

Научная статья

УДК 631.352.2

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-127-134

## Исследование процесса удаления растительности на мелиоративных каналах ротационным режущим аппаратом

**Артур Арсенович Шекихачев**

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект  
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030  
artursheikhachev@mail.ru

**Аннотация.** Эксплуатация мелиоративных каналов в земляном русле показывает, что сорная растительность должна удаляться как с горизонтальных и наклонных участков, так и со дна канала, заполненного водой. Причем при механическом удалении растительности на каналах могут быть применены как специальные мелиоративные косилки, так и различное оборудование, в том числе землеройное с рабочим органом ковшового типа, фрезерного, роторного и др., предназначенных для удаления наносов. Одновременное удаление наносов и растительности на каналах практикуется, как правило, при их капитальном ремонте. Однако удалять сорную растительность землеройными машинами с откосов дамб каналов не рекомендуется, т. к. при этом нарушается дерновый покров, что приводит к нарушению профиля канала и увеличению фильтрации воды из каналов. Поэтому на значительной части каналов сорная растительность удаляется с помощью специальных окашивающих машин – мелиоративных косилок. Основными параметрами, характеризующими работу ротационных режущих аппаратов, являются: площадь, скашиваемая за один оборот диска; рабочая длина ножа; перекрытие ножей соседних роторов; скорость резания. Исследования проводили при следующих допущениях: движение агрегата прямолинейное; угловая скорость ротора и поступательная скорость косилки постоянны. В результате проведенных исследований получена зависимость для определения площади, скашиваемой за один оборот ротора. Установлено, что при резании толстого стебля минимальное напряжение и прогиб плоского сегмента в вертикальной плоскости будут при угле наклона лезвия  $45^\circ$ . Увеличить жесткость сегмента можно различными способами. Например, увеличением толщины сегмента до 3 мм.

**Ключевые слова:** косилка ротационная, ротор, нож, площадь, скашивание, перекрытие, скорость резания

**Для цитирования.** Шекихачев А. А. Исследование процесса удаления растительности на мелиоративных каналах ротационным режущим аппаратом // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 127–134.  
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-127-134

Original article

## Study of the process of removing vegetation on reclamation canals with a rotary cutter

**Artur A. Sheikhachev**

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,  
Russia, 360030  
artursheikhachev@mail.ru

**Abstract.** The operation of reclamation canals in an earthen channel shows that weeds must be removed both from horizontal and inclined areas, and from the bottom of the canal filled with water. Moreover, when mechanically removing vegetation on canals, both special reclamation mowers and various equipment can be used, including earth-moving equipment with a bucket-type working body, milling, rotary, etc., designed to remove sediment. Simultaneous removal of sediment and vegetation on canals is usually practiced during their major repairs. However, it is not recommended to remove weeds using earthmoving machines from the slopes of canal dams, because at the same time, the turf cover is disturbed, which leads to disruption of the channel profile and increased filtration of water from the channels. Therefore, on a significant part of the canals, weeds are removed using special irrigating machines – reclamation mowers. The main parameters characterizing the operation of rotary cutting devices are: area mowed per revolution of the disk; working length of the knife; overlap of knives of adjacent rotors; cutting speed. The studies were carried out under the following assumptions: the movement of the unit is linear. The angular velocity of the rotor and the forward speed of the mower are constant. As a result of the research, a relationship was obtained to determine the area mowed per rotor revolution. It has been established that when cutting a thick stem, the minimum stress and deflection of a flat segment in the vertical plane will be at a blade angle of 45°. You can increase the rigidity of a segment in various ways. For example, increasing the segment thickness to 3 mm.

**Keywords:** rotary mower, rotor, knife, area, mowing, overlapping, cutting speed

**For citation.** Shekikhachev A.A. Study of the process of removing vegetation on reclamation canals with a rotary cutter. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):127–134. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-127-134

**Введение.** Анализ типов мелиоративных каналов на орошаемых землях Российской Федерации, в том числе и в Северо-Кавказском Федеральном округе, показывает, что значительная их часть (свыше 60%) проходит по земляному руслу. Содержание их в технически исправном состоянии является основным условием работы этих каналов с высоким коэффициентом полезного действия.

Опыт эксплуатации мелиоративных каналов показывает, что они создают благоприятные условия (обилие влаги и тепла, защищенность от суховея и вытаптывания произрастающей на них растительности скотом и др.) для их интенсивного зарастания сорной растительностью.

Заросшие каналы являются интенсивным источником распространения семян сорной растительности на орошаемые земли и, как следствие, возникает необходимость проведения дополнительных работ по их уничтожению на полях. Вероятность засоренности сельхозугодий настолько велика, что польза от орошения может быть сведена на нет. Обилие сорняков на орошаемых землях характеризуется тем, что они, как правило, обладают большей «плодовитостью».

Влияние водной растительности на пропускную способность русла можно учитывать следующими коэффициентами [1, 2]:

$$n_3 = n_c + \Delta n_3 \quad \text{или} \quad n_3 = \mu n_c,$$

где:

$n_3$  и  $n_c$  – коэффициенты шероховатости поверхности соответственно в свободном и заросшем русле канала;

$\Delta n_3$  – разница между значениями шероховатости поверхности в заросшем и свободном русле канала;

$\mu = n_3/n_c$  – коэффициент соотношения между значениями шероховатости поверхности заросшего и свободного русла канала.

Вследствие зарастания живого сечения канала увеличивается зеркало свободной поверхности воды в канале. Это приводит к увеличению не только фильтрации воды из канала, но и к её испарению. Степень увеличения испарения с водной поверхности характеризуется отношением скорости течения воды в чистом канале к скорости течения воды в заросшем канале и зависит от ширины зеркала, что связано с глубиной наполнения и заложения откосов канала. Так, увеличение ширины зеркала свободной поверхности при зарастании каналов на 10-30% приводит к увеличению потери на испарение до 30%. Однако, чем больше канал, тем меньшее влияние на него оказывает фактор зарастания гидрофитной растительностью [1, 2].

Опыт эксплуатации облицованных каналов показывает, что они также зарастают погруженной растительностью, а коэффициент шероховатости в них возрастает в 1,8-2,2 раза, что приводит к снижению пропускной способности канала в 1,2-1,6 раза по сравнению с проектной.

Основной растительностью в облицованных каналах являются водоросли. Особенно интенсивно они произрастают в облицованных каналах с небольшой глубиной в них воды (до 0,5-0,8 м) и малой скоростью течения (0,15-0,20 м/с). На некоторых каналах за вегетационный период накапливается до 300 т биомассы на 1 км канала. Отрываясь от дна и откосов и всплывая на поверхность, водоросли образуют огромные скопления и снижают пропускную способность каналов. В вегетационный период в заросших каналах средняя скорость потока уменьшается, а глубина наполнения канала увеличивается, что приводит к повышению потерь воды на фильтрацию и испарение, а в итоге – недодачу воды потребителям [1, 2].

Следствием зарастания русла каналов является увеличение коэффициента шероховатости и изменение глубины потока воды. Например, до очистки коэффициент шероховатости составляет 0,17, а средняя скорость потока воды 0,043 м/с, а после очистки эти показатели равны, соответственно, 0,04 и 0,52 м/с.

Исходя из изложенного, заросшие каналы необходимо окашивать 3-4 раза за поливной сезон, что приводит к предупреждению созревания семян сорной растительности на каналах.

Для скашивания растительности на дамбах канала применяют косилки различного типа. При их достаточном количестве рекомендуется проводить работы в составе отряда, состоящего из 3-4 типов косилок, которые работают в определенной последовательности (окашивание бермы канала, затем его откосов и дна).

При выполнении технологических операций всегда существует сочетание технических средств и условий, при которых эксплуатационные издержки окажутся наименьшими. Несоблюдение этого оптимального сочетания приводит к неоправданному увеличению эксплуатационных затрат и необоснованным потерям [3].

Режущий аппарат является одной из основных частей косилок. Срезание стеблей может осуществляться подпорным (режущий аппарат возвратно-поступательного действия) или бесподпорным (роторный режущий аппарат) способом. В случае подпорного резания тонкостебельной растительности на горизонтальных и хорошо выровненных участках или на откосах не круче 30° применяются режущие аппараты возвратно-поступательного типа с приводом от кривошипно-шатунного механизма. При этом средняя скорость резания равна 1-3 м/с [4].

Режущий аппарат роторного типа с вертикальной осью вращения состоит из диска (ротора), по периметру которого закреплены либо жестко, либо с возможностью изменять свое положение инерционного действия специальные ножи. Диски крепятся на вертикальных осях, расположенных на общей раме (консольная балка), опирающейся на специальную лыжу. Вращение диска осуществляется либо от вала отбора мощности трактора (ВОМ), либо от гидродвигателя. Так как стебли срезанной растительности падают на вращающийся диск, происходит их многократное перерезание (измельчение) до силосной массы, и разбрасывание по окашиваемой поверхности.

В последнее время проводятся исследования роторного режущего аппарата, у которого резание стеблей растительности производится звеньями цепи, закрепленной на вращающемся диске. При этом скорость резания остается аналогичной скорости резания ранее рассмотренного режущего аппарата роторного типа (50-70 м/с) [5-8].

Большая скорость резания (50-70 м/с) роторного режущего аппарата обеспечивает бесподпорное перерезание как мягкостебельной, так и толкостебельной (диаметром до 20 мм) растительности. Этот тип аппарата позволяет также удовлетворительно перерезать (фрезеровать) неровности почвы высотой до 5 см без поломок режущих ножей. При встрече с неперерезаемым препятствием инерционный нож отклоняется назад, пропуская препятствие под вращающийся диск. После прохода препятствия нож вновь возвращается в рабочее положение [8-11].

Исследованию основных параметров косилок посвящены работы многих ученых

[1, 2, 4–11]. Однако полученные результаты, касающиеся расчета кинематических и геометрических показателей, достаточно противоречивы.

**Цель исследования** – установление основных параметров режущего аппарата ротационной косилки.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Предмет исследования – процесс скашивания растительности. Исследования проведены с использованием аналитических и статистических методов, методов математического моделирования. Объекты исследования – ротационный режущий аппарат косилки.

**Результаты исследования.** Нож режущего аппарата имеет режущую кромку, которая располагается под некоторым углом к радиальному направлению  $\psi = 0,44 - 0,53$  рад. имеет угол заострения  $\beta = 0,35 - 0,70$  рад. (рис. 1).

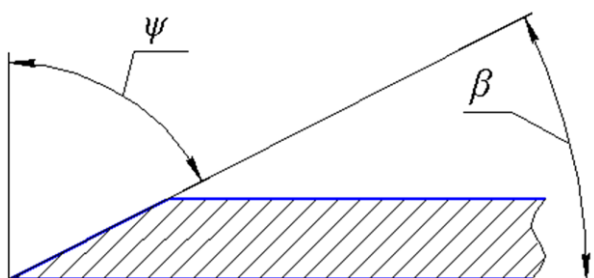


Рисунок 1. Углы режущей кромки ножа  
Figure 1. Knife edge angles

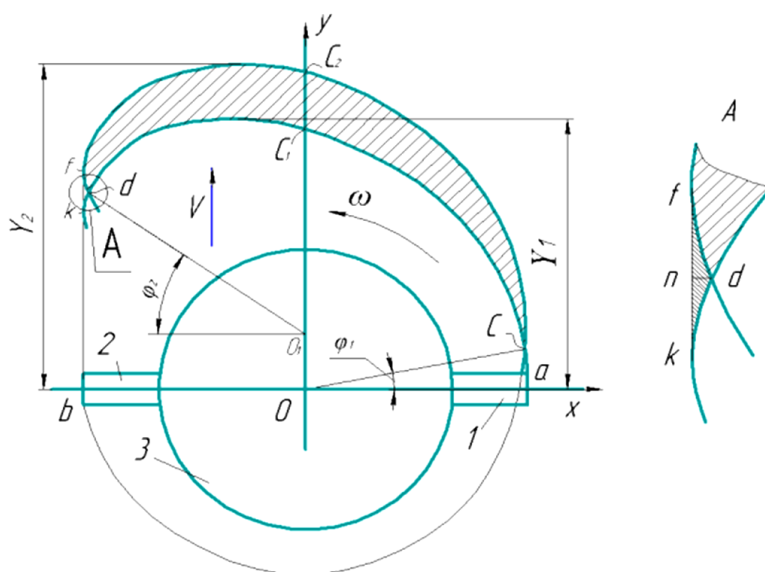


Рисунок 2. Схема к определению основных параметров ротационного режущего аппарата:  
1, 2 – нож; 3 – диск

Figure 2. Scheme for determining the main parameters of a rotary cutter:  
1, 2 – knife; 3 – disc

Установление основных параметров ротационного режущего аппарата косилки проведено с учетом следующих предположений (рис. 2): угловая скорость ротора ( $\omega$ ) и поступательная скорость косилки ( $V$ ) постоянны; движение агрегата прямолинейно.

Определим скорости резания крайних наружных точек режущих кромок ножей.

Уравнения траектории конца ножа 1 (точка  $a$ ) в параметрической форме имеют вид:

$$x_a = R \cos \omega t, \quad (1)$$

$$y_a = Vt + R \sin \omega t, \quad (2)$$

где:

$x_a$  и  $y_a$  – проекции перемещения точки  $a$  на координатные оси, м;

$R$  – радиус окружности, описывающей точку  $a$ , м;  $t$  – время, с.

Дифференцируем уравнения (1) и (2) по времени:

$$\frac{dx_a}{dt} = -\omega R \sin \omega t, \quad (3)$$

$$\frac{dy_a}{dt} = V + \omega R \cos \omega t. \quad (4)$$

Тогда абсолютная скорость точки  $a$  в любой момент времени будет равна:

$$V_{a\dot{a}c} = \sqrt{\left(\frac{dx_a}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy_a}{dt}\right)^2}. \quad (5)$$

Подставив в (5) значение проекций скорости из (3) и (4), получим:

$$V_{a\bar{b}c} = \sqrt{R^2 \omega^2 + 2V\omega R \cos \omega t + V^2}. \quad (6)$$

Абсолютная скорость будет максимальной при  $\omega t = 2\pi k$ , где  $k = 0; 1; 2; \dots$ , т. е.  $V_{a\bar{b}c} = \omega R + V$ , минимальной при  $\omega t = \pi + 2\pi k$ , т. е.  $V_{a\bar{b}c} = \omega R - V$ .

Уравнение траектории конца ножа 2 (точка  $b$ ) в параметрической форме имеет вид:

$$x_b = R \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right), \quad (7)$$

$$y_b = Vt + R \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right), \quad (8)$$

где:

$x_b$  и  $y_b$  – проекции на оси координат перемещения точки  $b$ ;

$z$  – количество ножей.

Одним из основных параметров в работе ротационных косилок является площадь скашивания растений ножом за один оборот диска. Из рис. 2 видно, что эта площадь ограничена циклоидами точек  $a$  и  $b$  ножей 1 и 2, фигура  $cc_1dc_2c$ .

Координаты точек пересечения циклоида ( $c$  и  $d$ ) определяются углами  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ :

$$\varphi_{1,2} = \frac{\pi}{z(\lambda \pm 1)}, \quad (9)$$

где:

$\lambda$  – кинематический параметр,  $\lambda = \omega R/V$

Знак (+) в этой формуле соответствует точке  $c$ , а знак (–) точке  $d$ . Площадь фигуры  $cc_1dc_2c$  можно определить по формуле Ньютона – Лейбница [5]:

$$S_{cc_1dc_2c} = \int_{-R \cos \varphi_2}^{R \cos \varphi_1} [u(x) - f(x)] dx, \quad (10)$$

где:

$u(x)$  и  $f(x)$  – функция, описывающая, соответственно, кривую  $cc_2d$  и  $cc_1d$ .

С целью установления  $u(x)$  и  $f(x)$  исключим параметр  $t$  из уравнений (1) и (7) и

подставим полученные значения времени, соответственно, в (2) и (8):

$$f(x) = \frac{V}{\omega} \arccos \frac{x}{R} + \sqrt{R^2 - x^2}, \quad (11)$$

$$u(x) = \frac{V}{\omega} \left( \frac{2\pi}{z} + \arccos \frac{x}{R} \right) + \sqrt{R^2 - x^2}. \quad (12)$$

Подставив (11) и (12) в (10), получим:

$$S_{cc_1dc_2c} = \int_{-R \cos \varphi_2}^{R \cos \varphi_1} \left[ \frac{V}{\omega} \left( \frac{2\pi}{z} + \arccos \frac{x}{R} \right) + \sqrt{R^2 - x^2} - \frac{V}{\omega} \arccos \frac{x}{R} - \sqrt{R^2 - x^2} \right] dx = \frac{2\pi VR}{\omega z} (\cos \varphi_1 + \cos \varphi_2).$$

Тогда с учетом (9) за один оборот нож скашивает траву на площади:

$$S_{cc_1dc_2c} = \frac{2\pi R^2}{\lambda z} \left( \cos \frac{\pi}{z(\lambda + 1)} + \cos \frac{\pi}{z(\lambda - 1)} \right). \quad (13)$$

Рабочая длина режущей кромки ножа должна быть большей или равной разности максимальных ординат абсолютного перемещения концов смежных ножей (рис. 2), т. е.:

$$h_p \geq Y_2 - Y_1, \quad (14)$$

где:

$h_p$  – рабочая длина режущей кромки ножа, м;

$Y_1, Y_2$  – максимальные ординаты абсолютного перемещения концов, соответственно, первого и второго ножей;

Дифференцируя (7) и (8) по времени, получим:

$$\frac{dx_b}{dt} = -\omega R \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right), \quad (15)$$

$$\frac{dy_b}{dt} = V + \omega R \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right). \quad (16)$$

В точках траектории концов ножей, имеющих максимальные ординаты, производные  $\frac{dx_b}{dt}$  и  $\frac{dy_b}{dt}$  равны нулю, т. е.

$$\frac{V + \omega R \cos \omega t}{-\omega R \sin \omega t} = 0; \quad \frac{V + \omega R \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right)}{-\omega R \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right)} = 0.$$

Поскольку знаменатели этих дробей не могут равняться нулю, то, приравняв числители полученных дробей к нулю и решив их относительно времени, получим:

$$t_a = \frac{1}{\omega} \left( \pi - \arccos \frac{V}{\omega R} \right), \quad (17)$$

$$t_b = \frac{1}{\omega} \left[ \pi - \arccos \left( \frac{V}{\omega R} + \frac{2\pi}{z} \right) \right], \quad (18)$$

где:

$t_a$  и  $t_b$  – время, необходимое для достижения точками  $a$  и  $b$  максимальных ординат.

После подстановки в выражения (2) и (8) значений  $t_a$  и  $t_b$  согласно зависимостям (17) и (18) имеем:

$$Y_1 = \frac{V}{\omega} \left( \pi - \arccos \frac{V}{\omega R} \right) + R \sqrt{1 - \left( \frac{V}{\omega R} \right)^2}, \quad (19)$$

$$Y_2 = \frac{V}{\omega} \left[ \pi - \arccos \left( \frac{V}{\omega R} + \frac{2\pi}{z} \right) \right] + R \sqrt{1 - \left( \frac{V}{\omega R} \right)^2}. \quad (20)$$

После подстановки выражений (19) и (20) в выражение (14) и некоторых преобразований получим:

$$h_p \geq \frac{2\pi R}{\omega z}. \quad (21)$$

Переходя от угловой скорости ротора к частоте вращения, получим:

$$h_p \geq \frac{60V}{nz}, \quad (22)$$

где:

$n$  – частота вращения ротора режущего аппарата, об/мин.

Анализ выражения (22) показывает, что с увеличением частоты вращения ротора рабочая длина режущей кромки ножа уменьшается.

При работе ротационной косилки необходимо обеспечить перекрытие траекторий смежных роторов, иначе будут иметь место необработанные участки. После прохода косилки необработанными участками поля будут криволинейные треугольники  $kfd$

(рис. 2). Кроме того, что перекрытие ножей  $\Delta$  должно быть больше двойной проекции отрезка  $nd$  на ось абсцисс:

$$\Delta \geq 2|x_n - x_d|,$$

где:

$|x_n| = R$  – абсцисса точки траектории, наиболее удаленной от оси  $OY$ ;

$|x_d|$  – абсцисса точки пересечения траекторий двух смежных ножей.

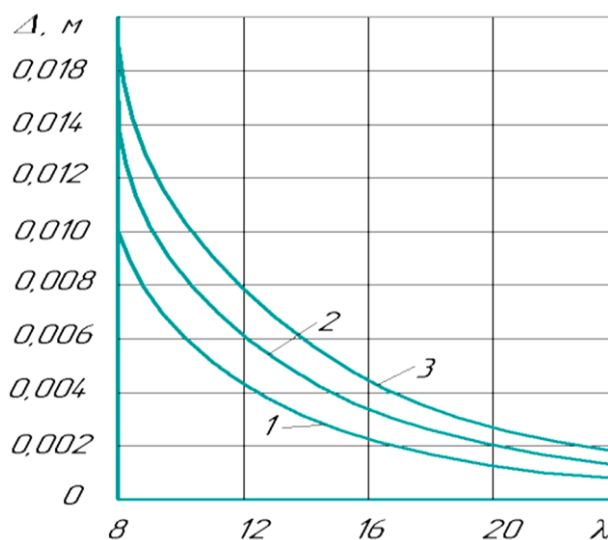
Из рис. 2 имеем:

$$|x_d| = R \cos \varphi_2.$$

Тогда

$$\Delta \geq 2R \left( 1 - \cos \frac{\pi}{z(\lambda - 1)} \right). \quad (23)$$

Из уравнения (23) следует, что перекрытие траектории ножей смежных роторов зависит от радиуса ротора, количества ножей, установленных на нем и кинематического режима работы режущего аппарата (рис. 3). При этом при увеличении радиуса ротора требуется увеличить перекрытие.



**Рисунок 3.** Зависимость перекрытия траекторий ножей смежных роторов  $\Delta$  от кинематического режима  $\lambda$  (при  $z = 2$ ):

1 –  $R = 0,2$  м; 2 –  $R = 0,3$  м; 3 –  $R = 0,4$  м

**Figure 3.** Change in the overlapping of the trajectories of the knives of adjacent rotors depending on the kinematic mode  $\lambda$  (at  $z = 2$ ):

1 –  $R = 0,2$  m; 2 –  $R = 0,3$  m; 3 –  $R = 0,4$  m

**Выводы.** 1. С увеличением радиуса ротора требуется увеличить перекрытие между траекториями ножей.

2. Увеличение показателя кинематического режима и количества ножей ведет к уменьшению величины перекрытия между траекториями ножей.

3. Получена зависимость, позволяющая определить площадь, скашиваемую ножом за один оборот ротора.

4. Установлено, что при резании толстого стебля минимальное напряжение и прогиб плоского сегмента в вертикальной плоскости будут при угле наклона лезвия  $45^\circ$ . Увеличить жесткость сегмента можно различными способами. Например, увеличением толщины сегмента до 3 мм.

### Список литературы

1. Шекихачев Ю. А., Магомедов Ф. М. Математическое моделирование процесса удаления растительности при проведении мелиоративных работ // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 2(36). С. 118–127. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-118-127. EDN: GEJBJQ
2. Шекихачев А. А. Анализ интенсивности зарастания мелиоративных каналов // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: сб. науч. тр. по материалам IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея профессора Б. Х. Фиапшева. Нальчик, 2023. С. 262–264. EDN: DHKOEM
3. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А. Оптимизация функционирования сельскохозяйственных производственных систем // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 1(35). С. 81–89. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97. EDN: AMXFOK
4. Егожев А. М., Полищук Е. А., Егожев А. А. Обоснование параметров ротационной косилки для террасного садоводства // Сельский механизатор. 2019. № 12. С. 10–12. EDN: XBBNNR
5. Красовский В. В., Догота П. А. Анализ существующих теорий работы ротационного режущего аппарата косилки для скашивания сидератов в междурядьях многолетних насаждений // Научные труды ЮФ НУБиПУ «КАТУ». Вып. 153. Симферополь, 2013. С. 164–175.
6. Манаенков К. А., Хатунцев В. В. Математическое моделирование процесса скашивания травы в междурядьях слаборослых садов с одновременным мульчированием приствольных полос // Труды ученых Мичуринского государственного аграрного университета: сб. науч. трудов. Воронеж: Кварта, 2005. С. 102–113.
7. Манаенков К. А., Хатунцев В. В., Кузнецов П. Н. Машины для скашивания травы в междурядьях // Наука и образование. 2019. Т. 2(№ 4). С. 265. EDN: VMJMKA
8. Шекихачев Ю. А., Шекихачев А. А., Мишхожев К. В. Конструктивные особенности режущих аппаратов мелиоративных косилок // Обеспечение устойчивого и биобезопасного развития АПК: сб. науч. тр. по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик, 2022. С. 334–338.
9. Кленин Н. И., Сақун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Москва: Колос, 1980. С. 72–78.
10. Особов В. И., Васильев Г. К. Сеноуборочные машины и комплексы. Москва: Машиностроение, 1983. 304 с.
11. Особов В. И. Механическая разработка кормов. Москва: Колос, 2009. 339 с.

### References

1. Shekikhachev Yu.A., Magomedov F.M. Mathematical modeling of the process of vegetation removal during reclaim work. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;2(36):118-127. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-118-127. EDN: GEJBJQ
2. Shekikhachev A.A. Analysis of the intensity of overgrowing of reclamation canals. *Sel'skokhozyaystvennoye zemlepol'zovaniye i prodovol'stvennaya bezopasnost': sb. nauch. tr. po materialam IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, KBR, Respubliki Adygeya professora B.Kh. Fiapsheva*. [Agricultural land use and food security: a collection of scientific papers based on the materials of the IX International Scientific and Practical

Conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the Russian Federation, Kabardino-Balkaria, the Republic of Adygea, Professor B. Kh. Fiapshev]. Nalchik, 2023. Pp. 262–264. (In Russ.). EDN: DHKOEM

3. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A. Optimizing the functioning of agricultural production systems. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;1(35):81–89. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97. EDN: AMXFOK

4. Yegozhev A.M., Polishchuk Ye.A., Yegozhev A.A. Justification of the parameters of the rotary section of the mower for terraced gardening. *Selskiy mekhanizator*. 2019;(12):10-12. (In Russ.). EDN: XBBNRR

5. Krasovsky V.V., Dogoda P.A. Analysis of existing theories of the operation of the rotary cutting device of a mower for mowing green manure in the inter-rows of perennial plantings. *Nauchnye trudy YuFNU BiPU "KATU"*. Simferopol, 2013;153:164–175. (In Russ.)

6. Manaenkov K.A., Khatuntsev V.V. Mathematical modeling of the process of mowing grass in the inter-rows of low-growing gardens with simultaneous mulching of trunk strips. *Trudy uchenykh Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta: sb. nauch. trudov* [Proceedings of scientists of Michurinsk State Agrarian University: Collection. scientific works]. Voronezh: Kvarta, 2005. Pp. 102–113. (In Russ.)

7. Manaenkov K.A., Khatuntsev V.V., Kuznetsov P.N. Machines for mowing grass between rows. *Nauka i obrazovanie*. 2019;2(№4):265. (In Russ.) EDN: VMJMKA

8. Shekikhachev Yu. A., Shekikhachev A. A., Mishkhozhev K. V. Design features of cutting devices of reclamation mowers. *Obespecheniye ustoychivogo i biobezopasnogo razvitiya APK: sb. nauch. tr. po materialam Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Ensuring sustainable and biosafe development of the agro-industrial complex: a collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian (national) scientific-practical conference]. Nalchik, 2022. Pp. 334–338. (In Russ.)

9. Klenin N.I., Sakun V.A. *Sel'skokhozyaystvennyye i meliorativnyye mashiny* [Agricultural and reclamation machines]. Moscow: Kolos, 1980. Pp. 72–78. (In Russ.)

10. Osobov V.I., Vasilyev G.K. *Senouborochnyye mashiny i komplekсы* [Hay harvesting machines and complexes]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1983. 304 p. (In Russ.)

11. Osobov V.I. *Mekhanicheskaya razrabotka kormov* [Mechanical development of feed]. Moscow: Kolos, 2009. 339 p. (In Russ.)

---

#### Сведения об авторе

**Шекихачев Артур Арсенович** – аспирант направления подготовки 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

#### Information about the author

**Artur A. Shekikhachev** – post graduate student of the direction of training 4.3.1 Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

---

Статья поступила в редакцию 20.10.2023;  
одобрена после рецензирования 06.11.2023;  
принята к публикации 15.11.2023.

The article was submitted 20.10.2023;  
approved after reviewing 06.11.2023;  
accepted for publication 15.11.2023.