

Технологические процессы производства древесной продукции из низкокачественной древесины

А.Р. Бирман^{1а}, Б.М. Локштанов^{2б}, В.В. Орлов^{2с}, Т.А. Гусева^{2д},
В.А. Иванов^{3е}, В.А. Никифорова^{3ф}, И.А. Гарус^{3г}

¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, Россия

² Военная академия связи им. С.М. Буденного, пр. Тихорецкий, 3, Санкт-Петербург, Россия

³ Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^а birman1947@mail.ru, ^б blokshtanov@mail.ru, ^с artictvetal1987@gmail.com, ^д guse.tania2012@yandex.ru,

^е ivanovva55@mail.ru, ^ф nikiforovabr@mail.ru, ^г ivan-garus@yandex.ru

^а <https://orcid.org/0000-0002-1693-0515>; ^б <https://orcid.org/0000-0002-5390-1457>; ^с <https://orcid.org/0000-0002-1693-0515>;

^д <https://orcid.org/0000-0003-1059-8483>; ^е <https://orcid.org/0000-0003-0707-972X>; ^ф <https://orcid.org/0000-0002-1808-245X>;

^г <https://orcid.org/0000-0003-4575-6584>

Статья поступила 22.01.2021, принята 30.01.2021

Авторы статьи рассматривают древесное сырье в виде низкокачественной древесины (НКД), включая объемы, свойства и технологические процессы производства из нее древесной продукции, пользующейся большим спросом в России и за рубежом. В лесах России большой процент составляет низкокачественная древесина, содержащая повышенное количество гнили, повышенную кривизну и другие пороки, препятствующие реализации этого вида сырья. Количество низкокачественной древесины может составить до 25 % от заготавливаемой древесины, что создает большие проблемы при ее реализации. В статье рассматриваются технологические процессы и схемы производства из НКД топливной щепы с повышенными энергетическими свойствами (с теплотворной способностью до 4 500 ккал/кг). Приведены технологические процессы и схемы производства из НКД сухих колотых дров, древесных гранул (пеллет), древесных композиционных материалов, пилопродукции. Особое внимание уделено технологии производства из НКД технологической щепы высокого качества. Представлена схема технологического процесса и проект цеха по переработке 50 тыс. пл. м³ НКД в год. Технологический процесс включает прием и складирование НКД, подачу на два потока (хвойной или лиственной), поштучное разбиение, подачу на окорку на окорочном станке, распиловку на отрезки до 1,5 м. Далее короткие бревна проходят сканирование и рентген для определения объемов бревен, содержание в них ядровой гнили и ее размеров. После этого происходит автоматизированное сортирование бревен: мелкие бревна без гнили подают на рубку щепы, крупные бревна без гнили проходят раскалывание и подачу на рубку щепы. Бревна, содержащие гниль, проходят раскалывание и фрезерование гнили. Сигнал на величину (глубину) фрезерования поступает от рентгеновской установки. Полученные плашки без коры и гнили рубят на щепу. Щепу сортируют и отгружают на целлюлозно-бумажные предприятия. Представлен расчет выхода технологической щепы из 50 тыс. пл. м³ НКД.

Ключевые слова: щепка; окорка; распиловка; фрезерование; топливо; пакетирование; транспортер; отходы; центрифугирование; лесозаготовители; низкокачественная древесина.

Technological processes for the production of wood products from low-quality wood

A.R. Birman^{1а}, B.M. Lokshtanov^{2б}, V.V. Orlov^{2с}, T.A. Guseva^{2д},
V.A. Ivanov^{3е}, V.A. Nikiforova^{3ф}, I.A. Garus^{3г}

¹ St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia

² Military Academy of Communication under name of S.M. Budenny; 3, Tikhoretsky Ave., St. Petersburg, Russia

³ Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^а birman1947@mail.ru, ^б blokshtanov@mail.ru, ^с artictvetal1987@gmail.com, ^д guse.tania2012@yandex.ru,

^е ivanovva55@mail.ru, ^ф nikiforovabr@mail.ru, ^г ivan-garus@yandex.ru

^а <https://orcid.org/0000-0002-1693-0515>; ^б <https://orcid.org/0000-0002-5390-1457>; ^с <https://orcid.org/0000-0002-1693-0515>;

^д <https://orcid.org/0000-0003-1059-8483>; ^е <https://orcid.org/0000-0003-0707-972X>; ^ф <https://orcid.org/0000-0002-1808-245X>;

^г <https://orcid.org/0000-0003-4575-6584>

Received 22.01.2021, accepted 30.01.2021

In this paper, wood raw materials in the form of low-quality wood (LQW), its volumes, properties and technological processes for the production of wood products from it are considered, which are in great demand in the markets of Russia and abroad. In the forest stands of Russia, a large percentage is low-quality wood, containing an increased amount of rot, increased curvature and other defects

that prevent the sale of this type of raw material. The amount of low-quality wood can be up to 25 % of the harvested wood, which creates big problems for its sale. The article discusses technological processes and production schemes from LQW fuel chips with increased energy properties (with a calorific value of up to 4500 kcal / kg). The technological processes and schemes of production of dry chopped firewood from LQW, production of wood pellets (pellets), wood composite materials, sawn timber are presented. Particular attention is paid to the technology of production of high-quality technological chips from LQW. The scheme of the technological process and the project of the workshop for processing 50 thousand sq.m. of LQW per year are presented. The technological process includes the receipt of LQW and its storage, feeding into two streams (coniferous or deciduous), piecwise separation, feeding for debarking on a debarking machine, sawing into lengths up to 1.5 m. the content of sound rot and its size in them. After that, an automated sorting of logs takes place: small logs without rot are fed to the chopping, large logs without rot are split and fed to the chopping. Logs containing rot undergo rot splitting and milling. The signal for the amount (depth) of milling comes from the X-ray unit. The resulting dice without bark and rot are chopped into chips. Chips are sorted and shipped to pulp and paper enterprises. The calculation of the output of technological chips from 50 thousand square meters of LQW is presented.

Keywords: chips; debarking; sawing; milling; fuel; baling; conveyor; waste; centrifugation; loggers; low-quality wood.

Введение. Заготовка древесины в современных условиях связана с выработкой сортиментов из стволовой части деревьев.

К сортиментам предъявляют определенные требования, по которым их разделяют на деловые и низкокачественные [5; 6].

Низкокачественная древесина (НКД) вызывает большие проблемы у лесозаготовителей, связанные с ее реализацией, так как объемы НКД в лесах РФ велики. К НКД относят круглые лесоматериалы, содержащие повышенное количество гнили (в основном ядровой), имеющие повышенную кривизну, повышенную сучковатость, с наличием дупел, наростов, трещин и других пороков. В зависимости от породы древесины содержание бревен с такими пороками таксаторами в РФ оцениваются для сосны 10; для ели 15; для лиственницы 10; для березы 40, а для осины может достигать 60 %. Общее количество НКД в объеме заготавливаемой древесины зависит от состава древостоя и различно для регионов РФ. Приведем пример расчета объема НКД для лесозаготовительного предприятия, заготавливающего 100 тыс. пл. м³ в год. Формула древостоя для Северо-западного региона, например, 4С, 2Е, 2,5Б, 1,5Ос, а распределение деловой древесины и НКД представлено в табл. 1.

Таблица 1. Распределение деловой и низкокачественной древесины в объеме заготовленных сортиментов

Порода	Объем сортиментов, тыс. пл. м ³		
	Всего	Деловые	НКД
Сосна	40	26	4
Ель	20	17	3
Береза	25	15	10
Осина	15	6	9
Итого	100	74	26

Приведенные в табл. 1 данные показывают, что количество НКД может составить почти четверть от объема заготавливаемой древесины. Это большая величина для заготавливаемой в России древесины, что является проблемой по ее использованию.

За последние 30 лет произошли большие изменения в машиностроительной базе лесной промышленности. В Петрозаводске, Вологде, Гатчине и др. городах Рос-

сии перестали выпускать многие установки и оборудование для переработки НКД, ранее разработанные в СССР. В данной статье мы осветим некоторые аспекты решения проблемы использования НКД в России.

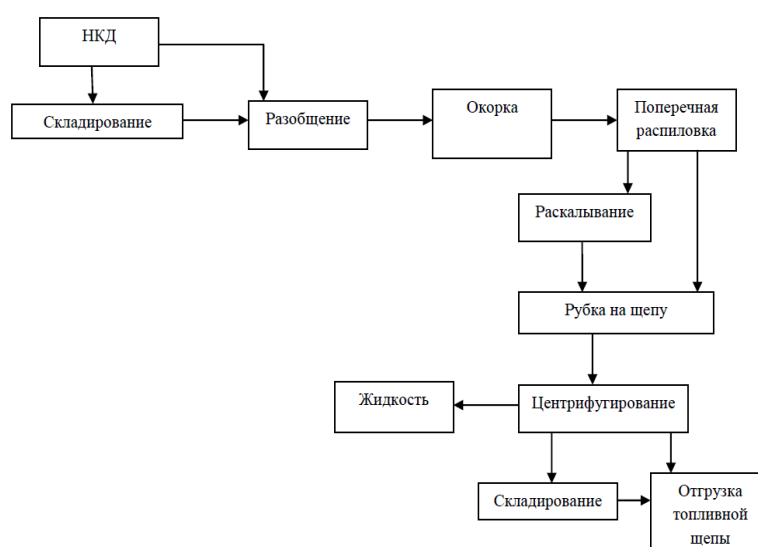


Рис. 1. Схема технологического процесса производства топливной щепы с повышенными эксплуатационными свойствами из НКД с применением рубильной машины с патроном 250×250 мм

Цель работы. Разработать технологические процессы по переработке низкокачественной древесины для производства древесной продукции, пользующейся большим спросом в РФ и в мире.

Исследовательская часть. Рассмотрены различные направления использования НКД.

Низкокачественную древесину можно использовать для производства топливной щепы с повышенными эксплуатационными свойствами. Топливная щепа имеет большой спрос в странах Европы и Азии. В России также наблюдается рост спроса на топливную щепа для выработки тепловой энергии для многочисленных поселковых котельных, построенных в последние десятилетия. Цена на топливную щепа в 2019 г. выросла до 2–2,5 тыс. р. за 1 пл. м³, а это хороший и экономически оправданный стимул для организации производства топливной щепы из НКД.

В связи с тем, учитывая, что основным требованием к топливной щепе является ее теплотворная способность, нами предлагается новая технология производства топливной щепы из НКД с устройством для обез-

воживания щепы центрифугированием до влажности 35–40 % (абс.) [1; 2; 9].

Предлагаемый технологический процесс производства топливной щепы из НКД (рис. 1) включает узел приема НКД, узел поперечной распиловки бревен, узел рубки бревен на щепу, узел центрифугирования щепы, узел складирования и отгрузки.

Такой процесс рассчитан на производство топливной щепы с использованием рубительной машины с патроном 250×250 мм. В случае применения большой рубительной машины с горизонтальным патроном 600×600 мм схема технологического процесса производства топливной щепы упрощается за счет удаления узла поперечной распиловки и узла раскалывания бревен (рис. 2) [3; 8].

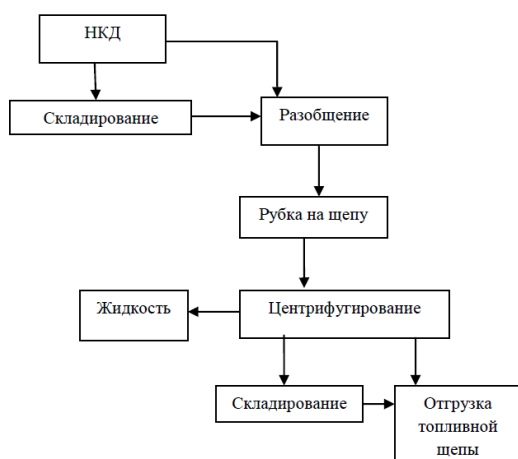


Рис. 2. Схема технологического процесса производства топливной щепы с повышенными эксплуатационными свойствами из НКД с применением рубительной машины с большим патроном 600×600

Применение машины с большим патроном, хоть и упрощает схему, но удорожает производство по капитальным вложениям и эксплуатационным расходам, особенно по расходу электроэнергии.

Полученная топливная щепа за счет центрифугирования имеет минимальную влажность 30–45 %, при которой теплотворная способность составляет около 4,5 тыс. ккал/кг вместо 2,5 тыс. ккал/кг, что является хорошим показателем для щепы как топлива.

Из низкокачественной древесины можно производить и другой вид топлива — сухие колотые дрова. Этот вид топлива пользуется большим спросом в Европе, особенно в Англии и Норвегии, у автотуристов, для каминов, коттеджей и др. Для этих целей разработаны полуавтоматические линии (рис. 3), включающие: узел поперечной распиловки бревен НКД на отрезки длиной 45–50 см, узел раскалывания полученных швырков на поленья на многоножевых колунах, складирование поленьев в решетчатые контейнеры, сушку поленьев в сушильных камерах до влажности 15–20 % (абс.), затаривание сухих дров в пакеты. Для производства дров на экспорт используют древесину НКД диаметром от 14 до 50 см без гнили.

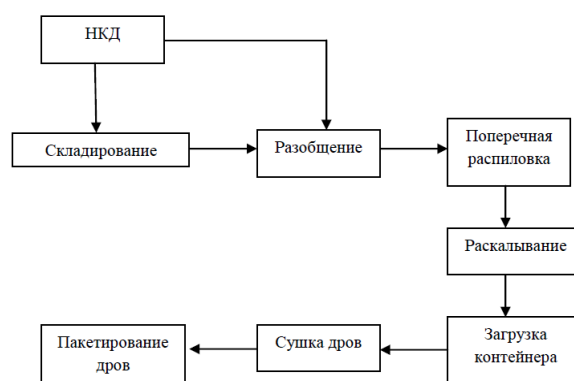


Рис. 3. Схема технологического процесса производства сухих дров из НКД

Третьим видом топлива из НКД являются пеллеты (древесные гранулы). Этот вид топлива производят из сухой древесной муки и получают прессованные небольшие цилиндры диаметром 6–8 мм, длиной 20–25 мм, плотностью 1150–1200 кг/м³, влажностью 8–10 %. Пеллеты удобно перевозить, складировать, сжигать. Они имеют большой спрос во всем мире особенно в Европе, но требуют специальных топок. К пеллетам предъявляют высокие требования по содержанию коры, гнили и минеральных включений. В связи с этим древесное сырье (НКД) для производства пеллет необходимо соответственно подготавливать (рис. 4).

Стоимость пеллет значительна (8–10 тыс. р./т). На изготовление одной тонны пеллет требуется 2,3 пл. м³ древесины. Экономически выгодно производить пеллеты с годовым объемом (массой) более 15 тыс./т в год, на что требуется не менее 45 тыс. пл. м³ древесины (НКД), которую можно отсортировать при годовой заготовке сортиментов свыше 200 тыс. м³.

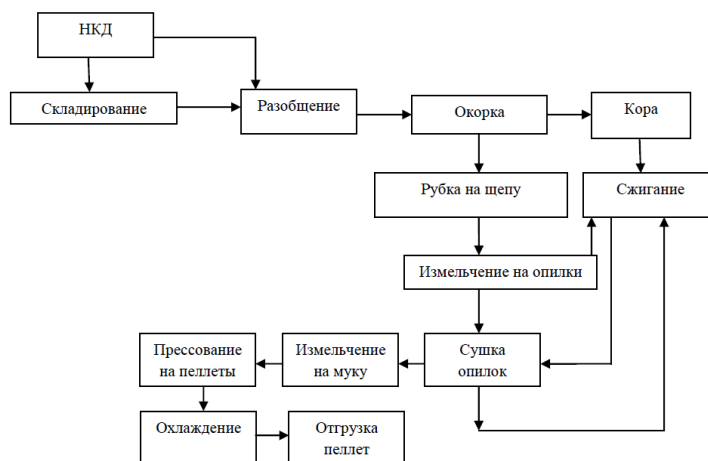


Рис. 4. Схема технологического процесса производства пеллет высокого качества из НКД

Из низкокачественной древесины можно организовать производство композиционных древесных материалов. Технологический процесс подготовки НКД к производству композиционных древесных материалов аналогичен процессу подготовки сырья для производства пеллет (см. рис. 4), но сухая древесная мука поступает в узел смешения ее с полимерными материалами.

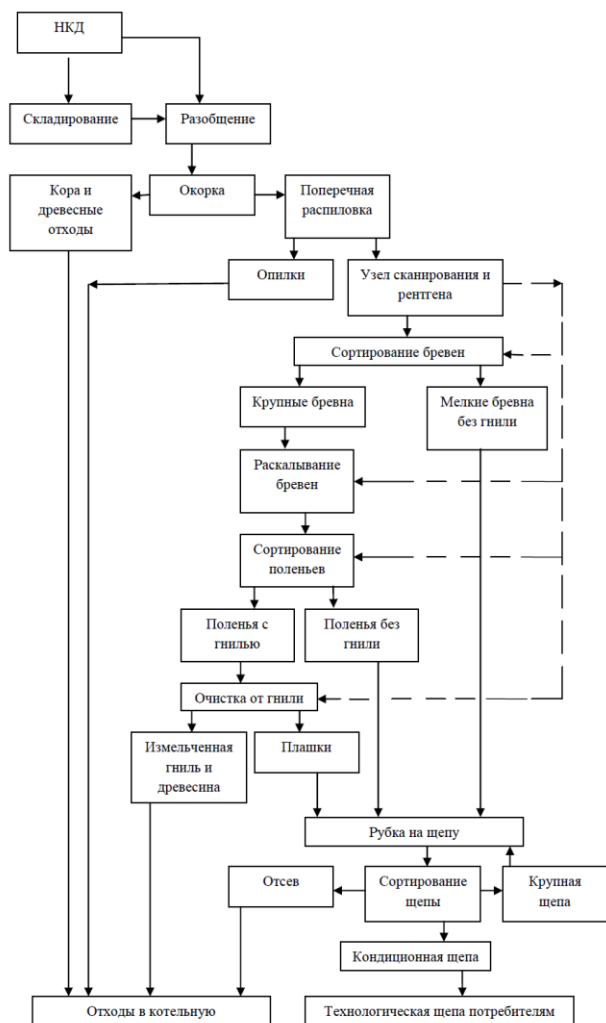


Рис. 5. Схема технологического процесса производства технологической щепы высокого качества из НКД

Далее полученную смесь прессуют для выработки изделий непрерывным или дискретным способом. Древесные композиционные материалы широко используют в строительстве для отделки жилых и промышленных помещений.

Из низкокачественной древесины можно организовать производство пилопродукции и на основе сращивания досок и их склеивания выработать брусья, мебельные плиты и другие новые древесные изделия [8; 9].

Большой интерес для лесной отрасли РФ представляет производство технологической щепы из НКД. Еще в начале 70-х гг. XX в. в СССР были созданы установки типа УПЩ-1, УПЩ-2, УПЩ-3 для производства щепы для ЦБП из такой древесины. К 90-м годам общее количество щепы марки Ц-1, Ц-2 на таких установках достигла 10 млн. пл. м³ в год — почти 20 % от потребляемой в ЦБП древесины. В настоящее время такие установки не выпускают, и проблема использования НКД для этих целей остается нерешенной. Нами предлагается технология производства технологической щепы из низкокачественной древесины на лесопромышленных складах лесозаготовительных предприятий (рис. 5) и схема цеха (рис. 6).

Бревна, прошедшие эти установки, автоматически сортируют и направляют в соответствующие узлы. Бревна диаметром до 20 см, не имеющие гниль, направляют в дисковую рубительную машину с диаметром патрона 30 см, где из них производят щепу. Щепу подают на гирационную сортировку, где ее сортируют на три фракции. Отсортированную крупную фракцию щепы возвращают в рубительную машину на доизмельчение. Мелкую фракцию (отсев) подают в бункер отходов и смешивают с отходами от окорки (коркой). Кондиционную щепу подают в бункер щепы для отгрузки потребителям.

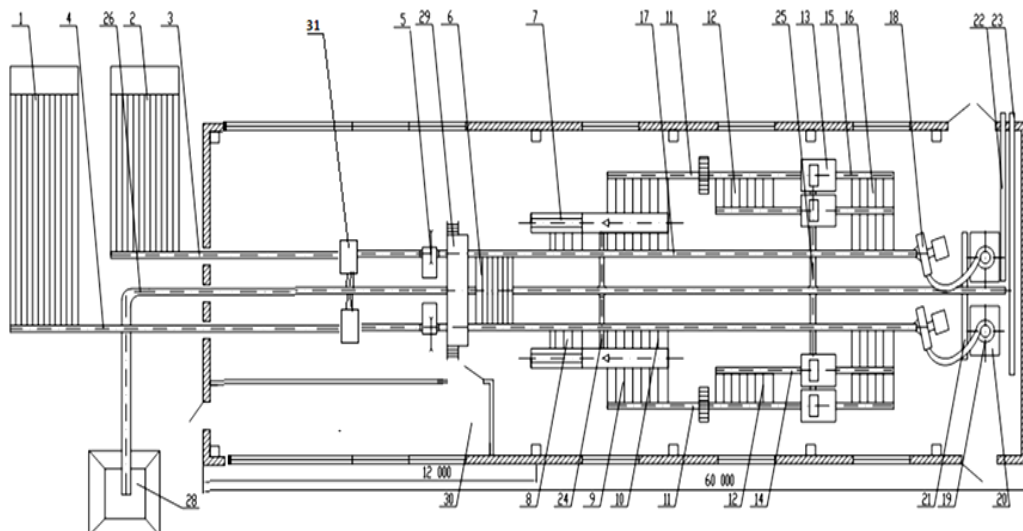


Рис. 6. Схема цеха по производству технологической щепы из НКД: 1, 2 — приемные устройства, разобшители для бревен низкокачественной лиственной или хвойной древесины; 3, 4 — продольные транспортеры подачи НКД на окорку; 5 — узел поперечной распиловки бревен; 6 — узел сканирования и рентгена; 7 — установка для раскалывания; 8 — поперечный транспортер для коротких бревен; 9 — поперечный транспортер для поленьев с гнилью; 10 — поперечный транспортер для поленьев без гнили; 11, 14 — продольный транспортер для подачи поленьев с гнилью на узел фрезерования; 12 — поперечный транспортер для распределения поленьев на станки; 13 — станки для фрезерования гнили; 15 — продольный транспортер для плашек; 16 — поперечный транспортер для плашек; 17 — продольный транспортер для подачи древесины без коры и гнили в рубительную машину; 18 — рубительная машина; 19 — циклон; 20 — сортировка

щепы; 21 — транспортер отсева. 22, 23 — транспортеры технологической щепы (лиственной, хвойной); 24 — транспортеры отходов от колунов; 25 — транспортер для отходов фрезерования; 26 — транспортер для сбора древесных отходов; 27 — наклонный транспортер для подачи отходов в бункер; 28 — бункер для древесных отходов; 29 — переходная площадка; 30 — диспетчерская; 31 — окорочный станок

Необходимо отметить, что к технологической щепе для производства целлюлозы предъявляются самые высокие требования по содержанию в ней коры и гнили [4]. Эти требования выполняются путем окорки круглых лесоматериалов (НКД) и удаления гнили.

По предлагаемой технологии (см. рис. 5) низкокачественная древесина в виде круглых лесоматериалов диаметром от 6 до 60 см, длиной 3–6 м проходит индивидуальную окорку на окорочном станке. После окорки бревна поступают на первичную распиловку или дисковой, или цепной пилой на отрезки до 1,5 м. Полученные короткие бревна проходят через установки для объемного сканирования и рентгеновского просвечивания на наличие ядровой гнили и определения ее параметров.

Бревна диаметром свыше 20 см, не содержащие гниль, подают на колун, где их раскалывают на 4, 6, 8 частей в зависимости от диаметра бревна, чтобы их наибольший размер в поперечнике не превышал 30 см. Сигнал на раскалывание идет от установок сканирования и рентгена. Полученные поленья направляют в рубительную машину для производства из них щепы.

Бревна диаметром свыше 20 см, содержащие ядровую гниль, также направляют на колун. Но полученные поленья передают на станки для фрезерования. Сигнал на величину (глубину) фрезерования поступает от установок сканирования и рентгена. Полученные плашки без коры и гнили подают в рубительную машину.

Расчетная производительность цеха для производства технологической щепы из НКД, состоящего из двух потоков, хвойного и лиственного (см. рис. 6), при работе в одну смену составляет около 50 тыс. пл. м³ в год по переработке НКД.

Рассмотрим пример расчета расхода древесного сырья (НКД) и образующихся древесных отходов при производстве 1 пл. м³ технологической щепы марки Ц-1, Ц-2 (по ГОСТ 15.815-83).

Так как сырье подвергается окорке на роторном окорочном станке (рис. 6), то кроме коры в отходы уйдет и часть древесины. Количество древесных отходов составляет от 0,6 % летом до 2,8 % зимой, и мы примем количество древесных отходов при окорке в среднем 1,7 %. Отметим, что количество отходов в виде коры составляет от 9 до 15 % в зависимости от породы окориваемой древесины и характеристики бревна (комлевая, средняя, вершинная часть ствола). Примем количество коры в среднем 12 %, но кора не входит в расчет расхода сырья, так, как учет круглых лесоматериалов (сортиментов) ведется без учета коры. Таким образом, кору мы учтем только при расчете количества отходов.

При поперечной распиловке в отходы уходит древесина в виде опилок. Количество опилок не превышает 1,4 %.

Сложность при расчете расхода сырья представляет операция по фрезерованию гнили, так как это свя-

зано не только с величиной гнили в бревнах, но и с тем, сколько такой древесины в составе НКД.

Следует отметить, что бревна с гнилью в составе НКД составляют большинство, для лиственной древесины это около 60 % а для хвойных около — 45 %, примем в среднем 50 %. Количество (объем) гнилой части в этих бревнах 20 %. Считаем, что путем фрезерования мы удалим всю гниль, но при этом заденем часть здоровой древесины, это около 5 %. Получается, что в отходы при фрезеровании уйдет 25 % древесины (гнилая и здоровая древесина). Так как древесину с гнилью приняли 50 % от объема НКД, то в отходы уйдет 12,5 % от общего объема НКД.

При рубке и сортировании щепы в отсев уйдет около 6 % древесины от всего объема НКД [10–12].

Теперь можно рассчитать, какое количество древесины в % следует отнести к отходам: при окорке — 1,7 %; при распиловке — 1,4 %, при удалении гнили — 12,5 %; при рубке и сортировании щепы — 6 %. Итого, 21,6 % древесины будут отправлены в отходы. Следовательно, для производства 1 пл. м³ щепы потребуется 1,216 пл. м³ круглых низкокачественных лесоматериалов.

Количество отходов при производстве технологической щепы из низкокачественной древесины [13–15] с учетом коры составит 33,6 %.

В нашем примере из 50 тыс. пл. м³ НКД (Q) выход технологической щепы марки Ц-1, Ц-2 (Q_щ) составит:

$$Q_{щ} = Q - (Q \times P_1) =$$

$$= 50 - (50 \times 0,216) = 39,8 \text{ тыс. пл. м}^3$$

где P_1 — отходы древесины в долях при производстве щепы из НКД.

Количество отходов древесины Q_{p1} составит:

$$Q_{p1} = Q \times P_1 = 50 \times 0,216 = 10,8 \text{ тыс. пл. м}^3$$

Общее количество отходов Q_p (кора + древесина) составит:

$$Q_p = Q \times P_2 + Q \times P_1 =$$

$$= 50 \times 0,12 + 50 \times 0,216 = 16,8 \text{ тыс. пл. м}^3$$

Выводы. Низкокачественная древесина, объемы которой могут составлять до 25 % от объема заготавливаемых сортиментов, представляет собой сырье для выработки топливной щепы с повышенными эксплуатационными показателями (с теплотворной способностью до 4,5 тыс. ккал/кг), колотых сухих дров, древесных гранул (пеллет), технологической щепы для производства целлюлозы, древесностружечных и древесноволокнистых плит, клееной пилопродукции, древесных композиционных лесоматериалов и других древесных изделий. Перечисленные в данной статье направления по переработке НКД в различные виды древесной продукции показывают, что этот вид древесного сырья можно перерабатывать с большой экономической выгодой и с минимальными отходами. Причем отходы от переработки НКД можно использовать для выработки тепловой энергии, необходимой в технологическом процессе.

Литература

1. Орлов В.В. Повышение эксплуатационных свойств топливной щепы из лесосечных отходов путем ее обезвоживания: автореф. дис. ... канд. техн. наук; 05.21.01. СПб., 2016. 20 с.
2. Матюнин В.Я. Повышение эффективности производства щепы из низкокачественной древесины и древесных отходов. М.: ВНИПИЭИЛеспром, 1985. 40 с.
3. Локштанов Б.М., Орлов В.В., Бирман А.Р., Ильюшенко Д.А., Чжан С.А., Степанищева М.В., Никифорова В.А., Иванов В.А. Производство щепы из лесосечных отходов на лесопромышленном складе при объеме заготовок 50-100 тыс. пл. м³ в год // Системы Методы Технологии. 2020. № 3 (47). С. 95-100.
4. ГОСТ 15815-83. Щепка технологическая. Технические условия. Введ. 24 авг. 1983. М.: Изд-во стандартов, 1992. 15 с.
5. ГОСТ 9463-88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Введ. 21.04.1988. М.: Изд-во стандартов, 1988. 11 с.
6. ГОСТ 9462-16. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Введ. 01.01.1991. М.: Стандартиформ, 2010. 12 с.
7. Линия производства технологической щепы из низкокачественной древесины: пат. на полезную модель №113690; заявл. 11.11.2011; опубл. 02.27.2012. Бюл. № 6.
8. Торопов А.С., Шаратов Е.С. Новые технологии раскря древесины, пораженной сердцевинной гнилью // Вестн. Московского гос. ун-та леса. Лесной вестн. 2008. № 6. С. 59-62.
9. Сухих А.Н., Даниленко О.К. Актуальные аспекты эксплуатации лесозаготовительного оборудования // Системы. Методы. Технологии. 2018. № 3. С. 105-109.
10. Ellefson P.V., Kilgore M.A., Skog K.E., Risbrudt C. Forest products research and organizations. Organization, governance, and measures of performance in a worldwide setting // Forest Products Journal. 2007. № 57 (10). P. 6-13.
11. Пятакин В.И. Проблема повышения плавучести круглых лесоматериалов. М.: Лесная пром-сть, 1976. 264 с.
12. Локштанов Б.М. Проектирование лесозаготовительных производств. СПб.: СПбГЛТУ, 2015. 80 с.
13. Иванов В.А. Техника и технологии рационального лесопользования в береговой зоне водохранилищ: моногр. Братск, 2007. 115 с.
14. Иванов В.А. Обоснование технологии и оборудования для освоения и переработки древесины прибрежной зоны и ложа водохранилищ: автореф. дис. ... на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук. СПб., 2008. 38 с.
15. Корпачев В.П., Андрияс А.А., Пережилин А.И. Проблемы освоения плавающей древесной массы на водохранилищах ГЭС Сибири // Вестн. Красноярского гос. аграрного ун-та. 2011. № 2 (53). С. 134-139.

References

1. Orlov V.V. Improving the operational properties of fuel chips from logging waste by dewatering it: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.21.01. SPb., 2016. 20 p.
2. Matyunin V.YA. Design of logging industries: a textbook for bachelors in the direction of training. M.: VNIPIEILesprom, 1985. 40 p.
3. Lokshtanov B.M., Orlov V.V., Birman A.R., Il'yushenko D.A., CHzhan S.A., Stepanishcheva M.V., Nikiforova V.A., Ivanov V.A. Production of wood chips from logging waste at a timber warehouse with a volume of harvesting 50-100 thousand square meters per year // Systems. Methods. Technologies. 2020. № 3 (47). P. 95-100.
4. GOST 15815-83. Technological chips. Specifications. Vved. 24 avg. 1983. M.: Izd-vo standartov, 1992. 15 p.
5. GOST 9463-88. Round timber of coniferous species. Vved. 21.04.1988. M.: Izd-vo standartov, 1988. 11 p.
6. GOST 9462-16. Round timber of hardwood. Vved. 01.01.1991. M.: Standartinform, 2010. 12 p.
7. Low-quality wood chips production line. Utility model patent: pat. na poleznuyu model' № 113690; zayavl. 11.11.2011; opubl. 02.27.2012. Byul. № 6.
8. Toropov A.S., SHarapov E.S. New technologies for cutting wood affected by heart rot // Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik. 2008. № 6. P. 59-62.
9. Suhii A.N., Danilenko O.K. Actual aspects of forestry equipment operation // Systems. Methods. Technologies. 2018. № 3. P. 105-109.
10. Ellefson P.V., Kilgore M.A., Skog K.E., Risbrudt C. Forest products research and organizations. Organization, governance, and measures of performance in a worldwide setting // Forest Products Journal. 2007. № 57 (10). P. 6-13.
11. Pityakin V.I. The problem of increasing buoyancy of round timber. M.: Lesnaya prom-st', 1976. 264 p.
12. Lokshtanov B.M. Designing of forestry production: a textbook for bachelors in the field of preparation. SPb.: SPbGLTU, 2015. 80 p.
13. Ivanov V.A. Technique and technology of rational forest management in the coastal zone of reservoirs: monogr. Bratsk, 2007. 115 p.
14. Ivanov V.A. Substantiation of technology and equipment for the development and processing of wood of the coastal zone and lodge of reservoirs: avtoref. dis. ... na soisk. uchen. step. d-ra tekhn. nauk, SPb., 2008. 38 p.
15. Korpachev V.P., Andriyas A.A., Perezhilin A.I. Issues of the floating wood pulp development in the Siberian HPS water basins // The Bulletin of KrasGAU. 2011. № 2 (53). P. 134-139.