тематике измельчения древесных // *RESOURCES TECHNOLOGY*. – 2020. – №1. – С. 63–88.
11. Буркин А.Н., Шеремет Е.А., Егорова Е.А., Лобацкая Е.М. Материаловедение кожевенно-обувного производства. – М: Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі, 2011. – 310 с.
12. ГОСТ 9542-89 Картон обувной и детали обуви из него. Общие технические условия. — М: Изд-во стандартов, 1991. – 19 с.
13. Жихарев А.П., Румянцева Г.П., Кирсанова Е.А. Материаловедение обувного производства: учебное пособие – М.: Академия, 2010. – 220 с.

14. Карабанов П.С. Полимерные материалы для деталей низа обуви. Учеб. Пособие. – М.: КолосС, 2008. – 167 с.
15. Андреева С.Л., Кажевников С.Ю. Теоретические основы технологии повышения прочности картона из макулатуры полимерами // Химия растительного сырья. – 2011. – С. 179–181.
16. Буркин А.Н., Матвеев К.С., Смелков В.К. Обувные материалы из отходов пенополиуретанов. – Витебск: ВГТУ, 2001. – 173 с.
17. Кирсанкин А.А., Михалева М.Г. Изучение топографии материалов на целлюлозной основе методов атомно-силовой микроскопии // Лесной вестник. Сер. 22. – 2014.– №1. – С. 84–93.
18. Бужинская К.О, Буркин А.Н., Борисова Т.М. Влияние увлажнения на изменение свойств обувных картонов на основе целлюлозы // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2024. –№1 (47). – С. 93–104.
19. Мидуков Н. П., Куров В.С. Влияние микроструктуры картона на его механические свойства // Химия растительного сырья. – 2021. – №4. – С. 361–371.
20. Мидуков Н.П. Исследование поперечного среза многослойного картона с использованием технологии ионной резки // Химия растительного сырья. – 2019. – №4. – С. 387–397.
21. Радюк А.Н., Дойлин М.А., Буркин А.Н. Материалы и технологии получения изделий на основе отходов полиуретанов // Вестник ВГТУ. – 2020. – №1 (38). – С. 100 – 112.
22. Ермалович К.О., Буркин А.Н., Грошев И.М. Свойства волокнисто-наполненных композиционных материалов типа кожволон // Вестник ВГТУ. – 2023. – № 1 (44). – С. 90-101.
23. Кирьянов Г.Л. Регенерация отходов производства полиуретановых изделий. – М.: ЦНИИИТЭИ, 1985. – 28 с.
24. Пальгунов П.П. Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройиздат. – 1990. – 348 с.