

Список источников

1. ГОСТ 10632-2014 Межгосударственный стандарт. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. МКС 79.060.20. Дата введения 2015-07-01
2. ОСТ 1 01122-85 Заполнители сотовые клеевые. Метод испытания на прочность при сдвиге.
3. ГОСТ 17743-2016 Технология деревообрабатывающей и мебельной промышленности. Термины и определения
4. Тамбурат. Мебель из тамбурата. URL:<https://www.mdm-complect.ru/advice/articles/tamburat-kakuyu-furnituru-ispolzovat/> (дата обращения: 05.12.2021).
5. Обзор технологий производства плит. URL:http://newchemistry.ru/printletter.php?n_id=5691 (дата обращения: 05.12.2021).

Научная статья
УДК 674.81

РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАСТИКА БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ СОСНЫ СИБИРСКОЙ

Анастасия Николаевна Ладыгина¹, Сергей Викторович Петров², Артём Вячеславович Артёмов³, Сергей Николаевич Казицин⁴

^{1, 3} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

^{2, 4} Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнёва, Красноярск, Россия

¹ anastasia.ladigina1103@yandex.ru

² sergeipetrow132@gmail.com

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ sergeikaz060890@yandex.ru

Аннотация. В данном исследовании методом горячего прессования в закрытых пресс-формах в лабораторных условиях был получен пластик без добавления связующих (ПБС) на основе сосны сибирской. Оценены его физико-механические свойства. Найдены регрессионные зависимости свойств пластика в зависимости от технологических факторов. Определены рациональные режимы получения ПБС на основе растительных остатков сосны сибирской

Ключевые слова: пластики, опилки, свойства, оптимизация

Scientific article

RATIONAL MODES OF OBTAINING PLASTIC WITHOUT RESINS BASED ON PLANT RESIDUES OF SIBERIAN PINE

Anastasia N. Ladygina¹, Sergej V. Petrov², Artyom V. Artyomov³, Sergej N. Kazicin⁴

^{1,3} Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

^{2,4} Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

¹ anastasia.ladigina1103@yandex.ru

² sergeipetrow132@gmail.com

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ sergeikaz060890@yandex.ru

Abstract. In this study, a plastic without resins (PWR) based on Siberian pine was obtained by hot pressing in closed molds under laboratory conditions. Its physical and mechanical properties are evaluated. Regression dependences of plastic properties depending on technological factors are found. Rational modes of obtaining PWR on the basis of plant residues of Siberian pine are determined.

Keywords: plastics, sawdust, properties, optimization.

Сосна сибирская (сосна сибирская кедровая) является уникальным биологическим видом, который ценится за высокие технические свойства древесины [1].

Общая площадь лесного фонда Свердловской области составляет около 16 млн га, из них 3,5 млн га, или 22 % общей площади лесного фонда, занимают насаждения с участием кедра [2].

В работе [3] из обводненной кавитированной древесины сибирской кедровой сосны получены образцы древесных плитных материалов без добавления синтетических связующих. Полученные материалы на основе сосны сибирской обладали плотностью в интервале 322-383 кг/м³ и пределом прочности при сжатии 0,5...3,2 МПа. Предполагается, что данные материалы могут использоваться в качестве эффективного экологически безопасного утеплителя.

Целью данной работы являлось нахождение рациональных режимов прессования в закрытых пресс-формах для высоких физико-механических свойств пластиков без связующего (ПБС) на основе растительных остатков сосны сибирской.

В качестве исходного сырья использовались растительные остатки (ветви с хвоей) сосны сибирской в виде опилок с фракцией 1,2 мм. Химический состав исходного пресс-сырья представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав исходного пресс-сырья

№	Сырьё	Лигнин, %	Целлюлоза, %
1	Опилки сосны Сибирской кедровой	28	54
2	Опилки сосны Обыкновенной (объект сравнения)	31	45

Результаты определения химического состава исходных опилок сосны сибирской показали, что возможно получение ПБС с приемлемыми физико-механическими свойствами, так как содержание лигнина составляет 28 %, а целлюлозы – 54 % [4].

Для исследования свойств ПБС в работе был проведен эксперимент по математическому плану Бокса-Уилсона [5].

Матрица планирования эксперимента представлена в табл. 2.

Таблица 2

Матрица планируемого эксперимента

№ опыта	Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов	
	X ₁	X ₂	Z ₁	Z ₂
1	1	-1	16	180
2	1	1	16	160
3	-1	-1	8	180
4	-1	1	8	160
5	0	1,47	12	185
6	0	-1,47	12	155
7	1,47	0	18	170
8	-1,47	0	6	170
9	0	0	12	170

С целью оценки влияния одновременно изменяемых технологических факторов при получении ПБС, были приняты следующие переменные факторы: влажность пресс-сырья (6...18 %); температура прессования (155...185 °С).

Постоянными факторами являлись: давление прессования (40 МПа); время прессования (10 мин); время охлаждения пресс-формы под давлением (10 мин); время кондиционирования полученных образцов (24 часа).

За выходные параметры были взяты следующие физико-механические свойства ПБС: Y(P) – плотность, кг/м³; Y(E) – модуль упругости при изгибе, МПа; Y(Π) – прочность при изгибе, МПа; Y(T) – твердость по Бринеллю, МПа; Y(Y) – число упругости, %.

Методом плоского горячего прессования в закрытой пресс-форме были получены образцы-диски диаметром 90 мм и толщиной 2 мм.

Испытания образцов на физико-механические свойства проводились по аккредитованным методикам (ГОСТ 4670-2015, ГОСТ 4650-2014, ГОСТ 10634-88) и на поверенном оборудовании (разрывная машина модели 2166 Р-5, твердомер марки «БТШПС П У42», прибор «Динстат-Дис»).

Физико-механические свойства полученных ПБС на основе опилок кедрового Сибирского представлены в табл. 3.

Таблица 3

Физико-механические свойства ПБС на основе опилок сосны сибирской

№	Y(P), кг/м ³	Y(E), МПа	Y(Π), МПа	Y(T), МПа	Y(Y), %
1	1114	1367	12,9	50,1	60
2	1078	1413	10	51,3	53
3	1084	1119	8,2	70,6	64
4	1159	1028	13	65,4	75
5	1086	1409	12,9	60,5	47
6	1160	1303	16,8	57,3	67
7	1059	1766	9	44,2	53
8	1173	1097	6,7	78,3	58
9	1079	1224	13,9	54,4	66

Для получения экспериментально-статистических моделей свойств ПБС средствами программы «Microsoft Excel» был проведен регрессионный анализ полученных результатов эксперимента с вероятностной оценкой адекватности полученных моделей экспериментальных данных [5].

В результате регрессионного анализа были получены следующие уравнения регрессии и коэффициенты их корреляции:

$$Y(P) = 8375,942538 - 147,8266433 \cdot Z_1 - 73,21901895 \cdot Z_2 + 0,973322148 \cdot Z_1 \cdot Z_1 + 0,185731544 \cdot Z_2 \cdot Z_2 + 0,69375 \cdot Z_1 \cdot Z_2 (R^2=0,87);$$

$$Y(E) = 11594,81173 + 78,71972875 \cdot Z_1 - 133,7563273 \cdot Z_2 + 4,785896719 \cdot Z_1 \cdot Z_1 + 0,430632364 \cdot Z_2 \cdot Z_2 - 0,855625 \cdot Z_1 \cdot Z_2 (R^2=0,86);$$

$$Y(\Pi) = 203,9659286 - 3,898459501 \cdot Z_1 - 1,882129118 \cdot Z_2 - 0,17213833 \cdot Z_1 \cdot Z_1 + 0,0035668978 \cdot Z_2 \cdot Z_2 + 0,048125 \cdot Z_1 \cdot Z_2 (R^2=0,97);$$

$$Y(T) = 587,8197 - 0,27351 \cdot Z_1 - 6,18199 \cdot Z_2 + 0,189644 \cdot Z_1 \cdot Z_1 + 0,019899 \cdot Z_2 \cdot Z_2 - 0,04 \cdot Z_1 \cdot Z_2 (R^2=0,98);$$

$$Y(Y) = -599,85 - 13,7261 \cdot Z_1 + 9,269819 \cdot Z_2 - 0,25193 \cdot Z_1 \cdot Z_1 - 0,03231 \cdot Z_2 \cdot Z_2 + 0,110625 \cdot Z_1 \cdot Z_2 (R^2=0,69).$$

Высокие значения достоверности для параметров оптимизации (при $R^2 \geq 0,92$) дают основание для применения уравнений для описания изучаемых процессов влияния переменных факторов на параметры оптимизации:

- $Y(\Pi)$ – прочность при изгибе, МПа;
- $Y(T)$ – твердость по Брюнеллю, МПа.

Для нахождения оптимальных рецептов пластиков использовались средства ППП «Microsoft Excel» (настройка «Поиск решения»).

Для получения однозначного решения были приняты ограничения, как по диапазону изменения изучаемых факторов, так и по интервалу установленных физико-механических свойств пластика. Границы, в которых проводилась оптимизация, обозначены в табл. 4.

Таблица 4

Границы проведения оптимизации

Показатель	Интервал	
	min	max
Влажность пресс-сырья, %	6	18
Температура прессования, °С	155	185
Прочность при изгибе, МПа	1,7	16,3
Твердость, МПа	45,9	86,0

Рациональная рецептура пластиков определялось из условий максимальной прочности при изгибе ($Y(\Pi) \rightarrow \max$).

Были определены рациональные режимы получения пластика без связующих на основе растительных остатков сосны сибирской в изучаемых интервалах оптимизации:

- влажность пресс-сырья, % – 11;
- температура прессования, °С – 155.

С целью доказательства полученных теоретических рациональных условий получения ПБС был проведен эксперимент при данных условиях. Расчетные и экспериментальные значения физико-механических свойств ПБС при рациональных условиях приведены в табл. 4.

Таблица 5

Расчетные и экспериментальные значения физико-механических свойств ПБС при рациональных условиях

Физико-механические свойства	Значения		Расхождение результатов, %
	расчётные	экспериментальные	
Прочность при изгибе, МПа	16,3	15,9	2,5
Твердость, МПа	59,7	57,8	3,2

Экспериментальные показатели физико-механических свойств образцов ПБС, полученные по рациональной рецептуре, имеют незначительные расхождения в результатах. Можно говорить о высокой точности описания

экспериментально-статистическими моделями, полученных в результате проведенного исследования.

Список источников

1. Братилова Н. П., Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф. Биология и формовое разнообразие сосны кедровой сибирской // Эко-потенциал. 2014. № 1(5). С. 120–127.
2. Залесов С. В., Секерин Е. М., Платонов Е. П. Анализ распространения сосны кедровой сибирской по территории Свердловской области // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 41–48.
3. Новые композиционные материалы на основе кавитированной древесины / А. Т. Телешев, К. И. Быков, М. П. Коротеев [и др.] // Доклады Академии наук. 2012. Т. 443. № 5. С. 598.
4. Влияние вида сырья на свойства древесных пластиков без добавления связующих / А. С. Ершова, А. В. Артемов, А. В. Савиновских, В. Г. Бурындин // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 3(47). С. 74–80.
5. Глухих, В. В. Прикладные и научные исследования : учебник. Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. 239 с.

Научная статья
УДК 504.062.2

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕРРИТОРИЙ АЭРОПОРТОВ

Илья Сергеевич Лазарев¹, Жанна Юрьевна Кочетова²

^{1,4} Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия

¹lazarev-ilya@list.ru

²zk_vva@mail.ru

Аннотация. В мире насчитывается 8400 аэропортов: от частных небольших до международных хабов, принимающих сотни лайнеров в день. В обзоре предпринята попытка обобщения показателей экологической устойчивости территорий аэропортов, выполненная в результате анализа около 300 научных работ. Ожидаемый результат обзора – выявление пробелов, касающихся оценки экологической устойчивости территорий аэропортов.