

УДК 674.81

ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНО ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕССОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.В. ГАЙДА, доц., докторант, Национальный лесотехнический университет Украины, канд. техн. наук ⁽¹⁾

gaida@e-mail.ua

⁽¹⁾ Национальный лесотехнический университет Украины, Львов, Украина 79057, ул. Генерала Чупринки, 103, м. Львов, Украина

Рассчитан потенциал древесной биомассы – вторично используемой древесины (ВИД), который составил в 2013г. в Украине 2,1 млн т. Использован системный подход к переработке ВИД в технологиях деревообработки. Экспериментально подтверждена технологическая возможность использования ВИД в производственных процессах с изготовлением стружечной плиты и топливных гранул. Установлены закономерности влияния использования ВИД на физико-механические свойства полученной продукции. Разработаны практические рекомендации по использованию ВИД в деревообработке.

Ключевые слова: вторично используемая древесина, потенциал ВИД, древесностружечные плиты, топливные гранулы, физико-математические модели, переработка, технологии деревообработки, практические рекомендации.

В настоящее время в деревообработке существуют две основных проблемы – первичного сырья и отходов, в частности вторично используемой древесины (ВИД) [10]. Только комплексный и рациональный подход к использованию древесного материала на основе экономических и экологических соображений станет эффективным для выполнения и решения основных задач государства в области деревообработки. Потенциальным ресурсом и неиспользованной базой древесного сырья, запасы которого увеличиваются по мере развития промышленности и хозяйства в целом, есть запасы ВИД. Решение поставленной проблемы осложняется разнообразием ВИД, наличием металлических и других включений, а также различных видов загрязнителей (антипиренов, антисептиков, инсектицидов и др.) у ВИД, которые из-за некорректной сортировки и очистки могут вызвать значительные отклонения результатов прогнозирования свойств полученной продукции от свойств изделий, полученных из первичного сырья, что является неприемлемым для потребителей. Исследования отечественных и зарубежных ученых по данной проблеме касаются, в основном, использования производственных древесных отходов без привлечения ВИД к процессу переработки – изготовлению изделий из нее [13, 14]. Результаты исследований свидетельствуют,

что данная проблема не является полностью решенной, поскольку не разработаны научные базы и практические рекомендации для эффективных производственных процессов с прогнозированием свойств продукции с ВИД. Во многих странах ученые широко изучали ВИД, особенно ее загрязненность, которая стала определяющей по ее классификации, т.е. принадлежности к той или иной группе, и, на основании этого, будущего использования. Например, в Германии принято «Положение о регулировании вторично используемой древесины», где приведены особенности обращения с этими отходами [15].

Таким образом, обоснование научно-технической базы, разработка ресурсосберегающих и экологобезопасных технологий, установление закономерностей влияния использования ВИД на физико-механические показатели полученной продукции, разработка режимных параметров и формирование практических рекомендаций, подтвержденных результатами экспериментальных исследований, является важной проблемой. Актуальность исследований – обеспечение отраслей деревообработки альтернативным дополнительным ресурсом путем переработки ВИД на прессованные материалы: стружечные плиты [1, 11] и топливные гранулы [2, 12]. Реализацию проблемы осуществляли в несколько этапов: оценка состояния воп-

Потенциал вторично используемой древесины в Украине в 2013 г.
The potential of recycled wood in Ukraine in 2013

Отходы потребления (ВИД)	W- %	Объем, млн т	Потенциал/год		
			млн т у.т.	ПДж	Млрд квт- час
Изделия от торговли (тара, поддоны)	15	0,315	0,173	5,077	1,410
Изделия строительные древесные	18	0,483	0,255	7,482	2,078
Изделия из промышленности древесные	20	0,126	0,065	1,899	0,528
Изделия из помещений (мебель и т.д.)	10	0,273	0,160	4,686	1,302
Муниципальные отходы древесины	40	0,357	0,121	3,542	0,984
Твердые бытовые отходы (3,4 %)	35	0,441	0,164	4,800	1,333
Другие	30	0,105	0,043	1,262	0,350
Всего ВИД	25	2,100	0,981	28,749	7,986

роса, актуальность, цель и задачи исследований; обоснование классификации и расчет потенциала и баланса ВИД; методика проведения экспериментальных исследований; моделирование технологических процессов; результаты экспериментальных исследований; разработка технологических процессов; практические рекомендации по использованию ВИД.

Цель работы – исследование возможности и выяснения особенностей использования ВИД в технологических процессах деревообработки.

Объект исследования – ресурсосберегающие технологии использования ВИД.

Предмет исследования – физико-математические модели и практические рекомендации по использованию ВИД в технологиях деревообработки.

Общая характеристика ВИД. ВИД – это используемая древесина и любые изделия из нее, которые образуются в процессе производства и жизнедеятельности человека, в результате техногенных или природных катастроф, не имеющая дальнейшего назначения по месту образования и подлежащая удалению или переработке с целью обеспечения защиты окружающей среды и здоровья людей или для повторного вовлечения в хозяйственную деятельность как материально-сырьевых и энергетических ресурсов [6].

Определение потенциала ВИД. Расчет потенциала ВИД выполнен на основе информационный статистических данных Государственного агентства лесных ре-

сурсов Украины по заготовке древесины в 2013 г., объем которой составил 12,76 млн т. (18,23 млн плотных м³) [7]. Считая, что уровень потребления древесины зависит от экспорта-импорта, которые компенсируют друг друга в общем балансе сырья, объем образования ВИД рассчитывали от объема годовой заготовки в количестве 13 % (общепринятый в ЕС расчет), что составило в 2013 г. 1,659 млн т. Кроме того, в Украине ежегодно в населенных пунктах образуется в среднем 50–60 млн м³ твердых бытовых отходов (ТБО), где часть ВИД составляет 2–4 %. По данным Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства, в 2013 г. образовалось 13 млн т ТБО, из которых 0,441 млн т (3,4 %) ВИД. Таким образом, потенциал ВИД в 2013 г. составил 2,1 млн т (табл. 1). А количество ВИД на каждого жителя Украины из 43 млн чел. (01.06.2014 г.) – 49 кг.

Варианты управления ВИД. Возможные варианты управления ВИД представлены на рис. 1. В зависимости от категории ВИД эти отходы могут быть использованы как для переработки для производства новой продукции или аналогической продукции меньших размеров, так и для производства энергии – электричества и тепла. Поэтому ученые НЛТУ Украины продолжают поиск новых технологий для утилизации этих отходов [8, 9]. Необработанная древесина категории ВИД-I и значительная часть категории ВИД-II, прежде всего, предназначены для переработки как вторичное сырье. Цель перера-

Сценарии для управления ВИД (млн т/год)
Scripts for Managing VIEW (mln. T / year)

Сценарии для Украины	Энергия	Перераб.	Другое исп.	% энергии
Потенциал 2013 г. (предположение)	0,50	0,21	1,39	24 %
С-1: Переработка и энергия	1,05	1,05	–	50 %
С-2: Производство только энергии	2,10	–	–	100 %
С-3: Максимальная переработка	0,42	1,68	–	20 %

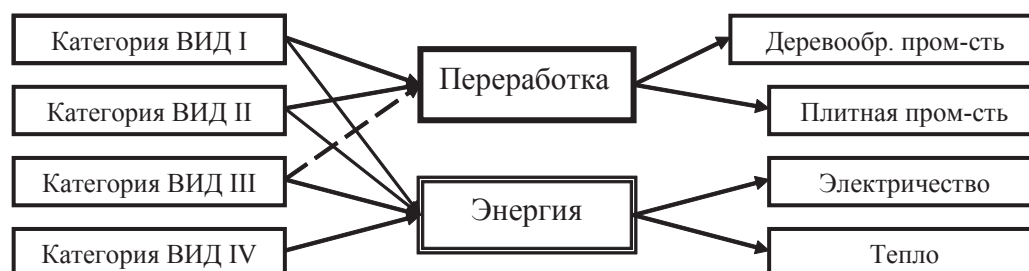


Рис. 1. Выбор управления вторично используемой древесины
Fig. 1. Selection of control of recycled wood

ботки различной древесины, которая прошла все виды сортировки и распределения по категориям – получение технологической щепы для использования в качестве сырья при производстве ДСП, топливных гранул и брикетов. Проблема утилизации отходов категории ВИД-IV (например деревянных шпал, пропитанных антисептиками) – острейшая для транспортной отрасли. Ведутся исследования по использованию измельченной ВИД-IV в качестве топлива и соответствии их Директивам ЕС 94/67 от 16 декабря 1994 г. по сжиганию вредных отходов. Использование вредных древесных отходов в качестве топлива стало возможным благодаря выработке оптимальных режимов работы котловых агрегатов.

Возможные сценарии управления ВИД в Украине. Точное количество ВИД, которая используется для производства энергии и переработки в Украине, неизвестно. Поэтому необходимо проанализировать различные сценарии использования ВИД по расчетным потенциалам определенного года, в частности объемов 2013 г.

В табл. 2 рассмотрены три сценария использования ВИД, оцененной в потенциальном количестве 2,1 млн т для 2013 г.: С-1 – паритетное использования (50/50 %) как для переработки, так и для энергии; С-2 –

производство только энергии; С-3 – максимальная переработка, но не больше 80 %. Обладая средней теплотворной способностью 3280 ккал/кг, получим из 2,1 млн т ВИД энергии в количестве 28,8 ПДж/год (8,0 млрд квт-час/год), что составляет 4 % годового использования энергии в Украине.

Экологические аспекты управления ВИД. За С-2 (рис. 2) производится наибольшее количество энергии – 28,8 ПДж/год, при этом нужно наибольшее количество свежей древесины 1,6 млн т/год. Тогда как за С-3 при максимальной переработке получаем минимальное количество энергии – 5,9 ПДж/год. При паритетном использовании ВИД получаем 20,3 ПДж/год, но дополнительно нужно 0,6 млн т/год свежей древесины.

Из этого вытекает: доля ВИД, которая используется для выработки энергии, обобщенно влияет на результаты. Для сценария 1 «Производство электроэнергии и переработка» эта доля составляет 50 %, для сценария 2 «Производство только электроэнергии» – 100 %, а по сценарию 3 «Максимальная переработка» – лишь 20 %. На рис. 2 показано дополнительное количество ископаемого топлива, необходимого для энергетики и для переработки и необходимый дополнительный объем свежей древесины. Увеличение количества ВИД, которая используется для производства

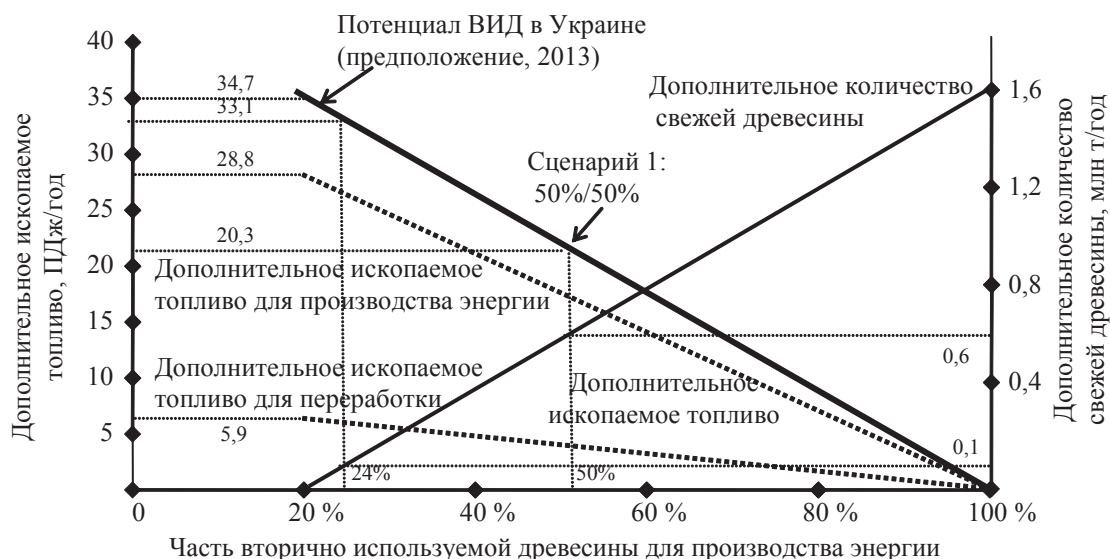


Рис. 2. Дополнительное ископаемое топливо и количество свежей древесины относительно части ВИД, которая используется для получения энергии вместо переработки

Fig. 2. Additional fossil fuel and the amount of fresh wood as compared to a part of VIEW which is used to produce energy instead of recycling

энергии, приводит к уменьшению количества ископаемого топлива, но к увеличению дополнительного количества свежей древесины. Сценарий 3 «Максимальная переработка» не требует дополнительной свежей древесины, но требует высокого количества дополнительного ископаемого топлива — около 34,7 ПДж/год, тогда как сценарий 2 «Производство только электроэнергии» имеет наибольшую потребность в свежей древесине — около 1,6 млн т/год, но нет необходимости в дополнительном ископаемом топливе. Сценарий 1 «Производство электроэнергии и переработка» имеет дополнительный спрос около 0,6 млн т/год свежего дерева и дополнительного количества ископаемого топлива около 20,3 ПДж/год.

Технологические аспекты подготовки ВИД к переработке для создания прессованных материалов. В соответствии с целью работы по исследованию возможностей и выяснения особенностей переработки ВИД в технологических процессах деревообработки на основе системного анализа предложено использовать очищенную ВИД в измельченном виде для стружечных плит и топливных гранул.

Для подготовки ВИД для производственных ресурсосберегающих технологических процессов по производству вы-

шеприведенной продукции разработаны типовые технологические процессы: первый — по сортировке, сегрегации и первичной (внешней) очистке; второй — по измельчению и поэтапной очистке с дополнительным измельчением.

После проведения операций сбора, транспортировки и накопления ВИД на сырьевых складах заводов по переработке проводят идентификацию по четырем категориям (ВИД-I...IV); сортировке по материалу (массив, плита), породе и др.; сегрегацию по влажности, загрязнениям и др.; индикацию на недопустимые химикалии. 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.

После разделения по виду материала и идентификации по качеству проводят операцию наружной очистки от металлических и других видимых включений. Выявление

металлических элементов осуществляют с помощью металлодетекторов, которые могут быть установлены для каждого вида материала. Внешняя очистка загрязненной ВИД осуществляется в несколько этапов. Наиболее актуальным представляется способ очистки ВИД иглофрезерными станками, например, для снятия лакокрасочного материала и материала облицовок, включая ПВХ-пленки из старых мебельных, столярно-строительных и других изделий. Чистая ВИД поступает непосредственно на измельчение.

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. При непосредственном попадании ВИД в производственный процесс ее измельчают шредерами. Этот процесс может быть описан как измельчение, скалывание, перемалывание, дробление. После такого измельчения физические загрязнения удаляют с помощью различных средств, в том числе транспортеров с магнитными подвесками. Это этап, который уменьшает и контролирует размер частиц, а также удаляет загрязнения больших размеров, в том числе черные металлы.

После чего измельченные отходы перерабатываются на щепу методами дробления. Первоначальная цель заключается в создании основной фракции древесной щепы, которая подходит для подачи в общий поток для производства композиционных материалов. Предложено основным критерием для щепы на первом этапе 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 с 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) рекомендован вихреотокый сепаратор как отдельное устройство. Это устройство, как правило, статическое с электрическим приводом. Современные мобильные шредеры имеют уже встроенный сепаратор цветных металлов.

Таким образом, разработана **технология по измельчению и очистке ВИД**, которая должна иметь следующие операции и оборудование производственного процесса: для измельчения различной ВИД – мощный измельчитель – шредер; рубильную машину с 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 накоплений бракованных частиц из всех отборщиков, а также системы аспирации и фильтрации пыли по всему оборудованию и транспортировке фракций к бункерам дозирования. Установлено, что отсортированная щепа из ВИД первой и второй категории характеризуется содержанием кондиционной фракции (не менее 80 %) и соответствует требованиям к щепе ПС согласно ГОСТ 15815-83 «Щепа технологическая».

Рекомендовано подготовленную щепу из ВИД после сушки, кондиционирования,

Анализ фракционного состава (%) и коэффициентов анизотрии
Analysis of fractional composition (%) and the anisometric view coefficients

Название	Содержание фракции / Значения коэффициентов анизотрии							
	-/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. анизотрии ПД	23,75	28,74	42,26	39,44	38,78	33,41	25,63	–
Коэфф. анизотрии ВИД	21,54	23,08	23,37	29,41	28,33	20,37	16,20	–

охлаждения и кратковременного хранения отправлять для изготовления продукции.

Свойства стружек из ВИД для производства ДСП. Важной характеристикой древесных частиц из ВИД является фракционный состав и размер стружек. Результатами исследований установлено, что содержание фракций ВИД практически не отличается от фракционного состава первичной древесины (ПД) для производства ДСП (табл. 3), хотя количество пыли ВИД (фракция 1/0) в два раза больше. Анализ геометрических размеров стружки из ВИД показал, что коэффициент анизотрии (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.

Характеристика частиц из ВИД для производства топливных гранул. Определены гранулометрический состав с использованием вибрационного сита с отверстиями 3,15 мм и меньше. Фракционный состав стружек для различных проб ВЖД по результатам экспериментов составлял

- < 3,15 мм – 97,2–98,1 %;
- < 2,0 мм – > 90,3–91,4 %;
- < 1,0 мм – > 54,7–62,2 %;
- < 0,1 мм – < 2,8–4,3 %, что соответствует требованиям стандарта ГОСТ Р 54189-2010 [3].

что соответствует требованиям стандарта ГОСТ Р 54189-2010 [3].

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 ГОСТ 10632:2007 [4], а их себестоимость не должна превышать себестоимости

плит из ПД. На основе разработанной технологии проведен многофакторный эксперимент с использованием ПФП-2³ и реализована матрица планирования согласно методике эксперимента. Исследовано влияние содержания ВИД во внутреннем слое (P_1) и во внешних слоях (P_2) в диапазоне 20–100 %, а также содержания клея (K) в диапазоне 7–16 % на физико-механические свойства ДСП – прочность при статическом изгибе ($\sigma_{из}$), при растяжении перпендикулярно к пласти плиты (σ_p) и разбухании по толщине (Δh). Получены адекватные математические модели зависимости показателей ДСП от трех переменных факторов

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

$$\sigma_p = 0,442 - 0,00088 \cdot P_1 - 0,0015 \cdot P_2 + 0,0136 \cdot K + 0,000083 \cdot P_2 \cdot K;$$

$$\Delta h = 19,37 - 0,0021 \cdot P_1 - 0,0031 \cdot P_2 - 0,288 \cdot K.$$

Установлено, что при плотности 700 кг/м³ 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 при содержании ВИД 20 %, и при этом отвечали требованиям к плитам марки П-А.

Свойства топливных гранул из ВИД. Исследовано влияние содержания ВИД P_c (0–100 %), влажности стружек M_c (8–16 %) и содержания добавок A_c (0–3 %) на физико-механические свойства топливных гранул из ВИД – влажность (M , %), зольность (A , %), механическая прочность (DU , %), истираемость (F , %), теплотворная способность (Q , МДж/кг), насыпная плотность (BD , кг/м³), которые были определены стандартными методами.

По результатам реализации полнофакторного плана ПФП-2³ получены адекватные математические модели зависимости показателей топливных гранул от трех переменных факторов: содержания ВИД, влажности стружек и содержания добавок

$$\begin{aligned} M &= 2,23 - 0,005Pc + 0,606Wc + \\ &+ 2,16Ac - 0,0003PcWc - 0,16WcAc; \\ A &= 0,22 + 0,0005Pc + 0,004Wc + 0,08Ac + \\ &+ 0,00008PcWc + 0,0002PcAc + 0,002WcAc; \\ DU &= 101,1 - 0,009Pc - 0,38Wc - \\ &- 0,123Ac + 0,051WcAc; \\ F &= 1,06 - 0,00058Pc - 0,0098Wc - \\ &- 0,136Ac - 0,0017WcAc; \\ Q &= 20,5 - 0,0035Pc - 0,15Wc + \\ &+ 0,8Ac - 0,0008PcAc - 0,06WcAc; \\ BD &= 621,55 - 0,097Pc + 2,34Wc + \\ &+ 7,83Ac - 0,142WcAc. \end{aligned}$$

Проверено, что ВИД по характеристикам не уступает другой древесной биомассе и может быть использована для получения твердого биотоплива – топливных гранул.

Доказано, что топливные гранулы из ВИД соответствуют требованиям стандарта ГОСТ Р 55114-2012 для гранул В класса [5].

Выводы и рекомендации

1. Обосновано, что ВИД является альтернативным дополнительным ресурсом сырья при переработке ее в производственных процессах деревообработки.

2. Разработана методика расчета потенциала ВИД. Рассчитан потенциал древесной биомассы, в частности ВИД, который составил в Украине в 2013 г. 2,1 млн т.

3. Разработаны ресурсосберегающие технологии использования ВИД. Экспериментально подтверждена технологическая возможность использования ВИД для производства прессованных материалов: стружечных плит и топливных гранул.

4. Предложено в разработанных технологиях ввести участок по подготовке ВИД, который включает сортировку по загрязнению, по породам, по конструкционным материалам и др.; изъятие цветных и черных металлов, пластмасс и др.; очистку от включений и различных примесей, включая вещества защиты древесины.

5. Предложено пригодную для материального использования ВИД очищать двумя способами: поверхностным – модернизированными станками (щеточным, фрезерным, иглофрезерным, шлифовальным, пескоструйным, лепестковым); внутренним – специальным оборудованием (воздушным сепаратором, вибрационным фидером, воздушным очистителем, магнитным ленточным транспортером, металлодетектором, динамическим решето и др.).

6. На основе полученных математических моделей установлены закономерности влияния использования ВИД на физико-механические показатели полученной продукции. Предложены режимные параметры для внедрения полученных результатов в производство.

7. Определено, что рациональным условиям изготовления плит стандартного качества (ГОСТ 10632-2007) 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 %.

8. Определен рациональный состав гранул с различным содержанием ВИД: для лиственных и хвойных пород (1:1), для ВИД из композитных материалов – не более 50 %. В соответствии с разработанной технологией для изготовления топливных гранул из ВИД с различной древесной биомассой предложены следующие режимные параметры процесса гранулирования: древесные частицы выбранной пробы – 100 %; влажность частиц перед прессованием – 12 %; фракционный состав: < 3,15 мм – > 97 %; < 2,0 мм – > 90 %; < 1,0 мм – > 50 %; < 0,1 мм – < 5 %; насыпная плотность стружек – 200–250 кг / м³; добавки – 0 %; диаметр отверстий – 6 мм; диапазон температуры прессования – 90–100°C; давление прессования (в регуляторе зазора между матрицей и роликами) – 10–150 МПа; расстояние между матрицей и

роликами – 0,3 мм; соотношение длины канала матрицы к ее диаметру – 3,5.

9. Технология переработки ВИД для материального использования является рентабельной и эффективной из-за низкой себестоимости данной древесной биомассы.

Библиографический список/ References

1. Гайда, С.В. Разработка технологии древесностружечных плит из вторично используемой древесины // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса : материалы II междунар. науч.-технич. конф. – Кострома: КГТУ, 2013. – С. 84–87.
Gayda S.V. *Razrabotka tekhnologii drevesnostruzhechnykh plit iz vtorichno ispol'zuevoy drevesiny* [Development of technology of wood particleboards made from post-consumer wood]. Materials II international scientific and technical conference “Actual problems and prospects of development of forestry and industrial complex”. Kostroma, 2013, pp. 84-87.
2. Гайда, С.В. Технологии топливных гранул из вторично используемой древесины // Актуальные проблемы лесного комплекса : сб. науч. тр. / БГИТА. – Брянск, 2013. – Вып. 36. – С. 49–53.
Gayda S.V. *Tekhnologii toplivnykh granul iz vtorichno ispol'zuevoy drevesiny* [Techniques of fuel pellets produced from post-consumer wood]. Collection of scientific works XIV international scientific and technical conference “Actual problems of forest complex”. Bryansk, 2013, № 36, pp. 49-53.
3. ГОСТ Р 54189-2010 (ЕН 15149-2:2010). Биотопливо твердое. Определение гранулометрического состава. Часть 2. Метод с применением вибрационного сита с размером отверстий 3,15 мм и менее. – Введ. 21.12.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.
GOST R 54189-2010 (EN 15149-2:2010). *Biotoplivo tverdoe. Opredelenie granulometricheskogo sostava. Chast' 2. Metod s primeneniem vibratsionnogo sita s razmerom otverstiy 3,15 mm i menee* [State Standart 54189-2010 (EN 15149-2:2010). Solid biofuels – Determination of particle size distribution. – Part 2: Vibrating screen method using sieve apertures of 3,15 mm and below]. Moscow: Standartinform Publ., 2012, 12 p.
4. ГОСТ 10632-2007. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. – Введ. 01.01.2009. – М.: Стандартинформ, 2007. – 16 с.
GOST 10632-2007. *Plity drevesno-struzhechnye. Tekhnicheskie usloviya* [State Standart 10632-2007. Wood particle boards. Specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 2007, 16 p.
5. ГОСТ Р 55114-2012 (ЕН 14961-2:2011). Биотопливо твердое. Технические характеристики и классы топлива. Часть 2. Древесные пеллеты для непромышленного использования. – Введ. 1.7.2014. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
GOST R 55114-2012 (EN 14961-2:2011). *Biotoplivo tverdoe. Tekhnicheskie kharakteristiki i klassy topliva. Chast' 2. Drevesnye pellety dlya nepromyshlennogo ispol'zovaniya* [State Standart 55114-2012 (EN 14961-2:2011). Solid biofuels. Fuel specifications and classes. Part 2: Wood pellets for non-industrial use]. Moscow: Standartinform Publ., 2014, 11 p.
6. Gayda S.V. Bases of secondary wood resources classifier formation. Scientific papers of the Forest Academy of Sciences of Ukraine: collection of scientific works. Lviv: UNFU, 2013, pub. 11. pp. 208-215. (in Ukraine).
7. Gayda S.V. Production techniques and properties of fuel pellets produced from post-consumer wood. Scientific Herald. Collection of scientific and technical works. Lviv: UNFU, 2013, pub. 23.14. pp. 83-93. (in Ukraine).
8. Gayda S.V. Technologies and recommendations on the utilization of post-consumer wood in woodworking industry. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry. Collection of scientific and technical works. Lviv: UNFU, 2013, pub. 39.1. pp. 48-67. (in Ukraine).
9. Gayda S.V. Resource-saving technologies of recycling of post-consumer wood. A series of «Technology and Energy of agroindustrial complex». Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine : collection of scientific works. Kyiv: NULES of Ukraine, 2013, pub. 185. Part 2. pp. 271-280. (in Ukraine).
10. Gayda S.V. Techniques for recycled of post-consumer wood in the production of quality particleboard. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry. Collection of scientific and technical works. Lviv: UNFU, 2014, pub. 40. pp. 41-51.
11. 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. pp. 95-110.
12. Gayda S.V. Production techniques and properties of fuel pellets produced from post-consumer wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry. Collection of scientific and technical works. Lviv: UNFU, 2012, pub. 38. pp. 112-150.
13. WRAP. A technical report for the manufacture of products from waste wood. Environment Agency, 2007. 29 p.
14. COST Action E 31 (Hrsg.). National summary reports on the European market of recovered wood, 2004. 335 p.
15. Regulation on requirements for recycling and disposal of Waste Wood (Wood Ordina

ECOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF RECYCLING POST-CONSUMER WOOD FOR PRODUCTION COMPACTED MATERIALS

Gayda S.V., Assoc. prof. UNFU ⁽¹⁾

gaida@e-mail.ua

⁽¹⁾Ukrainian National Forestry University, 79057, st. General Chuprynyk, 103, m. Lviv, Ukraine

An estimation of the potential has been made for woody biomass – post-consumer wood (PCW) – which amounted to 2.1 million tonnes in 2013. A system approach to PCW recycling has been used. Technological capability of using PCW in woodworking production processes has been experimentally confirmed and commensurate product specimens have been obtained: particleboards and fuel pellets. The patterns of PCW-content influence on physical and mechanical properties of the obtained products have been developed. Certain practical recommendations concerning PCW utilization in woodworking industry have been proposed.

Keywords: Post-consumer wood, PCW potential, wood particleboards, pellets, physical and mechanical models, recycling, woodworking techniques, practical recommendations.