

Технология производства древесной муки из низкокачественной древесины

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

¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, пер. Институтский, 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 puzanova-olga@rambler.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/0000-0001-9681-5041>

/// Статья поступила 26.01.2024, принята 06.02.2024

Древесная мука, производимая в России и других странах, используется в различных отраслях промышленного производства, в сельском хозяйстве, строительстве, народном хозяйстве и быту. Спрос на древесную муку с каждым годом увеличивается, так как из нее производят удобрения, она разрыхляет почву, муку используют для удаления разливов химикатов, для производства клея, ее используют как фильтрующий материал, она хорошо впитывает масла и нефтепродукты на поверхности водоемов с целью их очистки, из муки производят порох, нужный для строительных работ и в горном деле, ее используют для производства кровельных и композиционных материалов, высококачественных сортов бумаги, линолеума, древесных топливных гранул, а также пищевых продуктов и многих других целей. В настоящее время древесную муку производят из отходов деревообрабатывающих производств. Предложена технология производства древесной муки из низкокачественной древесины (НКД), ежегодные объемы которой в РФ оцениваются десятками миллионов кубометров и доставляют большие проблемы в ее использовании. Технология включает окорку НКД, поштучно каждого бревна диаметром от 10 до 60 см на кулачковый окорочный станок. Оценка объема и качества окоренных бревен производится с помощью 3D-сканера и рентгена, сигналы от которых поступают на сбрасыватели бревен, на систему раскряжевки бревен с гнилью и к станкам для раскльвания и удаления ядровой гнили фрезерованием. Бревна и поленья без гнили подают на рубку щепы, которую центрифугируют для удаления свободной влаги и направляют на установку для получения «опилок». «Опилки» сушат до влажности 8 % и направляют в измельчитель для получения древесной муки (фракция материала до 1,2 мм). Предложена новая конструкция шнеково-ножевого измельчителя (получен патент) для измельчения сухих опилок в древесную муку. Представлена схема технологического процесса производства древесной муки из НКД. Даны рисунки основного предлагаемого оборудования. Приведен расчет расхода НКД на производство 15 тыс. т в год древесной муки.

Ключевые слова: древесина; древесная мука; окорка; удаление гнили; рубка щепы; сушка опилок; измельчение древесины.

Technology for the production of wood flour from low-quality wood

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

¹ St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia

² Military Academy of Communication named after 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 puzanova-olga@rambler.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/0000-0001-9681-5041>

Received 26.01.2024, accepted 06.02.2024

Wood flour produced in Russia and other countries is used in various branches of industrial production; in agriculture, construction, national economy and everyday life. The demand for wood flour increases every year, as it is used to produce fertilizer, it loosens the soil, the flour is used to remove chemical spills, to make glue, it is used as a filter material, it absorbs oils and petroleum products well on the surface of water bodies for the purpose of cleaning them, gunpowder is produced from flour for construction work and in mining, it is used for the production of roofing materials, composite materials, high-quality grades of paper, linoleum, it is used in food products, for the production of wood pellets and many other purposes. Currently, wood flour is produced from waste from wood processing industries. A technology has been proposed for the production of wood flour from low-quality wood (LQW), the annual volumes of which in the Russian Federation are estimated at tens of millions of cubic meters and cause great problems in its use. The technology includes debarking of each log with a diameter from 10 to 60 cm individually on cam debarking machines. The volume and quality of debarked logs is assessed using a 3D scanner and X-ray, the signals from which are sent to the log ejection

tors and to the system for bucking logs with rot and to machines for splitting and removing rot (heartwood) milling. Logs without rot and logs without rot are supplied for chipping, the chips are centrifuged to remove free moisture, and the chips are sent to a plant for producing "sawdust." The "sawdust" is dried to a moisture content of 8% and sent to a grinder to obtain wood flour (material fraction up to 1.2 mm). A new design of auger-knife grinder has been proposed (a patent has been received) for grinding dry sawdust into wood flour. A diagram of the technological process for the production of wood flour from NKD is presented. Drawings of the main proposed equipment are given. A calculation of the consumption of labor and production documents for the production of 15 thousand tons of wood flour per year is given.

Keywords: wood; wood flour; debarking; rot removal; chipping; sawdust drying; wood grinding.

Введение. Древесная мука широко используется в различных отраслях промышленного производства, в сельском и народном хозяйстве, в быту [1]. В 2022 г. в Российской Федерации было произведено около 45 тыс. т древесной муки в коммерческих целях, однако это только официальные данные. По подсчетам специалистов, древесной муки произведено в несколько раз больше, так как отчетные данные во многих случаях ведутся по конечному продукту, но в составе этого продукта также имеется древесная мука. Например, в 2021 г. в России выпущено около 1 млн т древесных топливных гранул, которые производятся из древесной муки.

Древесная мука рассматривается в статье как конечный продукт, который отправляется различным потребителям.

По ГОСТ 16361-87 [2] древесная мука (ДМ) разделена на марки: 1250, 560, 400, 300, Т, 250, 200, 180, 160, 120, 60. Древесной мукой считается измельченный древесный материал с размерами частиц менее 1,2 мм [3; 4]. Влажность древесной муки в большинстве направлений ее использования составляет менее 8 % (абс.). Для отдельных производств, например, для получения термопластических компонентов требуется мука влажностью менее 1 % [5]. Плотность древесной муки зависит от породы древесины, ее сортности, влажности муки, формы и степени помола и составляет 100–200 кг/м³ (насыпная плотность). Например, для древесной муки марок 120, 160, 180 насыпная плотность составляет 100–140 кг/м³. К показателям муки по зольности, кислотности и др. ГОСТ устанавливает соответствующие нормы. Самовозгорание древесной муки происходит при температуре свыше 200 °С. Для производства древесной муки используют древесные отходы в виде стружки, щепы, опилок и др. [6].

В последние годы древесной муке в России уделяют большое внимание, так как растет ее потребление в различных сферах (промышленное производство, сельское хозяйство и др.), особенно растет потребление муки в производстве пищевых продуктов, для очистки сточных вод, в фильтрах для очистки жидкостей и др. [7].

Ниже приведены основные направления использования древесной муки [8; 9]:

- мука используется для рекультивации почв на полях, садовых участках, в клумбах и др.;
- в смеси с отходами сельскохозяйственных ферм мука используется как удобрение;
- мука используется для удаления разливов различной жидкой органики, кислот, щелоков и др., так как древесная мука впитывает в три раза больше веществ, чем сама масса муки;
- мука используется для повышения адгезии клеев и создания нужной текстуры для заделки швов, стыков,

вмятин и др. у строительных сооружений и различных изделий;

- древесную муку используют в качестве фильтрующего материала для очистки жидкостей;
- мука хорошо удаляет масла и нефтепродукты с поверхностей водоемов и в процессе производства промышленных изделий;
- из древесной муки производят порошок для промышленных целей (применяют в горнорудной промышленности, строительном деле);
- многие сорта мыла содержат древесную муку для предотвращения чрезмерного расходования моющего материала;
- древесную муку используют для производства древесных топливных гранул;
- муку используют для производства высококачественных сортов бумаги;
- древесная мука марки Т используется для производства пигментной двуокиси титана, которая служит наполнителем в производстве титановых белил;
- муку используют в производстве кровельной черепицы, кровельной бумаги, линолеума;
- древесную муку используют для производства композиционных материалов в смеси с полимерами для производства плитусов, перил и др. строительных материалов;
- при производстве резиновых изделий древесная мука является наполнителем и в значительной мере влияет на качественные показатели резины — эластичность, жесткость, долговечность и др.;
- как органическое вещество мука широко используется в виде удобрения, для улучшения свойств различных почв, от суглинка до песка, она разрыхляет структуру почвы и улучшает проникновение и задержку влаги и воздуха у корней растений.

Этот перечень направлений использования древесной муки не является полным, но уже по нему можно судить о широком использовании древесной муки в промышленности, сельском и народном хозяйстве, в быту. Древесная мука является органическим веществом и не наносит вред природе.

Потребность в древесной муке в России с каждым годом увеличивается, и уже сейчас необходимо предусмотреть пути увеличения ее производства и привлекать для этого новые источники древесного сырья [10; 11]. Одним из таких источников является низкокачественная древесина (НКД) особенно лиственных пород, объемы которых исчисляются десятками млн м³ в год. Так в 2022 г. в РФ было заготовлено 180 млн м³ древесины, из них НКД составила 40 млн м³. Это очень большой показатель, который вызывает проблемы с ее использованием. Частично эту проблему решают путем применения НКД как топлива и производства щепы

для ЦБП и плитных производств [12–14]. В данной работе рассмотрена технология производства древесной муки в объеме массой 15 тыс. т в год марок 120, 160, 180 из НКД лиственных пород.

Предлагаемая технология. К НКД относятся бревна (сортименты) длиной 2–6 м, содержащие повышенное количество гнили (свыше $\frac{1}{2}$ диаметра) (рис. 1); бревна с повышенной кривизной и сбежистостью, с трещинами, наростами, дуплами и другими изъянами, которые не допускают по ГОСТ [15; 16] на выпуск лесоматериалов круглых для промышленного использования. Диаметр бревен НКД может колебаться от 10 до 60 см и даже до 1 м. В предлагаемой технологии предусмотрено использовать НКД диаметром до 60 см. Количество коры на древесине составляет 12–16 % от объема древесины без коры. Следует отметить, что при приеме древесины (бревен) кору не учитывают — так принято по ГОСТ, но кора есть, и ее следует учитывать уже как отходы при окорке.

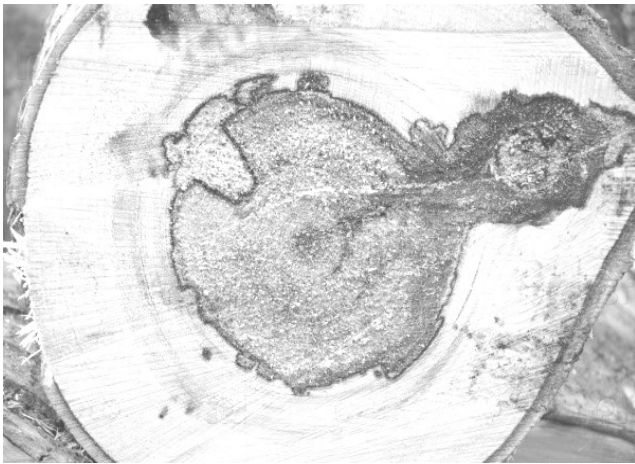


Рис. 1. Сортимент с повышенным количеством гнили

В соответствии с требованиями ГОСТ, древесная мука не должна содержать частицы коры, гнили, минеральных веществ. В связи с этим древесное сырье НКД должно быть принято из лесосеки и частично положено на хранение (на склад) таким образом, чтобы бревна не загрязнялись пылью и не подвергались дальнейшему загниванию. На складирование подают 10–15 % древесины для работы с ней в межсезонный период, весной и осенью.

Основную часть бревен подают через разобщик в цех подготовки древесного сырья. НКД подают на окорку. Целесообразно использовать для этих целей роторные окорочные станки производства России типа ОК-63 (рис. 2), Финляндии VK-800 и других стран, в т. ч. Китая, позволяющие окоривать древесину диаметром до 60 см с большой кривизной и сбежистостью. Эти станки имеют кулачки-коросниматели, которые можно затачивать под различными углами и производить окорку как свежесрубленной древесины (весной, летом, осенью) тупыми короснимателями, так и мороженную или подсушенную древесину, но уже заточенными короснимателями. На этих станках образуются отходы в виде коры (12–16 %) и самой древесины (2–2,5 %).



Рис. 2. Ротор окорочного станка

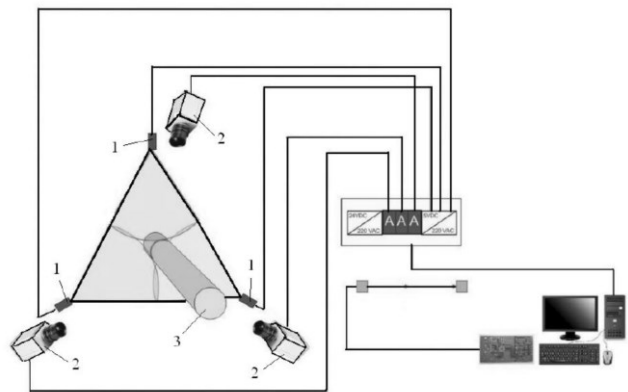


Рис. 3. Узел оценки количества и качества окоренных бревен с помощью 3D-сканирования: 1 — лазерные указатели; 2 — видеокамеры; 3 — бревно

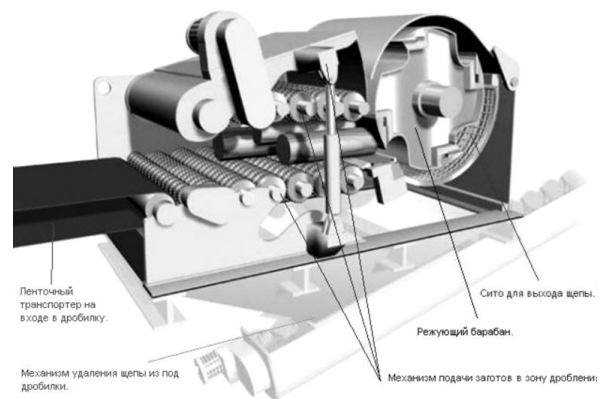


Рис. 4. Барабанная рубительная машина

После окорки бревна проходят узел учета и глубинного осмотра рентгеном (рис. 3). На основании осмотра окоренные бревна без ядровой гнили автоматически направляются в барабанную рубительную машину, а бревна с гнилью подаются на раскряжевочную установку. Здесь бревна распиливают на отрезки длиной 1,5–2 м. Отрезки без гнили направляют в рубительную машину (рис. 4), а отрезки с гнилью подают к колуну, где их раскалывают на 4–6 частей. Полученные поленья с раскрытой гнилью подают к станкам для удаления гнили.

Удаление гнили с поленьев проводят фрезерованием, причем расположение фрезы относительно поленьев с гнилью производится автоматически от узла учета

и рентгена. Количество гнили оценивается величиной до 25 % от объема расколотого полена, количество отрезков бревен с гнилью составляет примерно 50 % от всего объема НКД. Тогда количество отходов от фрезерных станков составит 27–30 % (фреза удаляет не только гниль, но и часть здоровой древесины). Полученные плашки с удаленной гнилью подают в рубильную машину, где из них производят щепу.

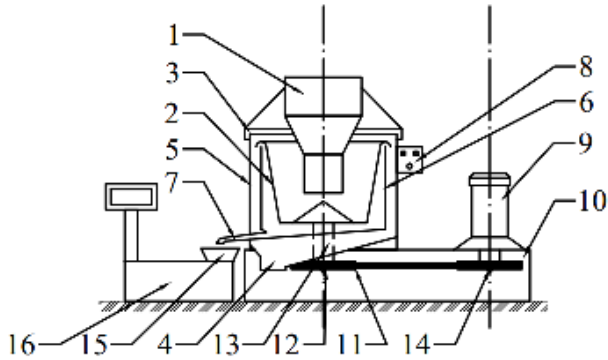


Рис. 5. Схема центрифуги непрерывного действия для обработки опилок: 1 — загрузочное устройство для влажных опилок; 2 — барабан; 3 — крышка; 4 — выпуск; 5 — корпус; 6 — отбойник для жидкости; 7 — выпуск для жидкости; 8 — пульт управления; 9 — двигатель; 10 — рама центрифуги; 11, 12, 13, 14 — клиноременная передача; 15, 16 — система учета удаляемой жидкости из опилок

Полученную щепу подают на центрифугу (рис. 5). Центрифугирование щепы позволяет удалить всю свободную влагу, находящуюся в щепе (древесине), и снизить ее влажность [17]. Влажность древесины — это показатель количества жидкости (условно воды), находящейся в капиллярах и порах древесины, это свободная жидкость, а также жидкость, находящаяся в клетках древесины, это связанная влага. Механическим путем, а к этому относится и центрифугирование, можно удалить только свободную влагу. Количество связанной влаги оценивается величиной 30 % (это относится почти ко всем породам древесины). Количество свободной влаги зависит от породы древесины, места ее произрастания, времени года, способа доставки, хранения и др. «Опилки» размером 3–6 мм направляют на сушку. Сушку можно производить на различных установках — ленточных, циклонных, барабанных. Нами предлагается сушку производить в барабанах типа «Прогресс» (Россия). Источником тепла для сушилки служит теплогенератор, в котором сжигают частично отходы окорки, гнилую часть, а также сухие опилки. Количество сжигаемого древесного материала составляет 15 % от всего объема щепы. Влажность «опилок» после сушки в барабанах составляет 5–8 % (абс.), что удовлетворяет требованиям по влажности последующего материала — муки.

Сухие «опилки» направляют на установку по производству древесной муки. Известно множество устройств по измельчению опилок в муку [18; 19], но пока большое распространение получили мельницы молоткового типа. В данной технологии предлагается использовать новый универсальный шнеково-ножевой измельчитель для получения древесной муки фракции до 1,2 мм. На

этот измельчитель получен патент РФ [20] (рис. 6). Измельчитель работает следующим образом. В бункер измельчителя 1 подают «опилки», шнеком 2 «опилки» направляют в четырехножевой аппарат 3 первой ступени измельчения. С помощью ножей и решетки 4 опилки измельчают. Отметим, что ножевой аппарат вращается независимо от скорости вращения шнека, и тем самым можно регулировать степень помола опилок. После решетки 4 измельченный материал попадает в четырехножевой аппарат второй ступени измельчения 5. Первый и второй ножевые аппараты сдвинуты друг к другу на 45°. Предусмотрено, что второй ножевой аппарат можно вращать независимо от первого ножевого аппарата и тем самым регулировать степень помола опилок.

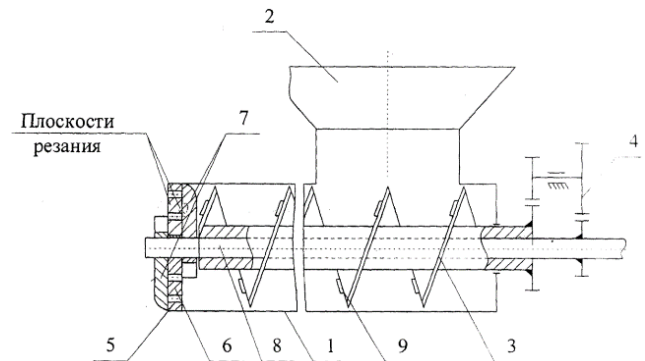


Рис. 6. Универсальный шнеково-ножевой измельчитель сухих опилок в муку: 1 — корпус; 2 — бункер опилок; 3 — шнек; 4 — привод вращения шнека и вала; 5, 7 — ножи; 6 — решетка; 8 — вал ножей; 9 — захваты массы опилок

После измельчителя муку подают на сортировку, где отсортировывают фракцию муки свыше 1,2 мм (или, по требованию, меньше) и возвращают в измельчитель, а полученную древесную муку направляют на узел упаковки в мешки с массой опилок от 10 кг. Мешки складывают на поддон и перевозят в закрытый склад, где поддерживают температурно-влажностный режим (рис. 7).



Рис. 7. Закрытый склад для древесной муки

Технологическая схема предлагаемого процесса производства древесной муки из низкокачественной древесины и использование получаемых отходов представлена на рис. 8.

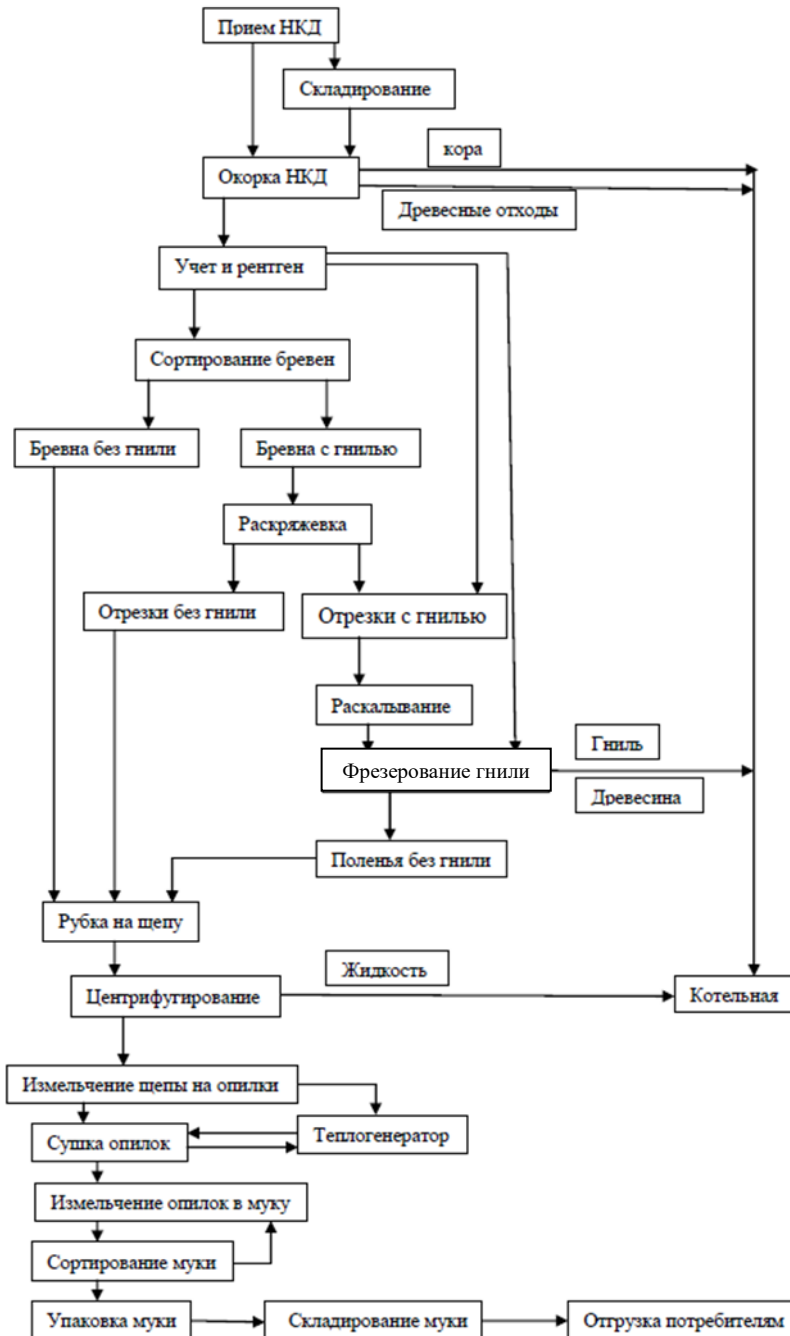


Рис. 8. Технологическая схема производства древесной муки из низкокачественной древесины

Ниже приводим расчеты по расходу древесины (НКД) на производство $M = 15\,000\,000$ кг в год древесной муки. Полученная мука марок 120, 160, 180 по ГОСТ имеет насыпную плотность $\rho_n = 140$ кг/м³, тогда полученная мука займет объем Q_1 :

$$Q_1 = \frac{M}{\rho_n} = \frac{15\,000\,000}{140} = 107143 \text{ нас. м}^3 \quad (1)$$

Переводной коэффициент древесной муки K_1 можно рассчитать из следующих данных:

- плотность древесины (щепы) при влажности 80 % (абс.) составляет 800 кг/м³,
- насыпная плотность древесной муки при влажности 8 % (абс.) составляет 140 кг/м³,

тогда K_1 можно рассчитать:

$$K_1 = 140 \div 800 = 0,175$$

Что означает полученный коэффициент K_1 древесной муки влажностью 8 %? Это означает, что из одного плотного м³ древесины (например, из 1 пл. м³ бруса) с определенной влажностью (80 %) возможно получить муку той же массой, но которая займет объем в несколько раз больший, например, 5,6 м³. Отметим, что мы получили влажную муку. Если мы высушим брус или промежуточный компонент (опилки) до влажности 8 % и произведем муку, то мы, во-первых, получим материал с пониженной массой и, естественно, с другой плотностью. Древесина (брус) влажностью 8 %

имеет плотность ≈ 450 кг/пл. м³, а произведенная из сухого материала древесная мука имеет ту же плотность, но взятый 1 пл. м³ бруса, измельченный в муку, уже займет объем не 1 м³, а в несколько раз больший, а именно 3,2 м³. По расчетам, коэффициент полндресности муки составит:

$$K_m = 1 \div 3,2 = 0,31. \quad (2)$$

Если плотность сухого бруса составляла 450 кг/м³, то плотность плотного м³ муки будет такой же, а вот плотность муки, засыпанной в 1 м³, составит:

$$\rho_m = 450 \div 3,2 = 140 \text{ кг/нас. м}^3. \quad (3)$$

Если мы производим 15 000 000 кг сухой древесной муки, то эта мука займет насыпной объем:

$$Q_1 = 15000000 \div 140 = 107143 \text{ нас. м}^3. \quad (4)$$

Зная коэффициент полндресности муки $K_m = 0,31$, можно рассчитать плотный объем сухой муки:

$$Q_2 = Q_1 \cdot K = 107143 \cdot 0,31 = 33214 \text{ пл. м}^3. \quad (5)$$

Следует учесть, что при сушке древесных материалов влажностью примерно 100 % (абс.) до влажности 8 % (абс.) коэффициент усушки (по размерам) K_y составляет 10 %, тогда объем древесины с влажностью 100 % (абс.) ≈ 45 % (отн.) составит:

$$Q_3 = Q_2 \cdot K_y = 33214 \cdot 1,1 = 36535,4 \text{ пл. м}^3. \quad (6)$$

В связи с тем, что часть промежуточного материала (сухих опилок) ≈ 7 % будет направлена в теплогенератор для выработки тепла на сушку опилок, то потребный объем сырья для выработки муки увеличится:

$$Q_4 = Q_3 \cdot 1,07 = 39092,8 \text{ пл. м}^3. \quad (7)$$

При подготовке древесного сырья к выработке муки возникают древесные отходы. Количество этих отходов составляет 14,2 % (без учета коры). Тогда потребность в древесном сырье (НКД) составит:

$$Q_5 = Q_4 \cdot 1,42 = 44761,1 \approx 44761,1 \approx 45000 \text{ пл. м}^3. \quad (8)$$

Выводы. В последнее время спрос на древесную муку в РФ и других странах значительно вырос, так как древесная мука широко используется в различных отраслях промышленного производства, сельском хозяйстве, в быту. Цена за 1 т древесной муки составляет от 10 до 28 тыс. р. в зависимости от марки муки, и ее производство представляет экономическую выгоду. На производство 1 т муки расходуется всего 2,5–3 пл. м³ древесины (отходы деревообработки, НКД). Предлагаемая технология производства древесной муки из НКД позволяет не только вовлечь эту проблемную древесину в сферу производства из нее полезной продукции, но и получать хорошую прибыль, сохранять и улучшать экологическую обстановку в нашей стране.

Литература

1. Производство древесной муки перспективная отрасль переработки древесины [Электронный ресурс]. URL: <http://business-media.info/blogs/Dozagra/proizvodstvo-drevesnoy-muki-perspektivnaya-otrasl-pererabotki-drevesny.php> (дата обращения: 25.01.2024).
2. ГОСТ 16361-87. Мука древесная. Технические условия. Введ. 01.01.1990. М.: Изд-во стандартов, 1987. 6 с.
3. ГОСТ 16362-86. Мука древесная. Методы испытания. Введ. 01.01.1988. М.: Изд-во стандартов, 1986. 10 с.
4. Дымченко В.Э., Петрушева Н.А., Ильязова Э.А., Липилин М.М. Исследование различных характеристик древесной муки // Гуманитарные, естественно-научные и технические аспекты современности: материалы XXXIII Всерос. науч.-практической конф. (30 июня 2021 г.). Ростов н/Д., 2021. С. 308-309.
5. Подгорный И.И. Технология производства древесной муки для изготовления композитных отделочных материалов // Фундаментальные основы строительного материаловедения: сб. докл. Междунар. онлайн-конгресса (6-11 окт. 2017 г.). Белгород, 2017. С. 939-943.
6. Зырянов М.А., Швецов В.Ю., Миляева И.Г. Исследование процесса производства древесной муки из порубочных остатков // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 3 (117). С. 27-33.
7. Худошин Я.О., Ефимова Т.Н. Исследования перспектив древесной муки, применение древесной муки в различных отраслях народного хозяйства // Безопасность человека и устойчивое развитие общества перед вызовами глобальных трансформаций: материалы Междунар. междисциплинарной науч. конф. (2 дек. 2021 г.). Йошкар-Ола, 2022. С. 190-192.
8. Технология производства древесной муки и ее применение в промышленности [Электронный ресурс]. URL: <https://legion-development.ru/raznoe/drevesnaya-muka-gde-ispolzuetsya.html#top> (дата обращения: 15.03.2019).
9. Древесная мука: как производят и применяют? Описание технических условий и необходимости оборудования для изготовления [Электронный ресурс]. URL: <https://lesorubexpert.ru/drevesnaya-muka/> (дата обращения: 25.01.2024).
10. Худошин Я.О., Ефимова Т.Н. Производство древесной муки - перспективное направление в республике Марий Эл // Современные проблемы медицины и естественных наук: сб. ст. Междунар. науч. конф. (15-19 апр. 2019 г.). Йошкар-Ола, 2019. С. 317-318.
11. Зырянов М.А., Дымченко В.Э., Швецов В.Ю., Ильязова Э.А. Производство древесной муки из отходов лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств // Современные технологии: проблемы инновационного развития: сб. ст. Междунар. науч.-практической конф. (4 дек. 2019 г.). Петрозаводск, 2019. С. 138-141.
12. Бачериков И.В., Локштанов Б.М. Виды и свойства измельченной древесины, предназначенной для бункерного хранения // Resources and Technology. 2017. V. 14, № 1. P. 18-44.
13. Цыгарова М.В. Комплексное использование древесины. Ухта: УГТУ, 2007. 55 с.
14. Цывин М.М., Котцов С.Г., Шмаков И.В. Производство древесной муки. М.: Лесная пром-сть, 1982. 106 с.
15. ГОСТ 9463-2016. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. Введ. 01.05.2017. М.: Стандартинформ, 2016. 7 с.
16. ГОСТ 9462-2016. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия. Введ. 01.04.2018. М.: Стандартинформ, 2017. 6 с.
17. Орлов В.В. Повышение эксплуатационных свойств топливной щепы из лесосечных отходов путем ее обезвоживания: автореф. дис. ... канд. тех. наук. СПб., 2016. 20 с.

18. Дымченко В.Э., Петрушева Н.А., Ильязова Э.А., Липилин М.М. Анализ размалывающего оборудования для получения древесной муки тонкой фракции // Гуманитарные, естественно-научные и технические аспекты современности: материалы XXXIII Всерос. науч.-практической конф. (30 июня 2021 г.). Ростов н/Д., 2021. С. 306-307.
19. Гребенкина З.И. Способ получения древесной муки // Общество, наука, инновации (НТК-2012): сб. материалов Всерос. ежегодной науч.-технической конф. (16-27 апр. 2012 г.). Киров, 2012. С. 72-73.
20. Бирман А.Р., Тамаби А.А., Локштанов Б.М. Универсальный шнеково-ножевой измельчитель: пат. на полезную модель RU220311 U1, 06.09.2023; заявка № 2023110297 от 21.04.2023; опубл. 06.09.2023.

References

1. Wood flour production is a promising branch of wood processing [Elektronnyj resurs]. URL: <http://business-media.info/blogs/Dozagra/proizvodstvo-drevesnoy-muki-perspektivnaya-otrasl-pererabotki-drevesny.php> (data obrashcheniya: 25.01.2024).
2. GOST 16361-87. Wood flour. Technical conditions. Vved. 01.01.1990. M.: Izd-vo standartov, 1987. 6 p.
3. GOST 16362-86. Wood flour. Test methods. Vved. 01.01.1988. M.: Izd-vo standartov, 1986. 10 p.
4. Dymchenko V.E., Petrusheva N.A., Il'yazova E.A., Lipilin M.M. Investigation of the dimensional characteristics of wood flour // Gumanitarnye, estestvenno-nauchnye i tekhnicheskie aspekty sovremennosti: materialy XXXIII Vseros. nauch.-prakticheskoy konf. (30 iyunya 2021 g.). Rostov n/D., 2021. P. 308-309.
5. Podgornyy I.I. Wood flour production technology for the manufacture of composite finishing materials // Fundamental'nye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya: sb. dokl. Mezhdunar. onlajn-kongressa (6-11 okt. 2017 g.). Belgorod, 2017. P. 939-943.
6. Zyryanov M.A., SHvecov V.YU., Milyaeva I.G. Investigation of the production process of wood flour from felling residues // Science and business: development ways. 2021. № 3 (117). P. 27-33.
7. Hudoshin YA.O., Efimova T.N. Research on the prospects of wood flour, the use of wood flour in various sectors of the national economy // Bezopasnost' cheloveka i ustojchivoe razvitiye obshchestva pered vyzovami global'nyh transformacij: materialy Mezhdunar. mezhdisciplinarnoy nauch. konf. (2 dek. 2021 g.). Joshkar-Ola, 2022. P. 190-192.
8. Wood flour production technology and its application in industry [Elektronnyj resurs]. URL: <https://legion-development.ru/raznoe/drevesnaya-muka-gde-ispolzuetsya.html#top> (data obrashcheniya: 15.03.2019).
9. Wood flour: how is it produced and applied? Description of the technical conditions and the need for equipment for manufacturing [Elektronnyj resurs]. URL: <https://lesorubexpert.ru/drevesnaya-muka/> (data obrashcheniya: 25.01.2024).
10. Hudoshin YA.O., Efimova T.N. Wood flour production is a promising direction in the Republic of Mari El // Sovremennye problemy mediciny i estestvennyh nauk: sb. st. Mezhdunar. nauch. konf. (15-19 apr. 2019 g.). Joshkar-Ola, 2019. P. 317-318.
11. Zyryanov M.A., Dymchenko V.E., SHvecov V.YU., Il'yazova E.A. Production of wood flour from waste from logging and wood processing industries // Sovremennye tekhnologii: problemy innovacionnogo razvitiya: sb. st. Mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf. (4 dek. 2019 g.). Petrozavodsk, 2019. P. 138-141.
12. Bacherikov I.V., Lokshtanov B.M. Types and properties of crushed wood intended for bunker storage // Resources and Technology. 2017. V. 14, № 1. P. 18-44.
13. Cygarova M.V. Integrated use of wood. Uhta: UGTU, 2007. 55 p.
14. Cyvin M.M., Kotcov S.G., SHmakov I.V. Production of wood flour. M.: Lesnaya prom-st', 1982. 106 p.
15. GOST 9463-2016. Round softwood timber. Technical conditions. Vved. 01.05.2017. M.: Standartinform, 2016. 7 p.
16. GOST 9462-2016. Round hardwood timber. Technical conditions. Vved. 01.04.2018. M.: Standartinform, 2017. 6 p.
17. Orlov V.V. Improving the operational properties of fuel chips from logging waste by dewatering it: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2016. 20 p.
18. Dymchenko V.E., Petrusheva N.A., Il'yazova E.A., Lipilin M.M. Analysis of grinding equipment for the production of fine wood flour // Gumanitarnye, estestvenno-nauchnye i tekhnicheskie aspekty sovremennosti: materialy XXXIII Vseros. nauch.-prakticheskoy konf. (30 iyunya 2021 g.). Rostov n/D., 2021. P. 306-307.
19. Grebenkina Z.I. The method of obtaining wood flour // Obshchestvo, nauka, innovacii (NТK-2012): sb. materialov Vseros. ezhegodnoj nauch.-tekhnicheskoy konf. (16-27 apr. 2012 g.). Киров, 2012. P. 72-73.
20. Birman A.R., Tamabi A.A., Lokshtanov B.M. Universal screw-knife chopper: pat. na poleznuyu model' RU220311 U1, 06.09.2023; заявка № 2023110297 от 21.04.2023; опубл. 06.09.2023.