

УДК 630.36

DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-117-124

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМА ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЕРЕВЬЕВ ОТ СУЧЬЕВ МНОГООПЕРАЦИОННЫМИ ЛЕСНЫМИ МАШИНАМИ

К.П. Рукомойников, д-р техн. наук, доц.; ResearcherID: [N-6961-2019](https://orcid.org/0000-0002-9956-5081),

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

В.О. Купцова, соискатель; ResearcherID: [AAY-9130-2020](https://orcid.org/0000-0002-4330-0594),

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

Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, д. 3, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия, 424000; e-mail: RukomojnikovKP@volgatech.net, vika13244@rambler.ru

Аннотация. Принципы увеличения доли использования на лесосеке современных многофункциональных лесных машин (харвестеров и процессоров) для валки и очистки деревьев от сучьев в России и за рубежом в настоящее время находят все более широкое распространение и заслуживают повышенного внимания со стороны исследователей. Нами разработаны новые конструкции технологического оборудования и найдены технические решения, не применявшиеся ранее. Идея создания рабочим органом многофункциональных лесных машин дополнительной ударной нагрузки в процессе обработки ствола дерева является одним из эффективных вариантов развития дополнительного усилия резания, позволяющего облегчить процесс работы устройства. Предложенный способ предполагает очистку ствола протаскивающими вальцами и представляет собой комбинацию работы стандартных сучкорезных ножей, совмещенных с захватными рычагами, и дополняющего конструкцию возвратно-поступательно движущегося сучкорезного ножа. Такой характер его движений обеспечивается использованием энергии сжатого воздуха. Это создает новый для конструкции принцип действия режущего механизма. Приведены подробное описание устройства, его работы, а также варианты взаимодействия отдельных технологических элементов. Реализация предложенной идеи позволит внедрить в сферу лесного хозяйства харвестерные и процессорные головки, способствующие облегчению функционирования отдельных узлов лесосечных машин с большим средним объемом хлыста.

Для цитирования: Рукомойников К.П., Купцова В.О. Модернизация конструкции механизма для очистки деревьев от сучьев многооперационными лесными машинами // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 3. С. 117–124. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-117-124

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке ООО «Мартрэйд» в рамках научно-исследовательской темы №06.522/18.

Ключевые слова: харвестерная головка, процессорная головка, валочно-сучкорезно-раскряжевая машина, ударный механизм, очистка деревьев от сучьев, нож, перфоратор.

Введение

Современные многофункциональные лесные машины (харвестеры и процессоры) для валки и очистки деревьев от сучьев на пасеке находят все большее распространение в мире и вызывают интерес исследователей. Эффективный комплекс последовательно реализуемых одной лесозаготовительной машиной обрабатывающих операций, включающий в себя валку деревьев, очистку их от

сучьев и раскряжевку на сортименты хорошо известен среди лесозаготовителей разных стран и является одной из очевидных причин возрастающего спроса на данный вид техники. Вывод об актуальности, научной и практической обоснованности постепенного повсеместного применения таких машин и модернизации их технологического оборудования является очевидным фактом для дальнейшего развития принципов эффективного ведения лесного хозяйства в Российской Федерации [2, 6, 9, 19].

Работы российских ученых Мазуркина П.М. [3], Пошарникова Ф.В. [8], Сюнева В.С. [11], Шегельмана И.Р. [4] и др. показывают возможные варианты совершенствования технических и технологических принципов работы многофункциональной лесной техники. Пути дальнейшей модернизации машин для валки и очистки деревьев от сучьев хорошо прослеживаются на основе выполненного исследователями функционально-технологического анализа [1] с созданием обобщенной матрицы, демонстрирующей варианты повышения эффективности работы технологического оборудования. Рекомендации, изложенные в работах названных ученых, получили развитие в данной статье, повлияли на ее основные теоретические положения и выводы.

Объекты и методы исследования

В основу исследования положен метод патентного поиска и анализа существующих технических и технологических решений по модернизации основного оборудования харвестеров и процессоров [5, 12, 14–16]. По результатам работы выявлен широкий круг представляющих интерес конструктивных решений. Среди них варианты модернизации технических элементов рабочих органов машин, указанные в патентах [5, 18, 20]. Особое внимание уделено модификации протаскивающих вальцов, которые установлены на подвижных захватах, и конструктивным особенностям условно неподвижного сучкорезного ножа, закрепляемого на корпусах харвестерных и процессорных головок для обрезки сучьев, примыкающих к корпусу анализируемого рабочего органа лесных машин. Прижимные вальцы устройства, с двух сторон охватывающие ствол и выполняющие протаскивающие функции, обеспечивают усилие, необходимое для срезания сучьев, соприкасающихся с заостренными лезвиями сучкорезных ножей.

Высокие требования к приводу протаскивающих вальцов (возможность развития усилия, необходимого для срезания сучьев) являются недостатком данного варианта механизма и способа реализации его работы.

Возможность увеличения усилия протаскивания ствола дерева реализована в патентах [13, 17]. Предусмотрено наличие протаскивающих вальцов в количестве 3 шт., эффективно сжимающих ствол дерева по периметру. Причем один из них установлен на корпусе конструкции, а остальные надежно закреплены на подвижных захватах. Однако данный вариант не лишен недостатков и также подразумевает установку на харвестерные и процессорные головки лесных машин мощных протаскивающих вальцов, что связано в первую очередь с тем, что основной действующей нагрузкой при удалении сучьев является лишь усилие, развиваемое при вращении протаскивающих вальцов. Другие элементы конструкции, оказывающие дополнительное механическое воздействие на обрабатываемый ствол, отсутствуют во всех рассмотренных ранее технических решениях.

В то же время хорошо известны высокоэффективные варианты создания дополнительной ударной нагрузки. В серийном производстве есть перфораторы, в конструкцию которых входят не только ударные механизмы, но и оригинальные варианты различных устройств для гашения вибрации при работе. Особенности пневмоударных механизмов позволяют достичь повышенного давления путем действия сжатого воздуха в корпусе конструкции. Это увеличивает ударную нагрузку в 2,8 раза, что теоретически соответствует росту воздушного давления с 0,5 до 1 МПа и даже в 8 раз, т. е. до 2 МПа [10].

Одним из возможных вариантов снижения усилий резания при работе ножей рабочих органов многофункциональных лесных машин, осуществляющих очистку деревьев от сучьев, является создание механизма, обеспечивающего дополнительную ударную нагрузку в процессе обработки ствола дерева.

Результаты исследования и их обсуждение

Варианты модернизации способа действия и рабочих органов харвестера и процессора, найденные в ходе детального исследования существующих технических решений, реализованы в виде патента на изобретение [7]. На рис. 1 показана модернизированная конструкция рабочего органа: на рис. 1, а демонстрируется общий вид нового рабочего органа машины; на рис. 1, б – принцип работы шестеренок привода модернизированного элемента разработанной конструкции.

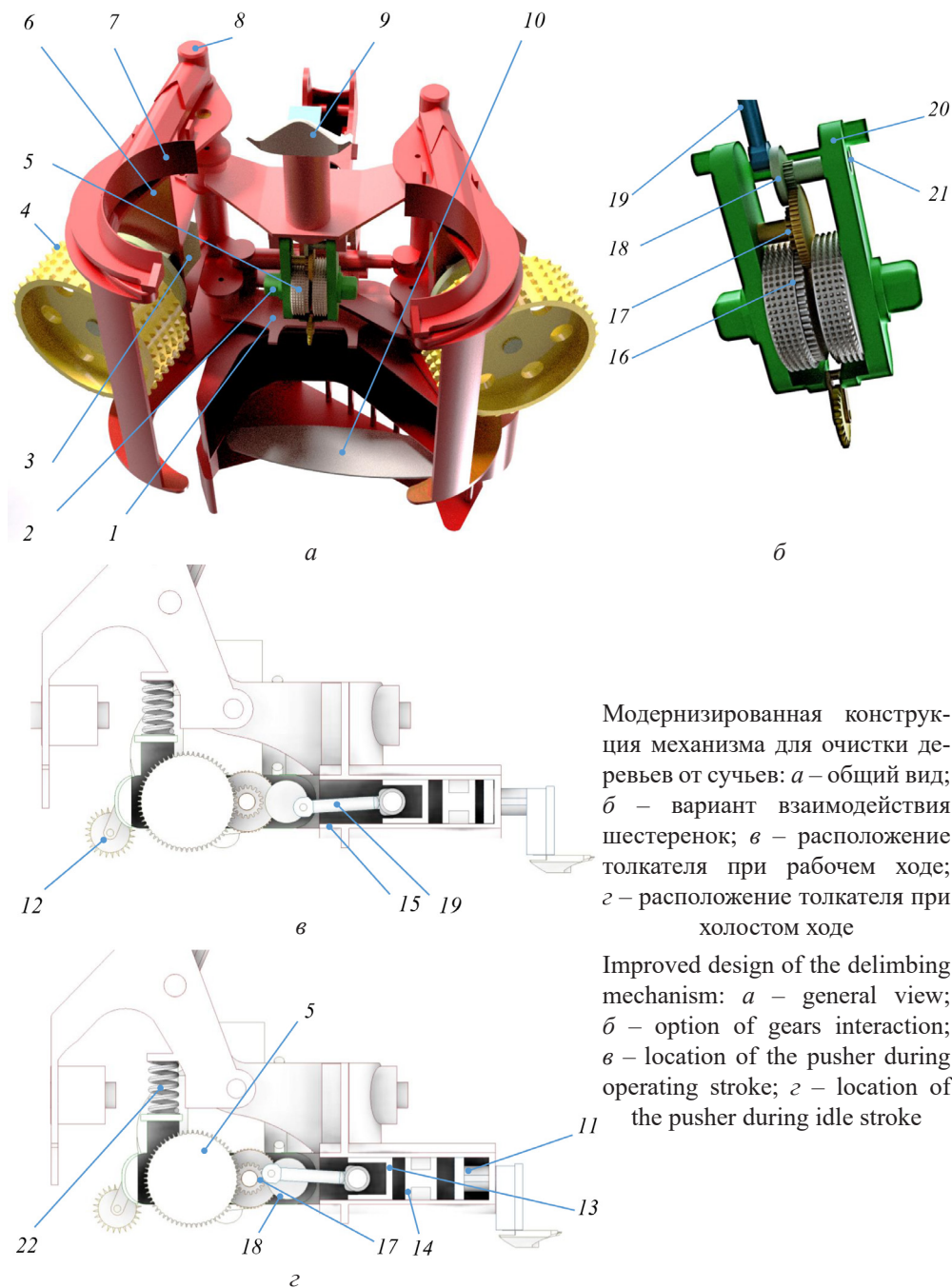
Предложенный способ предполагает очистку ствола протаскивающими вальцами в момент его прохождения через них и совмещает работу стандартных сучкорезных ножей, объединенных с захватными рычагами, и возвратно-поступательно движущегося сучкорезного ножа.

Использование энергии сжатого воздуха между толкателем и поршнем обеспечивает возвратно-поступательное движение толкателя, создавая новый для этой конструкции принцип действия режущего механизма. Эффективным результатом является ударное воздействие поршня на шток и его возврат в первоначальное положение при появлении зоны разреженного воздуха в специальном герметичном корпусе и обратном движении толкателя.

Модернизированный рабочий орган, представляющий собой несущий корпус 1, который оснащен гидромоторами 2, 3 и движущимися за счет их работы протаскивающими вальцами 4, 5, навешивается на манипулятор харвестера или процессора. Причем протаскивающий валец 5 установлен на несущем корпусе устройства, а вальцы 4 расположены на захватах 6 таким образом, что при зажиме ствола они удерживают его с трех сторон. Конструкция оснащена захватывающими ствол дерева сучкорезными ножами 7, установленными на осях 8. Кроме основных подвижных ножей конструкция предусматривает наличие условно-неподвижного сучкорезного ножа 9, не имеющего возможности поворота вокруг своей оси и отвечающего за обрезку сучьев со стороны, прижимаемой к несущему корпусу устройства. В нижней части конструкции для раскряжевки ствола установлен механизм 10.

Установка условно-неподвижного сучкорезного ножа предполагается на верхней части подвижного штока 11, а стандартный механизм 12 для отмера выпиливаемых бревен вмонтирован на корпусе.

В состав нового для предлагаемого рабочего органа ударного механизма входят толкатель 13 и поршень 14. Их функционирование осуществляется внутри корпуса 15, имеющего герметичную конструкцию.



Модернизированная конструкция механизма для очистки деревьев от сучьев: *а* – общий вид; *б* – вариант взаимодействия шестеренок; *в* – расположение толкателя при рабочем ходе; *г* – расположение толкателя при холостом ходе

Improved design of the delimiting mechanism: *a* – general view; *б* – option of gears interaction; *в* – location of the pusher during operating stroke; *г* – location of the pusher during idle stroke

Взаимодействие ряда последовательно установленных шестеренок 17 обеспечивается их совмещением с зубчатым колесом 16, фиксируемым на поверхности протаскивающего вальца 5. Это создает возможность эффективной передачи крутящего момента с повышением скорости вращения ведомой шестерни 18, представляющей собой маховик кривошипно-шатунного устройства 19, приводящего в действие механизм удара.

Корпус 20, внутри которого установлены элементы 5, 16, 17, 18, навешивается на ось 21, а для прижима к стволу дерева расположенного внутри

него протаскивающего вальца поворот корпуса осуществляется посредством механизма 22.

Наличие значительно числа зубчатых колес, характерных для модернизированной конструкции харвестерной (процессорной) головки, неизбежно создает риск механических повреждений и загрязнений. Для снижения вероятности возникновения негативных последствий из-за попадания в механизм посторонних предметов подвижные части корпуса 20 должны быть надежно закрыты защитным кожухом (на рисунке не отмечен).

Работа модернизированной конструкции механизма для очистки деревьев от сучьев предусматривает следующую последовательность действий: сучкорезные ножи, захваты и протаскивающие вальцы захватывают ствол дерева; прижимаемый к корпусу устройства ствол воздействует на протаскивающий валец, поворачивающийся на оси, придавливая его к корпусу и переводя прижимной механизм в сжатое состояние; подвижные и условно-неподвижный сучкорезный ножи охватывают ствол по периметру, создавая вокруг него режущее кольцо; движение ствола осуществляется вдоль его оси при включении привода протаскивающих вальцов.

Перемещение отдельных элементов модернизированной конструкции поясняется рисунками. На рис. 1, в демонстрируется состояние механизма при поступательном перемещении толкателя, сопровождающимся ударом поршня по штоку; на рис. 1, г – результат обратного движения толкателя.

Вращение прижатого к корпусу протаскивающего вальца синхронизировано с вращением жестко закрепленного на нем зубчатого колеса, входящего в зацепление и передающего вращение на ряд шестеренок и далее к маховику. Маховик в свою очередь приводит в движение (поступательное) толкатель. Использование герметичного корпуса позволяет создать зону повышенного давления воздуха в момент движения толкателя к поршню и пониженного при обратном ходе первого, что переводит второй в режим резких возвратно-поступательных движений и ударов по штоку.

Вслед за фиксацией специальным механизмом необходимой для раскряжевки ствола длины лесоматериала осуществляется остановка протаскивающих вальцов, срабатывает привод пильного механизма с отделением от ствола нового сортимента. Описанный цикл действий выполняется до завершения обработки дерева.

Дальнейшая проработка конструкции с ее внедрением в производство ставит перед исследователями оптимизационные задачи, связанные с повышением КПД путем варьирования значений, передаточных отношений, а также ударных нагрузок при изменении скоростей движения и массы движущихся элементов.

Заключение

Предложенный в статье вариант модернизации конструкции харвестерных и процессорных головок с дополнительным ударным воздействием режущих механизмов может использоваться как способ снижения функциональной нагрузки на отдельные узлы рабочих органов многофункциональных лесосечных машин при обработке крупномерных деревьев и повышать эффективность их работы при заготовке на лесосеке хлыстов и сортиментов.

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. *Nauka i biznes: puti razvitiya* [Science and Business: Development Ways], 2012, no. 9(15), pp. 36–38.
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. Modernization of processing equipment of a harvester for increase efficiency of removal of assortments. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering Bulletin of Don], 2012, vol. 20, no. 2, pp. 542–546.
3. Мазуркин П.М. Поисковое конструирование лесотехнического оборудования. Саранск: Изд-во Сарат. ун-та. Саран. фил., 1990. 304 с.
Mazurkin P.M. *Exploratory Research Design of Forestry Equipment*. Saransk, Saransk Branch of Saratov University Publ., 1990. 304 p.
4. Патент № 117259 Российская Федерация, МПК А01G 23/095 (2006.01) В27L 1/00 (2006.01). Рабочий орган валочно-сучкорезно-раскряжевочной 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. *Working Body of a Felling-Body-Cutting-Stripping Machine for Producing Sortiment*. Patent RF, no. RU 117259 U1, 2012.
5. Патент № 2513415 Российская Федерация, МПК А01G 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., Khamne K. *Feller Device for Felling and Limbing on Tree Trunks and Blade for Limbing*. Patent RF, no. RU 2513415 C2, 2014.
6. Патент № 2676139 Российская Федерация, МПК А01G 23/095 (2006.01), В27L 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 2676139 C1, 2018.
7. Патент № 2682037 Российская Федерация, МПК А01G 23/08 (2006.01), А01G 23/095 (2006.01). Способ обрезки сучьев деревьев и конструкция механизма для его осуществления: № 2017145836: заявл. 26.12.2017: опубл. 14.03.2019 / К.П. Рукомойников, С.В. Ведерников, М.И. Габдрахманов.
Rukomojnikov K.P., Vedernikov S.V., Gabdrakhmanov M.I. *Method of Pruning Tree Branches and Design of Mechanism for Its Implementation*. Patent RF, no. RU 2682037 C1, 2019.
8. 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 Timber Industry. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Engineering Journal], 2012, no. 2, pp. 100–105.

9. 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. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.1.120>

10. Сабитов А.Э. Обоснование параметров перфоратора с ударной системой «поршень-боек-штанга» для бурения коротких шпуров с сухой продувкой: дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2016. 147 с.

Sabitov A.E. *Substantiation of Parameters of a Perforator with Percussion System “Piston-Peen-Bar” for Drilling of Short Boreholes with Dry Blowing*: Cand. Eng. Sci. Diss. Saint Petersburg, 2016. 147 p.

11. Сюнёв В.С., Селивёрстов А.А. Рабочие органы харвестеров: проектирование и расчет. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005. 204 с.

Syunev V.S., Seliverstov A.A. *Harvester Working Bodies: Design and Calculation*. Petrozavodsk, PetrSu Publ., 2005. 204 p.

12. Alfthan A. *Feed Means and Log Processing Head*. Patent EPA, no. EP 3202253 A1, 2017.

13. Alfthan A., Palmroth L. *Log Processing Head*. Patent EPA, no. EP 3391737 A1, 2018.

14. Bisballe C. *Harvester Head Assembly*. Patent US, no. US 9591810 B2, 2017.

15. Kaye B.J. *Timber-Working Head and Method of Operation*. Patent US, no. US 9999180 B2, 2018.

16. Moisio J. *Timber Harvester*. Patent US, no. US 5732754 A, 1998.

17. Niemi P. *Delimiting Device and a Method in a Delimiting Device*. Patent US, no. US 6318425 B1, 2001.

18. Peterson R.A. *Four Roller Tree Harvester Head*. Patent US, no. US 9232701 B1, 2016.

19. Rukomojnikov K., Vedernikov S., Gabdrahmanov M. 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. DOI: <https://doi.org/10.5937/jaes16-16442>

20. Wildey A.J. *Tree Harvesting and Processing Head*. Patent US, no. US 5785101 A, 1998.

DESIGN IMPROVEMENT OF THE MECHANISM OF DELIMITING BY MULTI-OPERATIONAL FOREST MACHINES

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>

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

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

Volga State University of Technology, pl. Lenina, 3, Yoshkar-Ola, Mari El Republic, 424000, Russian Federation; e-mail: RukomojnikovKP@volgatech.net, vika13244@rambler.ru

Abstract. The principles of increasing the use of modern multifunctional forest machines (harvesters and processors) for felling and delimiting in Russia and abroad are currently becoming more widespread and deserve increased attention from researchers. The results of the studies performed made it possible to identify a wide range of constructive solutions of technological equipment interesting in the opinion of the authors of the publication and

to develop a new technical solution. The idea of creating an additional shock load by the working body of multifunctional forest machines for delimiting during the processing of a tree trunk is one of the most effective options for the development of additional cutting force, allowing to facilitate the operation of the device. The proposed method involves delimiting the trunk by pulling rollers and is a combination of the operation of standard delimiting knives together with the gripping arms and a reciprocating delimiting knife that complements the design. The use of compressed air energy provides the reciprocating motion of the knife, creating a new principle of the cutting mechanism for this design. The article describes in detail the design of the device, its operation, as well as options for the interaction of individual technological elements. The implementation of the proposed idea will make it possible to introduce harvester and processor heads into the forestry sector, facilitating the operation of individual assemblies of forest machines with large average volume of the tree-length log.

For citation: Rukomojnikov K.P., Kuptcova V.O. Design Improvement of the Mechanism of Delimiting by Multi-Operational Forest Machines. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2021, no. 3, pp. 117–124. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-117-124

Funding: The work was carried out with the financial support of OOO “Martrade” within the framework of the research project No. 06.522/18.

Keywords: harvester head, processor head, feller-delimiter-buncher, percussion mechanism, delimiting, knife, perforator.