

Совершенствование технологии производства древесностружечных плит на основе утилизируемых отходов деревообрабатывающих производств

Н.П. Плотников^a, Г.П. Плотникова^b

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^an-plotnikov@mail.ru, ^bgalina.pavlovna.plotnikova@yandex.ru

^a<https://orcid.org/0000-0001-9729-0806>,

^b<https://orcid.org/0000-0002-7436-3037>

Статья поступила 04.07.2019, принята 7.07.2019

Производство древесностружечных плит обуславливает вовлечение в переработку низкосортной древесины и древесных отходов, не находящихся рационального применения. Ресурсы древесного сырья в России вполне достаточны для многократного роста отечественного производства древесностружечных плит, однако внутренний рынок для этой продукции относительно мал, поэтому объективная перспектива — это экспорт, выход на мировые рынки. Для этого продукция должна быть конкурентоспособной в смысле цены, экологичности и качества. Утилизация производственных отходов тесно связана с возможностью снизить загрязнение биосферы, повысить эффективность производства продукции, сохранить лесные массивы. Цель исследований — совершенствование технологии производства древесностружечных плит за счет утилизации отходов деревообрабатывающих производств, некондиционной древесины и опилок. Выявлены основные закономерности влияния состава древесного сырья на качественные показатели древесностружечных плит, определена возможность использования отходов лесопиления и деревообработки для их производства.

Ключевые слова: древесностружечные плиты; отходы деревообработки; опилки; стружка; физико-механические показатели плит.

Improving the technology of production of wood chipboards based on recyclable wastes of wood processing industries

N.P. Plotnikov^a, G.P. Plotnikova^b

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^an-plotnikov@mail.ru, ^bgalina.pavlovna.plotnikova@yandex.ru

^a<https://orcid.org/0000-0001-9729-0806>,

^b<https://orcid.org/0000-0002-7436-3037>

Received 04.07.2019, accepted 7.07.2019

The production of chipboard causes the involvement in the processing of low-grade wood and wood waste that is not rational use. The resources of wood raw materials in Russia are quite sufficient for the repeated growth of domestic production of chipboard, but the domestic market for these products is relatively small, therefore the objective perspective is export, access to world markets. To do this, products must be competitive in terms of price, environmental friendliness and quality. Disposal of industrial waste is closely related to the ability to reduce the pollution of the biosphere, to increase the efficiency of production, to save forests. The purpose of research is to improve the production technology of chipboard through the disposal of waste woodworking industries, substandard wood and sawdust. The main regularities of the influence of the composition of wood raw materials on the quality indicators of chipboard are revealed, the possibility of using sawmill and woodworking wastes for their production is determined.

Keywords: particle board; wood waste; sawdust; shavings; physical and mechanical performance of boards.

Введение

Одной из наиболее характерных черт современного промышленного развития является активное применение сырья и материалов. В производственной экономике эта тенденция проявляется с каждым годом все в большей степени. Внешним ее выражением являются нехватка некоторых важных видов сырья, их постоянное удорожание. В связи с сырьевыми затруднениями

особое значение приобретают меры по экономии сырья. Вопросы рационального использования древесины и применения более современных методов ее учета, введения научно обоснованных норм расхода древесного сырья находятся в центре внимания работников лесной индустрии.

Развитие предприятий на сегодняшний день в первую очередь возможно за счет увеличения номенклату-

ры сырьевой базы, в том числе за счет отходов сопутствующих производств. Отходы деревообработки и лесозаготовок могут быть полноценным сырьем при условии правильной организации технологического процесса их переработки.

Различные авторы [1–8] указывают на возможность использования в производстве древесностружечных плит (ДСтП) следующих отходов: стружки (отходы деревообработки на станках), опилок (отходы лесопиления и деревообработки), щепы, изготовленной из тонкомерных деревьев и сучьев, кусковых отходов лесопиления и деревообработки, отходов при производстве шпона и т. д.

На указанные виды сырья накладываются ограничения по качеству согласно ОСТ 13-200-85 «Дрова для гидролизного производства и изготовления плит», ОСТ 13-28-74 «Горбыль деловой хвойных пород», ГОСТ 15815-83 «Щепа технологическая. Технические условия».

В перспективе намечается дальнейшее увеличение доли технологической щепы из отходов лесопиления и деревообрабатывающих производств, опилок, стружки-отходов, а также лесосечных отходов. Подобная тенденция к рациональному использованию сырья наблюдается и за рубежом.

Методы исследования. Целью проведенных исследований является поиск путей улучшения физико-механических показателей ДСтП без увеличения себестоимости с одновременным расширением сырьевой базы за счет применения отходов сопутствующих производств.

Предприятие, на котором проводились нижеуказанные исследования, в условиях территориальной близости лесопильных и оцилиндровочных производств имеет возможность разумной замены части сырья на опилки и стружку-отходы, которые дешевле в несколько раз [9–11].

Добавление опилок в состав основного сырья оказывает влияние как на физические, так и на механические характеристики ДСтП. Изделия из опилок, как правило, не требуют дополнительной операции шлифования, так как чистота их поверхности значительно выше, чем чистота поверхности изделий из других видов древесных отходов [12–14].

Кроме того, опилки — это сырье, не требующее дополнительного измельчения, в отличие от кусковых отходов или стружки. Все эти положительные качества опилок как сырья создают технические и экономические предпосылки для организации их рационального использования в промышленных масштабах [15–17].

Опилки от продольной распиловки круглой древесины на лесопильной раме (имеют форму, близкую к кубической) первоначально подвергались сепарации. В технологии применялась фракция 4/2.

Зависимость прочностных показателей от содержания опилок показана на рис. 1 и 2.

Как видно на рис. 1 и 2, функции зависимости прочностных параметров при введении опилок имеют экстремум в диапазоне 10–20 %. Содержание опилок в указанном диапазоне повышает прочность на изгиб благодаря тому, что мелкие частицы, обладая большей удельной поверхностью, а, следовательно, и большей поверхностной энергией, определяющей восприятие

связующего древесиной, принимают в 1,5 раза больше связующего. Прочность наружных слоев, определяемая параметром статического изгиба, таким образом, повышается, увеличивается вероятность клеевых контактов и их количество, что и обеспечивает хорошую прочность при изгибе.

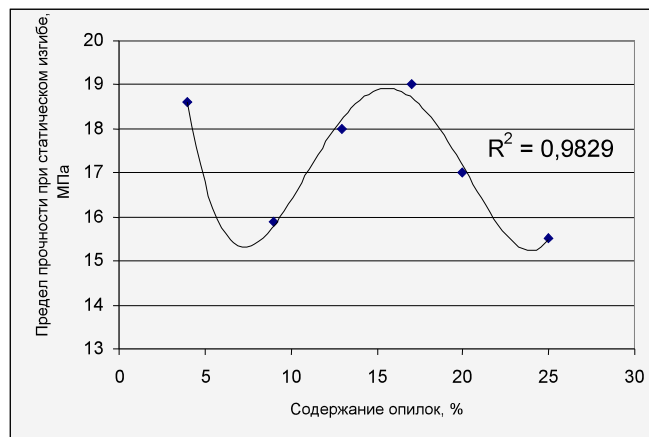


Рис. 1. Зависимость прочности при статическом изгибе образцов ДСтП от содержания опилок в составе щепы марки ПС

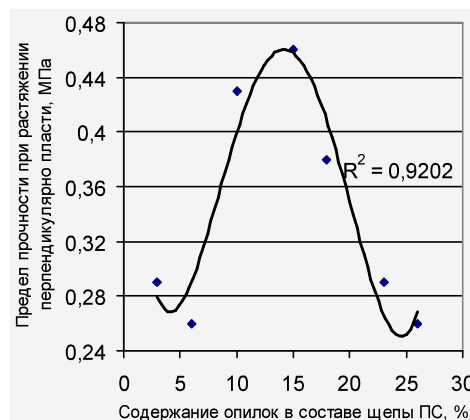


Рис. 2. Зависимость прочности при растяжении перпендикулярно пласти образцов ДСтП от содержания опилок в составе щепы ПС

Некоторое увеличение прочности при растяжении перпендикулярно пласти в описываемом диапазоне можно объяснить уменьшением содержания пустот во внутреннем слое, определяемом параметрами разрывов, содержание которых в плитах достигает 35 %.

Дальнейшее резкое снижение прочностных параметров древесностружечных плит объясняется следующим образом. Как известно, большое значение при производстве материалов и изделий имеет коэффициент гибкости, выражаемый отношением длины древесных частиц к их толщине. При обмере коэффициент опилок составляет менее 2,5, что в 10–20 раз ниже, чем у специально резаной стружки. К тому же, при распиле древесины на лесопильной раме образуется определенное количество частиц, имеющих больший размер не вдоль, а поперек волокон, что, в конечном счете, способствует снижению прочности плит.

Изменение разбухания древесностружечных плит в зависимости от содержания опилок представлено на рис. 3.

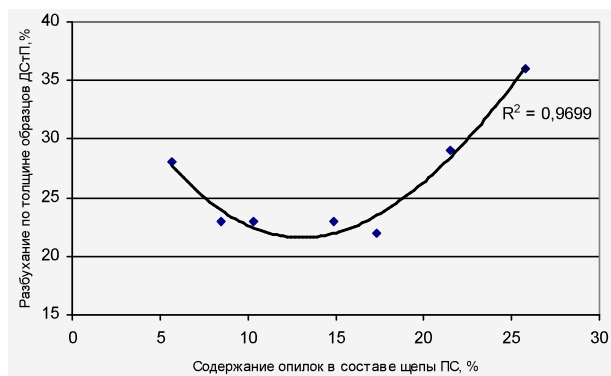


Рис. 3. Зависимость разбухания образцов ДСтП по толщине за 24 ч от содержания опилок в составе щепы ПС

На рис. 3 видно, что добавление опилок в количестве до 15 % ведет к некоторому уменьшению разбухания ДСтП при выдержке в воде в течение 24 ч, а затем кривая разбухания резко повышается.

Резкое увеличение разбухания объясняется тем, что опилки, кроме коэффициента гибкости, имеют значительные внутренние пустоты, способные интенсивно поглощать жидкость. Пористость древесных частиц зависит от их крупности, способа уплотнения смеси, гранулометрического состава и других факторов. Опилки, получаемые на лесопильных рамах, неравномерны по форме и размерам. Небольшие размеры опилок и их форма, сходная с кубической, не обеспечивают достаточной свойлачиваемости древесных частиц и высокой прочности их склеивания между собой. Высокое соотношение торцовых и боковых поверхностей древесных частиц способствует повышенному водопоглощению у изделий из них.

Изменение шероховатости поверхности ДСтП в зависимости от содержания опилок показано на рис. 4.

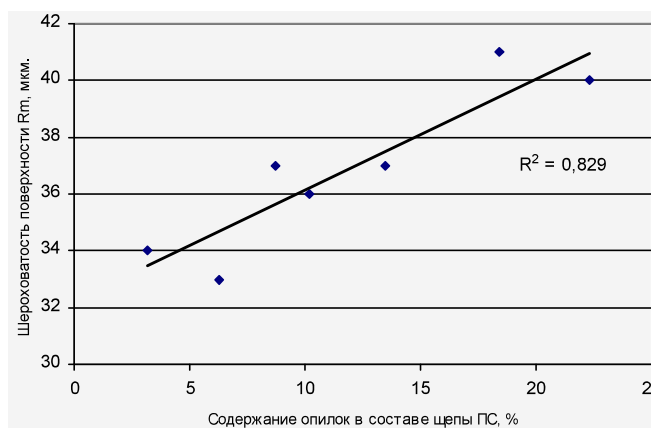


Рис. 4. Зависимость шероховатости поверхности Rm образцов ДСтП от содержания опилок в составе щепы ПС

Как видно на рис. 4, шероховатость поверхности возрастает с увеличением количества подаваемых опилок. Качество поверхностного слоя частиц оценивается степенью повреждения (перерезания) анатомических

элементов древесины. Опилки имеют кубическую (не плоскую) форму, и при однопоточной схеме (введение опилок в общий поток) шероховатость поверхности неизбежно возрастет. Поэтому добавление опилок с целью уменьшения материалоемкости при производстве плит марки Р-1 ГОСТ 10632-2014 не рекомендуется по параметру шероховатости.

Исследования влияния стружки — отхода оцилиндровки проводили в процессе изготовления плит в общем потоке подачи щепы, после сепарирования до фракции 50/4, и подвергали резанию в центробежных стружечных станках.

Исследования зависимости прочности на изгиб от увеличения содержания стружки-отхода показали очень незначительное уменьшение прочности (рис. 5).

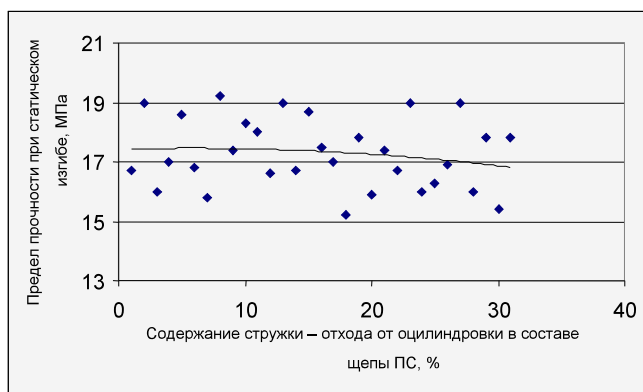


Рис. 5. Зависимость прочности при статическом изгибе образцов ДСтП от содержания стружки — отходов оцилиндровки в составе щепы ПС

Зависимость прочности при растяжении образцов ДСтП перпендикулярно пласти от содержания стружки — отходов оцилиндровки в составе щепы ПС представлена на рис. 6.

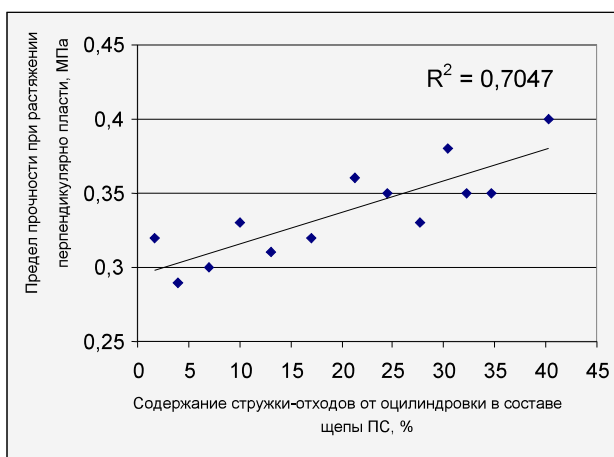


Рис. 6. Зависимость прочности при растяжении образцов ДСтП перпендикулярно пласти от содержания стружки — отходов оцилиндровки в составе щепы ПС

На рис. 6 видно, что при введении ≥ 25 % стружки от оцилиндровки можно будет изготавливать плиты марки Р-1 по ГОСТ 10632-2014 (при норме для толщины 16 мм — 0,35 МПа). Это объясняется тем, что прочность на разрыв поперек пласти образцов плит в этом

случае определяется не только когезионной и адгезионной прочностью связующего и системы «связующее – древесина», но также прочностью древесных частиц вдоль волокон спиралевидных стружек, расположенных поперек сечения плиты.

Положительные результаты получены и для физических характеристик ДСтП.

1) разбухание по толщине за 24 ч (рис. 7).



Рис. 7. Зависимость разбухания по толщине за 24 ч образцов ДСтП от содержания стружки — отхода оцилиндровки в составе щепы ПС

Можно сделать вывод (рис. 7), что добавление от 30 % стружки-отходов позволяет получить плиты марки Р-1 по ГОСТ 10632-2014. Получение плит марки Р-1 с разбуханием до 20 % без применения меламинасодержащих компонентов на сегодняшний день является проблемой, так как требования по этому параметру ужесточились по сравнению с ГОСТ 10632-89 и ГОСТ 10632-2007.

Понижение показателя разбухания объясняется тем, что при погружении в воду таких плит основные связи, держащие конструкцию плиты в воде, не ограничиваются клеевыми. Прочность соединения также обуславливается спиралевидной ориентацией стружек, и древесные частицы, расположенные вдоль волокон (с самой высокой прочностью), оказываются поперек сечения плиты. Водостойкость плит в этом случае определяется не только из адгезионной и когезионной суммы применяемого связующего и системы «связующее – древесина», но и прочностью древесины вдоль волокон.

2) шероховатость поверхности пласти R_m , $\mu\text{км}$, при увеличении содержания стружки-отхода также уменьшается (рис. 8).

Как видно на рис. 8, шероховатость уменьшается при увеличении количества подаваемой стружки от оцилиндровки. Это объясняется тем, что стружка имеет спиралевидную форму, очень малую толщину (до 0,5 мм) и гладкую поверхность. Таким образом, стружка из данного вида сырья, образующаяся при работе на центробежных стружечных станках, имеет также небольшую и стабильную толщину и гладкую поверхность, поскольку просто пролетает через подножевую щель, измельчаясь по ширине и длине.

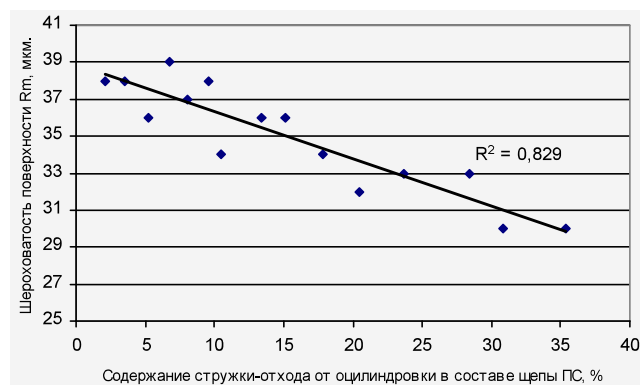


Рис. 8. Зависимость шероховатости поверхности R_m образцов ДСтП от содержания стружки — отхода оцилиндровки в составе щепы ПС

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующий вывод: улучшение физико-механических показателей древесностружечных плит (гарантированное производство плит марки Р-1 согласно ГОСТ 10632-2014) возможно с помощью применения отходов сопутствующих деревообработывающих производств в следующем количестве:

1) опилки, полученные в результате продольной распиловки круглых лесоматериалов на лесопильных рамах — не более 20 %;

2) стружка-отход, полученная при операциях оцилиндровки круглых лесоматериалов — не менее 25 %.

Литература

1. Веселов А.А. Использование древесных отходов фанерного и спичечного производства. М.: Лесн. промышленность, 1987. 160 с.
2. Завражнов А.М. Пути использования отходов в производстве плит // Плиты и фанера: экспресс-информ. / ВНИПИЭИлеспром. М., 1981. Вып. 8. 13 с.
3. Качелкин Л.И., Рушнов. Н.П., Михайлов Г.М. и др. Использование отходов лесозаготовок. М.: Лесн. промышленность, 1965. 323 с.
4. Коротаев Э.И., Клименко М.И. Использование древесных опилок. М.: Лесн. промышленность, 1974. 144 с.
5. Корчаго И.Г. Древесностружечные плиты из мягких отходов. М.: Лесн. промышленность, 1971. 104 с.
6. Отлев И.А., Штейнберг Ц.Б. Справочник по производству древесностружечных плит. М.: Лесн. промышленность, 1990. 384 с.
7. Пучков Б.В. Использование древесных отходов для производства плит // Деревообработка в России. 1998. № 1. С. 7 - 8.
8. Плотникова Г.П., Плотников Н.П. Модификация связующего для использования некондиционного сырья в производстве древесностружечных плит // Системы Методы Технологии. 2013. № 2. С. 142-146.
9. Плотников Н.П., Симикина А.А. Снижение токсичности карбамидоформальдегидных смол // Вестн. КрасГАУ. 2010. № 6. С. 155-158.
10. Плотникова Г.П., Плотников Н.П., Кузьминых Е.А. Применение гидролизного лигнина в производстве древесно-полимерных композитов // Системы Методы Технологии. 2013. № 4 (20). С. 133-138.
11. Плотников Н.П., Плотникова Г.П., Симикина А.А. Исследование структуры модифицированных карбамидофор-

мальдегидных смол методом ЯМР-спек-троскопии // Вестн. КрасГАУ. 2012. № 7. С. 171-174.

12. Плотников Н.П., Плотникова Г.П. Совершенствование технологии производства древесноплитных материалов. Новосибирск: НИП «СИБАК», 2013. 112 с.

13. Плотникова Г.П., Плотников Н.П., Аксютенкова Н.Ю. Исследование физико-химических свойств двухкомпонентных лакокрасочных материалов // Системы Методы Технологий. 2013. № 4 (20). С. 129-133.

14. Плотников Н.П. Улучшение физико-механических свойств фанеры на основе модифицированных нафтолами карбамидоформальдегидных смол: дис.... канд. техн. наук. Братск, 2011. 155 с.

15. Симикова А.А., Чельшева И.Н., Плотников Н.П. Применение лигнина в производстве древесно-полимерных композитов // Вестн. КрасГАУ. 2013. № 1. С. 162-169.

16. Денисов С.В., Плотников Н.П. Склеивание фанеры на основе применения модифицированных смол // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2010. Т. 2. С. 298-303.

17. Плотникова Г.П., Плотников Н.П. Оптимизация технологического процесса производства древесностружечных плит на модифицированном связующем с использованием некондиционного сырья // Вестн. КрасГАУ. 2013. № 9. С. 249-256.

References

1. Veselov A. A. Utilization of wood waste-Dov plywood and match manufacture. Moscow: Lesn. prom-St, 1987. 160 p.

2. Zavrazhnov A.M. Ways of using waste in the production of plates // Plates and plywood: Express iiform / NIPIElesprom. 1981. Issue. 8. 13 p.

3. Kachelkin L. I., Rasnov N. P. Mikhailov G. M., etc. The Use of logging wastes / Moscow: Lesn. prom-St, 1965. 323 p.

4. Korotaev E.I., Klimentko M.I. Use of sawdust. M.: Forest prom-St, 1974 144 p.

5. Cartago I.G. Chipboard from waste soft. Moscow: Lesn. prom-St, 1971. 104 p.

6. Otlev I.A., Steinberg C.B. Handbook for the production of chipboards. Moscow: Lesn. prom -St, 1990. 384 p.

7. Bunches B.V. The Use of wood waste for the production of plates / woodworking in Russia. 1998. № 1. Pp. 7 - 8.

8. Plotnikova G.P., Plotnikov N.P. Modification of the binder for the use of substandard raw materials in the production of particle boards // System. Methods. Technologies. 2013. № 2. Pp. 142-146.

9. Plotnikov N.P., Simikova A.A. Reduction of toxicity of urea-formaldehyde resins // Vestnik Krasgau. 2010. № 6. Pp. 155-158.

10. Plotnikova G.P., Plotnikov N.P., Kuzminykh E.A. Application of hydrolytic lignin in the production of wood-polymer composites // Systems Methods of Technology. 2013. № 4 (20). Pp. 133-138.

11. Plotnikov N.P., Plotnikova G.P., Simikova A.A. Study of the structure of modified urea-formaldehyde resins by NMR-spectroscopy // Vestnik Krasgau. 2012. № 7. Pp. 171-174.

12. Plotnikov N.P. Plotnikova G.P. Improvement of the technology of production drevesnosloistyj materials. Novosibirsk: NP "Sibak", 2013. 112 p.

13. Plotnikova G.P., Plotnikov N.P., Accutan-Kova N.Yu. Study of physico-chemical properties of two component paint materials // Systems/ Methods of Technology. 2013. № 4 (20). Pp. 129-133.

14. Plotnikov N.P. Improvement of physical and mechanical properties of plywood based on modified carbamide-formaldehyde resins by naphthols: dis.... kand. Techn. sciences'. Bratsk, 2011. 155 p.

15. Simikova A.A., Chelysheva I.N., Plotnikov N. P. The use of lignin in the production of wood-polymer composites // Vestnik Krasgau. 2013. № 1. Pp. 162-169.

16. Denisov S.V., Plotnikov N.P. Plywood bonding based on the use of modified resins // Proceedings of the Fraternal state University. Series: Natural and engineering Sciences. 2010. Vol. 2. Pp. 298-303.

17. Plotnikova G.P., Plotnikov N.P. Optimization of the technological process of production of particle boards on a modified binder using substandard raw materials // Vestnik Krasgau. 2013. № 9. Pp. 249-256.