

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2022. С. 134–139.  
*Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2022. P. 134–139.*

## ДРЕВЕСНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### WOOD COMPOSITE MATERIALS

Научная статья  
УДК 691.175.2

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОЛИМЕРНОЙ ФАЗОЙ АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ДРЕВЕСНОЙ МУКОЙ И ОТХОДАМИ АЦЕТАТНЫХ ПЛЕНОК

Александра Сергеевна Винокурова<sup>1</sup>, Алексей Евгеньевич Шкуро<sup>2</sup>,  
Виктор Владимирович Глухих<sup>3</sup>, Денис Денисович Чирков<sup>4</sup>

<sup>1–4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> sasha.vinokurova.27@mail.ru

<sup>2</sup> shkuroae@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> gluhihvv@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> chirkovdd@m.usfeu.ru

**Аннотация.** В работе приведены результаты применения смеси древесной муки и отходов ацетатных пленок в качестве наполнителя для полимерных композиционных материалов с полимерной фазой ацетата целлюлозы.

**Ключевые слова:** композит, ацетат целлюлозы, утилизация, древесная мука, вальцевание

**Для цитирования:** Винокурова А. С., Шкуро А. Е., Глухих В. В., Чирков Д. Д. Исследование физико-механических свойств полимерных композиционных материалов с полимерной фазой ацетата целлюлозы, древесной мукой и отходами ацетатных пленок // *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2022. С. 134–139.*

**Благодарности:** работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы FEUG-2020.

Original article

**PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMERIC  
COMPOSITE MATERIALS WITH POLYMER PHASE  
OF CELLULOSE ACETATE, WOOD FLOUR  
AND WASTE ACETATE FILMS**

**Alexandra S. Vinokurova<sup>1</sup>, Alexey E. Shkuro<sup>2</sup>,  
Viktor V. Glukhikh<sup>3</sup>, Denis D. Chirkov<sup>4</sup>**

<sup>1-4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> sasha.vinokurova.27@mail.ru

<sup>2</sup> shkuroae@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> gluhihvv@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> chirkovdd@m.usfeu.ru

**Abstract.** The paper presents the results of using a wood flour and waste acetate films mixtures as a filler for polymer composite materials with a polymeric phase of cellulose acetate.

**Keywords:** composite, cellulose acetate, recycling, wood flour, rolling

**For citation:** Vinokurova A. S., Shkuro A. E., Glukhikh V. V., Chirkov D. D. Physical and mechanical properties of polymeric composite materials with polymer phase of cellulose acetate, wood flour and waste acetate films // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2022. P. 134–139.

**Acknowledgments:** the work was carried out as part of the implementation of the state budget theme FEUG-2020.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе пластифицированного ацетата целлюлозы и лигноцеллюлозных наполнителей характеризуются высокими физико-механическими свойствами [1, 2] и способностью к биоразложению в грунте [3]. Однако ацетат целлюлозы может быть использован не только в качестве полимерной матрицы ПКМ, но так же и как наполнитель. Особенно актуальным такая сфера применения может стать для отходов изделий из АЦ. Одним из наиболее распространенных видов таких отходов являются ацетатные фото/видео пленки. Целью исследования являлось изучение физико-механических свойств полимерных композиционных материалов с полимерной фазой пластифицированного ацетата целлюлозы, древесной мукой и отходами ацетатных пленок.

В качестве наполнителя использовали древесную муку марки 180 (ДМ-180), производства ООО «Юнайт» и отходы ацетатных пленок, предоставленные союзом отходоперерабатывающих предприятий Уральского федерального округа (СОПП УрФО). Отходы ацетатных пленок предварительно измельчались в лабораторной мельнице A1 Basic.

В качестве пластификаторов использовали триацетин и трифенилфосфат. Массовое соотношение между этилцеллюлозой и триацетином во всех опытах оставалось постоянным и составляло 90:10 м. ч. В качестве лубриканта использовался стеарат кальция. Массовое соотношение между ацетатом целлюлозы, триацетином и трифенилфосфатом в составе полимерной матрицы оставалось постоянным для всех образцов композитов и составляло 667 : 266 : 67 м.ч.

Смешение компонентов ПКМ производилось на лабораторных вальцах марки ПД-320-160/160 при температуре 150–160 °С. Стандартные образцы для испытаний физико-механических свойств были изготовлены методом горячего прессования. Рецептуры полученных ПКМ приведены в табл. 1.

Для полученных композитов были определены показатели следующих свойств: твердость по Бринеллю, модуль упругости при сжатии, по ГОСТ 4670-67, прочность при изгибе определялись по ГОСТ 17036-71, водопоглощение по ГОСТ 19592.

Результаты испытаний физико-механических свойств образцов ПКМ с отходами ацетатных пленок и древесной муки приведены в табл. 2. Экспериментально-статистические зависимости свойств ПКМ от содержания них отходов ацетатных пленок и древесной муки представлены в табл. 3.

Таблица 1

Состав образцов ПКМ с отходами ацетатных пленок

Номер опыта	Содержание компонента, %		
	Пластифицированный ацетат целлюлозы	Отходы ацетатных пленок	ДМ-180
1	36,1	15,0	15,0
2	54,7	25,0	25,0
3	36,1	5,0	25,0
4	12,8	5,0	0,0
5	49,2	15,0	29,1
6	49,2	29,1	15,0
7	36,1	15,0	15,0
8	36,1	25,0	5,0
9	22,9	0,9	15,0
10	22,9	15,0	0,9

Установлено, что показатели твердости по Бринеллю (рис. 1) и модуля упругости при сжатии увеличиваются прямо пропорционально росту содержания отходов ацетатных пленок в составе ПКМ. Изменение содержания древесной муки в образце не оказывает существенного влияния на эти показатели. Для модуля упругости при сжатии характерны аналогичные тенденции.

Увеличение содержания древесной муки выше 15 мас. % и отходов ацетатных пленок выше 10 мас. % приводит к падению показателя прочности при изгибе (рис. 2) ПКМ.

Таблица 2

Результаты испытаний физико-механических свойств образцов ПКМ с отходами ацетатных пленок

Номер опыта	Твердость, МПа	Модуль упругости при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Водопоглощение за 30 суток, %
1	60,2	594	45,1	8,2
2	71,1	741	33,9	12,6
3	48,7	451	33,0	17,0
4	46,9	424	48,2	4,0
5	32,0	250	16,3	20,9
6	58,7	575	25,7	10,7
7	72,8	763	47,7	9,7
8	62,0	619	38,4	9,2
9	37,7	318	37,6	11,0
10	52,1	492	46,9	6,1

Таблица 3

Экспериментально-статистические зависимости свойств ПКМ от содержания отходов ацетатных пленок ( $Z_1$ ) и древесной муки ( $Z_2$ )

Свойство	Регрессионная зависимость $Y_i$	Статистические параметры зависимости $Y_i$ для доверительной вероятности 0,90		
		Значение $F$	Коэффициент детерминации $R_2$	Стандартная ошибка
Твердость по Бринеллю, МПа ( $Y_1$ )	$Y_1 = 0,84 \cdot Z_1 + 41,56$	0,07	0,35	11,4 МПа
Модуль упругости при сжатии, МПа ( $Y_4$ )	$Y_4 = 363,63 - 10 \cdot Z_1$	0,07	0,36	143,4 МПа
Прочность при изгибе, МПа ( $Y_5$ )	$Y_5 = 48,01 + 0,71 \cdot Z_1 - 0,05 \cdot Z_{11} - 0,04 \cdot Z_{22} + 0,03 \cdot Z_1 \cdot Z_2$	0,05	0,81	6,1 МПа
Водопоглощение за 30 суток, % ( $Y_7$ )	$Y_8 = 4,75 - 0,03 \cdot Z_1 + 0,45 \cdot Z_2$	0,00	0,81	2,4 %

Для показателя водопоглощения за 30 суток (рис. 3) также характерна прямая зависимость от содержания древесной муки в составе ПКМ. При этом увеличение содержания отходов ацетатных пленок в составе композита приводит к снижению водопоглощения.

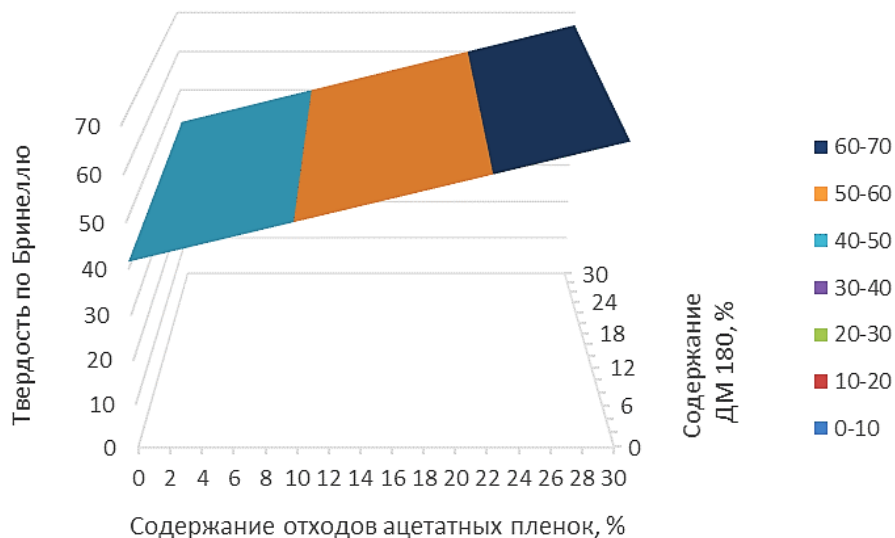


Рис. 1. График зависимости показателя твердости по Бринеллю от содержания в образце отходов ацетатных пленок и древесной муки

Использование отходов ацетатных пленок в качестве наполнителя для ПКМ на основе пластифицированного ацетата целлюлозы является перспективным способом их утилизации и позволяет получать композиционные материалы с высокими физико-механическими свойствами.

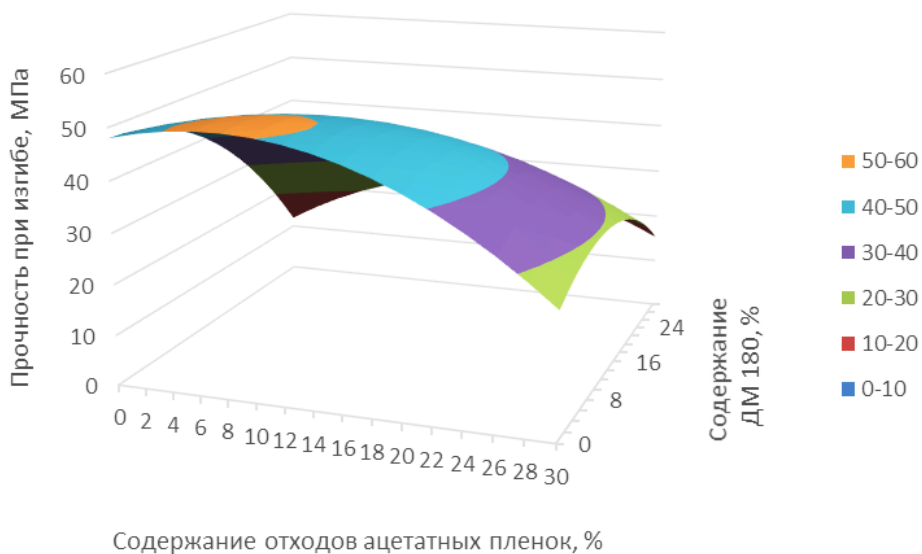


Рис. 2. График зависимости прочности при изгибе от содержания в образце отходов ацетатных пленок и древесной муки

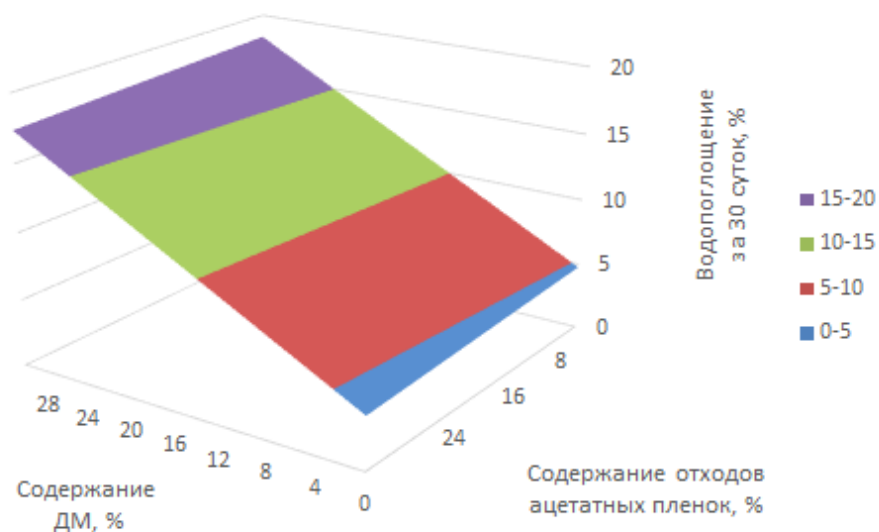


Рис. 3. График зависимости водопоглощения за 30 суток от содержания в образце отходов ацетатных пленок и древесной муки

### *Список источников*

1. Кудрявцев А. Д., Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Исследование физико-механических свойств ацетилцеллюлозных этролов // Вестник технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 12. – С. 28–32.
2. Исследование свойств полимерного композиционного материала на основе пластифицированного ацетата целлюлозы и муки тростника / П. С. Захаров, Д. Д. Чирков, А. Е. Шкуро, Ю. М. Кулаженко // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24. – № 12. – С. 88–92.
3. Захаров П. С., Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Исследование свойств наполненных ацетилцеллюлозных этролов // Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 2. – С. 50–53.

### *References*

1. Kudryavtsev A. D., Shkuro A. E., Krivonogov P. S. Study of the physical and mechanical properties of atse-tilcellulose etrols // Bulletin of the Technological University. – 2019. – Vol. 22. – № 12. – P. 28–32.
2. Research of properties of polymer composite material based on plasticized cellulose acetate and cane flou/ P. S. Zakharov, D. D. Chirkov, A. E. Shkuro, Yu. M. Kulazhenko // Bulletin of the Technological University. – 2021. – Vol. 24. – № 12. – P. 88–92.
3. Zakharov P. S., Shkuro A. E., Krivonogov P. S. Research of the properties of filled cellulose acetate etrols // Bulletin of the Technological University. – 2020. – Vol. 23. – № 2. – P. 50–53.