

УДК 630.00

Н. В. Хорошун¹, М. Т. Насковец²¹ Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь² Белорусский государственный технологический университет**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА
ДЛЯ СКАШИВАНИЯ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ**

Статья включает краткий обзор исследований, направленных на совершенствование технологий и оборудования для удаления древесно-кустарниковой растительности при содержании и обслуживании объектов лесохозяйственных дорог. Особое внимание уделено отечественному оборудованию для выполнения этих операций при непрерывном движении.

В статье обоснована конструкция усовершенствованного трапециевидного ножа для скашивания древесно-кустарниковой растительности, позволяющая устранить недостатки серийно устанавливаемых ножей, увеличить срок их работы, межзаточные временные интервалы и уменьшить непроизводительные временные и ресурсные затраты.

Ключевые слова: лесохозяйственные дороги, машины и оборудование, деревья, кусты, очистка объектов.

N. V. Khoroshun¹, M. T. Naskovets²¹ Ministry of Forestry of the Republic of Belarus² Belarusian State Technological University**JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF THE WORKING BODY
FOR CUTTING WOODY AND BUSH VEGETATION**

The article includes a brief review of research aimed at improving technology and equipment for removing trees and bushes in the maintenance and service of forest roads. Particular attention is devoted to domestic equipment to perform these operations in continuous motion.

The article substantiates the design of an improved trapezoidal knife for cutting trees and bushes to vegetation, the drawbacks of serially installed knives, increase their lifespan, inter-cutting time intervals and reduce non-productive time and resource costs.

Key words: forestry roads, machinery and equipment, trees, bushes, cleaning of objects.

Введение. Древесно-кустарниковая растительность (ДКР) создает помехи при движении транспорта по лесохозяйственным дорогам, снижает безопасность дорожного движения, мешает проведению работ по заготовке древесины.

Удаляют ДКР механическими и химико-механическими способами. К способам механического удаления ДКР относят срезку, вырубку, корчевание, фрезерование и мульчирование.

Выбор способа уничтожения древесно-кустарниковой растительности зависит от высоты, диаметра и породного состава деревьев и кустарников, типа почвы и иных факторов.

Наиболее рационален раздельный способ удаления ДКР, при котором вначале срезают надземную часть растительности, а затем при необходимости выкорчевывают пни и корни.

При раздельном способе надземную часть ДКР утилизируют для получения различных строительных материалов, химических веществ, древесного топлива и др.

Для срезания ДКР лучше использовать кусторезы с активными рабочими органами роторного типа. Наилучшее качество срезки до-

стигается в осенне-зимний период при промерзании почвы на глубину 15–20 см [1–3].

Срезка кустарника позволяет меньше нарушать гумусовый слой, поскольку ее выполняют по мерзлому грунту, срезанная древесина свободна от земли и может быть переработана в древесную щепу. Качество срезки при проведении ее в зимнее время значительно выше, так как при этом выкорчевываются только единичные стволы.

Основная часть. Технология применения кусторезной машины роторного типа предусматривает работу во все сезоны года и срезание различных пород древесно-кустарниковой растительности. Отметим также, что механические свойства ДКР отличаются от свойств уже сформировавшейся древесины той же породы.

Контент-анализ литературных источников, позволил установить, что в зависимости от диаметра срезаемой ДКР процесс работы роторного кустореза включает три режима срезания:

1) легкий режим – срезание мелкого кустарника (диаметр стволов до 3,0 см);

2) средний режим – срезание крупного кустарника (диаметр стволов от 3,1 до 6,0 см);

3) тяжелый режим – срезание деревьев (диаметр стволов от 6,1 до 10,0 см) [4, 5, 6].

Работа с мелким кустарником не вызывает значительных нагрузок на срезающий орган. Для полного срезания стволов мелкого кустарника выявлено, что угловая скорость вращения ротора должна составлять не менее 120 с^{-1} . В зависимости от нагрузок ножи работают или в режиме «свободного вращения» на своих осях, или в режиме «упора», когда тыльная сторона ножа опирается на упорный вкладыш. При снижении нагрузки ножи сходят с упора и работают в режиме свободного вращения на осях [7–9].

Проведенный анализ существующих машин для удаления древесно-кустарниковой растительности выявил, что наибольший интерес для исследований представляет косилка ротационная дорожная КРД-1,5, производства ОАО «Мозырский машиностроительный завод».

Данное оборудование производится серийно и имеет большую производительность в сравнении с остальными, обладает еще одним преимуществом – не только срезает, но и измельчает ДКР одним и тем же рабочим органом. Одновременно косилка ротационная дорожная КРД-1,5 имеет аппарат режущий К-1.01.00.000, являющийся основным рабочим органом, и головку режущую ГР1 – дополнительный рабочий орган.

Работу косилок с шарнирно прикрепленными к дискам ножами изучали В. М. Мартынов, Н. Е. Резник, Е. И. Мажугин, С. Г. Рубец, А. В. Пашкевич и другие ученые [7]. Данная проблема также исследовалась в ряде диссертационных работ [10–12]. Отечественные ученые выявили, что у современных многороторных косилок срезание растительности является косым или скользящим. При этом возникающая на режущей кромке ножа сила трения, направленная вдоль этой кромки, будет способствовать отклонению ножа от радиального положения. Уменьшение отклоняющего момента обеспечивается применением ножей, запатентованной авторами формы (рис. 1) [4].

Рубцом С. Г. предложено, чтобы режущие кромки ножей были расположены радиально по отношению к отверстию для болта крепления ножа к диску и выполнены расширяющимися к периферии, а внешняя торцовая кромка изготовлена по дуге окружности с центром, совпадающим с центром ротора. Выступающая за пределы ротора часть ножа имеет форму, близкую к форме равнобедренной трапеции. Впоследствии ножи данной формы были названы трапециевидными ножами [7].

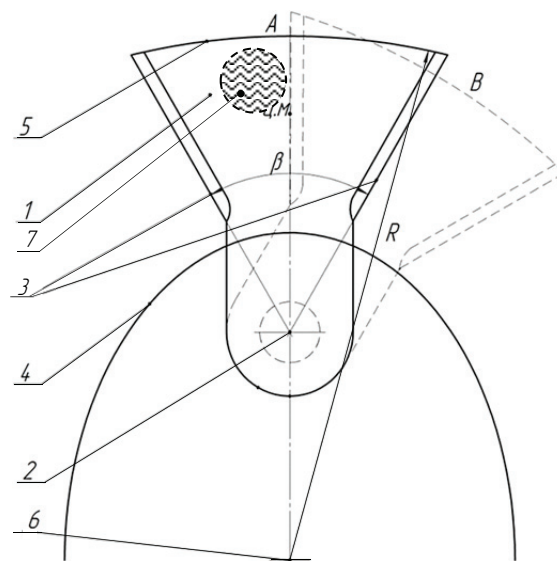


Рис. 1. Трапециевидный нож роторной косилки Рубца С. Г.:
1 – пластина; 2 – отверстие для болта;
3 – режущие кромки; 4 – ротор;
5 – торцовая кромка ножа;
6 – ось вращения ротора; 7 – срезанный ствол

Вращающийся вместе с ротором 4 нож 1 благодаря действию центробежных сил располагается в радиальном положении А. При встрече с растительностью нож срезает ее заостренной режущей кромкой 3. Возникающая при этом сила сопротивления, действующая на режущую кромку со стороны растительности, отклоняет нож назад против направления вращения к положению В. Возникающее скольжение режущей кромки по скашиваемой растительности не приводит к увеличению отклонения ножа, так как сила трения расположенной радиально по отношению к центру болта крепления режущей кромки о растительность не создает отклоняющего нож момента вследствие того, что плечо силы трения относительно центра отверстия 2 в пластине равно нулю [7, 13].

Благодаря тому, что выступающая за пределы диска трапециевидная часть ножа выполнена с расширением к периферии, центр масс ножа также смещен к периферии, что увеличивает плечо центробежной силы, действующей на нож, и стабилизирует его положение. Во избежание трения торцовой кромки 5 о нескошенную растительность кромка изготовлена по дуге окружности с центром, совпадающим с центром ротора, и при срезании растительности некоторое отклонение ножа приводит к соответствующему повороту внешней кромки и удалению задней ее части от несрезанной растительности.

Рубцом С. Г. установлено, что нож предлагаемой конструкции в процессе срезания будет

отклоняться на меньшую величину по сравнению с ножом прямоугольной формы. В результате научно-практических экспериментов по исследованию процесса скашивания древесно-кустарниковой растительности многороторной косилкой с трапециевидными ножами Рубцом С. Г. были установлены рациональные интервалы варьирования факторов при скашивании ДКР, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Параметры факторов, влияющих на скашивание древесно-кустарниковой растительности

Наименование фактора	Обозначение фактора	Рациональный интервал варьирования	Оптимальное значение
Угол расхождения режущих кромок ножей, град	β	60–70	65
Угол заострения режущих кромок ножей, град	α	20–25	20
Поступательная скорость перемещения режущего аппарата косилки, м/с	v_n	0,8–1,0	0,8–1,0
Частота вращения роторов с ножами, мин ⁻¹	n	1500–1900	1600

Ножи косилки ротационной дорожной КРД-1,5 производства ОАО «Мозырский машиностроительный завод», представляют собой прямоугольные пластины, выполненные из стали 65Г. В свою очередь ОАО «Лидсельмаш» производит нож с аналогичными характеристиками.

Недостатком данных ножей является довольно быстрый износ режущих кромок, что влияет на качество и эффективность работы косилки и требует периодической их заточки. Как правило, заточка ножей выполняется в

мастерских на специализированных заточных станках, находящихся на удаленных расстояниях от мест работы агрегата, что вызывает непроизводительные временные и ресурсные затраты.

На основании проведенных исследований предлагается конструкция усовершенствованного ножа, позволяющая устранить отмеченный недостаток серийно устанавливаемых ножей, увеличить срок их работы, межзаточные временные интервалы и уменьшить непроизводительные временные и ресурсные затраты.

Предлагаемый для ротационных косилок сконструированный усовершенствованный нож, изображенный на рис. 2, представляет собой сборную конструкцию, состоящую из основания 1 и двух режущих накладок 2. Основание выполнено в виде, близкой к форме равнобедренной трапеции с шестью резьбовыми отверстиями 4, в которые закручиваются винты 3, крепящие режущие накладки с плакирующим слоем 2.

Отличительные характеристики серийно выпускаемого и сконструированного усовершенствованного ножа приведены в табл. 2.

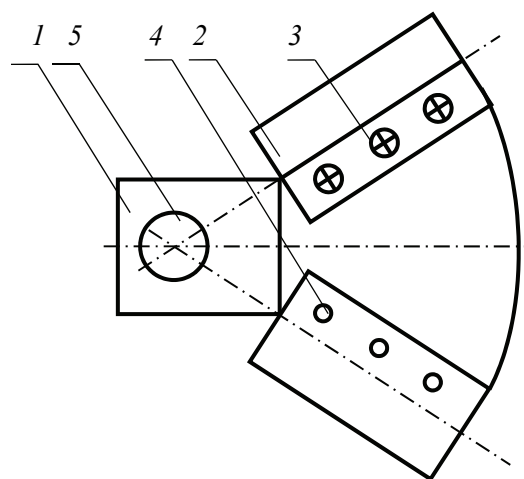


Рис. 2. Усовершенствованный трапециевидный нож роторной косилки:
1 – основание; 2 – режущие накладки; 3 – винт;
4 – резьбовое отверстие; 5 – отверстие

Таблица 2

Характеристики ножей

Наименование параметра	Нож К-1.01.00.023	Нож РК 02.405	Сконструированный нож
Форма	Прямоугольный	Прямоугольный	Трапециевидный
Длина, мм	140	109	140
Ширина, мм	50	55	170
Лезвия	Кромки ножа	Кромки ножа	Режущие накладки
Угол расхождения режущих кромок ножей, град	0,0	0,0	65,0
Угол заточки лезвия, град	45,0	30,0	20,0
Масса, кг	≅0,300	≅0,250	≅0,650

При выборе сталей для режущей накладки необходимо обеспечить ее достаточную общую прочность. Обоим этим условиям удовлетворяют стали 65Г или 65ХГР с плакирующим слоем из стали Х6Ф1 или аналогичной, которая обладает весьма высокой износостойкостью, что определяется наличием большого количества карбидов хрома. Кроме того, эта сталь обладает способностью закаливаться на воздухе, что значительно упрощает термическую обработку биметаллической режущей накладки в производственных условиях.

При воздушной закалке в струе воздуха с температурой 1050°C сталь Х6Ф1 дает твердость в пределах 500–650 НВ, а предел прочности 80–100 кгс/мм. Эту сталь можно применить в качестве плакирующего слоя для листового проката, пригодного для изготовления

самозатачивающихся ножей для других машин и агрегатов.

Выводы. Применение биметаллических режущих элементов для рабочих органов кусторезов роторного типа дает значительный экономический эффект. Так, стойкость биметаллического лезвия в среднем в 2,5 раза больше стойкости обычно применяемого однослойного лезвия, поэтому отпадает необходимость в заточке лезвия и (или) режущей накладки.

За счет уменьшения простоев тракторов и уменьшения тягового усилия при срезании КДР снижаются эксплуатационные расходы [3, 14, 15].

Применение биметалла для ножей должно в ближайшем будущем значительно расширяться ввиду огромных преимуществ биметаллических самозатачивающихся режущих элементов в сравнении с однослойными, нуждающимися в заточке.

Литература

1. Правила противопожарного обустройства лесов Республики Беларусь: ТКП 193-2009 (02080). Введ. 01.11.2009. Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь; Белгипролес, 2009. 20 с.
2. Правила по охране труда при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог / М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь; М-во труда и соц. защиты Респ. Беларусь. Минск, 2002. 200 с.
3. Рекомендации по текущему ремонту и содержанию лесных автомобильных дорог: утв. М-вом лесного хоз-ва Респ. Беларусь 14.12.2015. Минск, 2015. 31 с.
4. Леонович И. И., Оковитый А. Л. Эксплуатация лесных дорог. Минск: Выш. шк., 1972. 448 с.
5. Насковец М. Т. Транспортное освоение лесов Беларуси и компоненты лесотранспорта. Минск: БГТУ, 2009. 170 с.
6. Матвейко А. П., Клоков Д. В., Протас П. А. Технология и оборудование лесозаготовительного производства. Минск: БГТУ, 2005. 160 с.
7. Рубец С. Г., Мажугин Е. И., Пашкевич А. В. Обоснование необходимости использования трапиевидных ножей на роторных косилках // Вестник Полоцкого государственного университета. 2016. Сер. В, № 3. С. 44–50.
8. Лесные автомобильные дороги: нормы проектирования и правила устройства: ТКП 500–2013 (02080). Введ. 01.03.2014. Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 2013. 87 с.
9. Технология строительства дорог / Белорус. нац. техн. ун-т; сост. И. И. Леонович. Минск. 2010. 361 с.
10. Ахо С., Сааренкет Т. Управление водоотводом на дорогах с низкой интенсивностью движения. URL: <http://www.ador.ru/data/files/static/kolarctic-3-12.pdf> (дата обращения: 26.03.2019).
11. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т; сост.: В. С. Лахмаков, В. И. Лаптев, Е. В. Плискевич. Минск, 2008. 294 с.
12. Исследование эксплуатационного состояния лесных дорог и разработка рекомендаций по их содержанию / М. Т. Насковец [и др.] // Труды БГТУ. 2016. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 65–69.
13. Корнилович Р. А. Совершенствование режущего аппарата ротационной косилки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ряз. гос. с.-х. акад. им. П. А. Костычева. Рязань, 2007. 12 с.
14. Мажугин Е. И., Рубец С. Г., Борисов А. Л. Механико-технологические основы совершенствования косилок для мелиорированных земель и лугопастбищных угодий. Горки: БГСХА, 2017. 247 с.
15. Об утверждении межотраслевых правил по охране труда в лесной, деревообрабатывающей промышленности и в лесном хозяйстве Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь: постановление М-ва труда и соц. защиты Респ. Беларусь и М-ва лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 30 дек. 2008 г., № 211/39 // Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. 2009. № 8/20979.

References

1. ТКП 193-2009 (02080). Rules of fire-prevention arrangement of forests of the Republic of Belarus. Minsk, Ministry of Forestry of the Republic of Belarus Publ., Belgiproles Publ., 2009. 20 p. (In Russian).

2. *Pravila po okhrane truda pri stroitel'stve, rekonstruktsii, remonte i sodержanii avtomobil'nykh dorog* [Rules on labor protection in the construction, reconstruction, repair and maintenance of motorized roads]. Minsk, 2002. 200 p.

3. *Rekomendatsii po tekushchemu remontu i sodержaniyu lesnykh avtomobil'nykh dorog* [Recommendation on current repair and maintenance of forest roads]. Minsk, 2015. 31 p.

4. Leonovich I. I., Okovityy A. L. *Ekspluatatsiya lesnykh dorog* [Exploitation of forest roads]. Minsk, Vysheyschaya shkola. Publ., 1972. 448 p.

5. Naskovets M. T. *Transportnoye osvoyeniye lesov Belarusi i komponenty lesotransporta* [Vehicle development of Belarus forests and components of forest transport]. Minsk, BGTU Publ., 2009. 170 p.

6. Matveiko A. P., Klovok D. V., Protas P. A. *Tekhnologiya i oborudovaniye lesozagotovitel'nogo proizvodstva* [Technology and timber production equipment]. Minsk, BSTU Publ., 2005. 160 p.

7. Rubets S. G., Mazhutin E. I., Pashkevich A. V. Justification of the need to use trapezoidal knives on rotary mowers. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Polotsk State University], 2016, series B, no. 3, pp. 44–50 (In Russian).

8. ТКР 500-2013 (02080). Forest roads: design standards and rules of the device. Minsk, Ministry of Forestry of the Republic of Belarus Publ., 2013. 87 p. (In Russian).

9. *Tekhnologiya stroitel'stva dorog* [Road construction technology]. Compiler I. I. Leonovich. Minsk, 2010. 361 p.

10. Akho S., Saarenket T. *Upravleniye vodootvodom na dorogakh s nizkoy intensivnost'yu dvizheniya* [Management of drainage on roads with low traffic]. Available at: <http://www.ador.ru/data/files/statik/kolarctic-3-12.pdf> (accessed 26.03.2019).

11. *Hidravlika i hidromekhanizatsiya sel'skokhozyaystvennykh protsessov* [Hydraulics and hydromechanization of agricultural processes]. Compilers: V. S. Lakhmakov, V. I. Laptev, E. V. Pliskevich. Minsk, 2008. 294 p.

12. Naskovets M. T., Zharkov N. I., Drachilovskiy A. I., Korin G. S., Khoroshun N. V. *Issledovaniye ekspluatatsionnogo sostoyaniya lesnykh dorog i razrabotka rekomendatsiy po ikh sodержaniyu* [Research operational state forest roads and develop recommendations on their repair and maintenance]. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 65–69 (In Russian).

13. Kornilovich R. A. *Sovershenstvovaniye rezhushchego apparata rotatsionnoy kosilki. Artoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Perfection of the cutting apparatus of the rotary mower. Abstract of thesis cand. tech. sci.]. Ryazan, 2007. 12 p.

14. Mazhugin E. I., Rubets S. G., Borisov A. L. *Mechaniko-tekhnologicheskiye osnovy sovershenstvovaniya kosilok dlya meliorirovannykh zemel' i lugopastbishchnykh ugodiy* [Mechanical and technological basis for improving mowers for reclaimed land and grasslands]. Gorki, BGSKhA, 2017. 247 p.

15. About the approval of intersectoral rules on labor protection in the wood, woodworking industry and in forestry of the Ministry of forestry of Republic of Belarus. Resolution of the Ministry of labour and social protection of the Republic of Belarus and the Ministry of forestry of the Republic of Belarus, December, 30, 2008, no. 211/39. *Natsional'nyy pravovoy internet-portal Respubliki Belarus'* [National legal Internet portal of the Republic of Belarus]. 2009, no № 8/20979.

Информация об авторах

Хоршун Николай Владимирович – магистр экономических наук, магистр технических наук, доцент, начальник отдела промышленного производства управления производства и реализации продукции. Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь (220048, г. Минск, ул. Мясникова, 39, Республика Беларусь). E-mail: kharashun@ministry.mlh.by

Насковец Михаил Трофимович – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: naskovets@belstu.by

Information about the authors

Khoroshun Nikolay Vladimirovich – Master of Economics, Master of Engineering, Associate Professor, Head of Industrial Engineering Division of the Production and Sales Department. Ministry of Forestry of the Republic of Belarus (39, Myasnikova str., 220048, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kharashun@ministry.mlh.by

Naskovets Michail Trofimovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: naskovets@belstu.by

Поступила 04.04.2019