

## Рабочий орган машины для срезания кустарника и поросли

Е.М. Царев<sup>a</sup>, К.П. Рукомойников<sup>b</sup>, С.Е. Анисимов<sup>c</sup>, И.С. Анисимов<sup>d</sup>,  
И.В. Петухов<sup>e</sup>, П.Н. Анисимов<sup>f</sup>

Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, 3, Йошкар-Ола, Республика Марий Эл  
<sup>a</sup> carevEM@volgatech.net, <sup>b</sup> rukomojnikovKP@volgatech.net, <sup>c</sup> anisimovsevolgatech@mail.ru,  
<sup>d</sup> kukri-machete-00@mail.ru, <sup>e</sup> PetuhovIV@volgatech.net, <sup>f</sup> AnisimovPN@volgatech.net  
<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5695-3028>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9956-5081>, <sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3332-0927>,  
<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9528-8988>, <sup>e</sup> <https://orcid.org/0009-0000-2365-4857>, <sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7789-2399>  
Статья поступила 09.02.2024, принята 20.02.2024

*В основу исследования положена идея модернизации рабочего органа для срезания кустарника и поросли. При работе по данной теме для получения информации использовался метод патентного поиска. Целью исследования является повышение эффективности расчистки лесных площадей от нежелательной кустарниковой растительности путем модернизации рабочего органа мульчера, упрощения его конструкции и снижения трудоемкости обслуживания. В статье предложен ряд новых конструкторских решений рабочих органов мульчеров. Все они оснащены корпусом U-образной формы, представляющим собой рабочий орган, состоящий из нескольких секций. Каждая секция состоит из отдельных составляющих, между которыми жестко закреплены упоры с плоскими ножами. Секции соединяются между собой болтами. Модернизация конструкции устройства позволяет уменьшить трудозатраты на обслуживание механизма, поскольку плоские ножи на каждой секции можно снимать и затачивать, не снимая сам рабочий орган, с минимальными простоями техники. Новые технические решения позволяют снизить энергоемкость функционирования рабочего органа за счет создания возможности быстрого съема отдельных секций и изменения ширины захвата в зависимости от условий работы на лесных площадях. Предложенные в статье вниманию специалистов лесного комплекса новые конструктивные решения будут способствовать техническому развитию лесного хозяйства страны. Проработка идеи создания новых конструктивных решений, подкрепленных патентами Российской Федерации, является важным первым шагом в цепочке их дальнейшего продвижения на рынке лесной техники и дает толчок развитию гаммы новых вариантов лесохозяйственного оборудования для расчистки лесных площадей от нежелательной лесной растительности с возможностью повышения эффективности производства.*

**Ключевые слова:** мульчер; кустарник; поросль; рабочий орган; ширина захвата; плоские ножи.

## The working body of the machine for cutting shrubs and overgrowth

Е.М. Tsarev<sup>a</sup>, К.П. Rukomojnikov<sup>b</sup>, S.E. Anisimov<sup>c</sup>, I.S. Anisimov<sup>d</sup>,  
I.V. Petukhov<sup>e</sup>, P.N. Anisimov<sup>f</sup>

Volga State University of Technology; 3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, Republic of Marii El  
<sup>a</sup> carevEM@volgatech.net, <sup>b</sup> rukomojnikovKP@volgatech.net, <sup>c</sup> anisimovsevolgatech@mail.ru,  
<sup>d</sup> kukri-machete-00@mail.ru, <sup>e</sup> PetuhovIV@volgatech.net, <sup>f</sup> AnisimovPN@volgatech.net  
<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5695-3028>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9956-5081>, <sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3332-0927>,  
<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9528-8988>, <sup>e</sup> <https://orcid.org/0009-0000-2365-4857>, <sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7789-2399>  
Received 09.02.2024, accepted 20.02.2024

*The research is based on the idea of modernizing the working organ for cutting shrubs and overgrowth. When working on this topic, the patent search method is used to obtain information. The aim of the study is to increase the efficiency of clearing forest areas from unwanted shrubby vegetation by modernizing the working body of the mulcher, simplifying its design and reducing the complexity of maintenance. The article proposes a number of new design solutions for the working bodies of mulchers. All of them are equipped with a U-shaped body, which is a working body consisting of several sections. Each section consists of separate components, between which stops with flat knives are rigidly fixed. The sections are connected to each other by bolts. Upgrading the design of the device allows you to reduce the labor costs of maintaining the mechanism, since flat knives on each section can be removed and sharpened without removing the working body itself, with minimal downtime of equipment. New technical solutions make it possible to reduce the energy intensity of the functioning of the working body by creating the possibility of rapid removal of individual sections and changing the width of the grip depending on the working conditions in forest areas. The new constructive solutions proposed in the article to the attention of specialists of the forestry complex can contribute to the technical development of the country's forestry. The elaboration of the idea of creating new constructive solutions supported by patents of the Russian Federation is an important first step in the chain of their further promotion in the market of forestry equipment and gives impetus to the development of a range of new variants of forestry equipment for clearing forest areas from unwanted forest vegetation with the possibility of increasing production efficiency.*

**Keywords:** mulcher; shrub; growth; working body; grip width; flat knives.

**Введение.** Кусторезы и мульчеры применяются при прокладке трасс нефтепроводов, линий электропередач, дорог и других линейных сооружений, при рубках в молодняках, ложах водохранилищ, противопожарных полосах и проведении других хозяйственных мероприятиях [1; 2]. Эффективность использования мульчера очевидна. По результатам сравнительного анализа применения мотокустореза и мульчера отмечено, что потребность в технике и задействованных рабочих уменьшается в 7 раз [3]. По данным исследований [4], биологическая эффективность мульчирования порубочных остатков по критерию эффективности борьбы со стволовыми вредителями составляет в среднем 90–93,8 % весной и 93,52 % в осенне-зимний период. Мульчирование почвенного покрова с измельчением корневой системы древесно-кустарниковой растительности является одним из вариантов кардинального совершенствования всех фаз создания лесных культур. Для этого в последние годы внедряются различные фрезерные орудия, используемые на энергетических плантациях после заготовки древесины [5]. Расчеты показывают, что технология мульчирования корневой системы древесно-кустарниковой растительности на 30 % производительнее в сравнении с технологией корчевки и характеризуется более низкой себестоимостью работ [6]. Преимуществом данной технологии является отсутствие операции погрузки и вывозки пней для их утилизации [7]. В случае размещения трасс нефтепроводов на лесных участках малонаселенных районов использование мульчеров для удаления древесной и кустарниковой растительности приобретает особую актуальность [8; 9]. Требования к охранной зоне таких объектов предусматривают расчистку полосы шириной 6 м и более по всей трассе нефтепровода. При этом должен быть обеспечен постоянный контроль за состоянием расчищенной трассы нефтепровода, что обеспечит возможность эффективного контроля надежности и безопасности функционирования нефтепровода. Также значимым звеном технологического процесса может являться расчистка лесных складов и лесовозных дорог на территории лесных участков.

Исследования технологии мульчирования, проведенные на территории Республики Марий Эл, показывают, что анализируемые технология и техника являются щадящими и не нарушают плодородие подзолистых земель средней полосы России [10]. Доказано, что мульчирование положительно сказывается на свойствах лесной почвы [11–13]. Для смягчения после пожарной эрозии на лесных участках все чаще используется мульчирование [14].

По мнению многих исследователей, создание рабочих органов для срезания кустарника, поросли с возможностью изменения их положения по высоте и скорости вращения при непрерывном движении

машины является актуальной задачей, вызывающей научный и практический интерес [15].

*Целью исследования* является повышение эффективности расчистки лесных площадей от нежелательной кустарниковой растительности путем модернизации рабочего органа мульчера, упрощения его конструкции и снижения трудоемкости обслуживания.

Основными задачами исследования являются:

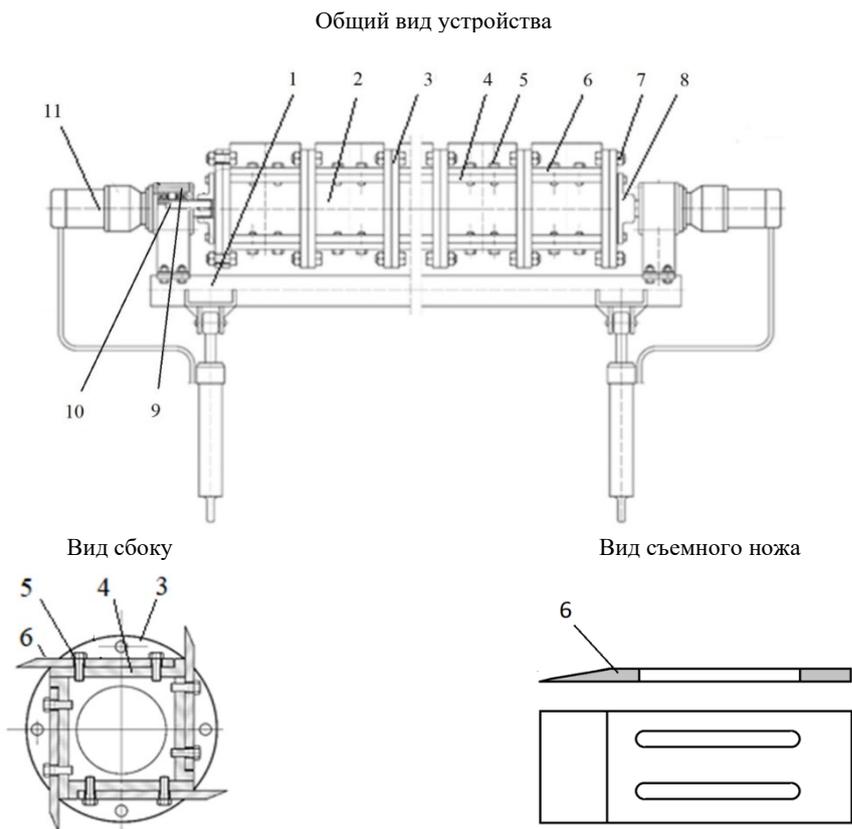
1. Создание возможности быстрого съема и заточки отдельных затупившихся ножей без съема всего рабочего органа машины;
2. Создание возможности быстрого съема отдельных секций рабочего органа машины для изменения ширины захвата в зависимости от условий работы на лесных площадях.

**Методы и методология исследований.** 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. Выявлены перспективные направления научно-исследовательской деятельности, сделан прогноз развития науки и техники и динамики патентования изобретений в этой области [16].

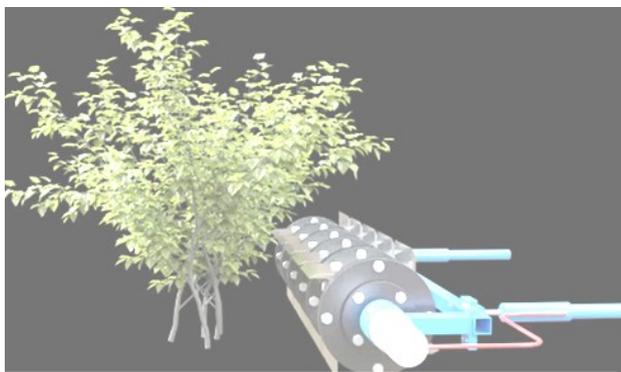
Учитывая все многообразие выявленных в ходе патентного и литературного поиска результатов научных разработок российских [17–19 и др.] и зарубежных [20–22 и др.] исследователей, проведенный анализ позволил сделать вывод о высокой целесообразности и эффективности исследовательских разработок в данной области промышленности. Проанализировано более 40 российских и зарубежных технических решений мульчеров и кусторезов. Наиболее близкими примерами прототипов конструктивных решений могут считаться конструкции с навесными рабочими органами для срезания кустарника и поросли [23–25].

При обзоре прототипов и аналогов было отмечено, что большинство ранее разработанных конструкций рабочих органов для срезания кустарника и поросли обладают рядом недостатков. Основными из них являются трудоемкость изготовления устройства, высокая конструктивная материалоемкость и энергоемкость технических решений, значительная трудоемкость обслуживания отдельных узлов и механизмов. Авторами статьи выполнен анализ вариантов устранения этих недостатков. В результате проверки и сравнения аналогичных технических решений на предмет нарушения чужих авторских прав была создана заявка на изобретение, определена патентная чистота новой авторской разработки, получен патент на изобретение Российской Федерации.

**Результаты и обсуждение.** Авторами настоящей публикации предложен ряд конструкций многосекционного устройства рабочего органа для расчистки лесной полосы от нежелательной растительности [26].



**Рис. 1.** Первый вариант модернизированного рабочего органа машины для расчистки лесных площадей: 1 — корпус; 2 — секции; 3 — боковины секций; 4 — упоры; 5, 7 — болты; 6 — ножи; 8 — полумуфты; 9 — подшипники; 10 — вал; 11 — двигатель



**Рис. 2** Фрагмент 3D-моделирования рабочего органа для срезания кустарника и поросли

Первое модернизированное устройство для расчистки лесных площадей от кустарника (рис. 1) содержит корпус 1 U-образной формы. Режущий орган предложенного устройства изготавливается из нескольких секций 2. Секции оснащены боковинами 3 кольцевидной формы, между которыми для обеспечения жесткости конструкции закреплены упоры 4. С помощью болтов 5 на упорах каждой секции установлены специальные ножи 6 для срезания кустарника, имеющие плоскую форму. Все секции стягиваются между собой болтами 7, а крайние секции оснащены полумуфтами 8, которые с использованием подшипников 9 насаживаются на валы 10 устройства, передающего вращательное движение от двигателя 11.

Процесс сборки устройства предусматривает последовательную реализацию следующих операций: соеди-

нение ножей с упорами каждой секции, стягивание секций в единую конструкцию между собой болтами, установка полумуфт по бокам полученной сборной конструкции, установка ее на валу для передачи вращения от двигателя.

Фрагмент моделирования рабочего органа мульчера на основе разработанной 3D-модели устройства, реализованной в программе *Autodesk Inventor*, представлен на рис. 2.

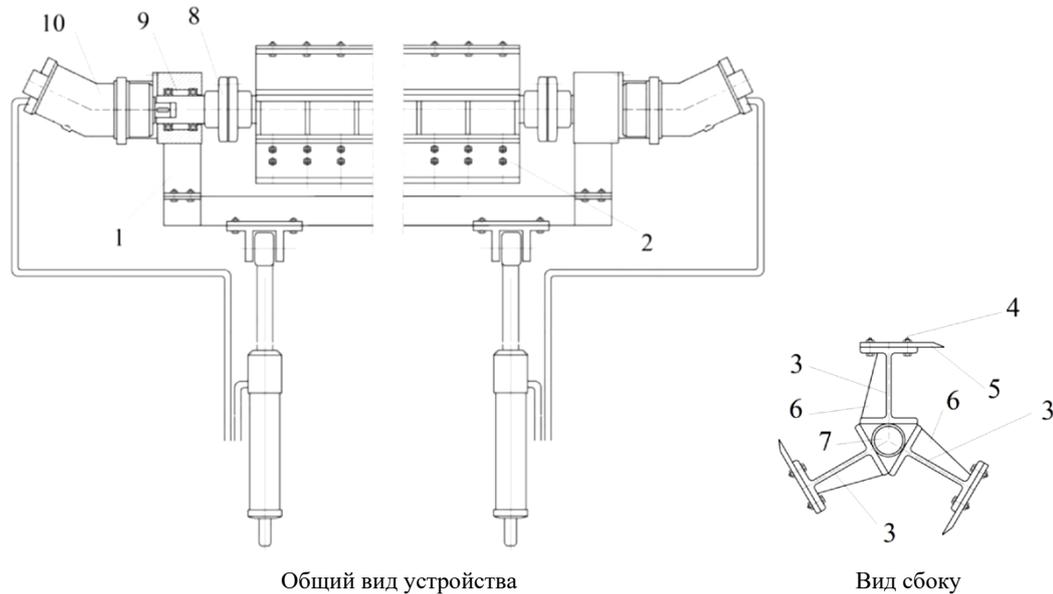
Второе разработанное авторами статьи модернизированное устройство, также способствующее решению поставленных в исследовании задач, показано на рис. 3 [27], где представлены общий вид сверху и сечение устройства на виде сбоку.

Желаемый технический результат достигается тем, что рабочий орган для срезания кустарника и поросли так же, как и в предыдущей предложенной конструкции, имеет корпус 1 U-образной формы, внутри которого смонтирован режущий орган 2, изготовленный в виде трех двутавров 3. Двутавры жестко соединены между собой по боковым ребрам полок, а на наружных поверхностях их свободных полок установлены посредством болтовых соединений 4 плоские ножи 5. При этом по бокам двутавров с противоположных сторон относительно режущих кромок плоских ножей жестко закреплены ребра жесткости 6, а с торцов режущего органа смонтированы валы 7, установленные в муфтах 8. Посредством муфт через подшипниковые узлы 9 валы связаны с силовым агрегатом 10.

Устройство работает следующим образом. На свободных полках двутавров посредством болтовых со-

единений устанавливают плоские ножи. Затем сам режущий орган устанавливают в муфты, от которых через подшипниковые узлы и валы режущий орган соединяется с силовым агрегатом. При вращении режущего органа и движении машины происходит срезание кустарника. В процессе работы можно менять скорость

вращения вала режущего органа в зависимости от диаметра кустарника и поросли, а плоские ножи можно снимать и производить их заточку по мере затупления. При этом упрощается процесс сборки и разборки устройства, а также снижается его материалоемкость.



**Рис. 3.** Второй вариант модернизированного рабочего органа машины для расчистки лесных площадей: 1 — корпус; 2 — режущий орган; 3 — двутавры; 4 — болтовые соединения; 5 — плоские ножи; 6 — ребра жесткости; 7 — валы; 8 — муфты; 9 — подшипники; 10 — двигатель

Третье предлагаемое изобретение [28] для решения поставленной задачи поясняется на рис. 4, где представлены общий вид устройства, секция (вид сбоку) и соединение двух секций.

Устройство для срезания кустарника и поросли изготовлено из секций 1, каждая из которых содержит боковины 2, выполненные в виде круглых пластин, жестко закрепленных на полом корпусе 3. Между круглыми пластинами по бокам корпуса с обеих сторон установлены монтажные пластины 4 с отверстиями. На монтажных пластинах посредством болтовых соединений 5 смонтированы плоские ножи 6 с зубьями треугольной формы под углом  $45^\circ$  относительно центральной оси. Они повернуты относительно друг друга на  $90^\circ$ . Секции стянуты между собой с помощью болтовых соединений 7, и каждая последующая секция относительно предыдущей повернута на  $60^\circ$ . На крайних секциях смонтированы муфты 8, посредством которых через подшипниковые узлы 9 вал 10 режущего органа связан с силовым агрегатом 11.

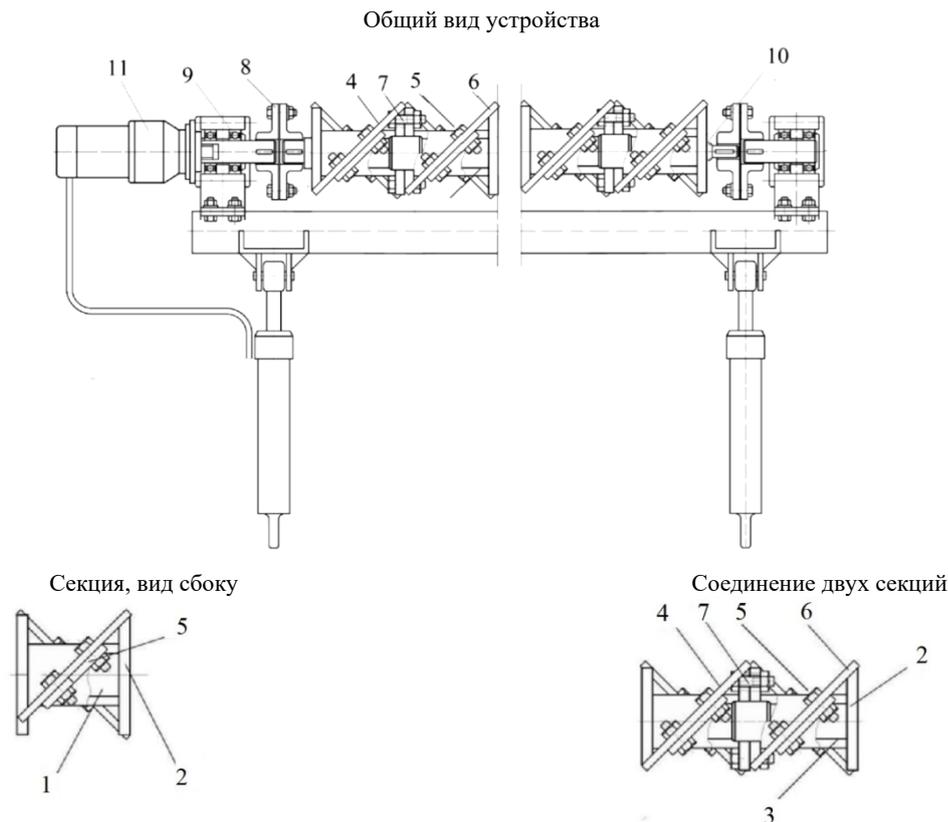
Устройство собирается и работает следующим образом. Секции режущего органа стягивают между собой посредством болтовых соединений. В каждую секцию на монтажные пластины посредством болтовых соединений устанавливают плоские ножи. Затем по бокам стянутых секций устанавливают муфты, от которых через подшипниковые узлы и вал режущий орган соединяется с силовым агрегатом. При вращении режущего органа и движении машины происходит срезание кустарника. Такое расположение секций дает возможность расширить поле деятельности каждого плоского ножа отдельно и устройства в целом, при этом упрощается конструкция и снижается металлоемкость.

Прицепной орган любого из представленных технических исполнений агрегируется с ведущей машиной и надвигается на объект труда. Режущий орган, вращаясь, плоскими ножами срезает кустарник или поросль. При этом оператор может изменять скорость вращения режущего органа и скорость движения машины, что снижает энергоемкость работы и увеличивает производительность.

Переработанные древесные остатки в виде щепы или коротких отрезков остаются на обрабатываемой территории. Их размер зависит от скорости вращения режущего органа и скорости надвигания машины на перерабатываемый кустарник.

Сравнение функциональных особенностей навесного оборудования с тракторами на спецшасси позволяет сделать вывод о возможности серьезной экономии на запчастях и значительного сокращения расхода топливных ресурсов [29]. Недостатками подобных конструкций навесного оборудования мульчеров являются сложность их изготовления, высокая материалоемкость и энергоемкость работ, трудоемкость обслуживания. По данным ряда исследователей можно отметить назревшую необходимость корректировки параметров и показателей, ограничивающих распространение навесных рабочих органов мульчеров [30–32].

Одним из следующих этапов на пути дальнейшего внедрения описанной в статье конструкции рабочего органа должно стать проведение полигонных испытаний с уточнением и определением ряда важнейших технико-эксплуатационных параметров, необходимых для дальнейшего совершенствования конструктивного решения [33].



**Рис. 4.** Третий вариант модернизированного рабочего органа машины для расчистки лесных площадей: 1 — секция; 2 — боковины секций; 3 — полый корпус; 4 — монтажные пластины; 5, 7 — болтовые соединения; 6 — плоские ножи; 8 — муфты; 9 — подшипники; 10 — вал; 11 — двигатель

**Заключение.** Подытоживая вышесказанное, можно сказать, что модернизация конструкции устройства по сравнению с упомянутыми выше аналогами и прототипами технических решений позволяет следующее:

1. Уменьшить трудозатраты на обслуживание механизма, поскольку плоские ножи на каждой секции можно снимать и затачивать по мере их затупления, не снимая сам рабочий орган, с минимальными простоями техники. Это дает возможность использования съемных сменных ножей во время заточки затупившегося комплекта и сокращения времени простоя оборудования. Это также выгодно отличает предложенную конструкцию и от технических решений, позволяющих вообще не снимать режущие органы для их заточки, так как заточка снятых ножей может осуществляться одновременно с работой их нового комплекта, устанавливаемого на рабочем органе;

2. Снизить энергоемкость функционирования рабочего органа не только за счет изменения скорости его вращения, но также за счет создания возможности быстрого съема отдельных секций и изменения шири-

ны захвата в зависимости от условий работы на лесных площадях.

Таким образом, предложенные в статье вниманию специалистов лесного комплекса новые конструктивные решения рабочего органа мульчера могут способствовать техническому развитию лесного хозяйства страны. Не вызывает сомнения то, что для практического внедрения их в производство предстоит сложный и многогранный процесс экспериментальных лабораторных и производственных исследований, однако проработка идеи создания новых конструктивных решений, подкрепленных патентами Российской Федерации, является важным первым шагом в цепочке их дальнейшего продвижения на рынке лесной техники и дает толчок развитию гаммы новых вариантов лесохозяйственного оборудования для расчистки лесных площадей от нежелательной лесной растительности с возможностью повышения эффективности производства.

*Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда «Система поддержки принятия управленческих, технологических и организационных решений освоения лесных участков» № 24-26-00129, <https://rscf.ru/project/24-26-00129/>».*

#### Литература

1. Мохирев А.П., Зырянов М.А., Швецов В.Ю., Дымченко В.Э. Обоснование проектирования оборудования для измельчения порубочных остатков под природно-климатические условия региона // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 6. С. 29-33.
2. Левина И.В., Рамазанов Д.И. Удаление древесно-кустарниковой растительности на каналах и бермах дорог // Аграрные конференции. 2019. № 4 (16). С. 32-36.
3. Колодий Т.А., Хританцов Д.М. Эффективность использования мульчеров при проведении осветлений в смешанных и сложных молодняках // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2021. № 60. С. 34-37.
4. Усея В.В., Севницкая Н.Л., Помаз Г.М. Оценка биологической эффективности различных способов очистки лесосек от порубочных остатков на вырубках сосновых насаждений в очагах стволовых вредителей // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 157-163.
5. Тылек П., Германович А.О. Особенности применения лесохозяйственных машин на энергетических плантациях // Лесозаготовительное производство: проблемы и реше-

- ния: материалы II Междунар. науч.-технической конф. (13-15 мая 2020 г.). Минск: Белорусский гос. технологический ун-т, 2021. С. 47-52.
6. Абрамов Н.А., Долматов С.Н. Сравнительный анализ экономической эффективности применения корчевателей и мульчеров // Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения: материалы Всерос. науч.-практической конф. (22 окт. 2021 г.). Красноярск, 2021. С. 8-11.
  7. Вавилов А.В., Лабанов Е.А. Эффективное рабочее оборудование для расчистки полосы отвода дорог от древесной растительности и производства мульчи // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2019. № 2 (222). С. 170-173.
  8. Звягинцев В.Ю., Пряничникова А.В., Долматов С.Н. Перспективы применения мульчеров на расчистке лесных площадей // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения: сб. материалов по итогам Всерос. науч.-практической конф. (18-19 сент. 2020 г.). Красноярск, 2021. С. 139-142.
  9. Glushkov S., Popikov P.I., Malyukov S.V., Chakarov V., Boyadzhiev D. Study of the work of a self-propelled mulcher in the preparation of forest soils for planting poplar in the conditions of Bulgaria // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 875:1. P. 012006.
  10. Смирнов А.Н., Юнусов Г.С., Волков А.И. Рекультивация земель, заросших мелколесьем (способ рекультивации земель, заросших мелколесьем - для патента) // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2019. № 21. С. 547-552.
  11. El-Beltagi H.S., Abdul B., Heba I.M., Iftikhar A., Sana U., Ehab A.R.K., Tarek A.S., Khaled M.A.R., Abdulmalik A.A., Hesham S.G. Mulching as a Sustainable Water and Soil Saving Practice in Agriculture: A Review // Agronomy. 2022. № 12 (8): 1881. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12081881> (дата обращения: 07.02.2024).
  12. Jayne L.J., Erin B., Brett W., Penelope M., Peter R.R. Post-fire wood mulch for reducing erosion potential increases tree seedlings with few impacts on understory plants and soil nitrogen // Forest Ecology and Management. 2019. V. 453. P. 117567.
  13. Prats S., Serpa D., Santos L., Keizer J.J. Effects of Forest Residue Mulching on Organic Matter and Nutrient Exports after Wildfires in North-Central Portugal // SSRN. 2023. URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4377321> (дата обращения: 07.02.2024).
  14. Fernandez-Fernandez M., Rütting T., Gonzalez-Prieto S.J. Fire severity and post-fire mulching effects on N transformation rates of temperate soils during the first critical winter-spring period // European Journal of Soil Science. 2022. 73 (5). P. 13301.
  15. Арико С.Е., Войнаш С.А., Кононович Д.А., Соколова В.А. Мощностные характеристики узлов мульчера при удалении древесно-кустарниковой растительности // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал. 2021. № 2 (380). С. 130-142.
  16. Васильченко А.П., Шепелев А.Е. Анализ устройств для проведения культуртехнических работ по удалению древесно-кустарниковой растительности на землях сельскохозяйственного назначения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 3 (87). С. 100-108.
  17. Закиров Е.А., Янковский Л.В. Проектирование новой формы режущей кромки реза для повышения коэффициента запаса прочности // Модернизация и науч. исследования в транспортном комплексе. 2020. Т. 1. С. 51-54.
  18. Соболева А.В., Фурманов Д.И. Оборудование роторного кустореза // Семьдесят четвертая Всерос. науч.-техническая конф. студентов, магистрантов и аспирантов высш. учеб. заведений с междунар. участием: сб. материалов конф. (21 апр. 2021 г.). Ярославль: Ярославский гос. технический ун-т, 2021. С. 406-408.
  19. Кисель Ю.Е., Ивашкин Ю.А., Симохин С.П. Резец мульчерной установки: пат. на полезную модель № 184696 U1 РФ, МПК А01G 23/00: № 2018120784; заявл. 05.06.2018; опублик. 06.11.2018.
  20. Pari L., Suardi A., Frackowak P., Adamczyk F., Szaroleta M., Santangelo E., Bergonzoli S., Del Giudice A., Dyjakon A. Two innovative prototypes for collecting pruning biomass: Early performance tests and assessment of the work quality. Biomass Bioenerg. 2018. 117. P. 96-101.
  21. Marinov Konstantin, Stefanov Kiril. Operational performance of forestry milling brush cutters for poplar clearings cleaning. Forest Science. 2019. P. 91-111. URL: [https://www.researchgate.net/publication/338119556\\_operational\\_performance\\_of\\_forestry\\_milling\\_brush\\_cutters\\_for\\_poplar\\_clearings\\_cleaning](https://www.researchgate.net/publication/338119556_operational_performance_of_forestry_milling_brush_cutters_for_poplar_clearings_cleaning) (дата обращения: 07.02.2024).
  22. Marinov Konstantin. Study on the operating characteristics of forestry milling machines for grinding stumps in poplar clearings. Forest Science. 2021. 57. P. 103-118. URL: [https://www.researchgate.net/publication/352211262\\_study\\_on\\_the\\_operating\\_characteristics\\_of\\_forestry\\_milling\\_machines\\_for\\_grinding\\_stumps\\_in\\_poplar\\_clearings\\_izsledvane\\_ekspluatacionni-te\\_harakteristiki\\_na\\_gorski\\_frezi\\_za\\_razdrobavane\\_na\\_pnov\\_e\\_topol](https://www.researchgate.net/publication/352211262_study_on_the_operating_characteristics_of_forestry_milling_machines_for_grinding_stumps_in_poplar_clearings_izsledvane_ekspluatacionni-te_harakteristiki_na_gorski_frezi_za_razdrobavane_na_pnov_e_topol) (дата обращения: 07.02.2024).
  23. Карелина А.А., Черник Д.В. Оборудование для переработки порубочных остатков // Лесозэксплуатация и комплексное использование древесины: сб. ст. Всерос. науч.-практической конф. (10 марта 2021 г.). Красноярск, 2021. С. 117-120.
  24. Mathew F. Smidt, Dana Mitchell, Hunter Baker. Large site prep tractors for fire line establishment in southern pine stands in Alabama // International Journal of Forest Engineering. 2020. 31:1. P. 78-85.
  25. Барсуков А.В. Измельчитель древесно-кустарниковой растительности (варианты): пат. № 2775076 С1 РФ, МПК А01G 23/00. № 2021129220; заявл. 06.10.2021; опублик. 28.06.2022.
  26. Васильев Д.В., Царев Е.М., Анисимов С.Е., Анисимов Н.С., Анисимов И.С., Татарин Д.С. Рабочий орган машины для срезания кустарника и поросли: пат. № 2769469 РФ, МПК А01G 3/033: № 2021121944; заявл. 23.07.2021; опублик. 01.04.2022.
  27. Царев Е.М., Рукомойников К.П., Кочаков С.А., Абдуллина И.А. Рабочий орган машины для срезания кустарника и поросли: пат. № 2800777 РФ, МПК А01G 3/033: № 2023103160; заявл. 13.02.2023; опублик. 28.07.2023.
  28. Царев Е.М., Рукомойников К.П., Кочаков С.А. Рабочий орган машины для срезания кустарника и поросли: пат. № 2811108 РФ, МПК А01G 23/00.: № 2023124604; заявл. 25.09.2023; опублик. 11.01.2024.
  29. Малоуков С.В., Панявина Е.А., Аксенов А.А. Анализ конструкций мульчеров и роторов // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9, № 1 (33). С. 159-167.
  30. Арико С.Е., Комарович М.Г., Сисенис Л. Применение фрезерных орудий Prinoth (АНВИ) в Республике Беларусь // Лесозаготовительное производство: проблемы и решения: материалы II Междунар. науч.-технической конф. (13-15 мая 2020 г.). Минск: Белорусский гос. технологический ун-т, 2021. С. 25-29.
  31. Пугин К.Г., Закиров Е.А., Шаякбаров И.Э. Модернизация фрезерного оборудования для разрушения снежно-ледовых образований // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта: сб. тр. конф. (16 дек. 2020 г.). Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2021. С. 127-128.
  32. Коломейченко А.В., Соловьев Р.Р., Соловьев Р.Ю. Импортное замещение рабочих органов для мульчеров // Вестн. Казанского гос. аграрного ун-та. 2023. Т. 18, № 2 (70). С. 86-93.
  33. Германович А.О., Ловкис В.Б. Результаты испытаний опытного образца лесохозяйственной машины «Амкодор 2021» для обработки почвы на энергетических плантациях // Агропанорама. 2020. № 4 (140). С. 41-44.

#### References

1. Mohirev A.P., Zyryanov M.A., SHvecov V.YU., Dymchenko V.E. Justification of equipment design for chopping of logging residues according to natural-climatic conditions of region // Remont, Vosstanovlenie, Modernizatsiya (Repair, Reconditioning, Modernization). 2020. № 6. P. 29-33.

2. Levina I.V., Ramazanov D.I. Removal of trees and shrubs on canals and road berms // *Agrarian conferences*. 2019. № 4 (16). P. 32-36.
3. Kolodij T.A., Hritancov D.M. Efficiency of using mulchers when conducting cleaning in mixed and complex young plants // *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2021. № 60. P. 34-37.
4. Usenya V.V., Sevnickaya N.L., Pomaz G.M. Assessment of biological efficiency of different methods clearing of cutting areas from logging residues on felling pine stands in the foci of pine stem pests // *Trudy BGTU. Ser. 1. Lesnoe hozyajstvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyaemyh resursov*. 2021. № 2 (246). P. 157-163.
5. Tylek P., Germanovich A.O. Features of the use of forestry machines on energy plantations // *Lesozagotovitel'noe proizvodstvo: problemy i resheniya: materialy II Mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoy konf. (13-15 maya 2020 g.)*. Minsk: Belorusskij gos. tekhnologicheskij un-t, 2021. P. 47-52.
6. Abramov N.A., Dolmatov S.N. Comparative analysis of the economic efficiency of the use of rooters and mulchers // *Transport i logistika: aktual'nye voprosy, proektnye resheniya i innovacionnye dostizheniya: materialy Vseros. nauch.-prakticheskoy konf. (22 okt. 2021 g.)*. Krasnoyarsk, 2021. P. 8-11.
7. Vavilov A.V., Labanov E.A. Efficient working equipment for clearing the right-of-way from woody vegetation and mulch production // *Trudy BGTU. Ser. 1. Lesnoe hozyajstvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyaemyh resursov*. 2019. № 2 (222). P. 170-173.
8. Zvyagincev V.YU., Pryanichnikova A.V., Dolmatov S.N. Prospects for the use of mulches in forest areas // *Lesnoj i himicheskij komplekсы - problemy i resheniya: sb. materialov po itogam Vseros. nauch.-prakticheskoy konf. (18-19 sent. 2020 g.)*. Krasnoyarsk, 2021. P. 139-142.
9. Glushkov S., Popikov P.I., Malyukov S.V., Chakarov V., Boyadzhiyev D. Study of the work of a self-propelled mulcher in the preparation of forest soils for planting poplar in the conditions of Bulgaria // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 875:1. P. 012006.
10. Smirnov A.N., YUnusov G.S., Volkov A.I. Recultivation of lands overgrown with small woodlands (a method of recultivation of lands overgrown with small woodlands - for a patent) // *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkciі sel'skogo hozyajstva*. 2019. № 21. P. 547-552.
11. El-Beltagi H.S., Abdul B., Heba I.M., Ifikhar A., Sana U., Ehab A.R.K., Tarek A.S., Khaled M.A.R., Abdulmalik A.A., Hesham S.G. Mulching as a Sustainable Water and Soil Saving Practice in Agriculture: A Review // *Agronomy*. 2022. № 12 (8): 1881. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12081881> (data obrashcheniya: 07.02.2024).
12. Jayne L.J., Erin B., Brett W., Penelope M., Peter R.R. Post-fire wood mulch for reducing erosion potential increases tree seedlings with few impacts on understory plants and soil nitrogen // *Forest Ecology and Management*. 2019. V. 453. P. 117567.
13. Prats S., Serpa D., Santos L., Keizer J.J. Effects of Forest Residue Mulching on Organic Matter and Nutrient Exports after Wildfires in North-Central Portugal // *SSRN*. 2023. URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4377321> (data obrashcheniya: 07.02.2024).
14. Fernandez-Fernandez M., Rütting T., Gonzalez-Prieto S.J. Fire severity and post-fire mulching effects on N transformation rates of temperate soils during the first critical winter-spring period // *European Journal of Soil Science*. 2022. 73 (5). P. 13301.
15. Ariko S.E., Vojnash S.A., Kononovich D.A., Sokolova V.A. Power characteristics of mulcher joints when removing tree and shrub vegetation // *Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal (Forestry journal)*. 2021. № 2 (380). P. 130-142.
16. Vasil'chenko A.P., Shepelev A.E. Analysis of land clearing equipment for trees and shrubs removal on agricultural land // *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2022. № 3 (87). P. 100-108.
17. Zakirov E.A., YAnkovskij L.V. Designing a new shape of the cutting edge of the cutter to increase the safety factor // *Modernizatsiya i nauch. issledovaniya v transportnom komplekse*. 2020. V. 1. P. 51-54.
18. Soboleva A.V., Furmanov D.I. Rotary brush cutter equipment // *Sem'desyat chetvertaya Vseros. nauch.-tekhnicheskaya konf. studentov, magistrantov i aspirantov vyssh. ucheb. zavedenij s mezhdunar. uchastiem: sb. materialov konf. (21 apr. 2021 g.)*. YAroslavl': YAroslavskij gos. tekhnicheskij un-t, 2021. P. 406-408.
19. Kisel' YU.E., Ivashkin YU.A., Simohin S.P. Mulcher cutter: pat. na poleznuyu model' № 184696 U1 RF, MPK A01G 23/00: № 2018120784; zayavl. 05.06.2018; opubl. 06.11.2018.
20. Pari L., Suardi A., Frackowak P., Adamczyk F., Szaroleta M., Santangelo E., Bergonzoli S., Del Giudice A., Dyjakon A. Two innovative prototypes for collecting pruning biomass: Early performance tests and assessment of the work quality. *Biomass Bioenerg*. 2018. 117. P. 96-101.
21. Marinov Konstantin, Stefanov Kiril. Operational performance of forestry milling brush cutters for poplar clearings cleaning. *Forest Science*. 2019. P. 91-111. URL: [https://www.researchgate.net/publication/338119556\\_operational\\_performance\\_of\\_forestry\\_milling\\_brush\\_cutters\\_for\\_poplar\\_clearings\\_cleaning](https://www.researchgate.net/publication/338119556_operational_performance_of_forestry_milling_brush_cutters_for_poplar_clearings_cleaning) (data obrashcheniya: 07.02.2024).
22. Marinov Konstantin. Study on the operating characteristics of forestry milling machines for grinding stumps in poplar clearings. *Forest Science*. 2021. 57. P. 103-118. URL: [https://www.researchgate.net/publication/352211262\\_study\\_on\\_the\\_operating\\_characteristics\\_of\\_forestry\\_milling\\_machines\\_for\\_grinding\\_stumps\\_in\\_poplar\\_clearings\\_izsledvane\\_eksploatacionni-te\\_harakteristiki\\_na\\_gorski\\_frezi\\_za\\_razdrobavane\\_na\\_pnove\\_v\\_topol](https://www.researchgate.net/publication/352211262_study_on_the_operating_characteristics_of_forestry_milling_machines_for_grinding_stumps_in_poplar_clearings_izsledvane_eksploatacionni-te_harakteristiki_na_gorski_frezi_za_razdrobavane_na_pnove_v_topol) (data obrashcheniya: 07.02.2024).
23. Karelina A.A., Chernik D.V. Equipment for processing residues // *Lesoekspluatatsiya i kompleksnoe ispol'zovanie drevesiny: sb. st. Vseros. nauch.-prakticheskoy konf. (10 marta 2021 g.)*. Krasnoyarsk, 2021. P. 117-120.
24. Mathew F. Smidt, Dana Mitchell, Hunter Baker. Large site prep tractors for fire line establishment in southern pine stands in Alabama // *International Journal of Forest Engineering*. 2020. 31:1. P. 78-85.
25. Barsukov A.V. Grinder of wood and shrubs (options): pat. № 2775076 C1 RF, MPK A01G 23/00. № 2021129220; zayavl. 06.10.2021; opubl. 28.06.2022.
26. Vasil'ev D.V., Carev E.M., Anisimov S.E., Anisimov N.S., Anisimov I.S., Tatarinov D.S. Working element of machine for cutting bushes and scrubs: pat. № 2769469 RF, MPK A01G 3/033: № 2021121944; zayavl. 23.07.2021; opubl. 01.04.2022.
27. Carev E.M., Rukomojnikov K.P., Kochakov S.A., Abdullina I.A. Working body of machine for cutting shrubs and overgrowth: pat. № 2800777 RF, MPK A01G 3/033: № 2023103160; zayavl. 13.02.2023; opubl. 28.07.2023.
28. Carev E.M., Rukomojnikov K.P., Kochakov S.A. Working body of machine for cutting shrubs and overgrowth: pat. № 2811108 RF, MPK A01G 23/00.: № 2023124604; zayavl. 25.09.2023; opubl. 11.01.2024.
29. Malyukov S.V., Panyavina E.A., Aksenov A.A. Constructions analysis of mulchers and rotary tillers // *Forestry Engineering Journal*. 2019. V. 9, № 1 (33). P. 159-167.
30. Ariko S.E., Komarovich M.G., Sisenis L. Application milling tools of prinoth (ahwi) in the Republic of Belarus // *Lesozagotovitel'noe proizvodstvo: problemy i resheniya: materialy II Mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoy konf. (13-15 maya 2020 g.)*. Minsk: Belorusskij gos. tekhnologicheskij un-t, 2021. P. 25-29.
31. Pugin K.G., Zakirov E.A., SHayakbarov I.E. The problem is a mechanical cleaning of snow-ice formations from the surfaces of sidewalks // *Innovacionnoe razvitie tekhniki i tekhnologij nazemnogo transporta: sb. tr. konf. (16 dek. 2020 g.)*. Ekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo un-ta, 2021. P. 127-128.
32. Kolomejchenko A.V., Solov'ev R.R., Solov'ev R.YU. Import substitution of working units for mulchers // *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2023. V. 18, № 2 (70). P. 86-93.
33. Germanovich A.O., Lovkis V.B. Test results of a prototype forestry machine "Amkodor 2021" for tillage on energy plantations // *Agropanorama*. 2020. № 4 (140). P. 41-44.