

Научная статья
УДК 674.81

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ

Маргарита Сергеевна Гарт¹, Анна Сергеевна Ершова²,
Артем Вячеславович Артемов³, Андрей Викторович Савиновских⁴,
Виктор Гаврилович Бурындин⁵

¹⁻⁵ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ gartmargarita@yandex.ru

² ershovaas@m.usfeu.ru

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ savinovskihav@m.usfeu.ru

⁵ buryndinvg@m.usfeu.ru

Аннотация. Данной работой обобщены результаты исследования физико-механических свойств древесных пластиков по модулю упругости, прочности при изгибе, твердости и определению корреляционной зависимости между ними.

Ключевые слова: пластики, прочность, упругость, твердость

Для цитирования: Гарт М. С., Ершова А. С., Артемов А. В., Савиновских А. В., Бурындин В. Г. Исследование зависимости между физико-механическими свойствами древесных пластиков // *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2022. С. 140–146.*

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках научного проекта «FEUG-2020-0013».

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD PLASTICS

Margarita S. Garth¹, Anna S. Ershova², Artyom V. Artyomov³,
Andrey V. Savinovskih⁴, Viktor G. Buryndin⁵

¹⁻⁵ Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ gartmargarita@yandex.ru

² ershovaas@m.usfeu.ru

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ savinovskihav@m.usfeu.ru

⁵ buryndinvg@m.usfeu.ru

Annotation. This work summarizes the results of the study of the physical and mechanical properties of wood plastics in terms of modulus of elasticity, flexural strength, hardness and determination of the correlation between them.

Keywords: plastics, strength, elasticity, hardness

For citation: Garth M. S., Ershova A. S., Artyomov A. V., Savinovskih A. V., Buryndin V. G. Investigation of the relationship between the physical and mechanical properties of wood plastics // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2022. P. 140–146.

Acknowledgements: The study was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education within the framework of the scientific project «FEUG-2020-0013».

Одними из основных физико-механических свойств древесных пластиков являются: модуль упругости при изгибе ($E_{изг}$), прочность при изгибе ($\sigma_{изг}$) и твердость при вдавливании шарика (HB). Эти важнейшие характеристики материала необходимо знать не только при расчетах элементов конструкций на жесткость и прочность, но и в расчетах, связанных с устойчивостью, колебаниями, ударными нагрузками, а также при оценке износостойкости материала. Поэтому при изготовлении и использовании древесных пластиков необходимо, чтобы все эти физико-механические свойства определялись достаточно быстро, легко и дешево.

Целью данной работы являлось выявление возможной корреляционной зависимости между физико-механическими свойствами для древесных пластиков как и со связующими, так и без добавления связующих. Поскольку физико-механические свойства зависят от плотности (ρ), то одновременно анализировалась зависимость их от плотности [1].

Сущность работы заключается в последовательном определении вышеперечисленных физико-механических свойств по принятым методикам для плоских образцов-дисков диаметром 90 мм и толщиной 2 мм [2].

Для испытаний изготавливались образцы диаметром 90 мм и толщиной 2 мм из материалов, представленных в табл. 1 в соответствии с технологическими режимами прессования, представленными в табл. 2.

Таблица 1

Материал образцов-дисков

Материал	Обозначение
Масса древесно-прессовочная на основе СФЖ 3110	МДП (СФЖ 3110)
Масса древесно-прессовочная на основе ЛБС 1	МДП (ЛБС 1)
Фенопласт	03-010-02
Древесный пластик без добавления связующего из опилок ленточной пилорамы	ДП-БС ОЛП
Древесный пластик без добавления связующего из шлифовальной пыли ДСтП	ДП-БС ШП-ДСтП
Древесный пластик без добавления связующего из композиции: опилки ленточной пилорамы и лигнин	ДП-БС ОЛП/Лигнин

Таблица 2

Режим прессования образцов-дисков

Материал	Давление прессования, МПа	Температура прессования, °С	Влажность пресс-материала, %	Масса пресс-материала, г	Время прессования, мин
МДП (СФЖ 3110)	40	140–150	5–10	18	5
МДП (ЛБС 1)					
Фенопласт 03-010-02					
ДП-БС ОЛП	40	170–180	5–10	18	10
ДП-БС ШП-ДСтП					
ДП-БС ОЛП/Лигнин					

Отпрессованные образцы, кондиционированные в комнатных условиях в течение суток, переносились в приспособление для замера прогиба. После испытаний на жесткость образцы-диски распиливались на четыре части, где центральные части образца использовались для определения прочности при изгибе, а две крайние «горбушки» – на твердость [3–5].

Результаты испытаний сведены в табл. 3.

Полученные данные по упругости, прочности и твердости образцов анализировались с помощью методов математической статистики, и определялась зависимость между ними.

Параллельно проводились исследования свойств древесно-прессовочной композиционной массы (ДПКМ) на основе фенолоформальдегидных олигомеров и древесных отходов.

Таблица 3

Физико-механические свойства образцов-дисков
диаметром 90 мм

Материал	ρ , кг/м ³	$\sigma_{изг}$, МПа	$E_{изг}$, МПа	НВ, МПа
МДП СФЖ3110	1236	55,94	4814,99	131,13
МДП ЛБС 1	1225	42,97	4277,13	172,73
Фенопласт 0301002	1263	64,46	4645,81	241,98
ДП-БС ОЛП	1251	19,09	5065,71	65,76
ДП-БС ШП-ДСтП	1158	8,57	2840,16	61,27
ДП-БС ОЛП / лигнин	1108	5,74	–	20,85

Основная цель данной части работы заключалась в определении оптимальных условий получения ДПКМ для последующего изготовления из нее готового изделия поддон. Задачей исследования являлось изучение и сравнение физико-механических свойств древесно-полимерных композиций на основе связующего ЛБС-1, СФЖ-3013 и отходов деревообрабатывающих производств стружки и опила, а также определение оптимального расхода связующего и определение фракционного состава древесного наполнителя.

В качестве древесного наполнителя использовали опилки и стружку – отходы от деревообрабатывающих производств. В качестве связующего для измельченной древесины использовали фенолоформальдегидные связующие марок СФЖ-3013 и ЛБС-1.

Отпрессованное изделие: плитка прямоугольной формы размерами 157 × 111 × 8,5–10,0 мм. Физико-механические показатели ДПКМ определяли по ГОСТ 11368-89.

Результаты исследований представлены в табл. 4.

Таблица 4

Свойства ПКМ на основе фенолоформальдегидных олигомеров
и древесных отходов

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Прочность при изгибе $\sigma_{изг}$, МПа	Прочность при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа	Водопогло- щение w , %
МДП СФЖ3110	1293	45,4	45,9	8,0
МДП ЛБС 1	1300	34,6	43,5	6,8

По результатам исследований проведен анализ полученных данных по физико-механическим свойствам древесных пластиков и ДПКМ на основе фенолоформальдегидных олигомеров и древесных отходов и определена корреляционная зависимость между ними.

По полученным данным исследований построены графические зависимости, определены уравнение зависимости и величина достоверности аппроксимации, которые позволяют сделать следующие выводы, представленные ниже.

1. На рис. 1, *а* приведена зависимость между прочностью при изгибе и модулем упругости при изгибе для ДКМ. Коэффициент корреляции составил $R^2 = 0,513$. Это показывает, что имеется зависимость между прочностью при изгибе и модулем упругости при изгибе для ДКМ.

На рис. 1, *б* приведена зависимость между модулем упругости при изгибе и твердостью для ДКМ. Коэффициент корреляции составил $R^2 = 0,0007$. Это показывает, что практически не существует зависимости между прочностью при изгибе и твердостью для ДКМ.

На рис. 1, *в* приведена зависимость между прочностью при изгибе и твердостью для ДКМ. Коэффициент корреляции составил $R^2 = 0,8416$. Это показывает, что имеется зависимость между прочностью при изгибе и твердостью для ДКМ.

На рис. 1, *г* приведена зависимость между плотностью и прочностью при изгибе для ДКМ. Коэффициент корреляции составил $R^2 = 0,5499$. Это показывает, что имеется зависимость между плотностью и прочностью при изгибе для ДКМ.

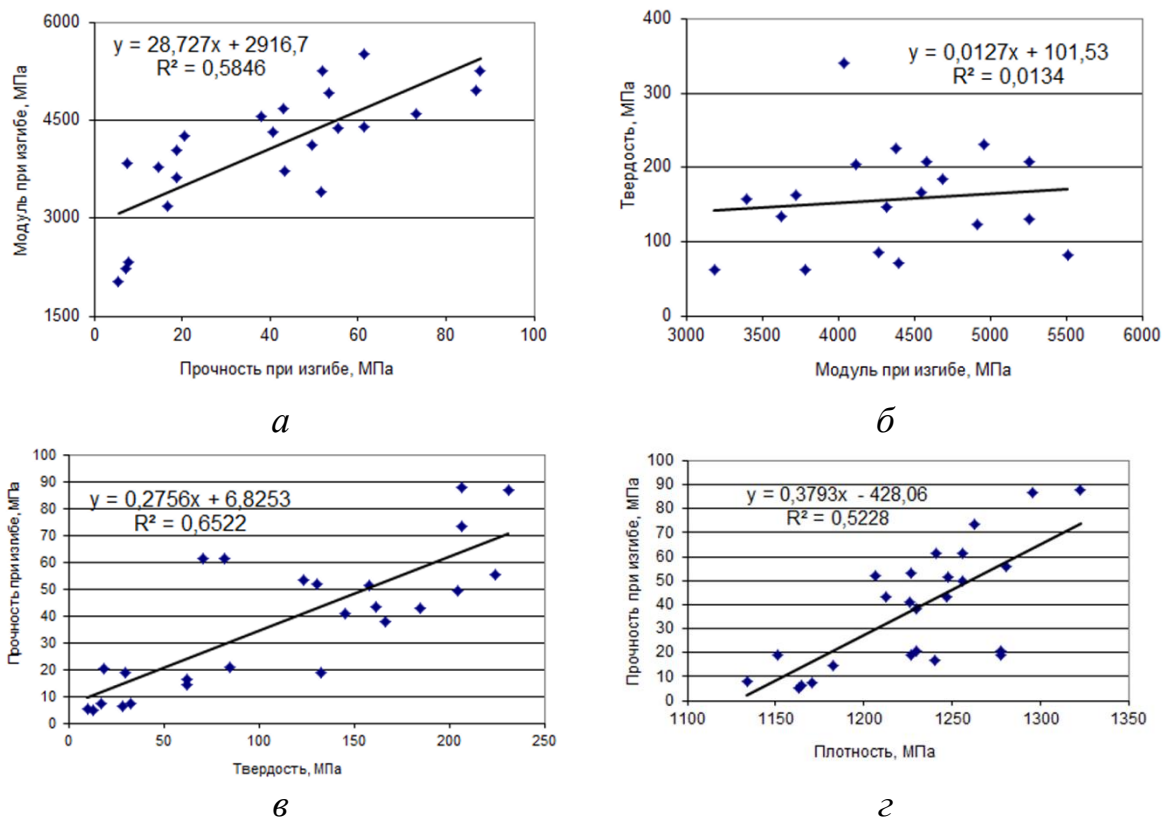


Рис. 1. Зависимость между свойствами ДКМ:

- а* – прочность при изгибе и модуль упругости при изгибе;
- б* – модуль при изгибе и твердость;
- в* – твердость и прочность при изгибе;
- г* – плотность и прочность при изгибе

2. На рис. 2, *а* приведена зависимость между плотностью и прочностью при изгибе для ДП-БС. Коэффициент корреляции составил $R^2 = 0,8023$. Это показывает, что имеется зависимость между плотностью и прочностью при изгибе для ДП-БС. Это является подтверждением работы [1].

На рис. 2, *б* приведена зависимость между плотностью и модулем упругости при изгибе для ДП-БС. Коэффициент корреляции составил $R^2 = 0,4891$. Это показывает, что имеется зависимость между плотностью и модулем упругости при изгибе для ДП-БС.

На рис. 2, *в* приведена зависимость между плотностью и твердостью для ДП-БС. Коэффициент корреляции составил $R^2 = 0,4721$. Это показывает, что имеется зависимость между плотностью и твердостью для ДП-БС.

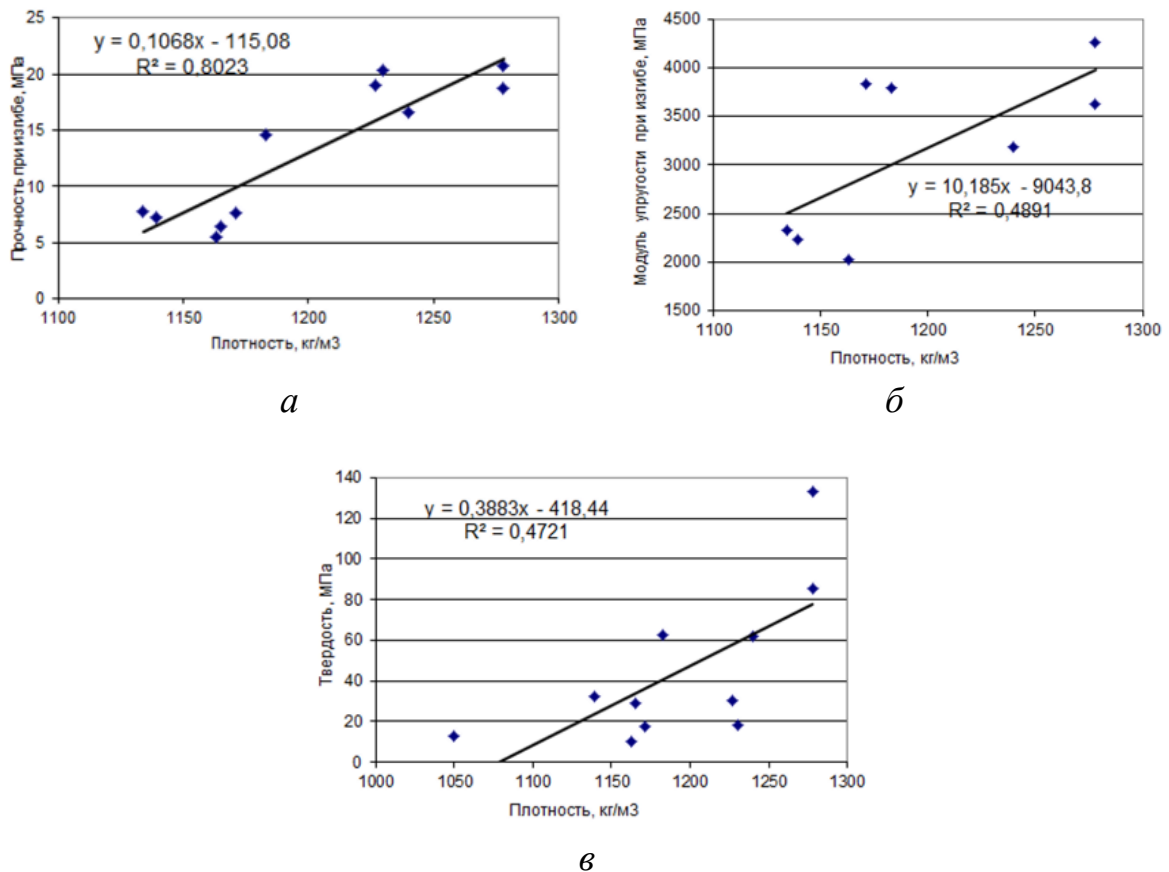


Рис. 2. Зависимость между свойствами ДП-БС:

а – плотность и прочность; *б* – плотность и модуль упругости при изгибе;

в – плотность и твердость

3. При сравнении образцов-плиток ДПКМ на основе фенолоформальдегидных олигомеров и древесных отходов с образцами-дисками по прочности при изгибе выявлено, что прочность при изгибе у образцов-дисков больше, чем у образцов-плиток на $\approx 19\%$. Это может быть объяснено масштабным фактором.

Список источников

1. Зависимость водопоглощения и прочности при изгибе от плотности древесного пластика без связующего / А. В. Артемов, В. Г. Бурындин, В. Г. Дедюхин, В. В. Глухих // Технология древесных плит и пластиков : межвуз. сб. науч. тр. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2004. – С. 24–31.

2. Бурындин Б. Г., Савиновских А. В., Артемов А. В. Определение модуля упругости древесных пластиков без добавления связующих // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса : мат. XIII Межд. науч.-техн. конф. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. – С. 529–531.

3. Дедюхин В. Г., Мухин Н. М., Ставров В. П. Методы контроля процесса отверждения реактопластов // Пластмассы. – 1976. – № 10. – С. 66–67.

4. ГОСТ 4648-71. Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб (с Изменениями № 1, 2, 3). – М. : Издательство стандартов, 1992.

5. ГОСТ 4670-2015 (ISO 2039-1:2001). Пластмассы. Определение твердости. Метод вдавливания шарика. – М. : Стандартиформ, 2016.

References

1. Dependence of water absorption and bending strength on the density of wood plastic without binder / A. V. Artemov, V. G. Buryndin, V. G. Dedyukhin, V. V. Glukhikh // Technology of wood boards and plastics: intercollegiate collection of scientific works / Ural State Forestry University, 2004. – P. 24–31.

2. Buryndin B. G. Determination of the elastic modulus of wood plastics without adding binders / B. G. Buryndin, A. V. Savinovskikh, A. V. Artyomov // Effective response to modern challenges taking into account the interaction of man and nature, man and technology : socio-economic and environmental problems of the forest complex: materials of the XIII International Scientific and Technical Conference. – Yekaterinburg : Ural State Forestry University, 2021. – P. 529–531.

3. Dedyukhin V. G., Mukhin N. M., Stavrov V. P. Methods for controlling the process of curing reactoplasts // Plastics. – 1976. – № 10. – P. 66–67.

4. GOST 4648-71. Plastics. Static bending test method (with Rev. № 1, 2, 3). – M. : Publishing House of Standards, 1992.

5. GOST 4670-2015 (ISO 2039-1: 2001). Plastics. Determination of hardness. The method of pressing the ball. – M. : Standardinform, 2016.