

Научная статья
УДК 674.81

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТИКА БЕЗ СВЯЗУЮЩЕГО НА ОСНОВЕ ОПИЛОК ЕЛИ

**Роман Алексеевич Трушев¹, Владислав Вадимович Сиражев²,
Артём Вячеславович Артёмов³, Павел Сергеевич Кривоногов⁴**

^{1, 2, 3, 4} Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

¹ 7_rota_2000@mail.ru

² vlad.sirazhev@mail.ru

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ krivonogovps@m.usfeu.ru

Аннотация. Данная работа представляет результаты начального этапа работ по получению и изучению прочностных свойств пластика без связующего (ПБС) на основе древесины ели. По результатам данной работы были изучены прочностные свойства ПБС на основе древесины ели в виде опилок.

Ключевые слова: пластик, ель, получение, прочностные свойства

Original article

STUDY OF THE STRENGTH PROPERTIES OF PLASTIC WITHOUT RESINS BASED ON SPRUCE SAWDUST

**Roman A. Trushev¹, Vladislav V. Sirazhev², Artyom V. Artyomov³,
Pavel S. Krivonogov⁴**

^{1, 2, 3, 4} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ 7_rota_2000@mail.ru

² vlad.sirazhev@mail.ru

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ krivonogovps@m.usfeu.ru

Abstract. This work presents the results of the initial stage of work on obtaining and studying the strength properties of plastic without resins (PWR) based on spruce wood. As a result of this work, the strength properties of PWR based on spruce wood in the form of sawdust were studied.

Keywords: plastic, spruce, production, strength properties

Природоохранным законодательством РФ сегодня предъявляется большое количество требований, направленных на увеличение ценных пород древесины, а также в области включения не востребуемых отходов лесного хозяйства в виде порубочных остатков в другие экономические отрасли промышленности [1].

РФ – одна из самых богатых стран мира, как по запасам древесины, так и по разнообразию ценных древесных пород (сосна, ель, лиственница, сибирский кедр, дуб, каштан, грецкий орех, липа, ясень и др.). Еловые леса (ельники) составляют около 10–12 % лесов России и распространены преимущественно в зоне тайги, в зоне смешанных лесов и лесостепей они редки. По распространенности среди хвойных деревьев ель (род растений семейства Сосновые) занимает второе место после сосны, является спелодревесной безъядровой породой и относится к породам деревьев с резкой разницей в строении годичных слоев и малой равноплотностью. Уникальные свойства древесины ели позволяют широко использовать ее в лесохимическом производстве, а также для изготовления различных стройматериалов [2, 3].

Ель относится к породам малой плотности: среднее значение плотности данной древесины при стандартной влажности (то есть 12 %) составляет 445 кг/м^3 , плотность абсолютно сухой древесины – 420 кг/м^3 , а базисная плотность – 365 кг/м^3 [4].

Проведены эксперименты [5] по термомодификации древесины ели в течение 15, 25 и 35 ч. Отмечено, что плотность древесины ели снизилась на 5,2, 7,6 и 8,7 %, теплопроводность на 7,4, 11,5 и 22,0 % соответственно. Для термообработанных образцов также отмечено снижение равновесной влажности, величина которой зависит от продолжительности режима термического модифицирования. После термообработки величина равновесной влажности уменьшилась до 8,0, 7,2 и 6,6 %. Установлено, что зависимость снижения величины равновесной влажности древесины ели от продолжительности обработки носит нелинейный характер.

Известна возможность получения пластиков без добавления связующих веществ (ПБС) на основе древесного сырья в условиях его пьезотермической обработке. Получение данных пластиков возможно при наличии в составе сырья лигнина и целлюлозы [6].

Химический состав древесины ели установлен следующий [7]: лигнин – 29 %; целлюлоза – 45,2 %; экстрактивные вещества – 2,9 %; зольность – 0,3 %.

Содержание лигнина в древесине ели соответствует необходимым требованиям для получения ПБС с приемлемыми физико-механическими свойствами [6].

Цель данного исследования – получение и изучение физико-механические свойства ПБС на основе опилок ели.

Актуальность данного исследования – получение эксплуатационных материалов на основе невостребованного лигноцеллюлозного сырья в виде отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности.

Для получения ПБС использовалось пресс-сырье в виде опилок ели фракцией 0,7 мм. Влажность пресс-сырья составляла 7,2 %.

Получение образцов ПБС осуществлялось методом горячего компрессионного прессования в закрытой пресс-форме диаметром 90 мм.

Условия получения образцов ПБС: давление – 40 МПа; температура 180 °С; продолжительность прессования – 10 мин; время охлаждения под давлением – 10 мин.

После кондиционирования образцов ПБС в комнатных условиях (в течение 24 ч) у них были определены физико-механические свойства – прочностные показатели.

Одними из основных прочностных свойств древесных пластиков являются: плотность, модуль упругости при изгибе и твердость. Это важнейшие характеристики материала, которые необходимо знать не только при расчетах элементов конструкций на жесткость и прочность, но и в расчетах, связанных с устойчивостью, колебаниями, ударными нагружениями, а также при оценке износостойкости материала.

Значения физико-механических показателей образцов ПБС приведены в табл. 1–3.

Таблица 1

Свойства образцов-дисков ПБС на основе опилок ели [8]

№ опыта	Масса m, г	Диаметр d, мм	Толщина l, мм	Радиус r, см	Площадь S, см ²	Объем V, см ³	Плотность, кг/м ³
1	13,23	90	2,40	4,5	63,585	15,2392	868
2	14,50	90	2,88	4,5	63,585	18,3125	791
Среднее значение							829

Таблица 2

Модуль упругости при изгибе (по прогибу образца-диска) ПБС на основе опилок ели [9]

№ опыта	Толщина диска, мм	Прогиб диска в центре диска, мм	Радиус опоры, м	Нагрузка в центре диска, Н	Толщина диска, м	Прогиб диска в центре диска, м	Модуль упругости, МПа
1	2,40	2,97	0,038	19,62	0,0024	0,002965	392
2	2,88	4,06	0,038	19,62	0,0029	0,00406	165
Среднее значение							278

Таблица 3

Твердость по вдавливаю шарика ПБС на основе опилок ели [10]

№ опыта	Глубина отпечатка h, мкм	Остаточная деформация h ₁ , мкм	Твердость НВ, МПа	Число упругости У, %
1	19,93	50,58	19,9	50,6
2	43,37	73,25	43,4	73,3
3	15,22	27,81	15,2	27,8
4	31,16	37,83	31,2	37,8
Среднее значение			27,4	47,4

На основании полученных данных по результатам испытаний на прочностные свойства ПБС на основе опилок ели можно делать следующие выводы:

1. Плотность ПБС. Плотность ПБС, полученных путем прессования, зависит от породного состава сырья, температуры и давления прессования, влажности исходного материала, размера и формы древесных частиц.

Среднее значение плотности ПБС на основе опилок ели составило 829 кг/м³, что соответствует пластикам малой плотности (плотностью менее 1150 кг/м³), которая характерна преимущественно для ПБС на основе опилок лиственных пород древесины.

2. Модуль упругости при изгибе (по прогибу образца-диска). Модуль упругости – одна из важнейших характеристик материала, которая на холодных образцах показывает степень отверждения материала.

Среднее значение модуля упругости при изгибе ПБС на основе опилок ели составило 270 МПа, что меньше чем у ПБС на основе сосновых опилок (530 МПа).

3. Твердость по вдавливаю шарика. Твердость – это отношение нагрузки к поверхности сферического отпечатка стального шарика, образуемого под действием нагрузки в течение заданного времени. Испытания твердости дают характеристику определенного свойства материала – сопротивление материала упругой и упруго-пластической деформации.

Среднее значение твердости ПБС на основе опилок ели составило 27,4 МПа, что меньше чем у ПБС на основе сосновых опилок (37,5 МПа).

Таким образом, на основании проведенного исследования установлена возможность получения ПБС на основе опилок ели. Установленные прочностные свойства изучаемых ПБС соответствуют в большей степени ПБС на основе лиственных пород древесины. Это можно объяснить тем, что ель относится к безъядерным породам древесины (как бук, береза, ольха, клен, осина, липа).

Дальнейшее продолжение работ требует определение оптимальных условий для получения ПБС при варьируемых факторах пьезотермической обработки (давления и температуры прессования) и состояния исходного пресс-сырья (влажность и фракционный состав).

Список источников

1. Сиваков В. П., Мехренцев А. В., Вураско А. В. История и современное состояние целлюлозно-бумажной промышленности России // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 1 (68). С. 75–82
2. Уголев Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение : учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по специальностям «Технология лесозаготовок», «Технология деревообработки», «Технология переработки древесины», «Лесное и лесопарковое хозяйство». 3-е изд., стер. М. : Академия, 2010. 266 с.
3. Фомина Н. В. Лесные культуры : учебное пособие. Красноярск : Краснояр. гос. аграр. ун-т., 2022. 275 с.
4. Физика древесины : учебное пособие по выполнению лабораторных работ / А. Н. Чубинский, А. А. Тамби, М. А. Чубинский, К. В. Чаузов. СПб. : Санкт-Петербургский гос. лесотехн. ун-т им. С. М. Кирова, 2015. 67 с.
5. Изменение теплопроводности древесины ели и тополя при термической обработке / З. Пастори, Н. Хорват, З. Борчок [и др.] // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2019. Т. 23, № 3. С. 95–100. DOI 10.18698/2542-1468-2019-3-95-100
6. Исследование влияния влажности пресс-сырья на физико-механические свойства пластиков без связующих на основе бука лесного / А. С. Ершова, А. Б. Якимова, Н. Г. Власов, А. В. Артёмов // Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины : сб. статей Всерос. науч.-практ. конф. (Красноярск, 24 марта 2023 г.). Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2023. С. 13–16.
7. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине / под ред. Б. Н. Уголева. М. : Лесн. пром-сть, 1989. 293 с.
8. Получение и применение изделий из древесно-полимерных композитов с термопластичными полимерными матрицами : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 240100 «Химическая технология» / В. В. Глухих, Н. М. Мухин, А. Е. Шкуро, В. Г. Бурындин. Екатеринбург : УГЛТУ, 2014. 85 с.
9. Бурындин Б. Г., Савиновских А. В., Артёмов 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 : матер. XIII Междунар. науч.-техн. конф. (Екатеринбург, 02–04 февраля 2021 г.). Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. С. 529–531.
10. Оценка твердости композитов на основе вторичного ПВХ / О. Е. Биктимирова, Д. Д. Чирков, П. С. Кривоногов, А. Е. Шкуро // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XVIII Всерос. (национальной) науч.-техн. конф. (Екатеринбург, 04–15 апреля 2022 г.). Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. С. 532–536.