

Обзор

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.2/7>

УДК 630 : 631.313.02



Анализ дисковых рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий

Сергей В. Малюков¹✉, malyukovsergey@yandex.ru, 0000-0003-2098-154X

Михаил Н. Лысыч¹, vum1@yandex.ru, 0000-0002-3764-3873

Леонид Д. Бухтояров¹, vglta-mlx@yandex.ru, 0000-0002-7428-0821

Евгений В. Поздняков¹, pozdn.ev@yandex.ru, 0000-0003-3904-867x

Максим А. Гнусов¹, mgnusov@yandex.ru, 0000-0003-1653-4595

Михаил В. Шавков², shavkovmv@mail.ru, 0000-0003-3700-7508

Александр Ф. Петков¹, alexanderpetkoff@mail.ru, 0000-0002-6348-8934

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

²ООО «Русгидроком», ул. Мазлумова, д. 25, г. Воронеж, 394040, Российская Федерация

Дисковые рабочие органы лесных почвообрабатывающих орудий эксплуатируются в контакте с почвенной средой, что является предпосылкой для разработки комбинированного почвообрабатывающего орудия. Одними из основных активных рабочих органов приняты дисковые рабочие органы, которые монтируют на различной лесохозяйственной и сельскохозяйственной технике: плуги, сеялки, бороны и т.д. и предназначены для обработки лесных площадей при лесовосстановлении. Дисковые рабочие органы классифицированы по типу, назначению и конструкции. В связи с тем, что лесные почвы наводнены корнями, пнями, камнями, а при проведении лесовосстановительных работ нуждаются в качественной подготовке, то требуется увеличивать количество проходов по обрабатываемой территории. Дисковые рабочие органы с момента своего создания продолжают претерпевать усовершенствования, направленные на повышение эффективности, повышение прочностных характеристик и т.д. Дисковые рабочие органы представляли широкий диапазон конструктивных особенностей, но в последующем диапазон был сконцентрирован на снижение тягового сопротивления. Изменение конструкции в процессе исследования рабочего органа привело к созданию вырезов различных геометрических размеров, одной из положительных характеристик стало снижение тягового усилия, требуемого для резания, крошения почвы, а также повышение качественных характеристик.

Ключевые слова: *почвообрабатывающие орудия, дисковые рабочие органы, лесные вырубки, каменистые почвы, классификация, анализ.*

Финансирование: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10010, <https://rscf.ru/project/22-79-10010/>

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.


Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Для цитирования: Анализ дисковых рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий / С. В. Малюков, М. Н. Лысыч, Л. Д. Бухтояров, Е. В. Поздняков, М. А. Гнусов, М. В. Шавков, А. Ф. Петков // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 2 (50). – С. 128–141. – Библиогр.: с. 134–140 (41 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.2/7>.


Поступила: 28.06.2023 **Пересмотрена** 12.08.2023 **Принята:** 13.08.2023 **Опубликована онлайн:** 18.09.2023


Review


Analysis of disk working bodies of forest soil-cultivating implements


Sergey V. Malyukov¹✉, malyukovsergey@yandex.ru,  0000-0003-2098-154X

Mikhail N. Lysych¹, vum1@yandex.ru,  0000-0002-3764-3873

Leonid D. Bukhtoyarov¹, vglta-mlx@yandex.ru,  0000-0002-7428-0821

Evgeny V. Pozdnyakov¹, pozd.ev@yandex.ru,  0000-0003-3904-867x

Maksim A. Gnusov¹, mgnusov@yandex.ru,  0000-0003-1653-4595

Michael V. Shavkov², shavkovmv@mail.ru,  0000-0003-3700-7508

Alexander F. Petkov¹, alexanderpetkoff@mail.ru,  0000-0002-6348-8934

¹ FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva street, 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

² LLC Rushydrocom, Mazlumova street, 25, Voronezh, 394040, Russian Federation

Abstract

The designs of disk working bodies are analyzed and a variant of the developed combined tillage tool is presented. One of the main active working bodies is disc working bodies, which are mounted on various forestry and agricultural machinery: plows, seeders, harrows, etc. and are intended for processing forest areas during reforestation. Disk working bodies are classified, which are divided by type, purpose and design. Due to the fact that forest soils are flooded with roots, stumps, stones, and when carrying out reforestation work they need high-quality preparation, it is required to increase the number of passes through the cultivated territory. Disc working bodies from the moment of their creation continue to undergo improvements aimed at increasing efficiency, increasing strength characteristics, etc. Disc working bodies represented a wide range of design features, but in the subsequent range was concentrated on reducing traction resistance. A change in the design in the process of studying the working body led to the creation of cutouts of various geometric sizes, one of the positive characteristics was a decrease in the traction force required for cutting, crumbling the soil, as well as an increase in quality characteristics.

Keywords: *soil-cultivating tools, disk working bodies, forest clearings, stony soils, classification, analysis.*

Funding: The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation № 22-79-10010, <https://rscf.ru/project/22-79-10010/>

Acknowledgement: The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declares no conflict of interest.

For citation: Malyukov S. V., Lysych M. N., Bukhtoyarov L. D., Pozdnyakov E. V., Gnusov M. A., Shavkov M. V., Petkov A. F. (2023) Analysis of disk working bodies of forest soil-cultivating implements. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 2 (50), pp. 128-141 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.2/7>.

Received: 28.06.2023 **Revised:** 12.08.2023 **Accepted:** 13.08.2023 **Published online:** 18.09.2023

Введение

Своевременное возобновление леса на огромных вырубаемых площадях – одна из основ-

ных задач лесного хозяйства. Площади, на которых располагался лесной массив, подвергшийся рубкам, пожарам, затоплениям и т.д., насыщены корнями,

пнями и камнями, а также иными особенностями лесных почв, требуют повышенных требований к разрабатываемой технике [1-4].

Большой объем лесных площадей гибнет в пожарах. Объемы сгоревших насаждений обозначены различными породами древесины [5].

В настоящее время актуальность приобретают комбинированные орудия как в сельском [6-11], так и в лесном хозяйстве, которые выполняют комбинированную обработку почвы – это способ, при котором два или более различных почвообрабатывающих рабочих органов работают, чтобы обрабатывать почву и снизить затрачиваемые временные рамки при выполнении работ [12-15].

Дисковые рабочие органы позволяют производить интенсивную обработку почвы и резание травянистой подстилки, при этом обладают низкой забиваемостью и высоким крошением почвенного пласта, а также за счёт того, что осуществляется процесс «перекатывания» рабочего органа, повышается проходимость, что является одной из главных характеристик лесных почвообрабатывающих орудий [16-22].

Обязательным условием для корректной работы в различных рабочих условиях для дисковых рабочих органов требуется монтаж на раме агрегата при помощи предохранительных механизмов [23-25].

Все же при подборе дисковых орудий, их моделировании и динамометрировании [41] для лесовосстановительных операций при наличии каменистых включений, большого количества пней требуется, чтобы комбинированное почвообрабатывающее орудие было оснащено:

- подходящими дисковыми рабочими органами, подобранными под определенный рельеф местности;
- дисковые рабочие органы должны быть смонтированы на индивидуальные стойки;
- дисковые рабочие органы должны показывать наивысшую эффективность и качество обработки.

Представим классификацию разработанных на сегодняшний день дисков. Основными являются: вырезные, сплошные, составные, со съёмными но-

жами, с вырезами на режущей кромке, плоские, сферические, конические [26-28, 34].

Обработка лесных и сельскохозяйственных [29-31] площадей дисковыми рабочими органами приобретает свою актуальность в период активной продажи дисковых борон в США [32, 33].

Во время взаимодействия дисковых рабочих органов с грунтом начинается процесс трансформации физико-механических свойств грунта [34]. Дисковые рабочие органы, в составе комбинированных почвообрабатывающих орудий, показывают высокую степень обработки грунта, повышенную проходимость по сравнению с другими орудиями, при наименьшей энергоёмкости во время осуществления технологических операций.

Цель настоящих исследований – проанализировать имеющееся дисковые рабочие органы и создать комбинированное почвообрабатывающее орудие, позволяющее выполнять работы на различных лесных площадях.

Материалы и методы

Предмет и объект исследований

Объектом исследования являются дисковые рабочие органы почвообрабатывающих орудий.

Предметом исследования является взаимодействие сферических дисков с почвенной средой.

Сбор данных

Поиск информации производился в поисковой системе «Яндекс», а также в базах данных КиберЛенинка и eLIBRARY. В поисковую строку вводились запросы «дисковые рабочие органы» ИЛИ «почвообрабатывающие орудия» ИЛИ «сферические диски». Временной интервал поиска был выбран с 1960 по 2023 годы.

Научно исследовательские работы, проводимые как индивидуальными исследователями, так и научными коллективами показывают различные направления для применения сферических дисков, но работы по усовершенствованию технологических и качественных параметров продолжают проводиться.

Научно технические работы, выполненные В.А. Ежовым для сплошного сферического диска, состояли в том, чтобы создать сферический диск из

двух слоев: первый слой, находящийся внутри диска «твердый», а второй слой находящийся снаружи диска «мягкий» (Патенты на полезные модели и изобретения Российской Федерации за период с 1994 по 2010 год : МКИ А 01 В 5/00, 7/00, 19/00, 21/00, 21/08, 61/04).

Общим недостатком для сферических дисков считается повышенное лобовое сопротивление, в значительной степени проявляющееся при малых углах атаки диска. В связи с этим, разработаны сферические диски, позволяющие повысить качественные характеристики работы дискового рабочего органа. Так как грунт в них поступает через вырезы (окна), диски обладают сниженным тяговым сопротивлением. У них также уменьшена вероятность залипания поверхности сферического диска грунтом. Число вырезов и их геометрические параметры основаны на прочностных свойствах материала сферического диска и физико-механических особенностей грунта.

Созданный дисковый рабочий орган коллективом ученых Краснодарского научно-исследовательского института сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко, снабжен несколькими конструктивными особенностями в виде вырезов. Рабочая поверхность расположена радиально и приходится на траекторию прямой, идущей из центральной точки рабочего органа. Другая рабочая поверхность проходит под углом φ к радиусу. Напряжение, с которым воздействует рабочий орган на почвенный пласт, зависит от направления поступательного движения агрегата (Авторские свидетельства СССР за период с 1960 по 1991 год : МКИ А 01 В 5/14, 7/00, 13/00, 19/02, 21/00, 21/08, 23/04, 23/06).

Еще одной формой сферического диска может быть «многоугольник». Были проведены научные исследования, позволившие разработать и создать дисковый орган, где рабочая поверхность проходит по окружности диска. Прерывистая поверхность диска создана при помощи вырезов, сделанными в сторону плоскости с рабочей частью диска.

Научной группой ученых Краснодарского научно-исследовательского института сельского

хозяйства им. П.П. Лукьяненко проведены научные исследования, позволившие разработать и создать дисковый орган, по окружности которого созданы вырезы. Каждый вырез разбит на две стороны, первая описывает радиальную линию или радиус от 30 до 90 мм, наивысшая точка находится по радиусу от 20 до 60 мм, при этом вторая часть соотнесена с положением наивысшей точки.

Компания ОАО «АСМ-Запчасть» создала конструкцию сферического секторного диска, с полукруглыми вырезами на рабочей окружности. Заточка рабочей поверхности произведена со стороны рельефной поверхности диска, а полукруглые вырезы выполнены в виде отдельных сегментов и расположены на окружности диска на заклепках (Патенты на полезные модели и изобретения Российской Федерации за период с 1994 по 2010 год : МКИ А 01 В 5/00, 7/00, 19/00, 21/00, 21/08, 61/04).

Научным коллективом Белгородской государственной сельскохозяйственной академии разработан сферический вырезной диск, оснащенный зубьями, у которых передняя и задняя режущие кромки выполнены по логарифмической спирали.

Поступательное движение и качественные характеристики по типу перемешивания почвы зависят от диаметра сферического диска и радиуса кривизны, а также формы выреза и частоты вращения [35-39].

Выполнив анализ различных конструкций дисковых рабочих органов, видно, что полученные результаты по усовершенствованию особенностей дисковых рабочих органов проводятся и обращены в сторону: снижения тягового усилия при резании и оборачивании пласта почвы, и снижения затрат при технологической разделке лесных площадей.

Анализ данных

При проведении анализа дисковых рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов был применен иерархический агломеративный метод (joining (tree clustering)), который позволяет осуществить компьютерный пакет STATISTICA и программа Microsoft Excel. В данной программе были выбраны расстояния между объектами – степенное расстояние (Power distance). Также в качестве меры связи кластеров был выбран метод

Варда (Ward's method). Сравнивались параметры (диаметр дисков, угол атаки дисков, глубина обработки почвы).

Результаты и их обсуждение

На основании проведенного анализа потенциальной способности дисковых рабочих органов выполнять качественную обработку лесных площадей следует отметить, что дисковые рабочие органы, в составе комбинированного почвообрабатывающего орудия, имеют наибольший потенциал для применения в лесном хозяйстве.

Разработанное нами комбинированное почвообрабатывающее орудие (рис. 1) относится к лесному хозяйству, в частности, к орудиям для обработки почвы при лесовосстановлении в условиях нераскорчеванных вырубок и гарей [40].

Существующие лесные почвообрабатывающие орудия не позволяют выполнять эффективную работу на закустаренных, возобновившихся вырубках или сильнозадернелых площадях, когда наличие малоценной поросли или плотного слоя дерна не позволяет обеспечить качественный оборот пласта и заделку большого объема древесно-кустарниковой и травянистой растительности.

Отличительной особенностью является то, что комбинированное почвообрабатывающее орудие имеет весьма гибкую структуру, позволяющую при необходимости демонтировать или дооснастить рабочими узлами раму агрегата.

Дисковая батарея состоит из четырех дисков, три из которых диаметром 490 мм имеют 4 выреза в полости диска, а четвертый диаметром 510 мм выполнен цельнокрайним. Данные особенности формы дисков позволяют часть объема почвы пропускать

через диск, что улучшает качество измельчения почвенных пластов, подрезаемых дисками батареи.

Комбинированное почвообрабатывающее орудие агрегируется с тракторами на задней навеске. Технологический процесс комбинированной обработки начинается с того, что МТА заезжает на лесной участок, который предназначен для проведения лесовосстановительных работ. Так как агрегат состоит из серии идущих подряд рабочих органов, то в работу вступает ножевой каток 6, который производит укатывание и измельчение древесно-кустарниковых растений перед началом работы дисковых корпусов 9. Далее дисковые батареи 8, установленные под углом 0-30°, за счет действия реактивных сил соприкосновения с почвой, осуществляют вращательное движение и производят ее обработку в виде двух полос на глубину 6-12 см.

Расположенные в задней части орудия дисковые корпуса 9 диаметром 660 мм, перемещаясь в рабочей зоне ножевого катка 6 и дискового ножа 7, создают двухотвальную борозду глубиной 8-15 см путем подрезания почвенных пластов с измельченной древесно-кустарниковой порослью, их оборота и укладки на обработанные дисковыми батареями 8 полосы по краям борозды.

Такое исполнение комбинированного почвообрабатывающего орудия позволяет повысить качество обработки лесных почв на нераскорчеванных вырубках и гарях за счет более эффективной заделки нежелательной древесно-кустарниковой и травянистой растительности.

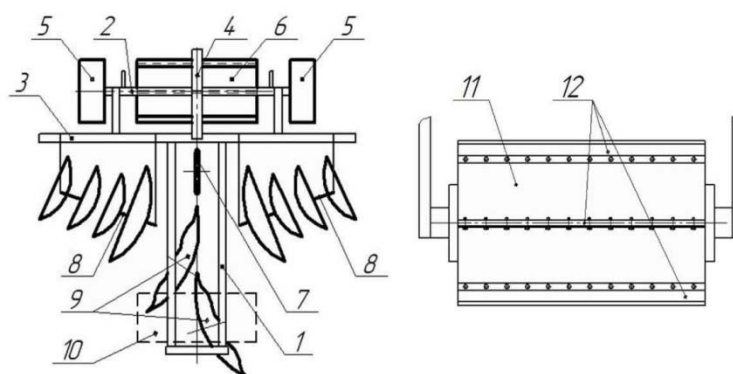


Рисунок 1. Комбинированное почвообрабатывающее орудие

- 1) рама; 2) поперечная балка; 3) основная поперечная балка; 4) механизм навески; 5) опорные колеса; 6) ножевой каток; 7) дисковый нож; 8) две дисковые батареи; 9) два дисковых корпуса; 10) балластный ящик; 11) цилиндрическое основание ножевого катка; 12) съемные ножевые пластины

Figure 1. Combined tillage implement

- 1) frame; 2) cross beam; 3) main cross beam; 4) linkage mechanism; 5) support wheels; 6) knife roller; 7) circular knife; 8) two disk batteries; 9) two disk cases; 10) ballast box; 11) cylindrical base of the knife roller; 12) Removable knife plates

Источник: Патент на полезную модель №217468, 2023. [40]

Source: Utility model patent №217468, 2023. [40]

Результаты сравнительного анализа дисковых рабочих органов приведены в табл. 1, а также на рис. 2.

Таблица 1

Сравнительный анализ параметров сферических дисков

Table 1

Comparative analysis of the parameters of spherical disks

Агрегат Unit	Диаметр дисков, мм Disc diameter, mm	Угол атаки дисков, ° Disc attack angle, °	Глубина обра- ботки почвы, см Depth of till- age, cm
БПМ-5 BPM-5	1000	18	22
БДН-2,5М BDN-2,5M	1000	25	22
ПНД-2 PND-2	665	39	28
АГН-1,8 AGN-1.8	680	20	14
БДУ-1,5н BDU-1.5n	560	30	12
D-620	620	20	18
КЛБ-1,7 CLB-1.7	510	20	10
У363	560	16	12
ПД-3,3 PD-3,3	640	20	20
РДП-4х4 RDP-4x4	560	30	15
ПЛД-3х4 PLD-3x4	560	20	12

Источник: АгроБаза Режим доступа:
https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_c0b871da-4422-4842-88b4-9de003236593

Source: AgroBaza. URL:
https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_c0b871da-4422-4842-88b4-9de003236593

Провели анализ дендрограммы (рис. 2), из которого следует, что приведенные агрегаты можно разделить на пять групп. В первую группу вошли два агрегата (БПМ-5 и БДН-2,5М), которые имеют большие диаметры дисков, среднюю глубину обработки почвы и средние значения угла атаки дисков. Во второй группе представлен один агрегат (ПНД-2), имеющий средние размеры дисков и большие значения угла атаки дисков и глубины обработки почвы. В третий – три агрегата (АГН-1,8, D-620, ПД-3,3). Они имеют два средних параметра (диаметр дисков и угол атаки дисков) и один параметр, имеющий незначительное отличие (глубина обработки почвы). В четвертый кластер также вошли три агрегата (КЛБ-1,7, ПЛД-3х4, У363). Они представлены двумя низкими параметрами (диаметр дисков и глубина обработки почвы) и один параметр, имеет незначительное отличие (угол атаки дисков). В пятом кластере собраны

два агрегата (БДУ-1.5н и РДП-4х4). Они имеют два низких параметра (диаметр дисков и глубина обработки почвы) и один высокий параметр (угол атаки дисков).

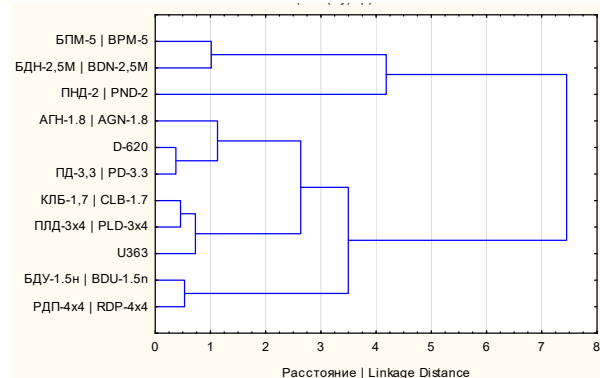


Рисунок 2. Дендограмма сходства и различия дисковых рабочих органов

Figure 2. Dendrogram of similarities and differences of disk working bodies

Источник: Собственные вычисления авторов

Source: Authors' own calculations

Выводы

Проанализировав конструктивные и технологические параметры дисковых рабочих органов, было разработано комбинированное почвообра-

батывающее орудие, позволяющее проводить основную (на глубину 8-15 см) и дополнительную обработку почвы, а также агротехнические уходы (на глубину 6-12 см) в условиях лесных вырубок и гарей.

Произведен подбор наиболее подходящих дисковых рабочих органов. Дисковая батарея должна состоять из четырех дисков, три из которых диаметром 490 мм должны иметь 4 выреза в полости диска, а четвертый диаметром 510 мм должен быть выполнен цельнокрайним, при этом угол атаки должен изменяться в пределах 0-30°. Дисковые корпуса для создания борозд должны иметь диаметр 660 мм. При необходимости ряд рабочих органов комбинированного почвообрабатывающего орудия может быть демонтирован непосредственно перед началом работы по проведению агротехнического или лесоводственного ухода за созданными лесными культурами.

Такое исполнение комбинированного почвообрабатывающего орудия позволяет повысить качество обработки лесных почв на нераскорчеванных вырубках и гарях за счет более эффективной заделки нежелательной древесно-кустарниковой и травянистой растительности.

Список литературы

1. Посметьев В.И., Зеликов В.А., Латышева М.А., Посметьев В.В. Основные причины недостаточной эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов и пути ее повышения. Воронежский научно-технический Вестник. 2015;3-3 (13):45-59. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24353760>.
2. Малюков С.В., Аксенов А.А., Князев А.В., Бородин Н.А., Солнцев А.В. Обзор конструкций почвообрабатывающих машин, применяемых для междурядной обработки лесных культур. Воронежский научно-технический Вестник. 2019;1(27):107-118. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37604715>.
3. Маштаков Д.А., Автономов А.Н., Проездов П.Н. Защитные лесные насаждения в лесостепи Приволжской возвышенности : монография. Чебоксары, 2018. 419 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009760431?ysclid=llaucr3ret679718944>.
4. Balabanov V., Lee A., Norov B., Khudaev I., Egorov V. Investigation of various options for processing gray forest soil in a field crop rotation. E3S Web of Conferences. "International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering, Conmechhydro 2021". 2021;04025. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404025>.
5. Гнусов М.А., Малюков С.В., Петков А.Ф. Виды и характеристики лесных пожаров. Воронежский научно-технический Вестник. 2020;1(31):140-146. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42732167>
6. Иванов А.С., Бай Р.Ф. Разработка и обоснование комбинированной почвообрабатывающей машины. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018;5(73):146-148. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=vlmxhx&ysclid=llaum4kb5d931178950>.

7. Капов С.Н., Кожухов А.А., Герасимов Е.В., Хаустов П.А. Технологии почвозащитной обработки: пути развития. Вестник АПК Ставрополя. 2019;1(33):8-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=zekgct&ysclid=llaup2dwij508136007>.
8. Костылева Л.В., Гапич Д.С., Моторин В.А., Новиков А.Е., Курбанов Д.Б. Повышение износостойкости почвообрабатывающих рабочих органов за счет структурирования высокоуглеродистых сплавов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018;3(51):283-291. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36600072&ysclid=llaup2yjjg0943978978>.
9. Раднаев Д.Н., Дамбаева Б.Е. Повышение эффективности работы комбинированных машин и комплексов. Вестник ВСГУТУ. 2021;1(80):55-60. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44874751&ysclid=llay1qq5oc976265711>.
10. Халилов М.Б., Халилова К.М., Халилова М.М. Сравнительная оценка приемов и машин для обработки почвы. Известия Дагестанского ГАУ. 2022;3(15):37-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49514137&ysclid=llay4og2pc154486540>.
11. Халилов Ш.М., Халилов М.Б., Жук А.Ф. Комбинированные почвообрабатывающие машины и результативность их применения. Известия Дагестанского ГАУ. 2019;2(2):87-92. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41149411&ysclid=llay6qom42581225945>.
12. Шленкин А.К. Комбинированные орудия для обработки почв. Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов. Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Л.К. Гуриева [и др.]. Москва, 2022:124-130. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=dbltck&ysclid=llay8rxig2821161280>.
13. Aldoshin N., Mamatov F., Ismailov I., Ergashov G. Development of combined tillage tool for melon cultivation. 19th international scientific conference engineering for rural development Proceedings. 2020;19. DOI: 10.22616/ERDev.2020.19.TF175
14. Dzhaborov N.I., Dobrinov A.V., Eviev V.A. Evaluation of the energy parameters and agrotechnical indicators of aggregate for deep subsurface tillage. Journal of Physics: Conference Series. 2019;012036 DOI: 10.1088/1742-6596/1210/1/012036
15. Machindra R.A., Raheman H. Investigations on power requirement of active-passive combination tillage implement. Eng. Agric. Environ. Food. 2017;10(1):4-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2016.06.004>
16. Zhirnov A. Construction of active working machines for the care of seed-lings. Proceedings of the XXXVIII International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation». Primedia E-launch LLC. Shawnee, USA. 2022. DOI: 10.32743/UsaConf.2022.11.38.346741
17. Бойков В.М., Старцев С.В., Воротников И.Л., Нарушев В.Б. Классификация машин для полосовой технологии обработки почвы. Аграрный научный журнал. 2020;5:72-76. DOI: 10.28983/asj.y2020i5pp72-76. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42897361&ysclid=llayj8gk57400217547>.
18. Догеев Г.Д., Халилов М.Б. Ресурсосберегающие технологии и машины для обработки почвы. Проблемы развития АПК региона. 2019;2(38):58-65. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39201910&ysclid=llayle7hl5137676202>.
19. Жук А.Ф., Беляева Н.И., Халилов М.Б. Рабочие органы для обработки почвы с водозадерживающим прерывистым бороздованием. Научная жизнь. 2019;3(91):337-347. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38472819>.
20. Grechishkina Y.I., Golosnoy E.V., Esaulko A.N., Sigida M.S., Ozheredova A.Y. Influence of cultivation technologies of agricultural crops with the use of machines and tools of domestic and foreign production for the dry area of the South of Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;315;5:052030. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052030
21. Kalinin A.B., Novikov M.A., Ruzhev V.A., Teplinsky I.Z. Improving the efficiency of the soil uncompactation by the cultivator-subsoiler through the use of digital systems for working depth control. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 2021;723:032061. DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032061

22. Petrov A.M., Ivanayskiy S.A., Kanaev M.A., [et al.] Justification of optimal design and technological parameters of needle discs of the combined working body. BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). 2020:00016. DOI: 10.1051/bioconf/20201700016
23. Бартнев И. М., Драпалюк М. В., Казаков В. И. Совершенствование технологий и средств механизации лесовосстановления: монография. М.: ФЛИНТА : Наука, 2013. 208 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=renphn&ysclid=llaysydl65470824>.
24. Skirkus R., Jankauskas V., Gaidys R. Estimating stresses and movement work of a soil-cultivator tip using the finite-element method. Journal of friction and wear. 2016; 37(5):489-493. DOI: 10.3103/S1068366616050172
25. Латышева М.А. Исследование влияния регулировочных параметров стандартных навесных устройств тракторов на заглубляющую способность дисковых рабочих органов лесных безопорных орудий. Актуальные проблемы лесного комплекса. 2015;41:173-181. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23366084>.
26. Лысыч М.Н. Анализ конструкций дисковых рабочих органов почвообрабатывающих орудий и возможностей их применения в условиях лесных вырубок. Современные проблемы науки и образования. 2014;6:209. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tgqept&ysclid=llayw3szih35533925>.
27. Григорьев И.В., Куницкая О.А., Рудов С.Е., Давтян А.Б. Пути повышения эффективности работы лесных машин. Энергия: экономика, техника, экология. 2020;1:55-63. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0233361920010085>.
28. Кулик К.Н., Бартнев И.М. Инновационная технология реконструкции и восстановления ползащитных лесных полос. Тракторы и сельхозмашины. 2018;5:3-8. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-66369>.
29. Жук А.Ф., Халилов М.Б., Абдулнатилов М.Г. Технологии, приемы и технические средства для ресурсосберегающей обработки почвы. Проблемы развития АПК региона. 2020;4(44):52-58. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44429021&ysclid=llaz288ct270133585>.
30. Сучков Д.К. Технология выращивания ползащитных лесных полос в сухостепной и полупустынной зонах // Научно-агрономический журнал. 2019;3(106):7-10. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41420318>.
31. Сучков Д.К., Поташкина Ю.Н. Агротехнический уход за лесными культурами: цель, сроки и число уходов. Промышленность и сельское хозяйство. 2020;9(26):28-35. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44073255&ysclid=llaz91t2mv34353766>.
32. Upadhyay G., Raheman R. Performance of combined offset disc harrow (front active and rear passive set configuration) in soil bin. Journal of Terramechanics. 2018;78:27-37. DOI: 10.1016/j.jterra.2018.04.002
33. Zeng Z., Chen Y., Qi L. Soil cutting by a compact disc harrow having various disc arrangements. Trans. ASABE. 2019; 62:429-437. DOI: 10.13031/trans.13106.
34. Шовкопляс А.В. Обзор конструкций дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015; 4-2:109-116. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=vntsud&ysclid=llazflqy5j513669932>.
35. Mutingi M., Dube P., Mbohwa C.A. Modular product design approach for sustainable manufacturing in a fuzzy environment. Procedia Manufacturing. 2017;8:471-478. DOI:10.1016/j.promfg.2017.02.060.
36. Абдрахманов Р.К., Кононов М.Д., Федоренко А.А. Анализ конструкций дисковых рабочих органов почвообрабатывающих орудий. Современные достижения аграрной науки. 2021:10-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46610365&ysclid=llazvhma4y833726090>.
37. Ишмурадов Ш.У., Худойбердиев М.С.А.Ў., Гафуров Д.Р.Ў. Разработка ресурсосберегающего, эффективного способа восстановления ресурса рабочих органов со сферическим диском. Universum: технические науки. 2020;12-1(81):40-42. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44549353>.
38. Васильев А.С., Ивашнев М.В. Некоторые направления повышения эффективности функционирования дисковых рабочих органов лесных почвообрабатывающих машин. Образование и наука в современных реалиях. 2017:286-288. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29654066&ysclid=llb0i0k6r258833666>.

39. Лысыч М.Н., Шевцова Е.П., Ермоленко С.А. Комбинированное многофункциональное почвообрабатывающее орудие. Молодой ученый. 2015;11(91):385-388. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23610154&ysclid=llb0pwn7691329624>.

40. Патент на полезную модель № 217468 U1 Российская Федерация, МПК А01G 23/00. Комбинированное почвообрабатывающее орудие : № 2022132835 : заявл. 14.12.2022 : опубл. 03.04.2023 / С. В. Малюков, Д. Ю. Дручинин, Е. В. Поздняков [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова". Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53733393>.

41. Лысыч, М. Н. Пространственное динамометрирование процесса преодоления препятствий рабочими органами почвообрабатывающих орудий на виртуальном стенде / М. Н. Лысыч // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9, № 1(33). – С. 167-175. – DOI 10.12737/article_5c920171c372b2.19385616. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/zfeehb>.

References

1. Posmetiev V.I., Zelikov V.A., Latysheva M.A., Posmetiev V.V. Osnovnye prichiny nedostatochnoj jeffektivnosti lesnyh pochvoobrabatyvajushhih agregatov i puti ee povyshenija [The main reasons for the insufficient efficiency of forest tillage machines and ways to improve it]. Voronezhskij nauchno-tehnicheskij Vestnik = Voronezh Scientific and Technical Bulletin. 2015;3-3(13):45-59. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24353760>.

2. Malyukov S.V., Aksenov A.A., Knyazev A.V., Borodin N.A., Solntsev A.V. Obzor konstrukcij pochvoobrabatyvajushhih mashin, primenjaemyh dlja mezhdurjadnoj obrabotki lesnyh kul'tur [A review of the designs of soil-cultivating machines used for inter-row cultivation of forest crops]. Voronezhskij nauchno-tehnicheskij Vestnik = Voronezh Scientific and Technical Bulletin. 2019;1 (27):107-118. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37604715>.

3. Mashtakov D.A., Avtonomov A.N., Proezdov P.N. Zashhitnye lesnye nasazhdenija v lesostepi Privolzh-skoj vozvyshehnosti : monografija [Protective forest plantations in the forest-steppe of the Volga Upland: monograph]. Cheboksary, 2018. 419 p. (In Russ.) URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009760431?ysclid=llaucr3ret679718944>.

4. Balabanov V., Lee A., Norov B., Khudaev I., Egorov V. Investigation of various options for processing gray forest soil in a field crop rotation. E3S Web of Conferences. "International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering, Conmechydro 2021". 2021;04025. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404025>.

5. Gnusov M.A., Malyukov S.V., Petkov A.F. Vidy i harakteristiki lesnyh pozharov [Types and characteristics of forest fires]. Voronezhskij nauchno-tehnicheskij Vestnik = Voronezh Scientific and Technical Bulletin. 2020;1(31):140-146. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42732167>

6. Ivanov A.S., Bai R.F. Razrabotka i obosnovanie kombinirovannoj pochvoobrabatyvajushhej mashiny [Development and justification of the combined tillage machine]. Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = News of the Orenburg State Agrarian University. 2018;5(73):146-148. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=vlmxhx&ysclid=llaum4kb5d931178950>.

7. Kapov S.N., Kozhukhov A.A., Gerasimov E.V., Khaustov P.A. Tehnologii pochvozashhitnoj obrabotki: puti razvitija [Soil protection technologies: ways of development]. Vestnik APK Stavropol'ja = Bulletin of the agro-industrial complex of Stavropol. 2019;1(33):8-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=zekgct&ysclid=llaup2dwij508136007>.

8. Kostyleva L.V., Gapich D.S., Motorin V.A., Novikov A.E., Kurbanov D.B. Povyszenie iznosostojkosti pochvoobrabatyvajushhih rabochih organov za schet strukturirovaniya vysokouglerodistykh splavov [Improving the wear resistance of soil-cultivating working bodies due to the structuring of high-carbon alloys]. Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = News of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2018;3(51):283-291. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36600072&ysclid=llaup2yjjg0943978978>.

9. Radnaev D.N., Dambaeva B.E. Povyszenie jeffektivnosti raboty kombinirovannyh mashin i kompleksov [Improving the efficiency of combined machines and complexes]. Vestnik VSGUTU = Bulletin of the ESSTU. 2021;1(80):55-60. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44874751&ysclid=llay1qq5oc976265711>.

10. Khalilov M.B., Khalilova K.M., Khalilova M.M. Sravnitel'naja ocenka priemov i mashin dlja obrabotki pochvy [Comparative evaluation of techniques and machines for tillage]. *Izvestija Dagestanskogo GAU = Proceedings of the Dagestan State Agrarian University*. 2022;3(15):37-43. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49514137&ysclid=llay4og2pc154486540>.
11. Khalilov Sh.M., Khalilov M.B., Zhuk A.F. Kombinirovannye pochvoobrabatyvajushhie mashiny i rezul'tativnost' ih primenenija [Combined tillage machines and the effectiveness of their use]. *Izvestija Dagestanskogo GAU = Proceedings of the Dagestan State Agrarian University*. 2019;2(2):87-92 (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41149411&ysclid=llay6qom42581225945>.
12. Shlenkin A.K. Kombinirovannye orudija dlja obrabotki pochv [Combined implements for tillage]. *Aktual'nye problemy obshhestva, jekonomiki i prava v kontekste global'nyh vyzovov. Sbornik materialov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii = Actual problems of society, economy and law in the context of global challenges. Collection of materials of the XI International Scientific and Practical Conference*. Moscow, 2022:124-130. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=dbltck&ysclid=llay8rxig2821161280>.
13. Aldoshin N., Mamatov F., Ismailov I., Ergashov G. Development of combined tillage tool for melon cultivation. 19th international scientific conference engineering for rural development Proceedings. 2020;19. DOI: 10.22616/ERDev.2020.19.TF175
14. Dzhaborov N.I., Dobrinov A.V., Eviev V.A. Evaluation of the energy parameters and agrotechnical indicators of aggregate for deep subsurface tillage. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019;012036. DOI: 10.1088/1742-6596/1210/1/012036
15. Machindra R.A., Raheman H. Investigations on power requirement of active-passive combination tillage implement. *Eng. Agric. Environ. Food*. 2017;10(1):4-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2016.06.004>
16. Zhirnov A. Construction of active working machines for the care of seed-lings. *Proceedings of the XXXVIII International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation»*. Primedia E-launch LLC. Shawnee, USA. 2022. DOI:10.32743/UsaConf.2022.11.38.346741
17. Boikov V.M., Startsev S.V., Vorotnikov I.L., Narushev V.B. Klassifikacija mashin dlja polosovoj tehnologii obrabotki pochvy [Classification of machines for strip technology of tillage]. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal = Agrarian scientific journal*. 2020;5:72-76. DOI: 10.28983/asj.y2020i5pp72-76 (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42897361&ysclid=llayj8gk57400217547>.
18. Dogeev G.D., Khalilov M.B. Resursosberegajushhie tehnologii i mashiny dlja obrabotki pochvy [Resource-saving technologies and machines for tillage]. *Problemy razvitija APK regiona = Problems of development of the agro-industrial complex of the region*. 2019;2(38):58-65 (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39201910&ysclid=llayle7hl5137676202>.
19. Zhuk A.F., Belyaeva N.I., Khalilov M.B. Rabochie organy dlja obrabotki pochvy s vodozaderzhivajushhim preryvistym borozdovaniem [Working bodies for tillage with water-retaining intermittent furrowing]. *Nauchnaja zhizn' = Scientific life*. 2019;3(91):337-347. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38472819>.
20. Grechishkina Y.I., Golosnoy E.V., Esaulko A.N., Sigida M.S., Ozheredova A.Y. Influence of cultivation technologies of agricultural crops with the use of machines and tools of domestic and foreign production for the dry area of the South of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;315;5:052030. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052030
21. Kalinin A.B., Novikov M.A., Ruzhev V.A., Teplinsky I.Z. Improving the efficiency of the soil uncompactation by the cultivator-subsoiler through the use of digital systems for working depth control. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 2021;723:032061. DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032061
22. Petrov A.M., Ivanayskiy S.A., Kanaev M.A., [et al.] Justification of optimal design and technological parameters of needle discs of the combined working body. *BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical*

Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019). 2020:00016. DOI: 10.1051/bioconf/20201700016

23. Bartenev I. M., Drapalyuk M. V., Kazakov V. I. Sovershenstvovanie tehnologij i sredstv mehanizacii lesovosstanovlenija : monografija [Improvement of technologies and means of reforestation mechanization: monograph]. Moscow : FLINTA : Nauka, 2013. 208 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=renphn&ysclid=llaysydl65470824>.

24. Skirkus R., Jankauskas V., Gaidys R. Estimating stresses and movement work of a soil-cultivator tip using the finite-element method. Journal of friction and wear. 2016; 37(5):489-493. DOI: 10.3103/S1068366616050172

25. Latysheva M. A. Issledovanie vlijaniya regulirovochnyh parametrov standartnyh navesnyh ustrojstv traktorov na zaglubl'jajushhiju sposobnost' diskovyh rabochih organov lesnyh bezopornyh orudij [Investigation of the influence of adjusting parameters of standard tractor attachments on the deepening ability of disk working bodies of forest unsupported tools]. Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa = Actual problems of the forest complex. 2015;41:173-181. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23366084>.

26. Lysych M. N. Analiz konstrukcij diskovyh rabochih organov pochvoobrabatyvajushhijh orudij i vozmozhnostej ih primenenijav uslovijah lesnyh vyrubok [Analysis of the designs of disk working bodies of soil-cultivating tools and the possibilities of their use in conditions of forest clearings] Sovremennye problemy nauki i obrazovanija = Modern problems of science and education. 2014;6:209. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tgqept&ysclid=llayw3szih35533925>.

27. Grigoriev I. V., Kunitskaya O. A., Rudov S. E., Davtyan A. B. Puti povysheniya jeffektivnosti raboty lesnyh mashin [Ways to improve the efficiency of forest machines]. Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija = Energy: economics, technology, ecology. 2020;1:55-63. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S0233361920010085>.

28. Kulik K.N., Bartenev I.M. Innovacionnaja tehnologija rekonstrukcii i vosstanovlenija polezashhitnyh lesnyh polos [Innovative technology for the reconstruction and restoration of field-protective forest belts]. Traktory i sel'hozmashiny = Tractors and agricultural machines. 2018;5:3-8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-66369>.

29. Zhuk A.F., Khalilov M.B., Abdulnatipov M.G. Tehnologii, priemy i tehicheskie sredstva dlja re-sursosbergajushhej obrabotki pochvy [Technologies, techniques and technical means for resource-saving tillage]. Problemy razvitija APK regiona = Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2020;4(44):52-58. DOI 10.15217/issn2079-0996.2020.3.52 (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44429021&ysclid=llaz288ct270133585>.

30. Suchkov D.K. Tehnologija vyrashhivaniya polezashhitnyh lesnyh polos v suhostepnoj i polupustynnoj zonah [Technology of growing field-protective forest belts in the dry-steppe and semi-desert zones]. Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific and agronomic journal. 2019;3(106):7-10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41420318>.

31. Suchkov D.K., Potashkina Yu.N. Agrotehnicheskij uhod za lesnymi kul'turami: cel', sroki i chislo uhodov [Agrotechnical care for forest crops: purpose, timing and number of care]. Promyshlennost' i sel'skoe hozjajstvo = Industry and agriculture. 2020;9(26):28-35. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44073255&ysclid=llaz91t2mv34353766>.

32. Upadhyay G., Raheman R. Performance of combined offset disc harrow (front active and rear passive set configuration) in soil bin. Journal of Terramechanics, 2018;78:27-37. DOI: 10.1016/j.jterra.2018.04.002

33. Zeng Z., Chen Y., Qi L. Soil cutting by a compact disc harrow having various disc arrangements. Trans. ASABE. 2019; 62:429-437. DOI: 10.13031/trans.13106.

34. Shovkoplyas A.V. Obzor konstrukcij diskovyh rabochih organov pochvoobrabatyvajushhijh mashin [Review of designs of disk working bodies of soil-cultivating machines]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2015; 4-2:109-116. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=vntsud&ysclid=llazflqy5j513669932>.

35. Mutingi M., Dube P., Mbohwa C.A. Modular product design approach for sustainable manufacturing in a fuzzy environment. Procedia Manufacturing. 2017;8:471-478. DOI:10.1016/j.promfg.2017.02.060.

36. Abdrakhmanov R. K., Kononov M. D., Fedorenko A. A. Analiz konstrukcij diskovyh rabochih organov pochvoobrabatyvajushhih orudij [Analysis of the designs of disk working bodies of soil-cultivating implements] *Sovremennye dostizhenija agrarnoj nauki = Modern achievements of agrarian science*. 2021:10-16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46610365&ysclid=llazvhma4y833726090>.

37. Ishmuradov Sh.U., Khudoyberdiev M.S.A.O., Gafurov D.R.O. Razrabotka resursosbergajushhego, jeffektivnogo sposoba vosstanovlenija resursa rabochih organov so sfericheskim diskom [Development of a resource-saving, effective method for restoring the resource of working bodies with a spherical disk] *Universum: tehniczeskie nauki = Universum: technical sciences*. 2020;12-1(81):40-42. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44549353>.

38. Vasiliev A.S., Ivashnev M.V. Nekotorye napravlenija povyshenija jeffektivnosti funkcionirovanija diskovyh rabochih organov lesnyh pochvoobrabatyvajushhih mashin [Some directions for improving the efficiency of the functioning of disk working bodies of forest tillage machines]. *Obrazovanie i nauka v sovremennyh realijah = Education and science in modern realities*. 2017:286-288. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29654066&ysclid=llb0i0k6r258833666>.

39. Lysych M.N., Shevtsova E.P., Ermolenko S.A. Kombinirovannoe mnogofunkcional'noe pochvoobrabatyvajushhee orudie [Combined multifunctional tillage tool] *Molodoj uchenyj = Young scientist*. 2015;11(91):385-388. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23610154&ysclid=llb0pwn7691329624>.

40. Malyukov S.V., Druchinin D.Yu., Pozdnyakov E.V. [et al] Combined tillage implement. Patent RF no. 217468. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53733393>.

41. Lysych, M. N. Spatial dynamometry of the process of overcoming obstacles by working bodies of tillage implements on a virtual stand / M. N. Lysych // *Forestry Engineering Journal*. – 2019. – Vol. 9, No. 1(33). – pp. 167-175. – DOI 10.12737/article_5c920171c372b2.19385616. – URL: <https://elibrary.ru/zfeehb>.

Сведения об авторах

✉ *Малюков Сергей Владимирович* – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2098-154X>, e-mail: malyukovsergey@yandex.ru

Лысыч Михаил Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3764-3873>, e-mail: miklynea@yandex.ru

Бухтояров Леонид Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7428-0821>, e-mail: vglta-mlx@yandex.ru

Поздняков Евгений Владиславович – кандидат технических наук, научный сотрудник патентного сектора научно-исследовательского отдела ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3904-867x>, e-mail: pozd.ev@yandex.ru

Гнусов Максим Александрович – кандидат технических наук, руководитель лаборатории лесного машиностроения Инжинирингового центра ВГЛТУ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1653-4595>, e-mail: mgnusov@yandex.ru

Шавков Михаил Викторович – кандидат технических наук, специалист по снабжению ООО «Русгидроком», ул. Мазлумова, д. 25, г. Воронеж, Российская Федерация, 394040, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3700-7508>, e-mail: shavkovmv@mail.ru

Петков Александр Федорович – инженер кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6348-8934>, e-mail: alexanderpetkoff@mail.ru

Information about the authors

✉ *Malyukov Sergey Vladimirovich* – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor Department of Forestry Mechanization and Machine Design, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation; 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2098-154X>, e-mail: malyukovsergey@yandex.ru

Lysych Mikhail Nikolaevich – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3764-3873>, e-mail: miklynea@yandex.ru.

Bukhtoyarov Leonid Dmitrievich – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7428-0821>, e-mail: vgta-mlx@yandex.ru

Pozdnyakov Evgeny Vladislavovich – Cand. Sci. (Tech.), Research Fellow of the Patent Sector of the Research Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3904-867x>, e-mail: pozd.ev@yandex.ru;

Gnusov Maksim Aleksandrovich – Cand. Sci. (Tech.), Head of the Laboratory of Forestry Engineering of the Engineering Center of VGLTU, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1653-4595>, e-mail: mgnusov@yandex.ru

Shavkov Mikhail Viktorovich – Cand. Sci. (Tech.), Procurement Specialist RusHydrocom LLC, Mazlumova str., 25, Voronezh, Russian Federation, 394040, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3700-7508>, e-mail: shavkovmv@mail.ru

Petkov Aleksandr Fedorovich – engineer of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8 Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6348-8934>, e-mail: alexanderpetkoff@mail.ru.

✉ Для контактов/Corresponding author