

УДК 674.093

DOI: 10.15350/2306-2827.2016.4.64

## ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ОПИЛОК ПРИ РАСКРОЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

*Л. С. Суровцева, М. А. Шунина*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
Российская Федерация, 163002, Архангельск, Набережная Северной Двины, 17  
E-mail: L.surovceva@narfu.ru, marshu89@gmail.com

*Представлены данные по фракционному составу опилок по размерам и форме после обрезного и торцовочного станков. Показано, что по размерам можно выделить три фракционные группы древесных частиц: крупные – от 5,5–3,25 мм, средние – 3,0–1,0 мм, мелкие – менее 1 мм. Доля частиц среднего размера после обрезного станка составляет 37,5 %, а после торцовочного – 31,8 %. Проведённые исследования позволяют установить оптимальное соотношение фракций опилок, которые могут обеспечить требуемые физико-механические свойства изготавливаемых из них топливных пеллет.*

**Ключевые слова:** раскрой пиломатериалов; фракционный состав опилок; пеллеты.

**Введение.** Внутренний рынок топливных гранул в России начинает активно развиваться. Переход на биотопливо, получаемое из отходов лесной промышленности, для теплоснабжения городов и посёлков России позволит экономить в год 15–20 % традиционно используемых природных ресурсов [1].

В настоящее время для производства тепла используются опилки, щепа, некондиционная древесина, получаемая при раскросе круглых сортиментов. Для повышения эффективности сгорания древесная биомасса должна быть влажностью не более 10–15 %, что требует дополнительных технологических операций и затрат [2, 3]. Также для хранения этих отходов необходимы дополнительные площади. Более того, влажные опилки (щепа) легко самовоспламеняются в результате увеличения скорости экзотермических реакций в самих веществах [4]. Древесные отходы экономически невыгодно перевозить на расстояния более 20–40 км [5].

Альтернативой прямому сжиганию древесных отходов является изготовление

топливных гранул. Древесные гранулы выделяют больше тепла, чем сжигание опилок и щепы, таким образом, увеличивая коэффициент полезного действия котельных. Для гранул не требуется больших складских площадей и при хранении они не самовоспламеняются в отличие от опилок. При влажности древесных частиц в пределах от 22 до 55 % создаются благоприятные условия для жизнедеятельности грибковых образований и микроорганизмов. В результате происходит экзотермическая реакция [6]. Сырьём для изготовления гранул могут быть опилки, стружка, щепа и другие отходы деревообработки. В состав пеллет, кроме того, также может входить измельчённая древесная кора. Гранулы производятся без химических добавок под высоким давлением. Теплотворная способность древесных гранул составляет 4,3–4,5 кВт/кг, что выше на 15 % по сравнению с бурым углем [7]. При сжигании 1 т древесных гранул выделяется столько же энергии, сколько при сжигании 1,6 т древесины, 480 м<sup>3</sup> газа, 500 л дизельного топлива или 700 л мазута [8].

© Суровцева Л. С., Шунина М. А., 2016.

**Для цитирования:** Суровцева Л. С., Шунина М. А. Фракционный состав опилок при раскросе пиломатериалов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 4 (32). С. 64–69. DOI: 10.15350/2306-2827.2016.4.64

Ранее был исследован фракционный состав и форма опилок при распиловке пиловочных брёвен на различном головном оборудовании [9]. В лесопильном производстве опилки образуются не только при раскросе бревна, но также и при формировании ширины и длины пиломатериалов, полученных из брёвен. Доля опилок при обрезке пиломатериалов по ширине составляет 1,0 – 2,5 % от объёма бревна\*. При поперечном раскросе досок объём опилок незначителен и составляет не более 0,5 % [10, 11].

Фракционный состав древесных частиц, полученных при раскросе пиломатериалов, может оказать влияние на физико-механические свойства и качество пеллет, в составе которых содержится измельчённая древесина [12].

**Цель работы** – исследование фракционного состава опилок после продольного и поперечного раскроса пиломатериалов. Определение соотношения древесных частиц в зависимости от фракций и объединения их в группы в зависимости от объёма для дальнейшего исследования физико-механических свойств продукции (пеллет) на основе опилок.

**Объект и методика исследования.** Объектом исследования является фракционный состав опилок, полученный при продольном и поперечном раскросе пиломатериалов. Для проведения исследования непосредственно после раскроса досок на обрезных и торцовочных станках были отобраны пробы опилок весом не менее 2 кг. Масса пробы путём квартования сокращалась до 100 г. В состав сортировки входили сита с диаметрами отверстий от 5,5 до 0,16 мм. Для исследования\*\* было сформировано 30 проб, что достаточно для получения достоверности результатов исследования [13]. После сортировки

путём взвешивания определялось содержание каждой фракции древесных частиц и визуально фиксировалась форма опилок.

Все результаты проведённых исследований статистически обработаны и их можно считать достоверными, так как относительная ошибка не превышает 5 % при вероятности 0,92.

Был выполнен корреляционный анализ содержания опилок в зависимости от фракционного состава древесных частиц с помощью программы Matlab.

Оценка достоверности уравнений регрессий R осуществлялась на основе критерия Фишера в программе Matlab и составила 0,95 %.

Одним из основных факторов, оказывающих влияние на параметры и состав опилок, является режущий инструмент, его характеристика, подготовка и установка, поэтому перед экспериментом были сделаны оттиски режущего инструмента и фиксировались параметры пил, которые сравнивались со стандартами.

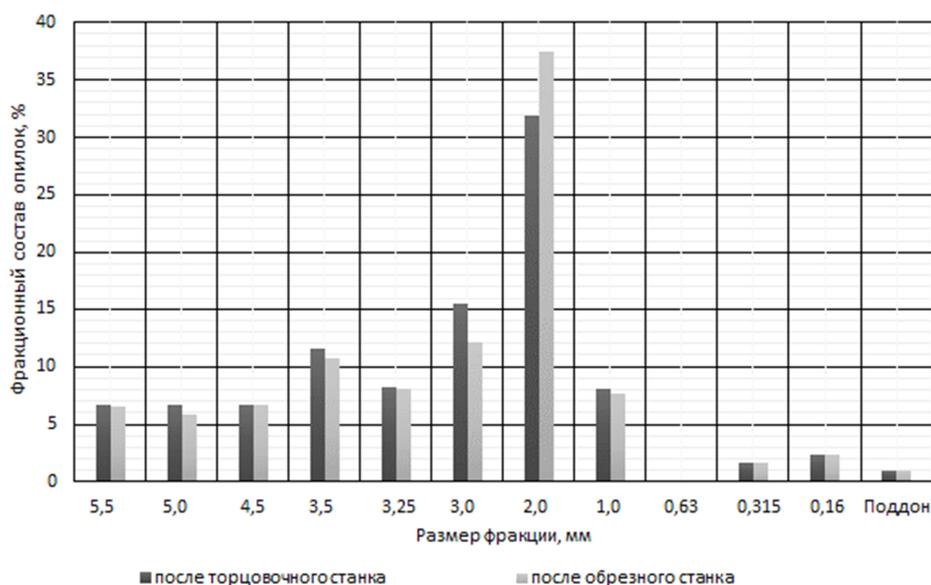
**Результаты исследования.** Зависимость средних значений фракционного состава древесных частиц при поперечном и продольном раскросе пиломатериалов представлена на рисунке (см. с. 66).

При торцовке были использованы круглые пилы, подготовка и установка которых соответствуют ГОСТ 980-80\*. Ширина пропила составляла 3,6 мм [14]. После торцовки пиломатериалов размеры опилок в основном соответствуют 2 мм, количество которых колеблется от 30–40 % и в среднем составляют 31,8 %. Содержание опилок на сите диаметром 3 мм в два раза меньше, чем фракцией 2 мм и в среднем составляет 15,5 %. Количество опилок на ситах диаметрами от 5,5 до 4,5; 3,25 и 1 мм отличаются незначительно и колеблются от 5 до 10 % и в среднем составляют 6,7; 8,2 и 8 % соответственно. Древесных частиц фракцией 3,5 мм

\* Варфоломеев Ю.А., Дружин И.С., Дьячков Ю.А. Справочник по лесопилению. М.: Экология, 1991. 496 с.

\*\* Голубев В.И., Успенская Г.И. Методические указания по статистической обработке результатов измерений в лабораториях физического практикума. Нижний Новгород: НГПИ, 1991. 15 с.

\* ГОСТ 980-80. Пилы круглые плоские для распиловки древесины. Технические условия. М.: Издательство стандартов ИПК, 1980. 26 с.



*Зависимость средних значений фракционного состава древесных частиц при поперечном и продольном раскрое пиломатериалов*

содержится несколько больше: от 10 до 15 % и в среднем составляет 11,5 %. Опилки на ситах диаметром 0,63 мм не наблюдались. Размеры опилок от 0,315 мм и менее составляют от 0 до 2,33 %. Для фракции 0,315 – 1,7 %, для фракции 0,16 мм – 2,3 %. Анализ форм древесных частиц на ситах от 5,5 до 3,0 мм показал, что опилки в основном имеют игольчатую форму, размеры которых постепенно уменьшаются по длине. Опилки размером менее 2,0 мм имеют смешанную форму в виде коротких игл и волокон. Древесные частицы от 1,0 до 0,16 мм отличаются по форме незначительно и в основном представляют форму волокон.

При обрезке использовались круглые пилы, которые соответствуют ГОСТ 16543-71\*. Ширина пропила составила 3,8 мм [14]. Основную долю также представляют опилки размером 2 мм (30–45 %), содержание которых в среднем составляет 37,5 %. Количество опилок фракцией 5,5; 5,0; 4,5 мм содержится также от 5 до 10 % и в среднем составляет 6,5; 5,8; 6,7 % соответственно. Древесных

частиц от 3,5 до 3 мм и 1 мм несколько больше (от 5–15 %) и в среднем составляет 10,7; 8,0; 12,2; 7,8 % соответственно. Опилки размерами от 0,315 мм и ниже составляют от 1 – 3 % и в среднем для каждой фракции 1,7; 2,3; 1,0 %. Опилки на ситах с диаметрами отверстий 0,63 мм также не наблюдались. Древесные частицы после обрезного станка имеют ярко выраженную форму ромба на ситах с диаметрами отверстий от 5,5 до 2,0 мм, в отличие от опилок с параметрами древесных частиц от 1,0 мм и менее, которые отличаются друг от друга незначительно и имеют игольчатую форму.

Среднее значение фракционного состава при обрезке и торцовке сырых пиломатериалов, несмотря на применение различных по форме зубьев пил, практически одинаково. Наибольшее значение имеют древесные частицы размером 2 мм. При торцовке их доля на 5,7 % меньше, чем при обрезке досок. Для остальных размеров древесных частиц их содержание отличается незначительно. Следует отметить, что древесные частицы размером 0,63 мм не содержатся при обрезке и торцовке пиломатериалов, а также при раскрое брёвен.

\* ГОСТ 16543-71. Деревообрабатывающее оборудование. Станки круглопильные обрезающие. Основные параметры М.: Стандартинформ, 1974. 3 с.

## Зависимость количества древесных частиц от их размера

Способ раскроя пиломатериалов	Размеры древесных частиц, мм		
	от 5,5–3,25	от 3,0–1,0	от 1 и менее
	Эмпирическое уравнение регрессии		
Поперечный раскрой	$y = 17,317e^{-0,184x}$	$y = 8,154e^{0,331x}$	$y = 1,712e^{-0,654x}$
Продольный раскрой	$y = 17,196e^{-0,195x}$	$y = 9,603e^{0,23x}$	$y = 1,854e^{-0,803x}$

Результаты исследования показали, что при обрезке и торцовке досок условно можно выделить три фракционные группы: 1 группа – от 5,5–3,25; 2 группа – 3,0–1,0; 3 группа – от 1 мм и менее.

Изменения фракционного состава опилок после торцовки и обрезки пиломатериалов для каждой фракционной группы опилок могут быть описаны эмпирическими уравнениями регрессии, представленными в таблице.

Эмпирическое уравнение регрессии может быть записано в общем виде [14]:

$$y(x) = f^x,$$

где  $y$  – зависимая переменная (количество древесных частиц);  $x$  – независимая переменная (размеры древесных частиц).

**Выводы.** Содержание древесных частиц при поперечном и продольном раскрое практически одинаково. В первой группе размеров от 5,5 до 3,25 мм разница в количестве опилок всех фракций составляет не более 1 % для поперечного и продольного раскроя. Среднее наибольшее количество опилок для обеих технологических операций содержится на ситах с диаметрами отверстий 3,5 мм (11,1 %),

наименьшее для опилок на ситах с диаметрами отверстий 5,0 мм (6,3 %).

Основная доля древесных частиц приходится на вторую группу размеров от 3,0 до 1,0 мм. Количество опилок фракцией 2 мм при обрезке на 5,7 % больше, чем при торцовке, а фракцией 3 мм при торцовке на 3,3 % меньше, чем при обрезке, а фракцией 1 мм практически одинаково (разница 0,2 %). Наибольшее среднее количество опилок содержится на ситах с диаметрами отверстий 2 мм (34,6 %), а наименьшее – 1 мм (7,8 %).

Содержание опилок в третьей группе размером от 0,63 мм и менее наименьшее и изменяется от 0 до 2,33 %. Среднее количество опилок в первой группе в среднем составляет 38,7, во второй – 56,3 и в третьей группе соответственно 5,0 %.

На основе проведенных исследований определили соотношение древесных частиц в зависимости от их фракций и объединили их в три группы. Данное исследование будет использоваться для анализа физико-механических свойств пеллет, полученных из опилок с размерами древесных частиц: 1 группа (от 5,5 до 3,25 мм), 2 группа (от 3,0 до 1 мм) и 3 группа (от 1 мм и менее).

## Список литературы

1. Энергопеллеты как вид экологически чистого биотоплива / Н.Я. Рассказова, О.А. Ерохина, Е.А. Румянцева, Э.Л. Аким // Международная научно-практическая конференция «Ресурсо- и энергосбережение в ЦБП и городском, коммунальном хозяйстве»: Сборник материалов конференции. СПб.: СПбГТУРП, 2005. С. 85-88.
2. Рыбакова М. В. Экологический бизнес: в контексте социальной экологической практики // Менеджмент в России и за рубежом. 2006. Выпуск № 2. С. 48-51.

3. Чаплыгин Э.М., Штых М.В. Анализ отходов лесопиления при производстве древесного топлива // V-й Международный форум молодежи «Молодежь и сельскохозяйственная техника в XXI веке»: Сборник материалов форума. Харьков: ХНТУСХ, 2009. С. 156-158.
4. Савельев С. М. Перспективы международной специализации России в сфере лесопромышленного комплекса. М.: Экономика, 2009. 176 с.
5. Севастьянова С. Н. Биоэнергетика. Древесные (топливные) гранулы // Вестник Оренбург-

ского государственного университета. 2009. Вып. № 10. С. 133-138.

6. Головкин С.И., Коперин И.Ф., Найденов В.И. Энергетическое использование древесных отходов. М: Лесная промышленность, 1987. 224 с.

7. Döring S. Power from pellets. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg, 2013. 209 p.

8. Twidel J. Renewable energy resources. USA: Taylor & Francis, 2006. 315 p.

9. Суровцева Л.С., Шунина М.А. Анализ фракционного состава опилка при раскросе пиловочного сырья // Известия Санкт - Петербургской лесотехнической академии. 2013. Выпуск № 205. С. 153-161.

10. Колесникова А. В. Анализ образования и использования древесных отходов на предприяти-

ях лесопромышленного комплекса России // Актуальные вопросы экономических наук. 2013. Выпуск № 33. С. 116-120.

11. Огурцов В. В. Теория брусно-развальной распиловки бревен. Красноярск: СибГТУ, 2011. 230 с.

12. Васин Б. Технология производства топливных гранул // Дерево.RU. Выпуск № 5. 2007. С. 42-48.

13. Зейдель А.Н. Ошибки измерений физических величин. М.: Наука, 1974. 112 с.

14. Артемов М. А., Матвеев М. Г., Стародубцев И. Ю. Исследование задачи линейного программирования с нечеткими параметрами // Вестник ВГТУ. 2011. Выпуск № 12-1. С. 39-42.

Статья поступила в редакцию 02.03.16.

### Информация об авторах

*СУРОВЦЕВА Любовь Савватьевна* – кандидат технических наук, профессор кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. Область научных интересов – механическая переработка древесины, комплексное использование древесины. Автор 131 публикации, в том числе девяти учебных пособий и монографий.

*ШУНИНА Мария Александровна* – аспирант кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. Область научных интересов – комплексное использование древесины, возобновляемые источники энергии. Автор двух публикаций.

UDC 674.093

DOI: 10.15350/2306-2827.2016.4.64

### FRACTION COMPOSITION OF SAWDUST OBTAINED IN TIMBER CUTTING

*L. S. Surovceva, M. A. Shunina*

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov,  
17, Nab. Severnoy Dviny, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation  
E-mail: L.surovceva@narfu.ru, marshu89@gmail.com

**Key words:** timber cutting; fraction composition of sawdust; pellets.

#### ABSTRACT

**Introduction.** Fraction composition of wooden particles obtained as a result of timber cutting may exert an impact on physical and mathematical properties and quality of pellets containing chipped wood. **Goals and objectives.** The work aims to research into fraction composition of sawdust obtained from ripping and crossing. **Materials and methods.** The object of current research is the fraction composition of the sawdust, obtained as a result of timber ripping and crossing. The weight of selected sawdust samples equalled 2 kg. The separation screen openings varied in diameter from 5.5mm to 0.16 mm. for the purpose of current research we selected 30 samples. After weighing we defined the contents of every fraction of wooden particles and visualized their shape. **Research findings.** The mean values of the fraction composition obtained in cutting and crosscutting of green timber are almost identical regardless of the types of saw teeth. The highest value was obtained from the wooden particles sized 2 mm. The share of such particles obtained in crosscutting is 5.7 % lower than in board trimming. **Conclusion.** The composition of wooden particles is almost identical in ripping and crossing.

## REFERENCES

1. Rasskazova N.Ya., Erokhina O.A., Rumyantseva E.A., Akim E.L. Energopellety kak vid ekologicheskoi chistogo biotopliva [Energy pellets as environmentally clean biofuel]. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Resurso- i energoberezhenie v TSBP i gorodskom, kommunalnom khozyaystve»: Sbornik materialov konferentsii* [International research and practical conference «Resource and energy efficiency in pulp and paper industry and municipal infrastructure». St. Petersburg: SPbGTURP, 2005. Pp. 85-88.
2. Rybakova M. V. Ekologicheskiy biznes: v kontekste sotsialnoy ekologicheskoy praktiki [Environmental business: in the context of social environmental practice]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom* [Management in Russia and Abroad]. 2006. Issue No 2. Pp. 48-51.
3. Chaplygin E.M., Shtykh M.V. Analiz otkhodov lesopileniya pri proizvodstve drevesnogo topliva. V-y Mezhdunarodnyy forum molodezhi «Molodezh i selskokhozyaystvennaya tekhnika v XXI veke»: Sbornik materialov foruma [Lumber waste analysis when producing fuelwood. Fifth international youth forum «Youth and agricultural machinery in the 21<sup>st</sup> century»: Collection of forum proceedings]. Kharkov: KHNTUSKH, 2009. Pp. 156-158.
4. Savelev S. M. *Perspektivy mezhdunarodnoy spetsializatsii Rossii v sfere lesopromyshlennogo kompleksa* [Prospects for international specification of Russia in timber processing complex]. Moscow: Economica, 2009. 176 p.
5. Sevastyanova S. N. Bioenergetika. Drevesnye (toplivnye) granuly [Bioenergy. Wood (fuel) pellets]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of Orenburg State University]. 2009. Iss. No 10. Pp. 133-138.
6. Golovkov S.I., Koperin I.F., Naydenov V.I. Energeticheskoe ispolzovanie drevesnykh otkhodov [Waste wood use for power production]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1987. 224 p.
7. Döring S.. Power from pellets. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg, 2013. 209 p.
8. Twidel J. Renewable energy resources. USA: Taylor & Francis, 2006. 315 p.
9. Surovtseva L.S., Shunina M.A. Analiz fraktsionnogo sostava opilka pri raskroe pilovochnogo syrya [Analysis of fraction composition of sawdust in log-to-lumber converting process]. *Izvestiya Sankt - Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Izvestiya of Saint Petersburg Forest Technical Academy]: 2013. Issue No 205. Pp. 153-161.
10. Kolesnikova A. V. Analiz obrazovaniya i ispolzovaniya drevesnykh otkhodov na predpriyatiyakh lesopromyshlennogo kompleksa Rossii [Analysis of formation and use of waste wood at the enterprises of Russian forest- engineering complex]. *Aktualnye voprosy ekonomicheskikh nauk* [Urgent issues of economics]. 2013. Issue No 33. Pp. 116-120.
11. Ogurtsov V. V. Teoriya brusov-razvalnoy raspilovki breven [Theory of quarter-sawn timber]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2011. 230 p.
12. Vasin B. Tekhnologiya proizvodstva toplivnykh granul [Manufacturing process of fuel pellets]. *Derevo.RU*. Issue No 5. Moscow: LLC «RIA Press», 2007. Pp. 42-48.
13. Zeydel A.N. Oshibki izmereniy fizicheskikh velichin [Measurement faults in physical values]. Moscow: Nauka, 1974. 112 p.
14. Artemov M. A., Matveev M. G., Starodubtsev I. Yu. Issledovanie zadachi lineynogo programmirovaniya s nechetkimi parametrami [Solution of a linear programming task with several parameters]. *Vestnik VGTU*. 2011. Issue No 12-1. Pp. 39-42.

The article was received 02.03.16.

**Citation for an article:** Surovtseva L. S., Shunina M. A. Fraction Composition of Sawdust Obtained in Timber Cutting // Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management. 2016. No 4(32). Pp. 64-69. DOI: 10.15350/2306-2827.2016.4.64

#### Information about the authors

*SUROVCEVA Lubov Savvatevna* – Candidate of Technical Sciences, Professor of Timber Production Technology Department, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov. Research interests – wood machining technology, multipurpose timber use. Author of 131 publications including 9 teaching manuals and monographs.

*SHUNINA Maria Aleksandrovna* – Postgraduate student of Timber Production Technology Department, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov. Research interests – multipurpose timber use, renewable power sources. Author of 2 publications.