

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА FORESTRY TECHNOLOGIES AND MACHINES

Научная статья

УДК 630*866.9, 674.093.26

<https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.4.48>

EDN: SCJNPE

Модернизация технического оснащения участков отделения слоя бересты от луба

**Е. М. Царёв, К. П. Рукомойников[✉], И. С. Анисимов, Н. С. Анисимов,
В. Е. Макаров, П. Н. Анисимов**

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
RukomojnikovKP@volgatech.net[✉]

Аннотация. *Введение.* В зависимости от назначения различают «чистую» бересту и бересту с примесью луба. При увеличении доли луба в составе бересты снижается не только сорт бересты, но и её качество. Необходимость отделения внешней части коры от внутренней является довольно сложной задачей, для реализации которой необходимы специальные устройства. Проведённые патентные и литературные исследования выявили практический интерес к необходимости увеличения объёмов заготовки качественной бересты. *Цель* исследований – модернизация устройств для разделения слоёв берёзовой коры, позволяющих обеспечить высокие качественные характеристики готовой продукции. *Объекты и методы* исследования. Объектами исследований являются устройства для отделения бересты от луба. Использован метод литературного и патентного поиска подобных устройств. Определены преимущества и недостатки существующих конструктивных решений. *Результаты и их обсуждение.* Выявлены аналоги оборудования, их преимущества и недостатки. Разработаны новые конструктивные варианты и внесены предложения в модернизацию существующих технических решений для разделения слоёв коры. Использованы принципы разделения слоёв коры за счёт взаимодействия ударных механизмов, электромагнитных вибраторов, соприкасающихся вибрирующих пластин и других механизмов, способствующих деформации коры, разрушению лубяного слоя под действием ударной и вибрационной нагрузок и его отделению. Отмечено, что изменение числа последовательно установленных рабочих узлов модернизированного оборудования даёт возможность достижения требуемого качества разделения слоёв коры. Представлены принципиальные схемы оборудования, дано краткое описание его основных узлов и принципа их работы. *Выводы.* Вниманию специалистов исследователей научных и производственных организаций предложена модернизация конструктивных решений по разделению слоёв берёзовой коры, обеспечивающая высокие качественные характеристики готовой продукции. Это позволяет расширить гамму существующих вариантов оборудования производственных участков обработки древесного сырья с повышением эффективности технологических процессов. Описанные технические решения могут способствовать технико-экономическому развитию отрасли.

Ключевые слова: берёза; кора; оборудование; береста; луб; патентный поиск

Финансирование: авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Для цитирования: Модернизация технического оснащения участков отделения слоя бересты от луба / Е. М. Царёв, К. П. Рукомойников, И. С. Анисимов и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование. 2024. № 4(64). С. 48–60. <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.4.48>; EDN: SCJNPE

© Царёв Е. М., Рукомойников К. П., Анисимов И. С., Анисимов Н. С., Макаров В. Е., Анисимов П. Н., 2024

Введение

Площадь всех лесов в России на 2023 год достигла 1,19 млрд га. На долю берёзовых лесов в лесном фонде России приходится 17,2 %, что составляет 77,8 % общей площади насаждений мягколиственных древесных пород [1]. Произрастающая на всей площади Российской Федерации берёза является наиболее распространённой древесной породой.

Бетулин (лат. *Betula*) – это химическое соединение, которое в естественном виде содержится в коре берёзы. Вещество широко используется в медицине и косметике [2–5]. Иммуномодуляция, как восстановление функционирования иммунной системы, является одним из основных свойств бетулина. Кроме того, бетулин оказывает положительный эффект на животных, домашних птиц и продукты питания [6, 7].

Суберин – это липофильное высокомолекулярное вещество из клеточных оболочек опробковевших тканей, содержащееся в коре берёзы. Продукты конденсации суберина используются для синтеза поверхностно-активных, плёнообразующих, лакокрасочных материалов [2].

Кора берёзы включает в себя значительно отличающиеся по химическому составу внешнюю часть коры (бересту) и внутреннюю часть (луб).

В зависимости от назначения различают «чистую» бересту и бересту с примесью луба.

Из «чистой» бересты производят дёготь. Он широко используется для выделки шкур, варки мыла, а также для производства лечебных и косметических препаратов.

Береста с примесью луба применяется в таких отраслях, как текстильная промышленность, кожевенное производство [8–10].

Чистая береста получается при снятии бересты во время сокодвижения в древесных, отведённых в рубку «главного пользования» с применением специальных приспособлений [11].

Объёмы же заготовки древесины берёзы как сырья в РФ не так велики. На 2023 год они составили около 190 млн. м³ [12]. Запа-

сы бересты в березняках из берёзы повислой и пушистой зависят от классов бонитета и возраста в свежеснятом состоянии [13].

С 1 м³ берёзовой древесины возраста спелости можно заготовить 11,5 кг свежей бересты. К примеру, в спелых берёзовых древостоях Республики Марий Эл ежегодно можно заготавливать 3 007 т свежей бересты [2].

Другим источником для получения бересты является берёзовая кора от окорки фанерного кряжа, в виде крупномерных сортиментов [14–16]. В РФ объём берёзового кряжа на 2023 год составил 3 млн м³ [17].

Известно, что при увеличении доли луба в составе бересты снижается не только сорт бересты, но и её качество [13]. Возникает необходимость в отделении внешней части коры от внутренней, что является довольно сложной задачей, для реализации которой необходимы уже специальные устройства.

Актуальность

Проведённые патентные и литературные исследования выявили практический интерес к необходимости увеличения объёмов заготовки качественной бересты. При этом, такие показатели устройств для отделения бересты от луба, как энергоёмкость, надёжность, материалоёмкость и громоздкость играют немаловажную роль в технологической схеме разделения берёзовой коры на несколько слоёв; поэтому модернизация вариантов конструктивных решений для реализации анализируемой технологической операции с минимизацией значений перечисленных показателей при сохранении качественных признаков отделяемой бересты является актуальной научной задачей и позволяет расширить рынок предлагаемой продукции.

Целью исследования является модернизация устройств для разделения слоёв берёзовой коры, позволяющих обеспечить высокие качественные характеристики готовой продукции.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являются устройства для отделения бересты от луба.

При работе по данной теме для получения информации использовался метод патентного поиска. Этот метод предусматривал формирование базы знаний по предмету исследования на основе анализа источников патентной информации и включал следующие этапы:

- 1) поиск;
- 2) морфологический анализ рассмотренных конструкций;
- 3) синтез их элементов;
- 4) нахождение и анализ их недостатков.

При проведении патентного поиска обнаружены различные технические решения, позволяющие реализовать описанную производственную операцию.

В частности, известно техническое решение по отделению бересты [18], в котором основными элементами являются вращающийся сепарирующий барабан с зубцами. Принцип его действия основан на разрушении и сдвиге хрупкого, легко разрушаемого слоя луба относительно слоя бересты при изгибе в нескольких взаимно перпендикулярных направлениях коры берёзы.

Другое достойное особого внимания существующее техническое решение для отделения бересты от луба [19] основано на многократных нагрузках на кору двух гусеничных механизмов, являющихся основными элементами устройства. Один из них снабжён ножами и контрножами. Гусеничные механизмы движутся навстречу друг другу с разными скоростями для усиления эффекта взаимодействия. В этом случае упор сделан на то, что луб, как более рыхлый и более насыщенный влагой слой, быстро деформируется и измельчается, отделяясь от бересты.

Известно также техническое решение по отделению бересты от луба [20], основными отделяющими бересту от луба элементами которого являются ротор с ножами и неподвижными контрножами на внутренней его поверхности.

Принцип работы основан на вращении ротора с ножами. Захват коры берёзы ножами и протаскивание между контрножами способствуют эффективному вы-

полнению анализируемой технологической операции, обеспечивая постепенное отделение луба за счёт переменного расстояния между контрножами устройства.

Основными недостатками рассмотренных выше устройств являются высокая энергоёмкость процесса вследствие высокой материалоемкости и громоздкости описанных конструкций.

Результаты и их обсуждение

Одно из предложенных в результате анализа устройств показано на рис. 1.

Оно содержит станину 1, внутри которой на шарнирно-пружинных опорах 2 смонтированы две пары ударных механизмов 3 на каждой из них. Конструкция ударных механизмов состоит из корпуса 4, представляющего собой полый цилиндр с жёстко закреплённым на его наружной поверхности вибратором 5, и подвижных щёк 6 с его противоположной стороны. Монтаж отдельных элементов осуществлён таким образом, что щёки каждого ударного механизма соприкасаются со щеками другого ударного механизма, а сами ударные механизмы расположены в два ряда и соединяются между собой кронштейнами стяжек 7 и пружинами 8 [21].

В ходе работы устройства реализуется следующая последовательность действий.

В образованную соприкасающимися щеками полость через приёмный бункер 9 подаётся берёзовая кора. Посредством вибраторов кора деформируется, луб разрушается и отделяется от бересты. Последовательно перемещаясь между парами соприкасающихся щёк, кора обрабатывается и выводится за пределы механизма.

Другая предлагаемая новая конструкция (рис. 2) содержит секции 1, 2, 3, каждая из которых снабжена корпусом 4, внутри которого размещены электромагнитные вибраторы 5 и 6, смонтированные на общей станине 7 и разъединённые между собой посредством пружин 8, у которых рабочие поверхности 9 установлены напротив друг друга [22].

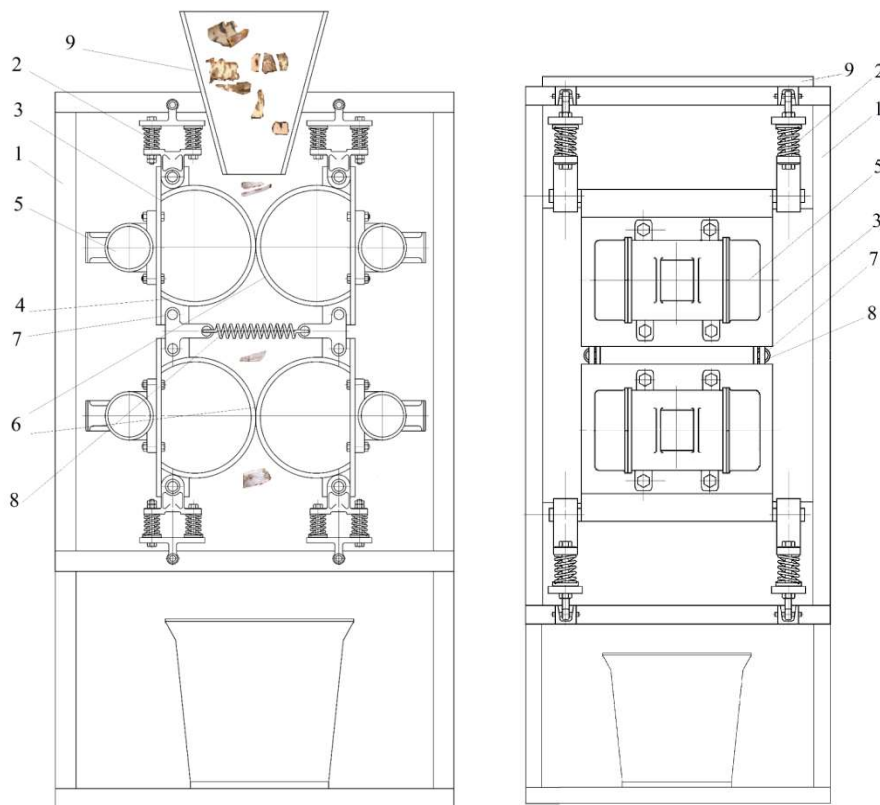


Рис. 1. Устройство для отделения бересты с использованием подвижных щёк ударных механизмов:
 1 – корпус устройства, 2 – опоры, 3 – ударные механизмы, 4 – корпус ударных механизмов, 5 – вибратор,
 6 – рабочая поверхность подвижной щеки, 7 – кронштейны стяжек, 8 – пружины
 Fig. 1. Device for separating birch bark layers using movable cheeks of impact mechanisms:
 1 – housing, 2 – supports, 3 – impact mechanisms, 4 – impact mechanism body, 5 – vibrator,
 6 – working surface of the movable cheek, 7 – tie brackets, 8 – springs

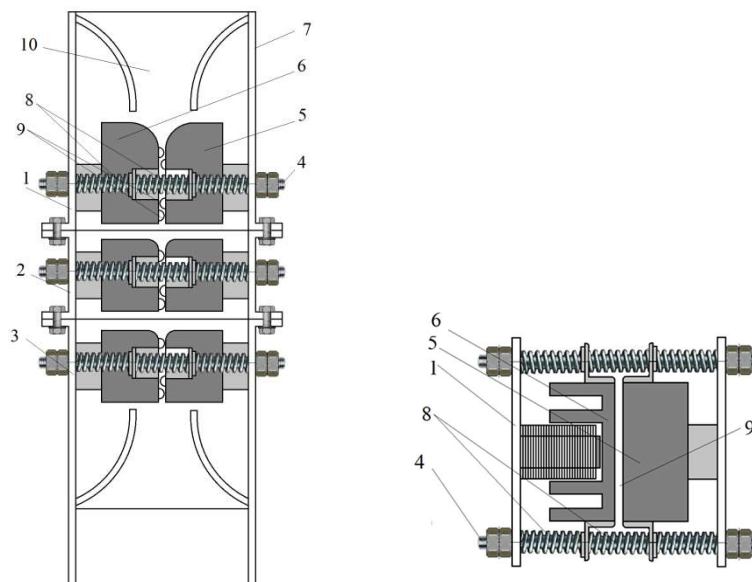


Рис. 2. Устройство для отделения бересты с использованием электромагнитных вибраторов:
 1, 2, 3 – секции, 4 – корпус, 5, 6 – электромагнитные вибраторы, 7 – станина, 8 – пружина,
 9 – рабочие поверхности пружин, 10 – бункер
 Fig. 2. Device for separating birch bark layers using electromagnetic vibrators: 1, 2, 3 – sections, 4 – housing,
 5, 6 – electromagnetic vibrators, 7 – frame, 8 – spring, 9 – working surfaces of the springs, 10 – hopper

Реализуемая при этом последовательность действий выглядит следующим образом.

Операции по отделению бересты начинаются с подачи коры в приёмный бункер 10, через который осуществляется её движение к ближайшей к бункеру секции. Разрушение луба осуществляется посредством вибрационной нагрузки от вибраторов 3 и 4, а за счёт воздействия рабочих поверхностей пружин происходит деформация коры. Повышение качества отделения бересты возможно при установке нескольких последовательных секций. Количественный состав секций в корпусе легко может быть изменён в процессе эксплуатации устройства.

Ещё одно новое авторское устройство для отделения бересты показано на рис. 3. На станине 1 шарнирно смонтированы секции 2, оснащённые Г-образным корпусом 3 и расположенные в верхнем и нижнем противоположных углах станины.

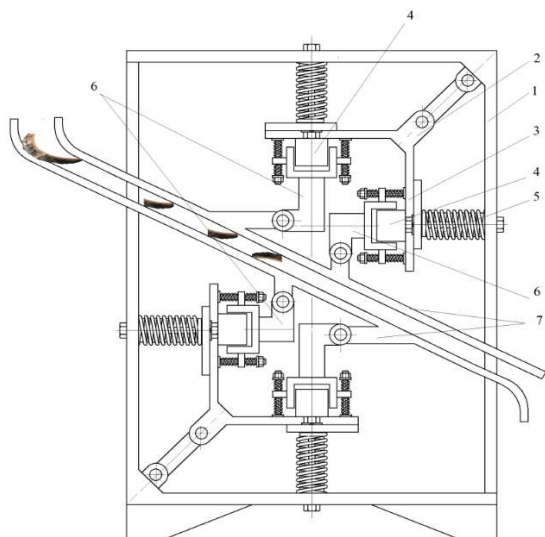


Рис. 3. Устройство для отделения бересты от луба с использованием эффекта соприкосновения парных вибрирующих пластин: 1 – станина, 2 – секции, 3 – Г-образный корпус, 4 – магнитные вибраторы, 5 – пружины, 6 – якоря магнитных вибраторов, 7 – прямоугольные пластины

Fig. 3. Device for separating birch bark from bast using the effect of contacting paired vibrating plates: 1 – frame, 2 – sections, 3 – L-shaped body, 4 – magnetic vibrators, 5 – springs, 6 – armatures of magnetic vibrators, 7 – rectangular plates

Вибраторы 4 выполнены в виде магнитов и установлены с внутренней сторо-

ны на свободных концах Г-образного корпуса устройства. С внешней его стороны смонтированы связанные со станиной пружины 5. На якорях 6 вибраторов двух противоположных Г-образных корпусов установлены соприкасающиеся между собой пластины 7 с возможностью перемещения между ними берёзовой коры [23].

При работе устройства берёзовая кора подаётся в пространство между двумя описанными ранее пластинами, при соприкосновении которых кора в условиях постоянной вибрации пластин деформируется и береста отделяется от лубяного слоя коры. По мере прохождения между пластинами качество отделения лубяного слоя постепенно улучшается и на выходе достигается эффект получения продукции нужного качества.

На рис. 4 представлено ещё одно новое конструктивное решение [24]. Конструкция имеет станину 1 в виде короба, в котором на пружинной подвеске 2 к крыше, основанию и стенкам короба установлены два корпуса 3, имеющих форму полых параллелепипедов. Корпуса оснащены магнитными вибраторами 4 и установлены на противоположных сторонах короба. В зоне соприкосновения корпусов на каждом из них смонтированы роликовые опоры 5 с роликами 6. Над роликовыми опорами установлен приёмный бункер 7 для подачи коры в обработку, а под ними бункер для бересты.

В процессе работы кора берёзы попадает в приёмный бункер и поступает к роликам. При вибрации корпусов под действием магнитных вибраторов осуществляется смещение роликов и их соударение и трение с роликами противоположного корпуса. Кора, проходя через взаимодействующие между собой ролики, под действием силы тяжести перемещается вниз к следующей паре роликовых опор. При этом происходит постепенная деформация лубяного слоя, его разрушение и отделение от слоя бересты.

Другое авторское изобретение, позволяющее решить поставленную задачу, представлено на рис. 5. Научная новизна этой конструкции подтверждена патентом РФ [25].

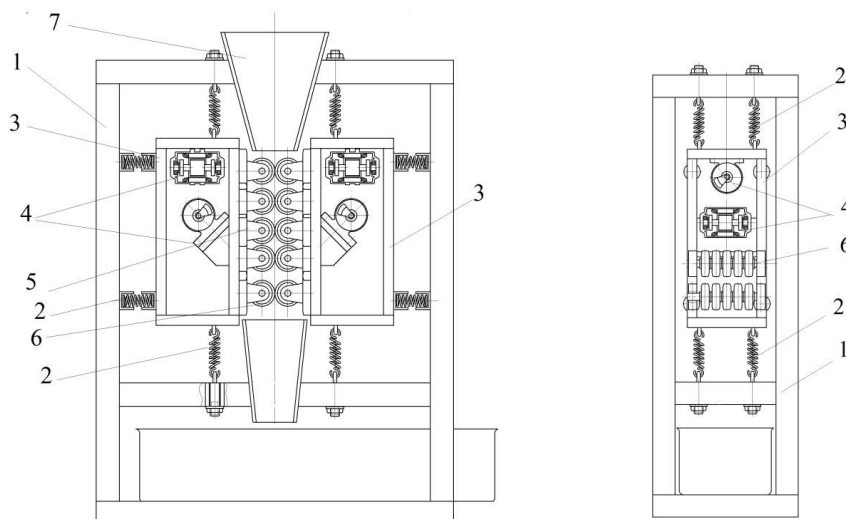


Рис. 4. Устройство для отделения бересты с использованием эффекта вибрации и соприкосновения цилиндрических роликовых опор со свободным вращением: 1 – станина, 2 – пружинная подвеска, 3 – полые корпуса, 4 – вибраторы, 5 – роликовые опоры, 6 – ролики, 7 – приёмный бункер

Fig. 4. Device for separating birch bark using the effect of vibration and contact of cylindrical roller supports with free rotation: 1 – bedplate, 2 – spring suspension, 3 – hollow housings, 4 – vibrators, 5 – roller supports, 6 – rollers, 7 – receiving hopper

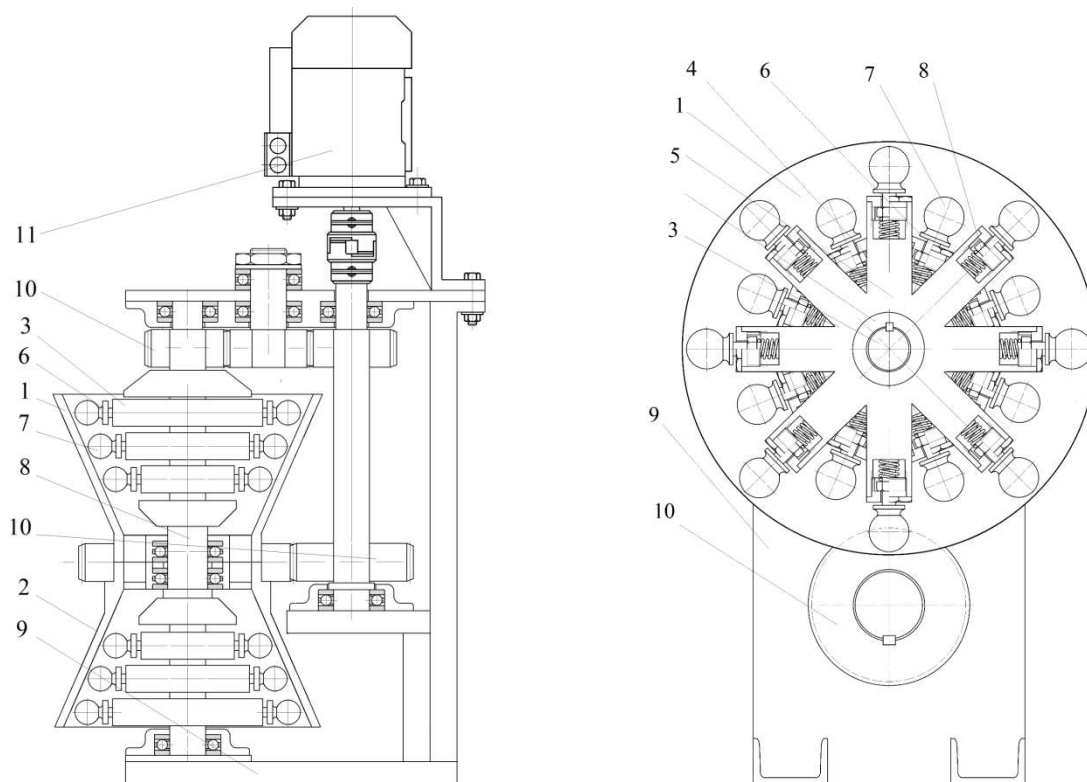


Рис. 5. Устройство для отделения бересты с использованием эффекта деформации коры при взаимодействии с шарообразными наконечниками и конусом: 1, 2 – полые усечённые конусы, 3 – круглые пластины, 4 – треугольные вырезы, 5 – выступы, 6 – металлические стержни, 7 – шарообразные наконечники, 8 – резьба, 9 – станина, 10 – зубчатые передачи, 11 – электродвигатель

Fig. 5. Device for separation of birch bark using the effect of bark deformation when interacting with spherical tips and a cone: 1, 2 – hollow truncated cones, 3 – round plates, 4 – triangular cutouts, 5 – projections, 6 – metal rods, 7 – spherical tips, 8 – thread, 9 – frame, 10 – gears, 11 – electric motor

Устройство содержит корпус, состоящий из двух полых усечённых конусов 1 и 2, внутри которых смонтированы круглые пластины 3 с треугольными вырезами 4, причём на выступах 5 пластин размещены подпружиненные металлические стержни 6 с шарообразными наконечниками 7 с одной стороны и резьбой 8 с другой, причём круглые пластины 3 сдвинуты относительно друг друга на 22,5 градуса, при этом усечённые конусы 1 и 2 и пластины 3 смонтированы на одном приводном валу 8, установленном на станине 9 в вертикальном положении с возможностью противовращения посредством зубчатых передач 10 от двигателя 11.

Берёзовая кора подаётся в полость между верхним полым усечённым конусом и треугольными вырезами первой круглой пластины. Деформация хрупкого лубяного слоя и его разрушение происходит при взаимодействии коры с шарообразными наконечниками и верхним полым усечённым конусом.

Степень очистки бересты зависит от числа последовательно установленных пластин, так как проходя через зону действия первой пластины, кора поступает

к треугольным вырезам следующей и разделение коры продолжается. Вслед за прохождением коры через вырезы всех пластин готовая продукция выходит за пределы корпуса устройства.

Ещё одной авторской идеей отделения бересты является конструктивное решение [26], показанное на рис. 6. Состоит из двух многорядных цепных передач 1 и 2. Цепные передачи смонтированы на раме 3 друг против друга и соединены посредством цепной передачи 4 через предохранительную муфту 5 с электродвигателем 6. Внутри каждой многорядной цепной передачи 1 и 2 размещены натяжители 7. Натяжители 7 состоят из цилиндрических вальцов 8, которые установлены на коромыслах 9. Свободные концы коромысел 9 связаны с корпусом рамы 3 при помощи пружин 10.

В процессе работы устройства кора 11 через бункер 12 поступает к цепям многорядных цепных передач. При этом вращение цепей происходит в противоположные стороны, следовательно, кора затягивается между ними. Деформация коры и отделение луба происходит за счёт взаимодействия её с цепями.

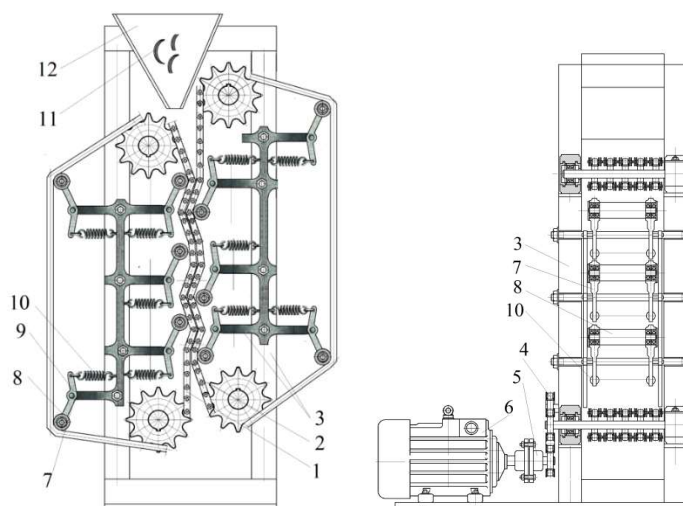


Рис. 6. Устройство для отделения бересты с использованием эффекта взаимодействия с цепями многорядных цепных передач: 1, 2 – многорядные цепные передачи, 3 – рама, 4 – цепная передача, 5 – предохранительная муфта, 6 – электродвигатель, 7 – натяжители, 8 – цилиндрические вальцы, 9 – коромысла, 10 – пружины, 11 – берёзовая кора, 12 – приёмный бункер

Fig. 6. Device for separating birch bark using the effect of interaction with multi-row chain transmissions: 1, 2 – multi-row chain transmissions, 3 – frame, 4 – chain transmission, 5 – safety coupling, 6 – electric engine, 7 – tensioners, 8 – cylindrical rollers, 9 – rocker arms, 10 – springs, 11 – birch bark, 12 – receiving hopper

Также новизной обладает авторское решение по отделению бересты, представленное на рис. 7 [27].

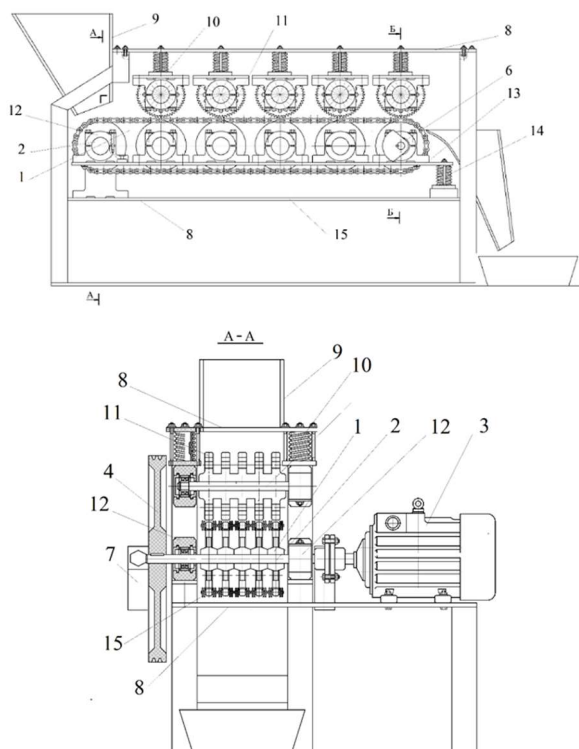


Рис. 7. Устройство для отделения бересты с использованием эффекта взаимодействия свободно вращающихся зубьев шестерён и цепей цепного транспортера: 1 – цепной транспортер, 2 – ведущий вал, 3 – силовая передача, 4 – шкив, 5 – ремённая передача, 6 – ведомый вал, 7 – дебаланс, 8 – станина, 9 – бункер, 10 – блоки с шестернями, 11 – шестерни, 12 – подшипниковые узлы, 13 – рама транспортера 14 – пружины, 15 – цепи транспортера

Fig. 7. Device for separating birch bark using the effect of interaction of freely rotating gear teeth and chain conveyor chains: 1 – chain conveyor, 2 – drive shaft, 3 – power transmission, 4 – pulley, 5 – belt transmission, 6 – driven shaft, 7 – eccentric weight, 8 – bed, 9 – hopper, 10 – units with gears, 11 – gears, 12 – bearing units, 13 – conveyor frame, 14 – springs, 15 – conveyor chains

Основу его конструкции представляет цепной транспортер 1, состоящий из нескольких рядов цепей. На его ведущем валу 2 с одной стороны установлена силовая передача 3. Противоположная сторона вала заканчивается шкивом 4, соединённым посредством ремённой передачи 5 с ведомым валом 6. На конце

ведомого вала закреплён дебаланс 7. Жёстко смонтированный над транспортером на станине 8 приёмный бункер 9 предназначен для подачи коры в обработку. На этой же станине над транспортером расположены подпружиненные блоки 10, оснащённые шестернями 11 с возможностью их свободного вращения, а подшипниковые узлы 12 для установки ведущего вала смонтированы на ней в отверстиях её боковых стенок. Рама транспортера 13 и станина являются отдельными конструктивными элементами устройства и взаимодействуют между собой посредством пружин 14, установленных в зоне ведомого вала.

Подаваемая в обработку через приёмный бункер 9 берёзовая кора движется по цепному транспортеру к первому подпружиненному блоку с шестернями. Деформация коры и разрушение лубяного слоя осуществляются в результате взаимодействия зубьев шестерён и цепей 15. Качество разрушения лубяного слоя находится в прямой зависимости от протяжённости транспортера и количества размещённых над ним вибрирующих под действием нагрузки от дебалансов шестерён.

Выводы

В ходе работы над поставленной задачей вниманию специалистов исследователей научных и производственных организаций предложена модернизация технических решений по разделению слоёв берёзовой коры, позволяющая обеспечить высокие качественные характеристики готовой продукции. Предложенные конструкции могут способствовать технико-экономическому развитию отрасли. Для создания описанных в статье конструкторских решений и внедрения их в производство необходим сложный и длительный процесс дальнейших лабораторных и производственных испытаний, однако, привлечение внимания предприятий к возможностям эффективного решения проблем лесного комплекса является первым важным шагом на пути дальнейшего развития и позволяет расширить гамму

существующих вариантов оборудования производственных участков обработки

древесного сырья с повышением эффективности технологических процессов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Площадь земель, на которых расположены леса, тыс. га, на 01.01.2024. URL: <https://rosleshoz.gov.ru/opendata/7705598840-ForestLocationArea> (дата обращения: 23.02.2024).
2. Винокурова Р. И., Трошкова И. Ю., Винокуров А. И. Оценка биоиндикационных свойств бетулина и суберина в бересте березы повислой // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2009. № 1. С. 81–87. EDN: KBDTRT
3. Functional characterization of CCR in birch (*Betula platyphylla* × *Betula pendula*) through overexpression and suppression analysis / W. Zhang, R. Wei, S. Chen et al. // *Physiologia Plantarum*. 2015. Vol. 54, iss. 2. Pp. 283–296. DOI: 10.1111/ppl.12306
4. Dragicević A., Kitić D., Pavlović D. Biological activity of the birch leaf and bark // *Lekovite Sirovine*. 2022. Vol. 42, iss. 1. Pp. 89–95. DOI: 10.5937/leksir2242089d
5. Производные бетулина, биологическая активность и повышение растворимости / О. А. Воробьева, Д. С. Малыгина, Е. В. Грубова и др. // Химия растительного сырья. 2019. № 4. С. 407–430. DOI: 10.14258/jcrpm.2019045419; EDN: JWQQIC
6. Апокина Л. Ю., Лежнева М. Ю., Касюкевич А. В. Влияние тритерпеноидов берёзы на экологические показатели молока // Здоровый образ жизни и охрана здоровья: материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Сургут, 03 апреля 2020 года. Сургут: Сургутский государственный педагогический университет, 2020. С. 23. EDN: PQDFFZ
7. Лебедева И. А., Дроздова Л. И., Женихова Н. И. Перспективы применения бетулина для оздоровления и продления продуктивного долголетия сельскохозяйственных животных и птиц // Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции: материалы I Международной конференции по ветеринарно-санитарной экспертизе, Воронеж, 26–27 ноября 2015 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015. С. 124–127. EDN: WEVTJ
8. Чурсина Л. А., Горач О. А., Базык В. П. Характеристика лубяного сырья для использования в техническом текстиле // *Материалы и технологии*. 2018. № 1 (1). С. 66–72. DOI: 10.24411/2617-1503-2018-11012; EDN: UVOKYR
9. Аникин Б. П. Использование берёзовой коры в кожевенной промышленности // Труды и исследования по лесному хозяйству и лесной промышленности. Л.: Ленинградский лесопромышленный научно-исследовательский институт, 1931. Т. 20. С. 61–83. EDN: WMEJXL
10. Залесов С. В., Годовалов Г. А. Технологии производства недревесной продукции леса. Раздел Подсочка леса. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 1999. 299 с. EDN: SEVOYN
11. Анисимова А. А., Орлова С. В. Использование резных элементов из бересты в ювелирном дизайне // Наука и образование в области технической эстетики, дизайна и технологии художественной обработки материалов: материалы XII Международной научно-практической конференции вузов России, Санкт-Петербург, 20–25 апреля 2020 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. С. 16–21. EDN: ULBTCT
12. Объем заготовки древесины государственными учреждениями ДФО в 2023 году вырос на 66%. URL: https://rosleshoz.gov.ru/news/2024-02-05/дфо_22142 (дата обращения: 23.02.2024).
13. Денисов С. А. Таблицы запасов бересты в березняках разного видового состава // Лесное хозяйство. 1987. № 3. С. 54–55.
14. Васильев А. С. Классификация способов окорки древесины // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. 2015. № 3 (5). С. 258–260. EDN: UCUXAJ
15. Воскресенский В. Е. Оптимальные режимы отделения луба от бересты // Известия вузов. Лесной журнал. 1999. № 1. С. 62–71.
16. Воскресенский В. Е. Критерии качества бересты в технологической системе разделения отходов окорки фанерного сырья на компоненты с учётом влажности материалов // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: межвузовский сборник научных трудов. Л.: Ленинградская лесотехническая академия, 1987. 120 с.
17. Обзор рынка берёзового фанерного кряжа. Текущее состояние и перспективы развития. URL: <https://proderevo.net/industries/wooden-plates/obzorynka-berjozovogo-fanernogo-kryazha-tekushchee-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya.html> (дата обращения: 23.02.2024).
18. Авторское свидетельство № 1209442 СССР, МПК В27L 11/02. Установка для отделения бересты от луба / Койков П. М., Лученко Ю. А., Роженцов В. П., Замятин Е. И., заявитель и патентообладатель Кировский научно-исследовательский и проектный институт лесной промышленности, заявл. 25.07.1984, опубл. 07.02.1986. Бюл. №5.
19. Авторское свидетельство № 935297 СССР, МПК В27L 11/02. Установка для отделения бересты от луба / Бетехтин В. С., заявитель и патентообладатель Кировский научно-исследовательский

и проектный институт лесной промышленности, заявл. 30.10.1980, опубл. 15.06.1982. Бюл. №22.

20. Авторское свидетельство № 743867 СССР, МПК В27Л 11/02. Устройство для отделения бересты от луба / Ивонин Ю. П., заявитель и патентообладатель Кировский научно-исследовательский и проектный институт лесной промышленности, заявл. 04.05.1978, опубл. 30.06.1980. Бюл. №24.

21. Патент № 2760592 Российская Федерация, МПК В27Л 11/02. Установка для отделения бересты от луба / Царев Е. М., Анисимов С. Е., Рукомойников К. П., Бердников Д. С., Анисимов Н. С., Анисимов И. С., заявитель и патентообладатель ПГТУ, заявл. 03.06.2021, опубл. 29.11.2021. Бюл. № 34. EDN: NHPPNQ

22. Патент № 2749197 Российская Федерация, МПК В27Л 11/02. Установка для отделения бересты от луба / Царев Е. М., Анисимов С. Е., Рукомойников К. П., Лопухов М. Н., Анисимов Н. С., Анисимов И. С., заявитель и патентообладатель ПГТУ, заявл. 09.11.2020, опубл. 07.06.2021. Бюл. № 16. EDN: QVBNIM

23. Патент № 2760591 Российская Федерация, МПК В27Л 11/02. Установка для отделения бересты от луба / Царев Е. М., Анисимов С. Е., Рукомойников К. П., Ямбаршев С. В., Анисимов Н. С., Анисимов И. С., заявитель и патентообладатель

ПГТУ, заявл. 07.06.2021, опубл. 29.11.2021. Бюл. № 34. EDN: NRGSYG

24. Патент № 2696110 Российская Федерация, МПК В27Л 11/02. Установка для отделения бересты от луба / Царев Е. М., Анисимов С. Е., Палкин А. А., заявитель и патентообладатель ПГТУ, заявл. 01.11.2018, опубл. 31.07.2019. Бюл. № 22. EDN: JOBCNM

25. Патент № 2761168 Российская Федерация, МПК В27Л 11/02. Установка для отделения бересты от луба / Царев Е. М., Анисимов С. Е., Рукомойников К. П., Лопухов М. Н., Анисимов Н. С., Анисимов И. С., заявитель и патентообладатель ПГТУ, заявл. 07.06.2021, опубл. 06.12.2021. Бюл. № 34. EDN: MILKDM

26. Патент № 2756752 Российская федерация, МПК В27Л 11/02. Установка для отделения бересты от луба / Царев Е. М., Анисимов С. Е., Палкин А. А., Лопухов М. Н., заявитель и патентообладатель ПГТУ, заявл. 30.10.2018, опубл. 05.10.2021. Бюл. № 28. EDN: QYTUXR

27. Патент № 2730587 Российская Федерация, МПК В27Л 11/02. Установка для отделения бересты от луба / Царев Е. М., Анисимов С. Е., заявитель и патентообладатель ПГТУ, заявл. 21.01.2020, опубл. 24.08.2020. Бюл. № 24. EDN: QAJBOU

Статья поступила в редакцию 20.03.2024; одобрена после рецензирования 14.11.2024;
принята к публикации 25.11.2024

Информация об авторах

ЦАРЁВ Евгений Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры лесопромышленных и химических технологий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – новые приборы и интеллектуальные производственные технологии, направленные на поиск путей развития химического ухода за лесом, лесопиления, манипуляторного оборудования и рабочих органов лесозаготовительных машин. Автор 401 научной публикации, в том числе одной монографии, 148 патентов РФ на изобретения. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5695-3028>; SPIN-код: 3117-8576

РУКОМОЙНИКОВ Константин Павлович – доктор технических наук, профессор кафедры лесопромышленных и химических технологий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – технология и оборудование лесопромышленных производств. Автор 288 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9956-5081>; SPIN-код: 9119-8261

АНИСИМОВ Илья Сергеевич – студент направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» кафедры эксплуатации машин и оборудования, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – новые приборы и интеллектуальные производственные технологии, направленные на поиск путей развития химического ухода за лесом, агроинженерия. Автор 54 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9528-8988>; SPIN-код: 7951-9072

АНИСИМОВ Никита Сергеевич – студент направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» кафедры эксплуатации машин и оборудования, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – новые приборы и интеллектуальные производственные технологии, направленные на поиск путей развития химического ухода за лесом, агроинженерия. Автор 58 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8465-261X>; SPIN-код: 8848-6902

МАКАРОВ Владимир Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – механика технологических процессов. Автор 51 научной публикации. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2564-0832>; SPIN-код: 5076-2600

АНИСИМОВ Павел Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – энергообеспечение предприятий. Автор 90 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7789-2399>; SPIN-код: 9087-4940

Вклад авторов:

Царёв Е. М. – идея и её разработка, патентный поиск.

Рукомойников К. П. – идея и её разработка, патентный поиск.

Анисимов И. С. – разработка конструкции, патентный поиск.

Анисимов Н. С. – разработка конструкции, патентный поиск.

Макаров В. Е. – патентный поиск, подготовка рукописи статьи.

Анисимов П. Н. – патентный поиск, подготовка рукописи статьи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Scientific article

UDC 630*866.9, 674.093.26

<https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.4.48>

EDN: SCJNPE

Modernizing Technical Equipment for Sections Separating Outer Birch Bark from Bast

E. M. Tsarev, K. P. Rukomojnikov[✉], I. S. Anisimov, N. S. Anisimov, V. E. Makarov, P. N. Anisimov

Volga State University of Technology,

3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

RukomojnikovKP@volgatech.net [✉]

Abstract. *Introduction.* Depending on the purpose, a distinction is made between "pure" birch bark and that with an admixture of bast. With an increase in the bast proportion in the birch bark composition, not only the grade of the bark but also its quality decreases. The necessity to separate the outer layer of birch bark from its inner layer is quite a complicated task that requires special devices. The conducted patent search and literature review revealed practical interest in the need to increase the volumes of harvesting high-quality birch bark. *The purpose of the research* is to modernize devices for separating birch bark layers in order to ensure high quality characteristics of the finished product. *Objects and methods.* The objects of the study are devices for separating birch bark from bast. The methods of literature survey and patent search for studying similar devices were employed. The advantages and disadvantages of existing design solutions were identified. *Results and discussion.* Analogs of the equipment, their advantages and disadvantages were determined. New design options were developed and proposals were made to modernize the existing technical solutions for separating bark layers. The authors used the principles of bark layer separation based on the interaction of impact mechanisms, electromagnetic vibrators, contacting vibrating plates and other mechanisms facilitating the deformation of the bark, destruction of the bast layer under the action of impact mechanisms and vibration loads and its separation. It is noted that changing the number of sequentially installed working units of the modernized equipment makes it possible to achieve the required quality of the separation of bark layers. Schematic diagrams of the equipment are presented, a brief description of its main units and their operation principle are given. *Conclusion.* Specialists and researchers of scientific and industrial organizations are invited to consider the proposed modernized design solutions for separating birch bark layers that allow for high quality characteristics of the finished products. This provides an opportunity to expand the range of existing equipment options available to production facility sections engaged in processing wood raw materials while increasing the efficiency of technological processes. The described technical solutions can contribute to the technical and economic development of the industry.

Keywords: birch; bark; equipment; birch bark; bast; patent search

Funding: this study was not supported by any external sources of funding.

For citation: Tsarev E. M., Rukomojnikov K. P., Anisimov I. S. et al. Modernization of the Technical Equipment of the Sections of Separation of the Birch Bark Layer from the Bast. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2024;(4):48–60. (In Russ.). <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.4.48>; EDN: SCJNPE

REFERENCES

1. Area of land where forests are located, thousand hectares, as of 01.01.2024. Available from <https://rosleshoz.gov.ru/opendata/7705598840-Forest-LocationArea> [Accessed 22 February 2024]. (In Russ.).
2. Vinokurova R. I., Troshkova I. Yu., Vinokurov A. I. Assessment of bioindicational features of betulin and suberin in birchbark of weeping birch. *Vestnik of Mari State Technical University. Series: Forest. Ecology. Nature Management.* 2009;(1):81–87. EDN KBDTRT (In Russ.).
3. Zhang W., Wei R., Chen S. et al. Functional characterization of CCR in birch (*Betula platyphylla* × *Betula pendula*) through overexpression and suppression analysis. *Physiologia Plantarum.* 2015;54(2):283–296. DOI: 10.1111/ppl.12306
4. Dragicević A., Kitić D., Pavlović D. Biological activity of the birch leaf and bark. *Lekovite Sirovine.* 2022;42(1):89–95. DOI: 10.5937/lekir2242089d
5. Vorobyeva O. A., Malygina D. S., Grubova E. V. et al. Betulin derivatives. Biological activity and solubility improvement. *Chemistry of Plant Materials.* 2019;(4):407–430. DOI: 10.14258/jcprm.2019045419; EDN: JWQQIC (In Russ.).
6. Apokina L. Yu., Lezhneva M. Yu., Kasyukovich A. V. Influence of birch triterpinoids on the environmental indicators of milk. In: *Healthy lifestyle and health care. Materials of the 3rd All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation* (Surgut, April 3, 2020). Surgut, Surgut State Pedagogical University, 2020:23. EDN: PQDFFZ (In Russ.).
7. Lebedeva I. A., Drozdova L. I., Zhenikhova N. I. Prospects for the use of betulin for the improvement and extension of productive longevity of agricultural animals and birds. In: *Veterinary and sanitary aspects of the quality and safety of agricultural products. Materials of the 1st International Conference on Veterinary and Sanitary Examination* (Voronezh, November 26–27, 2015). Voronezh, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great; 2015:124–127. EDN: WEVTJT (In Russ.).
8. Chursina L. A., Gorach O. A., Bazyk V. P. Characteristics of bast crop for use in technical textile. *Materials and Technologies.* 2018;(1(1)):66–72. DOI: 10.24411/2617-1503-2018-11012; EDN: UVOKYR (In Russ.).
9. Anikin B. P. Use of birch bark in the leather industry. In: *Proceedings and research on forestry and forestry industry.* Leningrad, Leningrad Forestry Research Institute; 1931:61–83. (In Russ.).
10. Zalesov S. V., Godovalov G. A. Technologies for the production of non-timber forest products. Section of forest tapping. Ekaterinburg, Ural State Forest Engineering University; 1999. 299 p. EDN: SEVOYN (In Russ.).
11. Anisimova A. A., Orlova S. V. Carved birch bark elements in jewelry design. In: *Science and education in the field of technical aesthetics, design and technology of artistic processing of materials. Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference of Russian Universities* (St. Petersburg, April 20–25, 2020). St. Petersburg, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design; 2020:16–21. EDN: ULBTCI (In Russ.).
12. The volume of timber procurement by state institutions in the Far Eastern Federal District increased by 66 % in 2023. Available from: https://rosleshoz.gov.ru/news/2024-02-05/дфо_22142 [Accessed 22 February 2024]. (In Russ.).
13. Denisov S. A. Tables of birch bark reserves in birch forests of different species composition. *Lesnoe Hozyaystvo (Forestry).* 1987;(3):54–55. (In Russ.).
14. Vasiliev A. S. Classification of wood debarking methods. *Current Directions of Scientific Research: from Theory to Practice.* 2015;(3(5)):258–260. EDN: UCUXAJ (In Russ.).
15. Voskresensky V. E. Optimal modes for separating bast from birch bark. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal).* 1999;(1):62–71. (In Russ.).
16. Voskresensky V. E. Quality criteria for birch bark in the technological system for separating waste from debarking plywood raw materials into components, taking into account the moisture content of the materials. In: *Technology and equipment of woodworking industries. Interuniversity collection of scientific papers.* Leningrad, LTA Publ.; 1987. 120 p. (In Russ.).
17. Review of the birch plywood log market: current status and development prospects. Available from: <https://proderevo.net/industries/wooden-plates/obzor-rynka-berjozovogo-fanernogo-kryazha-tekushchee-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya.html> [Accessed 23 February 2024]. (In Russ.).
18. Koikov P. M., Luchenko Yu. A., Rozhentsov V. P. et al. Installation for separating birch bark from bast. USSR Inventor's Certificate No. 1209442; 1986. (In Russ.).
19. Betekhtin V. S. Installation for separating birch bark from bast. USSR Inventor's Certificate No. 935297; 1982. (In Russ.).
20. Ivonin Yu. P. Device for separating birch bark from bast. USSR Inventor's Certificate No. 743867; 1980. (In Russ.).
21. Tsarev E. M., Anisimov S. E., Rukomoinikov K. P. et al. Installation for separating birch bark

from bast. Patent RF, no. 2760592; 2021. EDN: HHPPNQ (In Russ.).

22. Tsarev E. M., Anisimov S. E., Rukomoinikov K. P. et al. Installation for separating birch bark from bast. Patent RF, no. 2749197; 2021. EDN: QVBHIM (In Russ.).

23. Tsarev E. M., Anisimov S. E., Rukomoinikov K. P. et al. Installation for separating birch bark from bast. Patent RF, no. 2760591; 2021. EDN: NRGSYG (In Russ.).

24. Tsarev E. M., Anisimov S. E., Palkin A. A. et al. Installation for separating birch bark from

bast. Patent RF, no. 2696110; 2019. EDN: JOBCNM (In Russ.).

25. Tsarev E. M., Anisimov S. E., Rukomoinikov K. P. et al. Installation for separating birch bark from bast. Patent RF, no. 2761168; 2021. EDN: MILKDM (In Russ.).

26. Tsarev E. M., Anisimov S. E., Palkin A. A. et al. Installation for separating birch bark from bast. Patent RF, no. 2756752; 2021. EDN: QYTUXR (In Russ.).

27. Tsarev E. M., Anisimov S. E. Installation for separating birch bark from bast. Patent RF, no. 2730587; 2020. EDN: QAJBOU (In Russ.).

The article was submitted 20.03.2024; approved after reviewing 14.11.2024; accepted for publication 25.11.2024

Information about the authors

Evgeny M. Tsarev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Forestry and Chemical Technologies, Volga State University of Technology. Research interests – new devices and intelligent manufacturing technologies aimed at finding ways to develop chemical forest care, sawmilling and manipulator equipment and working bodies of logging machines. Author of 401 scientific publications including one monograph and 148 RF patents for inventions. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5695-3028>; SPIN: 3117-8576

Konstantin P. Rukomoinikov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Forestry and Chemical Technologies, Volga State University of Technology. Research interests – technology and equipment of timber industry. Author of 288 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9956-5081>; SPIN: 9119-8261

Ilya S. Anisimov – student of training direction 35.03.06 *Agroengineering*, Department of Operation of Machines and Equipment, Volga State University of Technology. Research interests – new devices and intelligent production technologies aimed at finding ways to develop chemical forest care, agroengineering. Author of 54 scientific papers. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9528-8988>; SPIN: 7951-9072

Nikita S. Anisimov – student of training direction 35.03.06 *Agroengineering*, Department of Operation of Machines and Equipment, Volga State University of Technology. Research interests – new devices and intelligent production technologies aimed at finding ways to develop chemical forest care and agroengineering. Author of 58 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8465-261X>; SPIN: 8848-6902

Vladimir E. Makarov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Transport and Technological Machines, Volga State University of Technology. Research interests – mechanics of technological processes. Author of 51 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2564-0832>; SPIN: 5076-2600

Pavel N. Anisimov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Volga State University of Technology. Research interests – energy supply of enterprises. Author of 90 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7789-2399>. SPIN: 9087-4940

Contribution of authors:

Tsarev E. M. – research idea and its development, patent search.

Rukomoinikov K. P. – research idea and its development, patent search.

Anisimov I. S. – design development, patent search.

Anisimov N. S. – design development, patent search.

Makarov V. E. – patent search, manuscript preparation.

Anisimov P. N. – patent search, manuscript preparation.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

All authors read and approved the final manuscript.