

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 3 (94). С. 136–146.
Forest of Russia and economy in them. 2025. № 3 (94). P. 136–146.

Научная статья

УДК 630*332.2

DOI: 10.51318/FRET.2025.94.3.014

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИКИ ДЛЯ РАСЧИСТКИ ПЛОЩАДЕЙ ОТ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

М. В. Драпалюк¹, В. Н. Коротких², А. А. Платонов³,
В. П. Попиков⁴, П. А. Нартов⁵

^{1, 3–5} Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова,
Воронеж, Россия

² «Продимекс Агро», Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Виктор Петрович Попиков,
раа7@rambler.ru

Аннотация. При организации работ по расчистке от нежелательной древесно-кустарниковой растительности защитных лесных насаждений, а также прилегающих к ним территорий возникает проблема выбора высокопроизводительного технологического процесса и соответствующей ему системы машин. Выполненный обзор литературных источников выявил перспективность совершенствования корчевального оборудования как многофункционального технического средства, обеспечивающего быструю и качественную корчевку древесно-кустарниковой растительности, отдельных деревьев, сдвигание в бурты и погрузку в транспортное средство. Целью работы является повышение эффективности расчистки территорий от нежелательной древесно-кустарниковой растительности путем выявления технологических и конструктивных параметров нового многофункционального корчевального оборудования. Авторами исследования была разработана конструктивно-технологическая схема указанного оборудования, изготовлен его опытный образец. Полевые исследования корчевального оборудования, навешенного на трактор LiuGong CLG856H, осуществлялись осенью и зимой 2024 и 2025 гг. при расчистке защитных лесных насаждений, разграничивающих земли сельскохозяйственного назначения. В ходе выполнения каждого технологического цикла корчевания осуществлялись измерения времени выполнения элементов технологического процесса корчевания, а также размеры формируемых буртов выкорчеванных деревьев и кустарников. Всего было зафиксировано 540 технологических циклов корчевания нежелательной растительности, последствием осуществления которых являлось восемь сформированных куч указанной растительности. По результатам проведенных наблюдений установлено, что среднее технологическое время цикла выполнения корчевания нежелательной растительности составило 310,05 с при среднем расстоянии перемещения 41 м. Доля времени на выполнение непосредственного удаления растительности с корневой системой составляет 40,37 %, значительная доля времени затрачивалась на перемещения трактора. Средняя величина производительности работы опытного образца корчевального оборудования за один час составила 58,9 м³/ч (175,3 м²/ч) при доле выкорчеванной растительности с комом почвы на корневой системе 0,71–1,00.

Ключевые слова: нежелательная растительность, корчевальное оборудование, опытный образец, испытание, время цикла, производительность

Благодарности: авторы выражают благодарность коллективу ООО УК «Продимекс Агро» за помощь в организации полевых исследований корчевателя

Для цитирования: Совершенствование технологий и техники для расчистки площадей от нежелательной древесно-кустарниковой растительности / М. В. Драпалюк, В. Н. Коротких, А. А. Платонов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 3 (94). С. 136–146.

Original article

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR CLEARING AREAS OF UNWANTED TREE AND SHRUB VEGETATION

Mikhail V. Drapalyuk¹, Vladimir N. Korotkikh², Alexey A. Platonov³, Viktor P. Popikov⁴, Pyotr A. Nartov⁵

^{1, 3–5} Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia

² Prodimex Agro, Voronezh, Russia

Corresponding author: Viktor P. Popikov, paa7@rambler.ru

Abstract. When organizing the work of clearing protective forest plantations from unwanted tree and shrub vegetation, as well as adjacent territories, the problem of choosing a highly productive technological process and a corresponding machine system arises. A review of literature sources devoted to the issue of improving uprooting equipment as a multifunctional technical facility that provides fast and high-quality uprooting of tree and shrub vegetation, individual trees, shifting into piles and loading into a vehicle. The aim of the research is to increase the efficiency of clearing territories from unwanted tree and shrub vegetation by identifying the technological and design parameters of the new multifunctional uprooting equipment. The authors of the research developed a design and technological scheme of the specified equipment, and manufactured its prototype. Field researches of a prototype uprooting equipment mounted on a LiuGong CLG 856 tractor were carried out in the autumn and winter of 2024 and 2025 during the clearing of protective forest plantations delimiting agricultural lands. During the execution of each technological cycle of uprooting unwanted vegetation, the time of execution of the elements of the technological process of uprooting was measured, as well as the size of the formed piles of trees and shrubs vegetation. In total, 540 technological cycles of uprooting unwanted vegetation were recorded, the result of which was eight formed piles of the specified vegetation. Based on the results of the observations, it was found that the average technological cycle time for uprooting unwanted vegetation was 310,05 seconds with an average travel distance of 41 m. The proportion of time spent on direct removal of vegetation from the root system is 40,37 %, a significant proportion of the time was spent on moving the tractor. The average productivity of the prototype uprooting equipment in one hour was 58,9 m³/h (175,3 m²/h) with a proportion of uprooted vegetation with a clod of soil on the root system of 0,71–1,00.

Keywords: unwanted vegetation, uprooting equipment, prototype, testing, cycle time, productivity

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the team of UK Prodimex Agro LLC for assistance in organizing field researches of the uprooter.

For citation: Improvement of technologies and equipment for clearing areas of unwanted tree and shrub vegetation / M. V. Drapalyuk, V. N. Korotkikh, A. A. Platonov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 3 (94). P. 136–146.

Введение

При организации работ по расчистке от нежелательной растительности защитных лесных насаждений, а также прилегающих к ним территорий нередко возникает проблема выбора высокопроизводительного технологического процесса, а также соответствующей ему системы машин. Наряду со срезанием нежелательной растительности востребованным продолжает оставаться технологический процесс, предусматривающий выкорчевывание растительности без предварительного разделения наземной и подземной частей растения, с последующим перемещением полученных остатков растительности вместе с комом почвы (при его наличии) к месту складирования выкорчеванной растительности с целью ее утилизации (например, сжигания или переработки на щепу).

Однако традиционные технологии корчевания растительности, используемые в лесном комплексе, представлены в основном корчевателями в виде толкающей рамы, приводимыми в движение тракторами на гусеничном ходу прошлых поколений, не отличающихся большой экономичностью. После корчевания к тому же требуется применение дополнительных технических средств для формирования куч из выкорчеванных деревьев и кустарников, что требует дополнительных капитальных вложений.

Более современные технологии корчевания растительности предусматривают применение универсальных технических средств (тракторов), агрегируемых с корчевателями, обладающих, однако, недостаточной производительностью в случае необходимости расчистки больших территорий и не позволяющих при этом формировать кучи выкорчеванной растительности без смены оборудования. Таким образом, актуальным является вопрос совершенствования технологий и технических средств расчистки территорий от нежелательной древесно-кустарниковой растительности.

Обзор современных научных работ, посвященных данному вопросу, выявил такие направления

исследований, как разработка новых конструкций корчевального оборудования для конкретных условий его применения, в том числе с использованием вибрации (Абдразаков, Кузнецов, 2023; Михитаров, Добрынин, 2024; Pathak и др., 2021; Ramantswana и др., 2020; Saksa и др., 2023; Performance..., 2023), совершенствование технологических операций транспортировки выкорчеванной древесины (Эксплуатация..., 2022; Платонов, 2023; Huang и др., 2024), изучение особенностей произрастания объектов корчевания – растительности (Mechanism..., 2024; A mechanistic Prediction Model..., 2024), повышение эффективности работы лесных машин (Пути повышения..., 2020; Хегай, Михитаров, 2021) и т. д.

Выполненный обзор вышеуказанных литературных источников выявил перспективность совершенствования корчевального оборудования как технического средства, обеспечивающего быстрое и качественное удаление нежелательной растительности, гарантирующего при этом ее невозобновление в течение достаточно продолжительного периода времени.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью работы является повышение эффективности расчистки территорий от нежелательной древесно-кустарниковой растительности и отдельных деревьев путем выявления технологических и конструктивных параметров нового многофункционального корчевального оборудования.

Объект исследования представлял собой корчеватель, навешиваемый на трактор типа фронтального погрузчика, а предметом исследования являлись его конструктивно-технологические характеристики, а также технологические процессы удаления нежелательной растительности.

Авторами исследования была разработана конструктивно-технологическая схема многофункционального корчевального оборудования, обеспечивающего удаление произрастающей нежелательной древесно-кустарниковой растительности

и отдельных деревьев методом выкорчевывания без предварительного отделения наземной части указанной растительности от подземной, а также сдвигания в валы или погрузки в транспортное средство. На разработанную конструкцию корчевального оборудования авторами исследования подана заявка на патент.

В целом конструкция разработанного корчевального оборудования представляет собой раму, в нижней части которой выделены клыки переменного сечения, внедряющиеся в почву во время корчевания. Движение корчевателю придают штоки гидроцилиндров, обеспечивающие его наклон во фронтальной проекции на угол более 90° . Форма, количество и расположение зубьев обеспечивают удержание выкорчеванной нежелательной растительности при поднятом над поверхностью земли корчевателе. Опытный образец корчевального оборудования был изготовлен по чертежам исполнительного директора ООО УК «Продимекс Агро», входящего в состав ГК «Продимекс», В. Н. Коротких.

В ходе проектирования формирование визуального образа новой конструкции корчевального оборудования, основные отличительные признаки которого соответствовали поданному авторами статьи патенту на изобретение, осу-

ществлялось посредством отечественной системы автоматизированного проектирования Компас (рис. 1). При моделировании корчевального оборудования учитывались такие влияющие на его производительность работы размеры, как ширина захвата Brt и высота Hrt (определяемые высотой подлежащей корчеванию растительности Luv), ширина одного зуба Bzr и количество зубьев Zrt (определяемые диаметром растительности Duv), радиус скругления зуба Rzr , расстояние между направляющими зубьев Lon при высоте расположения опоры Hon .

Полевые исследования опытного образца корчевального оборудования, навешенного на трактор LiuGong CLG856H, осуществлялись осенью и зимой 2024 и 2025 гг. на участке территории Абрамовского сельского поселения Таловского района Воронежской области при расчистке защитных лесных насаждений, разграничивающих земли сельскохозяйственного назначения. В ходе проведения работ по испытанию опытного образца корчевального оборудования было запланировано осуществление удаления произрастающей растительности с корневой системой, перемещение удаленной растительности с места ее произрастания и складирование в кучи для дальнейшего (спустя некоторое время) сжигания.

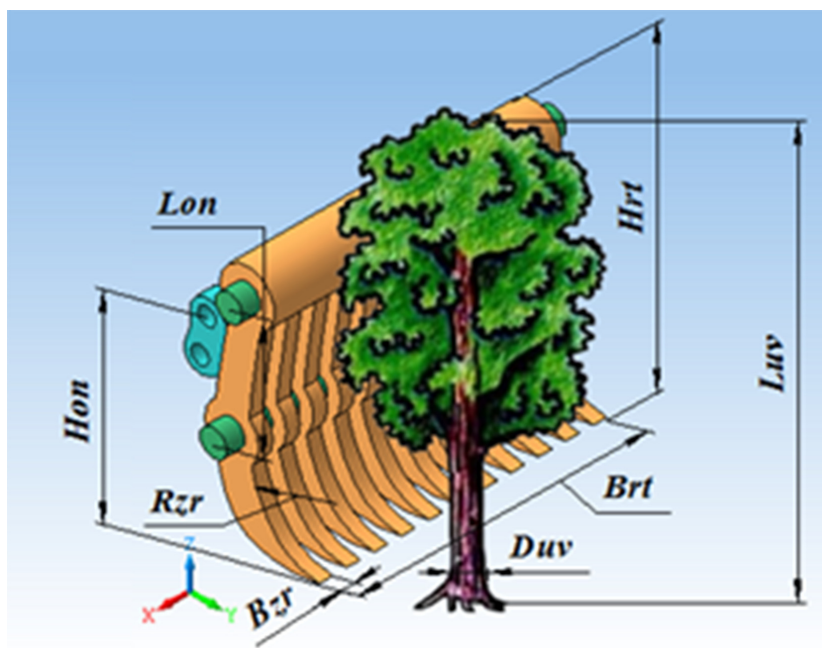


Рис. 1. Модель корчевального оборудования
Fig. 1. Model of uprooting equipment

В соответствии с ГОСТ Р 53052–2008 при испытании опытного образца корчевального оборудования показателем качества выполнения технологического процесса являлись достижение наибольшей величины производительности W_q (м³/ч) корчевального оборудования при наименьшем суммарном технологическом времени цикла его работы, а также полная очистка территории от нежелательной растительности.

Объемы формируемых трактором посредством применения корчевального оборудования куч из деревьев и кустарников в складочных кубометрах $V_{кпбо}$ (м³) определялись косвенным методом измерений. Для этого выявлялись размеры кучи (ширины a_k , длины b_k и высоты h_k ; м), при этом каждый размер измерялся в разных точках кучи не менее трех раз с вычислением среднего значения, кроме того, не принимались во внимание

выступающие ветви выкорчеванной растительности длиной менее 0,5 м. Объемы куч выкорчеванных деревьев и кустарников определялись по формуле $V_{кпбо} = a_k b_k h_k$.

В ходе выполнения каждого технологического цикла корчевания нежелательной растительности осуществлялись измерения времени выполнения элементов технологического процесса корчевания, при этом замеры осуществлялись с точностью до 1 с. Размеры формируемых куч выкорчеванных деревьев и кустарников измерялись рулеткой с точностью до 10 см.

Результаты статистической обработки экспериментальных данных величин времени элементов технологического процесса корчевания растительности представлены на рис. 2, размеров сформированных куч выкорчеванных деревьев и кустарников – на рис. 3.

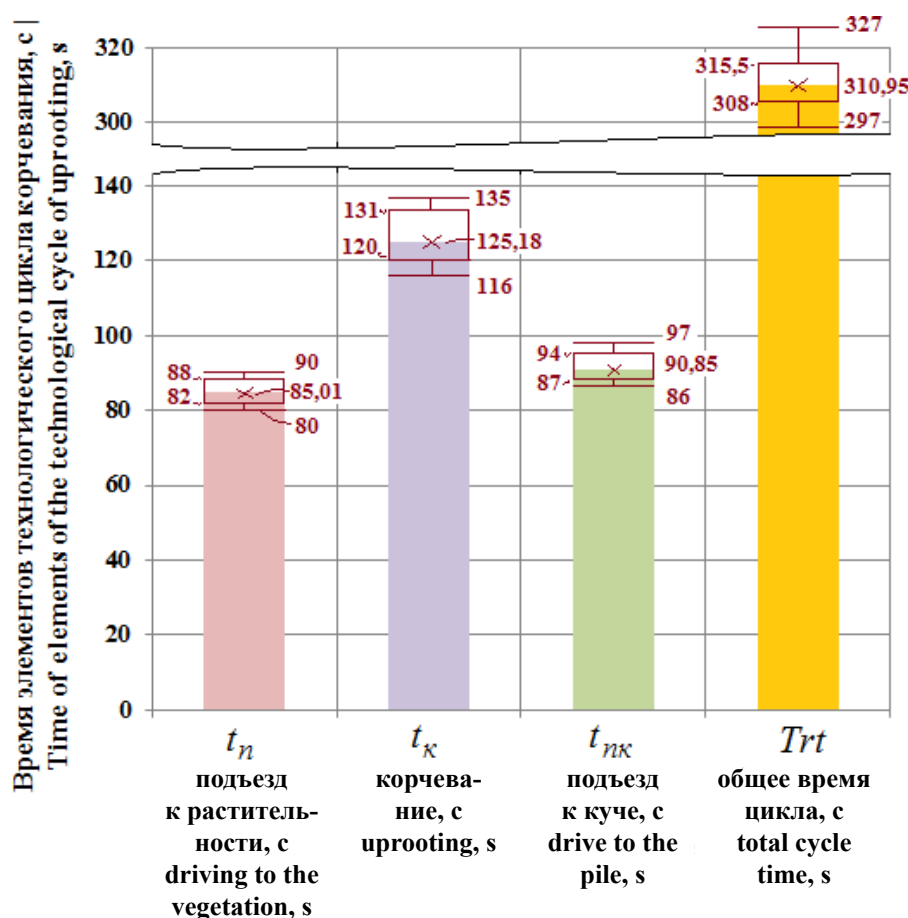


Рис. 2. Результаты статистической обработки времени элементов технологического процесса корчевания

Fig. 2. Results of statistical processing of the time of elements of the technological process of uprooting

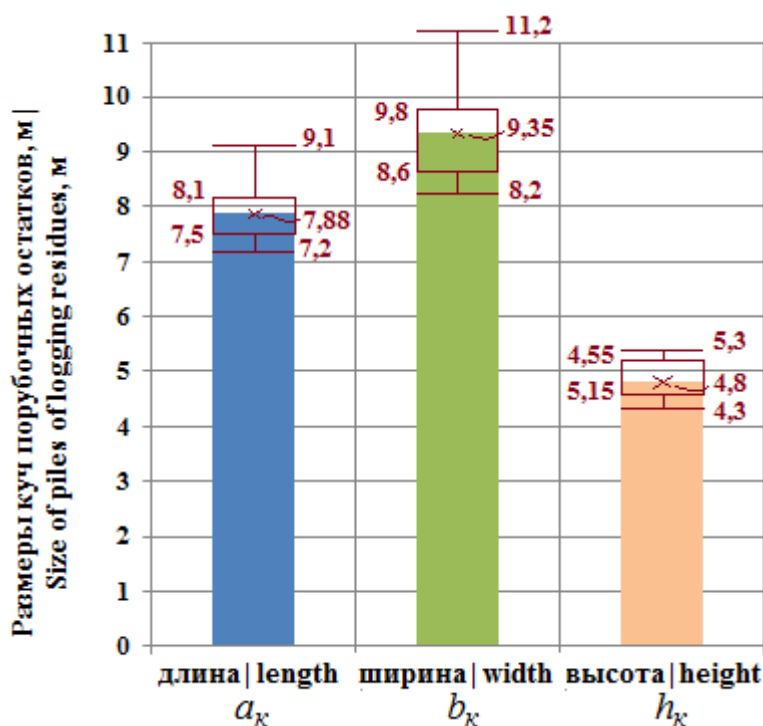


Рис. 3. Результаты статистической обработки размеров куч выкорчеванной растительности

Fig. 3. Results of statistical processing of the sizes of uprooted vegetation piles

Результаты и их обсуждение

Всего было зафиксировано 540 технологических циклов корчевания нежелательной растительности, последствием осуществления которых являлось формирование 8 куч выкорчеванных деревьев и кустарников.

По результатам проведенных наблюдений установлено, что среднее технологическое время цикла выполнения корчевания нежелательной растительности при количестве рассматриваемых элементов цикла корчевания $n = 7$ составило

$T_{rt} = 310,05$ с при среднем расстоянии перемещения выкорчеванных деревьев и кустарников 41 м (рис. 4). Средняя скорость трактора при холостом ходу составила 0,96 м/с (3,47 км/ч), при перемещении выкорчеванной растительности – 0,9 м/с (3,24 км/ч).

Результаты хронометражных наблюдений выполнения работы по корчеванию нежелательной растительности опытным образцом корчевального оборудования представлены в табл. 1.



Рис. 4. Испытания опытного образца корчевального оборудования

Fig. 4. Testing of a prototype of the uprooting equipment

Таблица 1
Table 1

Общая структура рабочего времени корчевального оборудования
в течение одного технологического цикла
General structure of working time of uprooting equipment during
one technological cycle

Наименование временного интервала и обозначение Name of the time interval and designation	Время Time	
	сек sec	%
Подъезд трактора к заросшим лесным насаждениям t_n Tractor approaching overgrown forest plantations t_n	85,01	27,42
Опускание корчевального оборудования t_{on} Lowering the uprooting equipment t_{on}	3,00	0,96
Выполнения корчевальной работы t_k Performing uprooting work t_k	125,18	40,37
Подъем корчевального оборудования с растительностью t_{nn} Lifting of uprooting equipment with vegetation t_{nn}	2,00	0,65
Подъезд трактора к формируемой куче выкорчеванных деревьев и кустарников $t_{нк}$ Tractor approach to the formed pile of logging residues $t_{нк}$	90,85	29,30
Выгрузка растительности из корчевального оборудования t_v Unloading vegetation from uprooting equipment t_v	2,00	0,65
Приведение корчевателя в транспортное положение $t_{онмп}$ Bringing the uprooting equipment into the transport position $t_{онмп}$	2,00	0,65
Общее время Trt Total time Trt	310,05	100,00

Анализ рассмотренной структуры рабочего времени корчевания растительности показывает (см. табл. 1), что доля времени на выполнение непосредственного удаления растительности с корневой системой составляет лишь 40,37 %, при этом значительная доля времени затрачивается на перемещения трактора. Это указывает на возможные направления совершенствования технологии

применения разработанного корчевального оборудования в части увеличения доли времени на производительную работу.

В ходе испытаний при выполнении одного технологического цикла корчевания опытный образец корчевального оборудования удалял одновременно несколько (от трех до шести с учетом фактической степени зарастания) экземпляров нежелательной растительности. При этом доля Δ_{ls} выкорчеванной растительности с комом почвы на корневой системе составляла 0,71–1,00 (рис. 5), от величины которой в немалой степени зависела технологическая производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$) корчевального оборудования.

С учетом выявленного среднего времени Trt одного технологического цикла работы корчевального оборудования (см. табл. 1) средняя величина производительности его работы за один час составила $W_v = 58,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($175,3 \text{ м}^2/\text{ч}$), что позволило трактору посредством применения опытного образца корчевального оборудования эффективно

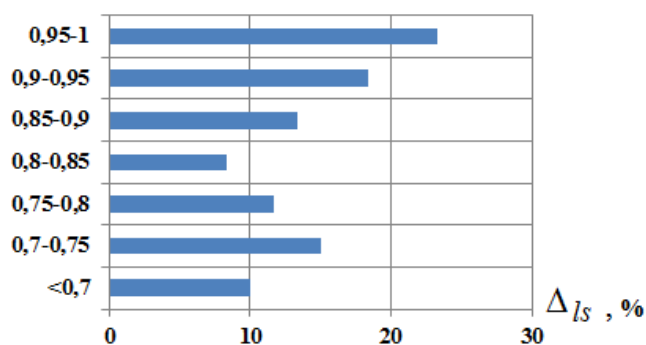


Рис. 5. Доля выкорчеванной растительности с комом почвы

Fig. 5. The proportion of uprooted vegetation with a lump of soil

сформировать кучи выкорчеванных деревьев и кустарников (см. рис. 4), размеры и объемы которых представлены в табл. 2.

Чистое (без простоев и перерывов) рабочее время Trt_p опытного образца корчевального оборудования по формированию его посредством

куч выкорчеванных деревьев и кустарников вышеуказанных размеров и объемов составило: для кучи № 1 $Trt_p = 7,25$ ч, для кучи № 2 $Trt_p = 5,66$ ч, для кучи № 3 $Trt_p = 4,43$ ч, для кучи № 4 $Trt_p = 6,09$ ч, для кучи № 5 $Trt_p = 5,71$ ч, для кучи № 6 $Trt_p = 5,11$ ч, для кучи № 7 $Trt_p = 7,78$ ч, для кучи № 8 $Trt_p = 6,28$ ч.

Таблица 2

Table 2

Размеры сформированных посредством корчевального оборудования куч
выкорчеванной растительности
Dimensions of piles of logging residues formed by means of uprooting equipment

№ кучи № Pile	Размеры, м Dimensions, m			Объем $V_{кпбо}$, м ³ Volume $V_{кпбо}$, m ³
	Ширина a_k Width a_k	Длина b_k Length b_k	Высота h_k Height h_k	
1	7,9	10,20	5,3	427,074
2	7,8	9,30	4,6	333,684
3	7,4	8,20	4,3	260,924
4	8,3	9,40	4,6	358,892
5	7,6	8,50	5,2	335,920
6	7,2	8,70	4,8	300,672
7	9,1	11,20	4,5	458,640
8	7,8	9,30	5,1	369,954
Среднее	7,8875	9,35	4,8	355,720

Сравнение производительностей работы корчевателей различных фирм с производительностью опытного образца корчевального оборудования (рис. 6) выявило неоспоримые преимущества последнего, заключающиеся не только в качественной очистке территории большей площади, но и в возможности выполнения работ по формированию куч выкорчеванных деревьев и кустарников при относительно быстром перемещении трактора по очищаемой территории без разрушения почвенного слоя.

Таким образом, результаты испытания опытного образца корчевального оборудования выявили достижение планируемых целевых показателей качества выполнения технологического процесса удаления нежелательной растительности методом корчевания, а именно полной очистки территории от нежелательной растительности при величине производительности $W_q = 58,9$ м³/ч (175,3 м²/ч) и среднем технологическом времени цикла $Trt = 310,05$ с.

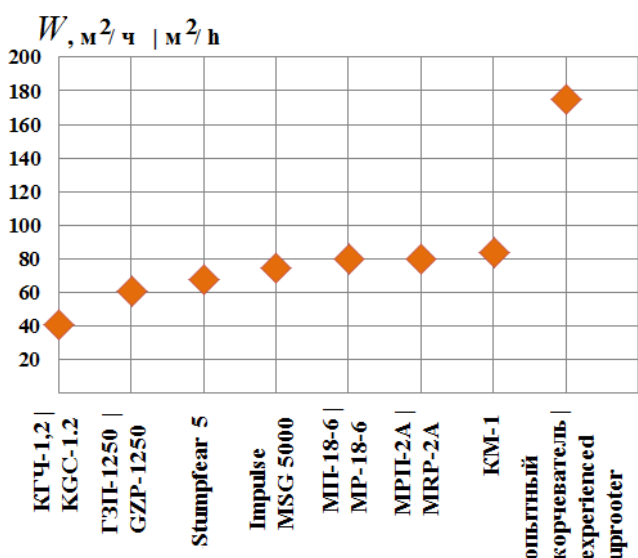


Рис. 6. Сравнение производительностей работы корчевателей

Fig. 6. Comparison productivity of the work of the uprooters

Выводы

1. Установлено, что в ходе организации работ по расчистке от нежелательной растительности защитных лесных насаждений, а также прилегающих к ним территорий востребованным продолжает оставаться технологический процесс, предусматривающий выкорчевывание указанной растительности.
2. Для повышения эффективности расчистки территорий разработана конструктивно-технологическая схема многофункционального корчевального оборудования, обеспечивающего удаление произрастающей нежелательной древесно-кустарниковой растительности и отдельных деревьев методом выкорчевывания. На разработанную конструкцию корчевального оборудования подана заявка на патент.
3. В ходе проведения работ по испытанию опытного образца корчевального оборудования было зафиксировано 540 технологических циклов корчевания нежелательной растительности, последствием осуществления которых являлось формирование 8 куч порубочных остатков. Среднее технологическое время цикла выполнения корчевания нежелательной растительности составило 310,05 с при среднем расстоянии перемещения 41 м.
4. Доля времени на выполнение непосредственного удаления растительности с корневой системой составила лишь 40,37 %, при этом значительная доля времени затрачивалась на перемещения трактора. Это указывает на возможные направления совершенствования технологии применения разработанного корчевального оборудования в части увеличения доли времени на производительную работу.
5. Средняя величина производительности работы опытного образца корчевального оборудования за один час составила $W_q = 58,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($175,3 \text{ м}^2/\text{ч}$) при доле выкорчеванной растительности с комом почвы на корневой системе 0,71–1,00.
6. Сравнение производительностей работы корчевателей различных фирм с производительностью опытного образца корчевального оборудования выявило неоспоримые преимущества последнего, заключающиеся не только в качественной очистке территории большей площади, но и в возможности выполнения работ по формированию куч порубочных остатков при относительно быстром перемещении трактора по очищаемой территории без разрушения почвенного слоя.

Список источников

- Абдразаков Ф. К., Кузнецов В. А. Методы очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности // Основы рационального природопользования. Саратов : СГАУ, 2023. С. 3–7.
- Михитаров А. Р., Добрынин Ю. А. Совершенствование технологического оборудования лесохозяйственной машины с манипулятором для корчевания с применением вибрации // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Т. 247. С. 252–263. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.252-263
- Платонов А. А. Оценка видового разнообразия растительности, произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов Центральной России // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 1 (49). С. 180–193. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12
- Пути повышения эффективности работы лесных машин / И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, С. Е. Рудов [и др.] // Энергия: экономика, техника, экология. 2020. Т. 1. С. 55–63. DOI: 10.7868/S0233361920010085
- Хегай В. К., Михитаров А. Р. Сравнение экономической эффективности способов валки деревьев без корневой системы и с корневой системой // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2021. Т. 59. С. 274–276.
- Эксплуатация почвообрабатывающих орудий в условиях нераскорчеванных вырубок европейской части России: анализ препятствий в виде пней и корней / С. В. Малюков, Е. В. Поздняков, С. И. Дегтярева [и др.] // Лесотехнический журнал. 2022. Т. 4 (48). С. 96–113. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2022.4/7
- A Mechanistic Prediction Model of Resistance to Uprooting of Coniferous Trees in Heilongjiang Province, China / G. Xie, Y. Li, L. Wang [et al.] // Plants. 2024. № 13 (17). P. 2377. DOI: 10.3390/plants13172377

- Huang Q., Wang Y., Leung A. Large deformation simulation of uprooting of trees with complex root system architectures using material point method with embedded truss elements // *Plant and Soil*. 2024. № 10. P. 1–30. DOI: 10.1007/s11104-024-07057-z
- Mechanism underlying the uprooting of taproot-type shrub species in the loess area of northeastern Qinghai-Xizang Plateau, China / S. Liang, S. Wang, Y. Liu [et al.] // *Journal of Arid Land*. 2024. № 16 (10). P. 1426–1443. DOI: 10.1007/s40333-024-0032-0
- Pathak G. C., Joshi H., Singh R. D. Root distribution in Himalayan trees: about half of roots occur below 30 cm, the generally sampled depth // *TropEcol*. 2021. № 62. P. 479–491. DOI: 10.1007/s42965-021-00159-0
- Performance Evaluation of Tractor Operated Cotton Stalk Shredder Cum Uprooter / G. Srinidhi, S. Sushilendra, S. Shirwal [et al.] // *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023. № 13. P. 3266–3279. DOI: 10.9734/ijec/2023/v13i113499
- Ramantswana M., Guerra S., Ersson B. T. Advances in the Mechanization of Regenerating Plantation Forests : a Review. *Current Forestry Reports*. 2020. № 6(3). P. 65. DOI: 10.1007/s40725-020-00114-7
- Saksa T., Miina J., Luukkonen O. Uprooting as a pre-commercial thinning operation in young Norway spruce stands // *Silva Fennica*. 2023. № 57 (2). P. 65. DOI: 10.14214/sf.22027

References

- Abdrzakov F. K., Kuznetsov V. A. Methods of cleaning irrigation canals from woody and shrubby vegetation // *Fundamentals of rational nature management*. Saratov : SSAU, 2023. P. 3–7. (In Russ.)
- A Mechanistic Prediction Model of Resistance to Uprooting of Coniferous Trees in Heilongjiang Province, China / G. Xie, Y. Li, L. Wang [et al.] // *Plants*. 2024. № 13 (17). P. 2377. DOI: 10.3390/plants13172377
- Huang Q., Wang Y., Leung A. Large deformation simulation of uprooting of trees with complex root system architectures using material point method with embedded truss elements // *Plant and Soil*. 2024. № 10. P. 1–30. DOI: 10.1007/s11104-024-07057-z
- Khegay V. K., Mikhitarov A. R. Comparison of the economic efficiency of methods for felling trees without a root system and with a root system // *Actual problems of the forest complex*. 2021. Vol. 59. P. 274–276. (In Russ.)
- Mechanism underlying the uprooting of taproot-type shrub species in the loess area of northeastern Qinghai-Xizang Plateau, China / S. Liang, S. Wang, Y. Liu [et al.] // *Journal of Arid Land*. 2024. № 16(10). P. 1426–1443. DOI: 10.1007/s40333-024-0032-0
- Mikhitarov A. R., Dobrynin Yu. A. Improving the technological equipment of a forestry machine with a manipulator for uprooting using vibration // *Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy*. 2024. Vol. 247. P. 252–263. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.252-263 (In Russ.)
- Operation of tillage tools in conditions of ungrown clearings in the European part of Russia: analysis of obstacles in the form of stumps and roots / S. V. Malyukov, E. V. Pozdnyakov, S. I. Degtyareva [et al.] // *Forestry Engineering Journal*. 2022. Vol. 4 (48). P. 96–113. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2022.4/7 (In Russ.)
- Pathak G. C., Joshi H., Singh R. D. Root distribution in Himalayan trees: about half of roots occur below 30 cm, the generally sampled depth // *TropEcol*. 2021. № 62. P. 479–491. DOI: 10.1007/s42965-021-00159-0
- Performance Evaluation of Tractor Operated Cotton Stalk Shredder Cum Uprooter / G. Srinidhi, S. Sushilendra, S. Shirwal [et al.] // *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023. № 13. P. 3266–3279. DOI: 10.9734/ijec/2023/v13i113499
- Platonov A. A. Assessment of species diversity of vegetation growing in the territories of linear infrastructure facilities of Central Russia // *Forestry Engineering Journal*. 2023. Vol. 1 (49). P. 180–193. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12 (In Russ.)
- Ramantswana M., Guerra S., Ersson B. T. Advances in the Mechanization of Regenerating Plantation Forests : a Review. *Current Forestry Reports*. 2020. № 6(3). P. 65. DOI: 10.1007/s40725-020-00114-7

Saksa T., Miina J., Luukkonen O. Uprooting as a pre-commercial thinning operation in young Norway spruce stands // Silva Fennica. 2023. № 57 (2). P. 65. DOI: 10.14214/sf.22027

Ways to improve the efficiency of forest machines / I. V. Grigoriev, O. A. Kunitskaya, S. E. Rudov [et al.] // Energy: economics, technology, ecology. 2020. Vol. 1. P. 55–63. DOI: 10.7868/S0233361920010085 (In Russ.)

Информация об авторах

Михаил Валентинович Драпалюк – доктор технических наук, профессор,
michael1@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8029-2706>

Владимир Николаевич Коротких – кандидат технических наук,
korotkihvlad@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0001-1294-3351>

Алексей Александрович Платонов – кандидат технических наук, доцент,
paa7@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4114-4636>

Виктор Петрович Попиков – кандидат технических наук, доцент,
vpopikov75@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-2499-2772>

Петр Андреевич Нартов – аспирант,
petrov1ch99@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0008-3871-9332>

Information about the authors

M. V. Drapalyuk – Doctor of Technical Sciences, Professor,
michael1@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8029-2706>

V. N. Korotkikh – Candidate of Technical Sciences,
korotkihvlad@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0001-1294-3351>

A. A. Platonov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
paa7@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4114-4636>

V. P. Popikov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
vpopikov75@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-2499-2772>

P. A. Nartov – graduate student,
petrov1ch99@yandex.ru, <http://orcid.org/0009-0008-3871-9332>

Статья поступила в редакцию 11.04.2025; принята к публикации 07.05.2025.

The article was submitted 11.04.2025; accepted for publication 07.05.2025.
