

4. Титунин А.А. Научные основы получения конкурентоспособных строительных материалов из низко-сортной древесины и древесных отходов: дис. ... докт. техн. наук. – Иваново: ИГАСУ, 2012. – 385 с.
5. Угрюмов С.А. Организационно-техническое обеспечение производства композиционных материалов на основе древесины и костры льна: монография. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технол. ун-та, 20008. – 147 с.
6. Хрулев В.М., Машкин Н.А., Мальцев М.Г. Современные представления о структурообразовании древесных композиционных материалов // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: тр. Междунар. конф. – Ч. 2. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2000. – С. 138–140.

УДК 674.815

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ИЗ ВТОРИЧНО ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДРЕВЕСИНЫ (ВИД)

С.В. Гайда,

канд. техн. наук, доцент, НЛТУ Украины, г. Львов, Украина
gaida@e-mail.ua

Разработано технологию изготовления древесно-стружечных плит (ДСП) из ВИД, как дополнительного сырья. Предложено режимные параметры изготовления ДСП из ВИД, исходя из подготовленного сырья и коэффициента аннотометрии стружек. Проведен анализ свойств ДСП с различным содержанием ВИД. Получены адекватные регрессионные модели.

Ключевые слова: ВИД, стружка, ДСП, свойств, технологии, математические модели.

Актуальность. Сегодня переработка считается экологически чистым методом управления древесными отходами. Большая часть древесных отходов образуется из использованных мебельных изделий, которые, в основном, состоят из ДСП и других сконструированных деревянных предметов, т.е. материалов, которые могут быть использованы повторно [1]. Рост стоимости сырья, все более жесткие законы об утилизации отходов и жесткая конкуренция между производителями ДСП, привели к увеличению переработки вторично используемой древесины (ВИД). При сокращении расходов на первичное сырье в пределах от 40–70%, актуальной остается **проблема** использования любых источников ВИД в очищенном виде. Решение этого вопроса обеспечит заводы по производству ДСП дополнительным древесным ресурсом. ВИД имеет влажность около 20%, что, по сравнению с 60–70%-ной влажностью для первичной древесины (ПД), дает экономический смысл покупать подготовленную древесную щепу [2, 3]. Кроме того, она имеет длительный срок хранения и потребляет меньше энергии во время операций обработки. Технологические достижения в области оборудования для переработки древесины повысили эффективность её использования. Современные дробилки для древесины способны обрабатывать более 30 тонн в час. В настоящее время многое делается для обнаружения и удаления загрязнений с целью улучшения качества переработанной стружки.

Поэтому, разработка технологии ДСП из ВИД имеет **актуальное и практическое значение** исходя из экономических и экологических соображений. Есть преимущество, помимо очевидных, что ВИД будет устойчивой альтернативой использованию ПД. Рост стоимости сырья и эскалация конкуренции в качестве и цене плит обязывает и подгоняет руководителей заводов ДСП быстро внедрять разработанную инновационную технологию в производство.

Проблема исследования – разработка технологии изготовления ДСП из ВИД, как источника дополнительного сырьевого ресурса.

Цель исследования – научно-технологическое определение закономерностей влияния характеристик подготовленной ВИД и параметров разработанного технологического процесса ее переработки на свойства ДСП.

Объект исследования – ресурсосберегающая и экологобезопасная технология изготовления древесных плит из ВИД.

Предмет исследования – закономерности влияния характеристик подготовленной ВИД и параметров технологического процесса на свойства ДСП.

Задачи исследований:

- расчет объемов образования ВИД в Украине;
- экспериментальное исследование способов механической очистки ВИД;
- разработка технологии изготовления ДСП из ВИД;
- создание научно-технологических основ использования ВИД в плитном производстве;
- разработка практических рекомендаций для производства ДСП из ВИД.

Производственный потенциал ВИД в Украине. Уровень создания (накопления) ВИД рассчитывали от объема лесозаготовки в 2012 г. (12,18 млн т) в количестве 13%, что составило 1,58 млн т (табл. 1). Кроме того, в Украине ежегодно образуется в среднем 50–60 млн м³ твердых бытовых отходов (ТБО), где

часть ВИД составляет 2–4%. В 2012 г. образовалось 14 млн т ТБО, из которых 0,42 млн т (3%) ВИД [4]. Таким образом, в Украине в 2012 г. образовалось 2 млн т ВИД, при чём 50 % её количества пригодно для производства ДСП.

Таблица 1

Потенциал вторично используемой древесины в Украине [1]

Происхождение	Расчетный потенциал ВИД					
	2010		2011		2012	
	%	млн т	%	млн т	%	млн т
Торговля (тара, поддоны)	13,00	0,363	12,00	0,288	15,00	0,301
Строительные деревянные отходы	18,00	0,503	22,00	0,527	23,00	0,461
Деревообрабатывающая отрасль	7,00	0,196	6,00	0,144	6,00	0,120
Старые мебельные изделия	12,00	0,335	12,00	0,288	13,00	0,261
Муниципальные отходы	16,00	0,447	16,00	0,383	17,00	0,341
Твердые бытовые отходы	27,00	0,755	24,00	0,575	21,00	0,421
Другая ВИД	7,00	0,196	8,00	0,192	5,00	0,100
Всего ВИД	100,00	2,795	100,00	2,396	100,0	2,004

Технология ДСП из ВИД. Технологический процесс производства плит из ВИД включает два этапа: I – измельчение и очистка; II – прессование.

Технология подготовки щепы из ВИД. ВИД, которая будет использована для производства ДСП, перед входом в производственный процесс, подвергается некоторой степени сортировки и сегрегации. Сортировку, в основном, ведут визуально, но рекомендуется использовать тест-индикаторы или другие методы для обнаружения химических загрязняющих веществ. Уровень сегрегации и сортировки материала может варьироваться от места к месту и нет стандартной практики на месте складирования. Уровень нежелательного загрязнения материала, поступающего для обработки, в том числе, после предварительной сортировки и частично обработанной ВИД, не может быть определен точно. Установлено, что на практике, в зависимости от источника древесины и уровня сортировки, физические загрязнители, такие как гвозди и другие включения, будут присутствовать в большинстве ВИД, отправленной на переработку.

Уровень переработки в дальнейшем будет меняться в зависимости от того, насколько успешным в начальной стадии выполнялись разделения и сортировки. После сортировки и сегрегации ВИД принимается на складе и поступает в производственный процесс. Рекомендовано, после измельчения, физические загрязнения удалять с помощью различных средств, в том числе, магнитов для черных металлов и вихревых токов – для цветных металлов.

После чего отходы, полученные при переработке и изначально прошедшие сортирование, перерабатываются на щепу методами дробления. Это первый этап, который уменьшает и контролирует размер частиц, а также удаляет загрязнения больших размеров, в том числе, черных металлов. Этот процесс может быть описан как измельчение, скалывание, перемалывание, дробление.

Первоначальная цель заключается в создании основной фракции древесной щепы, которая подходит для подачи в общий поток в производстве ДСП. Предложено, что основным критерием для щепы принимать максимальный размер до 50 мм в любом измерении, исключая частицы размером до 5 мм.

Второй этап измельчения обычно необходим для достижения минимального размера щепы. Рекомендовано, во избежание поломок мельницы, проводить дальнейшую очистку, исключая из потока мелкую фракцию – пыль.

Сетевые экраны способны разделять основную щепу за различными размерами частиц. Если на заводе одна измельчающая машина, предложено сортировку щепы производить с помощью плоских экранов на три или четыре различных размера частиц, и также исключать фракции материала до 5 мм.

Для извлечения цветных металлов (алюминий, латунь, медь, нержавеющая сталь) рекомендовано вихретоковый сепаратор, как отдельное устройство. Это устройство, как правило, статическое с электрическим приводом. Современные мобильные шредеры имеют уже встроенный сепаратор цветных металлов.

Установлено, что отсортированная щепка из ВИД, первой и второй категории [1], характеризуется содержанием кондиционной фракции (не менее 80%) и соответствует требованиям к щепе ПС (ГОСТ 15815–83) [8].

Рекомендовано подготовленную щепу из ВИД после сушки, кондиционирования, охлаждения и кратковременного хранения отправлять на заводы ДСП.

Таким образом, разработано **технологии по измельчению и очистке ВИД**, которая должна иметь следующие операции и оборудование производственного процесса: для измельчения различной ВИД – мощный измельчитель – шредер; рубильную машину из сетчатым вкладышем для калибровки щепы; ленточный транспортер, линию подачи на измельчение, линию измельчения, для начального удаления металлов – металлоискатель, устройство для удаления тряпок и волокон, которые присутствуют в потоке частиц, оборудование для удаления легких загрязнений (бумага, нейлон, волокно и т.д.),

динамический классификатор для разделения некондиционной щепы (стружки), которая поступает на доизмельчение, бункеры для складирования и дозирования щепы, металлодетектор для повторного высокоэффективного удаления металлов, устройство сортировки на три фракции, циклон для гравиметрической очистки мелкой фракции, дисковый сепаратор для пневматической сортировки и удаления песка из мелкой фракции, а также для кинетической очистки микро- и макрощепы, магнитный конвейер для удаления цветных металлов (алюминий, медь, латунь и т.д.), дробилку для переработки накопленных бракованных частиц из всех отборщиков, а также системы аспирации и фильтрации пыли по всему оборудованию и транспортировки фракций к бункерам дозирования.

Типичный цех по производству ДСП, как показали проведенные экспериментальные исследования, может использовать очищенную и подготовленную стружку из ВИД в определенном количестве в объеме плиты.

Свойства стружек из ВИД. Важной характеристикой древесных частиц из ВИД является фракционный состав и размер стружек. Результаты исследований установлено, что содержание фракций ВИД практически не отличается от фракционного состава ПД (таблица 2), хотя количество пыли ВИД (фракция 1/0) в два раза больше. Анализ геометрических размеров стружки из ВИД показал, что коэффициент анизотропии (отношение длины к толщине) у них на 30% меньше, чем у ПД, и составил 23,2, что связано с особенностями дробления ВИД, но пребывает в пределах нормы – 20–40.

Таблица 2

Анализ фракционного состава (%) и коэффициентов анизотропии

Название	Содержание фракции / Значения коэффициентов анизотропии							
	-/10	10/7	7/5	5/3	3/2	2/1	1/0,5	0,5/0
ПД	0,5	2,3	2,6	32,1	28,9	20,6	10,6	2,4
ВИД	0,4	1,0	1,8	28,3	25,2	19,3	19,1	4,9
Коэфф. анизотропии ПД	23,75	28,74	42,26	39,44	38,78	33,41	25,63	–
Коэфф. анизотропии ВИД	21,54	23,08	23,37	29,41	28,33	20,37	16,20	–

Свойства ДСП из ВИД. При выборе критериев оценки результатов изготовления плит из ВИД необходимо учитывать технологическую и экономическую часть. Эти требования обусловлены тем, что плиты и ВИД должны соответствовать требованиям плит марки П-А ДСТУ 10632:2009, а их себестоимость не должна превышать себестоимости плит из ПД. На основе разработанной технологии проведен многофакторный эксперимент с использованием ПФП-2³ и реализовано матрицу планирования согласно методике эксперимента. Исследовано влияние содержания ВИД во внутреннем слое (P₁) и во внешних слоях (P₂) в диапазоне 20-100%, а также содержания клея (K) в диапазоне 7–16% на физико-механические свойства ДСП – прочность при статическом изгибе (σ_{из.}), при растяжении перпендикулярно к пласти плиты (σ_p) и разбухание по толщине (Δh) [5–7]. Получены адекватные математические модели зависимости показателей ДСП от трех переменных факторов:

$$\sigma_{из} = 8,145 - 0,00039 \cdot P_1 - 0,0053 \cdot P_2 + 0,729 \cdot K - 0,000016 \cdot P_1 \cdot P_2 - 0,00011 \cdot P_1 \cdot K - 0,00057 \cdot P_2 \cdot K;$$

$$\sigma_p = 0,442 - 0,00088 \cdot P_1 - 0,0015 \cdot P_2 + 0,014 \cdot K - 0,000004 \cdot P_1 \cdot P_2 + 0,00003 \cdot P_1 \cdot K + 0,00008 \cdot P_2 \cdot K;$$

$$\Delta h = 19,37 - 0,0021 \cdot P_1 - 0,0031 \cdot P_2 - 0,288 \cdot K + 0,000016 \cdot P_1 \cdot P_2 - 0,000076 \cdot P_1 \cdot K - 0,00022 \cdot P_2 \cdot K;$$

Выводы и рекомендации:

1. Установлено, что ВИД является значительным ресурсом древесины и существенным дополнением к основному сырью в производстве ДСП.
2. Разработано технологию изготовления ДСП с использованием ВИД. Предложено в новой технологии ввести участок по подготовке ВИД, который включает: сортировку по загрязнению, за породой, за конструкционными материалами и др.; изъятие цветных и черных металлов, пластмасс и др.; очистку от включений и различных примесей, включая вещества защиты древесины.
3. Предложено, что пригодную для изготовления ДСП ВИД необходимо очищать способами: поверхностным – модернизированными станками (щеточным, фрезерным, иглофрезерным, шлифовальным, пескоструйным, лепестковым); внутренним – специальным оборудованием (воздушным сепаратором, вибрационным фидером, воздушным очистителем, магнитным ленточным транспортёром, металлодетектором, динамическим решетом и др.).
4. Исследовано, что стружка из ВИД, если она получена на типичном оборудовании, по геометрическим размерам, форме и фракционному составу не существенно отличается от стружки из ПД. Доказано, что увеличенное содержание мелкой фракции (1/0) в стружке ВИД при добавлении в ковер плиты в количестве до 20% вызывает рост показателей механических свойств ДСП.
5. Установлено, что коэффициент анизотропии стружек позволяет предвидеть и прогнозировать показатели прочности плит из ВИД.
6. Получены адекватные математические модели зависимости физико-механических показателей ДСП от содержания ВИД и клея в каждом из слоев.

7. Установлено, что при плотности 700 кг/м^3 плиты из ВИД (100%) имели, в зависимости от содержания ВИД (20-100%) и расхода клея, на 8-10% меньшую прочность при статическом изгибе и на 12-32% меньше – при растяжении перпендикулярно к пласти плиты, чем из содержанием ВИД 20%, и при этом, отвечали требованиям к плитам марки П-А ДСТУ 10632:2009 «Плиты древесностружечные. Технические условия».

8. Определено, что рациональным условиям изготовления плит стандартного качества (ДСТУ 10632:2009) соответствуют: для плит марки П-А (13 МПа) – содержание ВИД в плите во внутреннем и внешних слоях может составлять до 60% при среднем расходе клея 11,5%; для плит марки П-Б (11,5 МПа) – содержание ВИД во внутреннем – до 100%, а во внешних слоях – 80–100% при расходе клея во внутреннем слое – 7–8%, во внешних слоях – 10–11%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gayda S.V. Potential of post-consumer recovered wood and possible ways of it using in Ukraine // Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry. Collection of scientific and technical works. – Lviv: UNFU. – 2009, pub. 35. – P. 63–84.
2. Gayda S.V. From recycled post-consumer wood towards prime quality particleboard // Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry. Collection of scientific and technical works. – Lviv: UNFU. – 2010, pub. 36. – P. 57–77.
3. Gayda S.V. The investigation of physical and mechanical properties of wood particleboards made from post-consumer wood // Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry. Collection of scientific and technical works. – Lviv: UNFU. – 2011, pub. 37.2. – P. 129–136.
4. Гайда С.В. Технологические решения с переработки вторично используемой древесины // Материалы I Международной научно-практической конференции «Формирование нового мировоззрения как основа стратегии устойчивого развития» (14–16 марта 2013 г.). – Львов: РВВ НЛТУ Украины, 2013. – 222 с.
5. ДСТУ ГОСТ 10632:2009. Плиты древесностружечные. Технические условия (ГОСТ 10632–2007, ИДТ) – [Введен 2010-04-01]. – Киев: Госпотребстандарт Украины. – 2009. – 17 с.
6. ГОСТ 10635–88. Плиты древесностружечные. Методы определения предела прочности и модуля упругости при изгибе. – М.: Изд. стандартов.– 1990. – 4 с.
7. ГОСТ 10636–90. Плиты древесностружечные. Методы определения предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты. – М.: Изд. стандартов.– 1992. – 4 с.
8. ГОСТ 15815–83. Щеп технологическая. – М.: Изд. стандартов.– 1985. – 16 с.

УДК 674.04

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ ЖИДКОСТЬЮ

Н.В. Губанова,

аспирант кафедры древесиноведения, Воронежская государственная лесотехническая академия, Россия
Gubanova@freemail.ru

На базе технических характеристик жидких модификаторов, с учетом современных способов введения в древесину жидкости смоделирован процесс пропитки древесины, имея в конечном результате либо изменение структуры древесины, либо требуемое содержание модификаторов в древесине.

В настоящее время в области использования древесины на первый план выдвигаются задачи получения материалов из древесины с заданными свойствами, поскольку древесина является единственным природным возобновляемым материалом. Модифицированная древесина является полноценным заменителем древесины твердых лиственных и экзотических пород, пластмасс, черных и цветных металлов при изготовлении подшипников скольжения. Получение материалов для подшипников скольжения состоит из ряда последовательных стадий, важнейшей из которых является пропитка древесины мягких лиственных и хвойных пород антифрикционными составами.

Целью данной работы явилось изучение механизма проникновения жидкости в древесину и установление влияния основных параметров процесса пропитки (температура, давление) на эффективность пропитки.

В работе использована общепринятая стратегия теоретического исследования, которое состоит из следующих этапов:

- проверка работоспособности модели;
- изучение стадий и механизма пропитки древесины хвойных и лиственных пород;
- изучение влияния каждого из параметров на эффективность пропитки (при фиксированных значениях остальных параметров);
- оптимизация параметров процесса пропитки и пропитываемой жидкости.