



Научная статья

УДК 630.36

DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-130-138

Модернизация валочно-сучкорезно-раскряжевочного механизма лесного харвестера

К.П. Рукомойников[✉], *д-р техн. наук, доц.*; *ResearcherID: N-6961-2019*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9956-5081>

Е.М. Царев, *д-р техн. наук, доц.*; *ResearcherID: AAB-2166-2020*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5695-3028>

С.Е. Анисимов, *канд. техн. наук, доц.*; *ResearcherID: AAB-1346-2020*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3332-0927>

Д.С. Татаринов, *аспирант*; *Researcher ID: AAB-7031-2020*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3312-796X>

В.О. Купцова, *соискатель*; *ResearcherID: AAY-9130-2020*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4330-0594>

Т.А. Гилязова, *соискатель*; *Researcher ID: AFY-3945-2022*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6067-7185>

Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, д. 3, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, 424000; RukomojnikovKP@volgatech.net[✉],
CarevEM@volgatech.net, denistatarinov4@mail.ru, vika13244@rambler.ru,
tat-gilyazova@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.05.20 / Одобрена после рецензирования 03.08.20 / Принята к печати 07.08.20

Аннотация. В настоящее время отмечается ежегодный рост числа современных лесозаготовительных машин на лесозаготовительных предприятиях РФ и зарубежных стран. При этом парк лесозаготовительных машин становится все более разнообразным и многофункциональным, а их производители, борясь за рынки сбыта продукции, оказываются заинтересованы в постоянной модернизации существующих и развитии новых конструктивных и технологических решений. Цель исследования – поиск нового технического решения, которое позволит наряду с заготовкой качественных сортиментов выполнять их частичную окорку без существенного снижения скорости обработки. Эффективный результат достигается тем, что предложенный нами новый способ обработки стволов деревьев, предусматривающий, как и в традиционном варианте функционирования харвестерной (процессорной) головки, раскряжевку ствола пильным механизмом и очистку от сучьев сучкорезными ножами, дает возможность пролыски лесоматериалов – снятия коры поваленного дерева полосами по всей его длине – а также удаления луба (частично или полностью). Это ускоряет естественную сушку древесины при ее хранении на складах, значительно повышает плавучесть хвойных тонкомерных сортиментов при их дальнейшем лесосплаве. Внедрение предложенного варианта заготовки на лесосеке окоренных лесоматериалов и рабочего органа харвестеров (процессоров) для осуществления такой заготовки повысит долю отходов лесосечных работ на лесосеке. Конструкция новой харвестерной (процессорной) головки не предусматривает значитель-

ных финансовых затрат на модернизацию и позволяет осуществить пролыску лесоматериалов продольными полосами по всей длине выпиливаемых бревен без наличия дополнительного привода рабочих механизмов. Это даст возможность реализовать грубую окорку с минимальными финансовыми затратами уже на стадии лесосечных работ и повысит эффективность деятельности лесозаготовительных и лесообрабатывающих предприятий.

Ключевые слова: харвестерная головка, процессорная головка, окорка, коросниматель, пролыска, кора, валочно-сучкорезно-раскряжеочная машина

Благодарности: Работа выполнена с использованием ресурсов ЦКП «Экология, биотехнологии и процессы получения экологически чистых энергоносителей» Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2021-674).

Для цитирования: Рукомойников К.П., Царев Е.М., Анисимов С.Е., Татаринов Д.С., Купцова В.О., Гилязова Т.А. Модернизация валочно-сучкорезно-раскряжеочно-го механизма лесного харвестера // Изв. вузов. Лесн. журн. 2022. № 3. С. 130–138. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-130-138>

Original article

Upgrading the Feller-Delimiter-Crosscutter Mechanism of a Forest Harvester

Konstantin P. Rukomojnikov[✉], Doctor of Engineering, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [N-6961-2019](https://orcid.org/0000-0002-9956-5081), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9956-5081>

Evgeny M. Tsarev, Doctor of Engineering, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAB-2166-2020](https://orcid.org/0000-0001-5695-3028),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5695-3028>

Sergey E. Anisimov, Candidate of Engineering, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [AAB-1346-2020](https://orcid.org/0000-0003-3332-0927), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3332-0927>

Denis S. Tatarinov, Postgraduate Student; ResearcherID: [AAB-7031-2020](https://orcid.org/0000-0002-3312-796X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3312-796X>

Viktoriia O. Kuptcova, External PhD Student; ResearcherID: [AAY-9130-2020](https://orcid.org/0000-0002-4330-0594),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4330-0594>

Tatiana A. Gilyazova, External PhD Student; Researcher ID: [AFY-3945-2022](https://orcid.org/0000-0001-6067-7185),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6067-7185>

Volga State University of Technology, pl. Lenina, 3, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, 424000, Russian Federation; RukomojnikovKP@volgatech.net[✉], CarevEM@volgatech.net, denistatarinov4@mail.ru, vika13244@rambler.ru, tat-gilyazova@yandex.ru

Received on May 13, 2020 / Approved after reviewing on August 3, 2020 / Accepted on August 7, 2020

Abstract. There is an annual increase in the number of modern forestry machines at logging enterprises both in Russia and in foreign countries. At the same time, the fleet of forestry machines is becoming more diverse and multifunctional, and their manufacturers, competing for market outlets, find themselves interested in constant upgrading of existing and development of new design and technological solutions. The research is aimed at finding a new engineering solution that will allow along with harvesting high-quality logs to perform their partial debarking without a significant reduction in the processing speed. The effective result is achieved by the fact that the proposed new method of processing tree trunks provides the possibility of timber barking in strips, i.e. removing the bark from a fallen tree along its



entire length, as well as bast removal (partially or completely). The method involves, as in the traditional model of harvesting (processing) head functioning, crosscutting of the trunk by the sawing mechanism and delimiting by delimiting knives. This leads to accelerated natural drying of wood during its storage in the warehouses and significantly increases the floatability of thin coniferous logs during their further timber floating. The implementation of the proposed option of harvesting debarked timber at the logging site and the working body of harvesters (processors) to carry out such harvesting will increase the share of logging waste at the logging site. The design of the new harvesting (processing) head does not require significant financial expenses for its upgrading. The design of the new harvester head allows the logs to be barked in strips along the entire length. Additional drive of working mechanisms is not required. This will enable the implementation of rough debarking with minimal financial costs already at the stage of logging operations and increase the efficiency of logging and timber processing enterprises.

Keywords: harvesting head, processing head, debarking, barking tool, barking in strips, bark, feller-delimiter-crosscutter

Acknowledgments: The research was carried out with the support from the Core Facility Centre “Ecology, Biotechnology and Processes for Producing Environmentally Friendly Energy Carriers” of the Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, and funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement No. 075-15-2021-674).

For citation: Rukomojnikov K.P., Tsarev E.M., Anisimov S.E., Tatarinov D.S., Kuptcova V.O., Gilyazova T.A. Upgrading the Feller-Delimiter-Crosscutter Mechanism of a Forest Harvester. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2022, no. 3, pp. 130–138. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-130-138>

Введение

Рост объемов производства и стремление к улучшению качественных показателей продукции лесопромышленных предприятий, а также к сокращению экологических последствий на территориях вырубок делают очевидной перспективность широкого внедрения прогрессивных технологических комплексов для ведения работ в лесу. В настоящее время ежегодно увеличивается число современных лесозаготовительных машин на лесозаготовительных предприятиях РФ и зарубежных стран. При этом парк лесозаготовительных машин становится все более разнообразным и многофункциональным, а производители в борьбе за рынки сбыта стараются постоянно совершенствовать существующие и предлагать новые конструктивные и технологические решения.

Анализ многообразия современных видов лесозаготовительных машин позволяет утверждать, что все возрастающий интерес потребителей вызывают машины, способные реализовать сразу несколько технологических операций. Наиболее функциональными из числа этих машин можно с уверенностью назвать харвестеры, способные обеспечивать валку деревьев и очистку их от сучьев с одновременной раскряжкой [3, 9]. Схожими конструктивными особенностями рабочих органов обладают и процессоры, выполняющие аналогичные обрабатывающие операции [19].

Функционально-технологический анализ вариантов модернизации рабочих органов харвестеров и процессоров [1] дает возможность оценить целесообразные пути совершенствования технологического оборудования. Очевидно, что внимание исследователей в вопросах развития технологического оборудо-

вания должно быть направлено в первую очередь на модернизацию наиболее востребованных лесозаготовительных машин и повышение их функциональности [2, 4, 8, 10]. При сложившихся закономерностях существования потребительского рынка это научное и практическое направление исследований является актуальным и перспективным.

Цель исследования – поиск нового технического решения, позволяющего наряду с заготовкой качественных сортиментов выполнять их частичную окорку без существенного снижения скорости обработки лесоматериалов.

Объекты и методы исследования

Идея разработки нового варианта модернизации харвестерной или процессорной (далее по тексту – харвестер, харвестерной) головки лесозаготовительных машин для повышения числа реализуемых ею функций и улучшения качества заготавливаемых сортиментов появилась после детального анализа новых вариантов технологического оборудования, описанных в патентах [6, 11–18, 20].

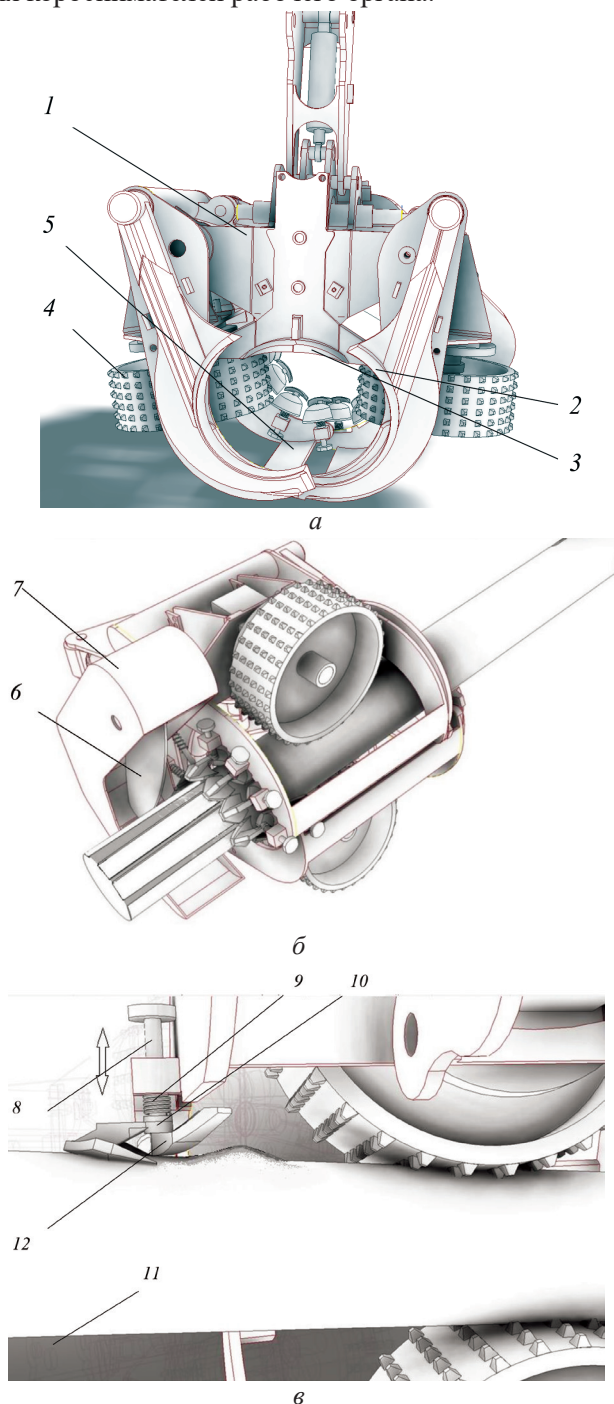
Анализ предложенных [6, 11–18, 20] технических решений позволил взять за основу разработки нового усовершенствованного механизма несколько конструкций рабочих органов харвестеров. В частности, отмечено техническое решение [5], отличающееся наличием режущего устройства для оцилиндровки бревен, установленного на корпусе вместе с сучкорезными ножами, раскрывающим и протаскивающим механизмами. Протаскивающий механизм состоит из нескольких поворотных и одного неповоротного вальца. Конструкция предусматривает установку сжимающих ствол дерева поворотных вальцов и приводящих их в движение гидромоторов на поворотной рамке, которая соединена с корпусом устройства посредством осевого соединения и имеет механизм поворота относительно него. Неповоротный валец конструкции и устройство для оцилиндровки бревен крепятся к корпусу при помощи гидроцилиндров. Устройство предназначено для обработки харвестером на лесосеке закомелистых сортиментов.

В качестве недостатка описанной конструкции можно отметить то, что данный способ обработки ствола и рабочий орган харвестера для осуществления обработки уменьшают производительность машины и не позволяют окорять бревна, это во многом снижает функциональные возможности данного механизма.

Другим похожим техническим решением, на которое было обращено внимание авторов статьи, является конструкция [7] для выработки окоренных сортиментов. Она отличается тем, что установленный на корпусе окорочный механизм выполнен в виде статора, поворачивающегося в параллельной действии пильного механизма плоскости и имеющего ротор, на который возможно установить подпружиненные коросниматели.

Однако скорость очистки ствола дерева от сучьев при использовании данного технического решения зависит от скорости окорки роторным механизмом, что приводит к резкому снижению производительности работы харвестера. Создание рабочего органа многооперационных лесных машин, позволяющего осуществлять заготовку окоренных бревен без снижения скорости работы, на данный момент является нерешенной задачей.

На рисунке представлены вид предложенной авторами статьи модернизированной конструкции харвестерной головки, процесс обработки ствола и общая схема движения короснимателей рабочего органа.



Модернизированная конструкция харвестерной головки:
a – вид устройства сверху; *б* – процесс обработки ствола;
в – схема работы короснимателей

Upgraded harvester head design: *a* – top view of the device;
б – stem processing; *в* – operation scheme of the barking tools

Конструкция модернизированного рабочего органа предусматривает наличие корпуса 1 с установленными на нем захватами 5, механизмами протаскивания и отмера отпиливаемых бревен. Механизм протаскивания состоит из нескольких протаскивающих вальцов 4. Расположенные на конструкции подвижные элементы представляют собой единую систему, сжимающую ствол дерева так, что он оказывается между неподвижным сучкорезным ножом 3, монтируемым на корпусе в верхней его части, подвижными сучкорезными ножами 2 и протаскивающими вальцами. В нижней части корпуса установлен защитный кожух 7, предохраняющий от повреждений пильный механизм 6 для раскряжевки лесоматериалов.

Основными новыми элементами конструкции являются установленные на осях 8 в нижней части корпуса и захваты направляющие лезвия 12, охватывающие по периметру ствол 11. Эти элементы имеют возможность движения перпендикулярно оси ствола при их прижиге к нему. Возврат направляющих лезвий в первоначальное положение при освобождении ствола дерева из захвата осуществляется пружинами 9. Навешенные на осях направляющих лезвий коросниматели 10 при работе устройства двигаются по траектории перемещения направляющих лезвий с учетом их возвратно-поступательных движений. Толщина слоя коры контролируется при выборе и настройке резцов короснимателей: они должны выступать за пределы задних частей направляющих лезвий на толщину слоя снимаемой коры.

Технологический процесс работы харвестера, оснащенного модернизированным рабочим органом, не отличается от стандартного процесса работы этой лесной машины. Оператор наводит харвестерную головку на ствол дерева, осуществляет его захват и валку с последующей обработкой. Захват сопровождается образованием кольца из короснимателей по периметру ствола. Направляющие лезвия, прижимаясь к поверхности ствола, перемещаются перпендикулярно его оси под действием создаваемого при прижиге усилия. Пружины на осях направляющих лезвий сжимаются. Коросниматели надежно прижимаются к стволу. Протаскивание ствола протаскивающими вальцами приводит к продольному перемещению вдоль него направляющих лезвий и короснимателей. При встрече направляющих лезвий с неровностями ствола происходит перемещение осей направляющих лезвий перпендикулярно обрабатываемому стволу дерева. Движущиеся следом за ними коросниматели в точности копируют эти возвратно-поступательные движения, что обеспечивает одинаковую толщину снимаемого слоя коры.

На завершающей стадии действия рабочего органа оператор раскрывает захваты устройства, нагрузка на коросниматели и направляющие лезвия исчезает, пружины разжимаются, и все окорочные механизмы переводятся в начальное положение.

Результаты исследования и их обсуждение

Технический результат достигается тем, что новый способ обработки дерева, предусматривающий, как и в традиционном варианте функционирования харвестерной головки, раскряжевку ствола пильным механизмом и очистку от сучьев сучкорезными ножами, дает возможность пролыски лесоматериалов – снятия коры поваленного дерева полосами по всей длине – а также удаления

луба (частично или полностью). Это ускоряет естественную сушку древесины при ее хранении на складах.

В определенных ситуациях коросниматели могут работать на толщину, не предусматривающую удаление слоя луба, для предотвращения растрескивания древесины. Такая настройка короснимателей возможна при работе с пиловочником и лесоматериалами, идущими на щепу, стойки, кряжи, используемыми без антисептических пропиток в круглом виде.

Еще одним вариантом эффективного использования описанного рабочего органа может быть его применение при валке леса, когда предполагается дальнейший сплав полученного сырья. Харвестерная головка разработанной конструкции в данном случае значительно повышает плавучесть хвойных тонкомерных сортиментов.

Кроме того, следует учитывать заинтересованность потребителей лесной продукции в широком внедрении технологий, позволяющих производить окорку при обработке и переработке лесоматериалов на лесных складах предприятий. Процесс окорки приводит к скоплению значительного объема коры на складе и потребности в дальнейшей ее утилизации, представляющей трудную задачу для производства. Снижение объемов поступающей на склад коры, удаляемой с лесоматериалов уже на стадии обработки их в лесу, до доставки на лесопромышленное предприятие, дает возможность частичного решения данной проблемы. В этом случае поступление на склад заранее окоренных древесных материалов может способствовать повышению экономической эффективности производства. Внедрение предложенных варианта заготовки на лесосеке окоренных лесоматериалов и рабочего органа харвестеров (процессоров) для осуществления заготовки может увеличить долю отходов лесосечных работ на лесосеке.

Заключение

Конструкция новой харвестерной (процессорной) головки не предусматривает значительных финансовых затрат на ее модернизацию и позволяет осуществить пролыску лесоматериалов продольными полосами по всей длине выпиливаемых бревен без наличия дополнительного привода рабочих механизмов. Это дает возможность реализовать грубую окорку с минимальными финансовыми затратами уже на стадии реализации лесосечных работ и повысить эффективность деятельности лесозаготовительных и обрабатывающих предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Будник П.В., Демчук А.В. Функционально-технологический анализ харвестерной головки // Наука и бизнес: пути развития. 2012. № 9(15). С. 36–38.
Budnik P.V., Demchuk A.V. Functional and Technological Analysis of Harvesting Head. *Science and Business: Development Ways*, 2012, no. 9(15), pp. 36–38. (In Russ.).
2. Демчук А.В. Модернизация технологического оборудования харвестера для повышения эффективности вывозки сортиментов // Инж. вестн. Дона. 2012. Т. 20, № 2. С. 542–546.
Demchuk A.V. The Technological Equipment Modernization for the Harvester on Purpose Efficiency of Removal Assortments. *Engineering Journal of Don*, 2012, vol. 20, no. 2, pp. 542–546. (In Russ.).

3. Мохирев А.П., Мамматов В.О., Уразаев А.П. Моделирование технологического процесса работы лесозаготовительных машин // Междунар. науч. исслед. 2015. № 3(24). С. 72–74.

Mokhirev A.P., Mammatov V.O., Urazaev A.P. Modeling of the Technological Process of Logging Machines. *Journal of International Scientific Researches*, 2015, no. 3(24), pp. 72–74. (In Russ.).

4. Памфилов Е.А., Капустин В.В., Пилушина Г.А., Шевелева Е.В. Повышение работоспособности рабочих органов и трибосистем технологического оборудования харвестеров // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 6. С. 135–149.

Pamfilov E.A., Kapustin V.V., Pilyushina G.A., Sheveleva E.V. Improving the Performance of Working Bodies and Tribosystems of Harvester Technological Equipment. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2021, no. 6, pp. 135–149. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-6-135-149>

5. Патент 117259 U1 РФ, МПК A01G 23/095(2006.01), B27L 1/00(2006.01). Рабочий орган валочно-сучкорезно-раскряжевной машины для выработки сортиментов: № 2012102528/13: заявл. 25.01.2012: опубл. 27.06.2012 / И.Р. Шегельман, О.Н. Галактионов, А.В. Демчук.

Shegelman I.R., Galaktionov O.N., Demchuk A.V. *The Working Body of the Feller-Delimiter-Crosscutter for the Production of Logs*. Patent RF no. RU 117 259 U1, 2012. (In Russ.).

6. Патент 2513415 C2 РФ, МПК A01G 23/083. Валочное устройство для валки и обрезки сучьев на стволах деревьев и лезвие для обрезки сучьев: № 2011134264/13: заявл. 15.01.2010: опубл. 20.04.2014 / Ю. Кескинен, К. Киннунен, К. Ханне.

Keskinen J., Kinnunen K., Khanne K. *Feller Device for Felling and Limbing on Tree Trunks and Blade for Limbing*. Patent RF no. RU 2 513 415 C2, 2014. (In Russ.).

7. Патент 2676139 C1 РФ, МПК A01G 23/095(2006.01), B27L 1/00(2006.01). Способ выработки окоренных сортиментов и рабочий орган для его осуществления: № 2017145977: заявл. 26.12.2017: опубл. 26.12.2018 / Е.М. Царев, С.Е. Анисимов, К.П. Рукомойников, Ю.А. Коновалова, С.В. Ведерников, В.М. Заболотский, Н.С. Анисимов, И.С. Анисимов.

Tsarev E.M., Anisimov S.E., Rukomojnikov K.P., Konovalova Yu.A., Vedernikov S.V., Zabolotskij V.M., Anisimov N.S., Anisimov I.S. *Method of Developing Barked Assortments and Working Body for Implementation Thereof*. Patent RF no. RU 2 676 1939 C1, 2018. (In Russ.).

8. Пилушина Г.А., Памфилов Е.А., Шевелева Е.В. Повышение износостойкости сучкорезных ножей многооперационных лесозаготовительных машин // Изв. вузов. Лесн. журн. 2019. № 6. С. 174–184.

Pilyushina G.A., Pamfilov E.A., Sheveleva E.V. Wear Resistance Improvement of Delimiting Knives of Multifunctional Logging Machines. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2019, no. 6, pp. 174–184. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.6.174>

9. Пошарников Ф.В., Юдина Н.Ю., Буланов А.С., Леденцов П.С. Анализ состояния технического оснащения лесозаготовительной промышленности // Лесотехн. журн. 2012. № 2. С. 100–105.

Posharnikov F.V., Yudina N.Yu., Bulanov A.S., Ledentsov P.S. Analysis of the State of Technical Equipment of the Logging Industry. *Forest Engineering Journal*, 2012, no. 2, pp. 100–105. (In Russ.).

10. Рукомойников К.П., Ведерников С.В. Модернизация сучкорезного ножа харвестерной головки // Изв. вузов. Лесн. журн. 2019. № 1. С. 120–127.

Rukomoynikov K.P., Vedernikov S.V. Modernization of Harvester Head Delimiting Knife. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2019, no. 1, pp. 120–127. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.1.120>

11. Alfthan A. *Feed Means and Log Processing Head*. Patent PL no. PL 3 202 253 T3, 2020.
12. Alfthan A., Palmroth L. *Log Processing Head*. Patent FI no. EP 3 391 737 B1, 2021.
13. Bisballe C. *Harvester Head Assembly*. Patent US no. 9,591,810 B2, 2017.
14. Eriksson J.A.L. *Device in an Apparatus for Processing Trees*. Patent US no. 4,194,542, 1980.
15. Kaye B.J. *Timber-Working Head and Method of Operation*. Patent US no. US 9,999,180 B2, 2018.
16. Moision J. *Timber Harvester*. Patent US, no. 5,732,754, 1998.
17. Niemi P. *Delimiting Device and a Method in a Delimiting Device*. Patent US no. US 6,318,425 B1, 2001.
18. Peterson R.A. *Four Roller Tree Harvester Head*. Patent US no. US 9,232,701 B1, 2016.
19. Rukomojnikov K.P., Vedernikov S.V., Gabdrahmanov M.G. A Method for Delimiting Tree-Trunks and a Device for Applying the Method. *Journal of Applied Engineering Science*, 2018, vol. 16, no. 2, pp. 263–266. <https://doi.org/10.5937/jacs16-16442>
20. Wildey A.J. *Tree Harvesting and Processing Head*. Patent US no. 5,785,101, 1998.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article