

### Список источников

1. Кирюхин С. М., Шустов Ю. С. Текстильное материаловедение : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М. : КолосС, 2011. 360 с.
2. Сидоров М. И., Храмцов В. Н., Алексеева З. Ф. Общая технология переработки лубяных волокон : учебник для сред. спец. заведений лег. промышленности. М. : Легкая и пищевая промышленность, 1980. 320 с.
3. ГОСТ 23406–78. Пенька трепаная для экспорта. Технические условия // ПСС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200020267> (дата обращения: 18.02.2023).
4. Льноводство / А. Р. Рогаш, Н. Г. Абрамов, В. А. Толковский, Я. А. Лебедев, К. С. Листвин. М. : Колос, 1967. 583 с.
5. Патент № 2124591С1 Российская Федерация, МПК D01B1/00. Способ первичной обработки льна / В. П. Невский. № 93017155/12; заявл. 02.04.1993; опубл. 10.01.1999 г. 12 с.
6. Патент 2485223С2 Российская Федерация, МПК D01B1/22. Способ декорткации / Кут Вэйд (СА), Генри Деб (СА), Ролхэйзер Дин (СА); патентообладатель Альберта Инновейтс – Текнолоджи фьючерз (СА). № 2009142999/12; заявл. 23.05.2008; опубл. 20.06.2013. 7 с.
7. Патент 2706196С1 Российская Федерация, МПК D01C1/02, D01B1/12 Способ получения котонизированного льняного волокна / Е. П. Лаврентьева, В. В. Дьяченко, Я. В. Улыбин, О. В. Чиж; патентообладатель ООО «Мануфактура Балина». № 2019119560; заявл. от 24.06.2019, опубл. 14.11.2019. 8 с.
8. Миронов К. М. Биологическая мочка льна. М. : Гизлегпром, 1950. 75 с.
9. ГОСТ 24383–89. Треста льняная. Требования при заготовках // ПСС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200024506> (дата обращения: 18.02.2023).
10. ГОСТ 53143–2008. Треста льняная. Требования при заготовках // ПСС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200073595> (дата обращения: 18.02.2023).
11. ГОСТ 2975–73. Треста льняная. Технические условия // ПСС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200024496> (дата обращения: 18.02.2023).
12. ГОСТ 27345–87 «Треста конопляная. Технические условия» от 01.07.1988 г. // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200024508> (дата обращения: 18.02.2023).
13. Уборочная платформа Power Zone создана для окупаемости инвестиций // HemprToday. 2020. URL: <https://hemprtoday.net/power-zone-platform/> (дата обращения: 18.02.2023).

**К. О. Ермалович**

Витебский государственный технологический университет

*ermalovich110600karina@mail.ru*

УДК 674.8

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОМПОНЕНТЫ ВОЛОКНИСТО-НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Статья посвящена влиянию температурных воздействий на отходы эластичного пенополиуретана и волокнистые отходы деревообрабатывающего предприятия. Степень термической переработки пенополиуретана отражается на физико-механических показателях полученного регенерата. Наибольший интерес с данной точки зрения представляют температурные области плавления и разрушения компонентов композиции, учитывая которые можно точно задавать технологические параметры переработки компонентов смеси в гранулят.*

*Ключевые слова:* отходы; композиционный материал; температура плавления; де-струкция; пенополиуретан; древесная пыль; древесное волокно.

**K. O. Ermalovich**  
Vitebsk State Technological University

## THE EFFECT OF TEMPERATURE INFLUENCES ON THE COMPONENTS OF FIBER-FILLED POLYMER COMPOSITE MATERIALS

*The article is devoted to the influence of temperature influences on the waste of elastic polyurethane foam and fibrous waste of a woodworking enterprise. The degree of thermal processing of polyurethane foam is reflected in the physical and mechanical parameters of the resulting regenerate. The most interesting from this point of view are the temperature regions of melting and destruction of the components of the composition, taking into account which it is possible to accurately set the technological parameters of granulate processing.*

**Keywords:** waste; composite material; melting point; destruction; polyurethane foam; wood dust; wood fiber.

Известное фундаментальное правило экономики соотносит проблему ограниченности ресурсов при постоянно растущих потребностях человека [1]. Глобальные экологические проблемы и наша зависимость от небезграничных ресурсов во всем мире предписывают важнейшие цели научных исследований и технологических разработок. Учитывая это, рециклинг отходов и расширение ассортимента полимерных композиционных материалов (далее ПКМ), основанных на возобновляемых и синтезированных полимерах, вызывают большой интерес у современных исследователей.

В последние годы ПКМ, наполненные волокнами (релак, тунит), являются одними из основных, применяемых в производстве обувных изделий. Получают волокнисто-наполненные полимерные композиты смешением гранулята и наполнителя с последующим нагреванием, в ходе которого полимер переходит в вязко-текучее состояние.

В процессе термомеханической обработки пенополиуретана в двухшнековом экструдере типа Е2-125 отходы сначала механически уплотняются, утрачивая свою пористую структуру, а затем нагреваются за счет внутреннего тепла или тепла, образующегося при трении. Весь процесс разделяется на стадии, каждой стадии соответствует определенный сегмент экструзионной машины. Таким образом достигается высокое качество диспергирования наполнителя, и отсутствует необходимость использования вспомогательных веществ [2].

Расширение ассортимента композитов заключается в изготовлении нового материала, пригодного для использования в производстве обуви путем преобразования бесформенных материалов (отходов) в твердое тело, которому присущи свойства перерабатываемого материала. Технологический процесс создания волокнистых ПКМ из отходов сводится к следующим этапам [2]:

- измельчение отходов (размеры частиц ППУ до 7×7×7 мм);
- смешение отходов пенополиуретана и волокнистого наполнителя;
- термомеханическая переработка, дегазация, гомогенизация;
- гранулирование регенерата.

Степень термической переработки исходного пенополиуретана отражается на физико-механических и химических показателях полученного регенерата. Наибольший интерес с этой точки зрения представляют температурные области плавления и разрушения регенерата, позволяющие точно задавать технологические параметры переработки ингредиентов смеси в гранулят.

Объектами исследования были выбраны отходы эластичного пенополиуретана (далее ППУ\_Э) различных обувных предприятий и мелкодисперсные отходы класса волокнистых игольчатых частиц деревообрабатывающего предприятия ОАО «Витебскдрев»: древесная пыль (далее ДП) и древесное волокно (далее ДВ) [3].

В научной литературе приводятся температуры плавления и разрушения первичного пенополиуретана [2]. В связи с этим температуру начала плавления отходов эластичного ППУ начинали измерять при температуре, близкой к предполагаемой температуре плавления исходного полимера. Температуру постепенно повышали на 10 °/мин и контролировали с помощью ручного инфракрасного пирометра ADA TemPro 550, позволяющего измерять температуру исследуемого объекта без контакта с ним.

На сегодняшний день полноценной комплексной системы технических нормативных актов и документов, фиксирующих требования к древесноволокнистым наполнителям, не существует. Поэтому начальную влажность ДП и ДВ определяли согласно ГОСТ Р 53233–2016 «Волокно хлопковое. Методы определения влажности» [4].

Проведенные измерения показали, что область начала плавления и деструкции отходов эластичного ППУ имеет небольшой интервал (табл. 1).

**Таблица 1**

**Температура плавления и деструкции отходов эластичного ППУ**

Образец	$t_{\text{ни, теор.}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{ни } 1}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{ни } 2}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{ни } 3}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{ни } 4}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{ни средн.}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{дестр.}}, ^\circ\text{C}$
ППУ_Э <sub>1</sub>	150–155	155	158	162	168	160,75	191
ППУ_Э <sub>2</sub>		150	155	163	165	158,25	188
ППУ_Э <sub>3</sub>		156	152	157	155	155,00	185

Температура плавления отходов ППУ находится в пределах 155–160 °С. Как правило, регенерат, полученный из отходов термопластичных ППУ и линейных низкоплавких полимеров имеет меньшую температуру плавления, чем высокоплавкие линейные полимеры, которые плавятся при температуре более 200 °С. Область плавления отходов ППУ\_Э не имеет четких границ, уже при температуре 150 °С начинается их интенсивное размягчение. Однако полностью пенополиуретан расплавляется при температуре более 155 °С, а при температуре более 185 °С термически разрушается.

В процессе нагревания древесноволокнистая масса (ДВМ) начинает менять цвет только при температуре более 200 °С, при 150 °С видимых изменений нет (табл. 2), что объясняется достаточно высокой влажностью древесной пыли и волокна. Прежде чем волокнистая масса подвергается термической деструкции, древесное волокно и пыль должны пройти длительный процесс сушки.

Таблица 2

## Изменение цвета древесноволокнистой массы при термической обработке

Температура, °С	Древесная пыль		Древесное волокно	
	Влажность, %	Цвет	Влажность, %	Цвет
До 150	8,27	Не меняется	9,67	Не меняется
Около 200		Коричневый		Желтый
Около 250		Серо-черный		Темно-коричневый
300 и более		Пепел		Серо-черный

Для смешивания ингредиентов композиции в экструдере используют температуры, при которых плавится, но еще не разрушается полимер, и не обугливаются волокнистые отходы. Пределами такой температуры является интервал 155–180 °С.

Таким образом, выбор оптимальной температуры переработки отходов эластичных ППУ и волокнистых отходов позволят оптимизировать состав и технологию создания новых полимерных композиционных материалов типа кожволон.

## Список источников

1. Экономическая теория : учебник / А. И. Балашов [и др.]. М. : Юнити, 2017. 224 с.
2. Обувные материалы из отходов пенополиуретана / А. Н. Буркин [и др.]. Витебск : ВГТУ, 2001. 173 с.
3. Материаловедение и технология полимеров и композитов : учеб. пособие / В. А. Гольдаде [и др.]. Гродно : ГрГУ, 2018. 351 с.
4. ГОСТ Р 53233–2016. Волокно хлопковое. Методы определения влажности. Взамен ГОСТ 53233–2008. Введ. 2016–09–08. М : Стандартиформ, 2016. 7 с.

**К. Д. Жук, С. А. Угрюмов**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С. М. Кирова  
zhuk\_kd@mail.ru, ugr-s@yandex.ru

УДК 625.8:630

## ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ ПРИ РАБОТЕ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН

*В статье представлены экспериментальные результаты оценки методов машинного обучения в задаче классификации (распознавания) пород деревьев при работе многооперационных лесных машин. Для реализации распознавания породы ствола дерева оценены методы полносвязной нейронной сети, случайного леса, сверточной нейронной сети. Установлено, что применение методов машинного обучения при первичной фазе лесозаготовок позволяет облегчить работу операторов лесных машин и повысить производительность, при этом наиболее точным методом при автоматической классификации пород стволов деревьев является использование сверточной сети.*