

Исследование процесса работы косилки для мульчирования растительности в плодовых садах

Ю. А. Шекихачев[✉], доктор технических наук, профессор кафедры «Техническая механика и физика»

В. Х. Мишхожев, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Агроинженерия»

Л. З. Шекихачева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Землеустройство и экспертиза недвижимости»

ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ

360030, г. Нальчик, проспект Ленина, дом 1в

[✉]shek-fmep@mail.ru

Резюме. Интенсификация эрозионных процессов и их распространение в Кабардино-Балкарской Республике приводят к существенной деградации почв, наносят большой ущерб сельскому хозяйству и в целом ставят под угрозу безопасное развитие региона. Решающее значение в процессе водной эрозии играет формирование поверхностного стока. В связи с этим разработка технологий и технических решений, способствующих повышению плодородия склоновых эродированных почв, является в современных условиях Кабардино-Балкарской Республики актуальной проблемой. Цель исследований – теоретически обосновать рациональные параметры косилки для мульчирования растительности в плодовых садах. Эффективным способом борьбы с эрозионными процессами в условиях садоводства региона является ускоренное создание мульчирующего слоя в приствольной полосе плодовых насаждений. Для реализации указанного способа разработана косилка для мульчирования растительности в плодовых садах. В предлагаемой косилке используется принцип резания со скольжением, благодаря чему этот процесс происходит с меньшими значениями нормального давления в сравнении с резанием без скольжения. В результате проведения теоретических исследований процесса работы предлагаемой косилки для мульчирования растительности в плодовых садах установлено, что эффективная длина режущей кромки ножа уменьшается в 4,5...5 раз с увеличением частоты вращения ротора с 500 мин⁻¹ до 3000 мин⁻¹. Кроме того, с увеличением показателя кинематического режима с 8 до 24 и количества ножей с 2 до 4 величина перекрытия между траекториями ножей уменьшается в среднем в 10 раз. Производственные исследования показали, что использование предлагаемой косилки обеспечило увеличение продуктивной влаги в слое 0...50 см в среднем на 46 мм, диаметра штамба яблонь сорт «Айдаред» (подвой М9) – на 6,7 %, урожайности – на 10 %.

Ключевые слова: почва, эрозия, приствольная полоса, косилка, режущий аппарат, ротор.

Для цитирования: Шекихачев Ю. А., Мишхожев В. Х., Шекихачева Л. З. / Исследование процесса работы косилки для мульчирования растительности в плодовых садах // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 3 (71). С. 220-227. doi:10.18286/1816-4501-2025-3-220-227

Study of the operation process of a mower for mulching vegetation in orchards

Yu. A. Shekihachev[✉], V. Kh. Mishkhozhev, L. Z. Shekihacheva,

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kabardino-Balkarian State Agricultural University

360030, Nalchik, Lenin Avenue, Bldn 1v

[✉]shek-fmep@mail.ru

Abstract. Intensification of erosion processes and their spread in the Kabardino-Balkarian Republic leads to significant soil degradation, causes great damage to agriculture and, in general, threatens safe development of the region. The formation of surface runoff plays a decisive role in the process of water erosion. In this regard, the development of technologies and technical solutions that contribute to increase of the fertility of eroded slope soils is an urgent problem in the modern conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. The aim of the research is to theoretically substantiate the rational parameters of the mower for mulching vegetation in orchards. An effective way to combat erosion processes in the conditions of horticulture in the region is the accelerated creation of a mulching layer in the near-trunk strip of fruit plants. To implement this method, a mower for mulching vegetation in orchards was developed. The proposed mower uses the principle of sliding cutting, due to which this process occurs with lower values of normal pressure in comparison with cutting without sliding. As a result of theoretical operation studies of the proposed mower for mulching vegetation in orchards, it was found that the effective length of the cutting edge of the knife decreases by 4.5 ... 5 times with an increase in the rotor speed from 500 min⁻¹ to 3000 min⁻¹. In addition, with an increase in the kinematic mode indicator from 8 to 24 and the number of knives from 2 to 4, the overlap between the knife trajectories decreases by an

average of 10 times. Production studies showed that the use of the proposed mower provided an increase in productive moisture in the 0 ... 50 cm layer by an average of 46 mm, the diameter of the trunk of apple trees of Idared variety (rootstock M9) - by 6.7%, and yield - by 10%.

Keywords: soil, erosion, trunk strip, mower, cutting device, rotor.

For citation: Shekihachev Yu.A., Mishkhozhev V.Kh., Shekihacheva L.Z. Study of the operation process of a mower for mulching vegetation in orchards // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025.3 (71): 220-227 doi:10.18286/1816-4501-2025-3-220-227

Введение

Благоприятные природно-климатические условия и высокий потенциал почвы создают хорошие предпосылки для развития Кабардино-Балкарской Республики (КБР). Вместе с тем интенсификация эрозионных процессов и их распространение на большие территории приводят к существенной деградации почв, наносят большой ущерб сельскому хозяйству и в целом ставят под угрозу безопасное развитие региона.

Водная эрозия почв является главным деградационным процессом в современных агроландшафтах, который наносит огромный экологический и экономический ущерб во многих странах мира, в том числе и в России [1-4].

Решающее значение в процессе водной эрозии играют формирование поверхностного стока и его гидравлические свойства. Однако при ливневой эрозии, играющей ведущую роль в эрозионном уничтожении почв, разрушение почвенных агрегатов, отделение их от основной массы почвы начинается еще до возникновения поверхностного стекания вследствие динамического действия капель дождя на поверхность почвы [5, 6].

В связи с этим повышение плодородия почв, подверженных водной эрозии, в частности, в условиях КБР, за счет разработки инновационных технико-технологических решений является актуальной проблемой.

В настоящее время существует настоятельная необходимость в критическом анализе наработанного опыта и результатов проведенных исследований, в результате чего следует разработать инновационные технологии и технические средства, адаптированные к условиям горного и предгорного сельского хозяйства.

Достижение высокой продуктивности насаждений, в частности основной садовой культуры – яблони возможно при создании оптимальных экологических условий корневого питания деревьев в почвенной среде, что обеспечивается оптимизацией свойств почвы, которыми обуславливается уровень ее плодородия. Главным фактором оптимизации этих свойств, как известно, является органическое вещество в почве – аккумулятор потенциальной энергии, источник образования гумуса и питательных веществ для обеспечения жизнедеятельности растений, а также микроорганизмов, минерализующих органическое вещество.

Поскольку плодовые насаждения – это монокультурные агроэкосистемы, то в них интенсивно

применяют различные химические средства с целью борьбы с сорняками, что приводит к усиленной антропогенной нагрузке на почву.

Одним из экологически безопасных способов, обеспечивающих повышение плодородия почв и борьбу с эрозионными процессами, является мульчирование – агротехнический способ удаления травяной растительности с образованием травяной «корки», угнетающей прорастание сорняков, предохраняющей поверхность почвы от испарения влаги и создающий условия для развития микробиологических процессов в почве [7, 8, 9].

Наибольший эффект от мульчирования обеспечивают косилки, применение которых гарантирует реализацию дерново-перегнойной системы содержания почвы в садах.

Цель исследований – теоретически обосновать рациональные параметры косилки для мульчирования растительности в плодовых садах.

Материалы и методы

В настоящее время актуальной проблемой является ускоренное создание гумусового слоя из измельченной травяной растительности в приствольной полосе для улучшения водного и пищевого режимов плодовых деревьев. Для решения указанной проблемы разработана косилка для мульчирования растительности в плодовых садах [10-14] (рис. 1).

В существующих режущих аппаратах лезвие находится в плоскости, близкой к горизонтальной, а положение стеблей вертикальное или близкое к нему. При этом процесс резания происходит без скольжения [15, 16, 17].

В предлагаемой косилке для мульчирования растительности в плодовых садах используется принцип резания со скольжением, благодаря чему процесс резания происходит с меньшим нормальным усилием по сравнению с резанием без скольжения.

Теоретические исследования режущего аппарата косилки для мульчирования растительности в плодовых садах проведены с использованием методов математического моделирования. Результаты расчетов параметров процесса мульчирования растительности обработаны с помощью пакета прикладных программ «Statistica».

Производственные исследования опытного образца косилки для мульчирования растительности в плодовых садах проведены в АНО «Агроном» (КБР) в 2022-2024 гг.

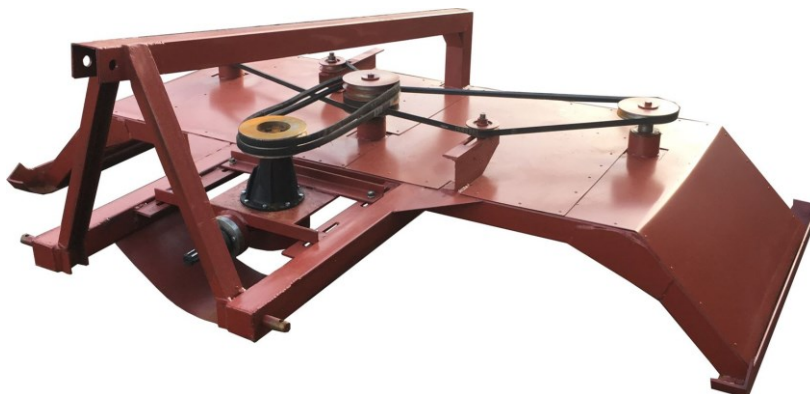


Рис. 1. Общий вид косилки для мульчирования растительности в плодовых садах

Результаты

В режущем аппарате предлагаемой косилки для мульчирования растительности в плодовых садах установленные на дисках ножи вращаются вокруг вертикальной оси. Диски представляют собой штампованные конструкции и выполнены в форме круга.

Нож режущего аппарата имеет режущую кромку, расположенную под углом ψ к вертикали, и угол заострения β (рис. 2). Обычно $\psi = 0,44 - 0,53$ рад, $\beta = 0,35 - 0,70$ рад [18].

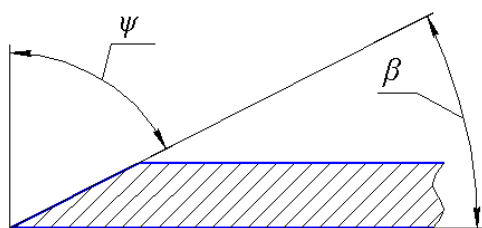


Рис. 2. Углы режущей кромки ножа

К основным показателям работы предлагаемой косилки для мульчирования растительности в плодовых садах относят показатель кинематического режима и угловую скорость вращения ротора. Эти показатели определяют энергетические затраты на процесс мульчирования растительности [19].

Поместим начало координат в центр диска, как показано на рисунке 3.

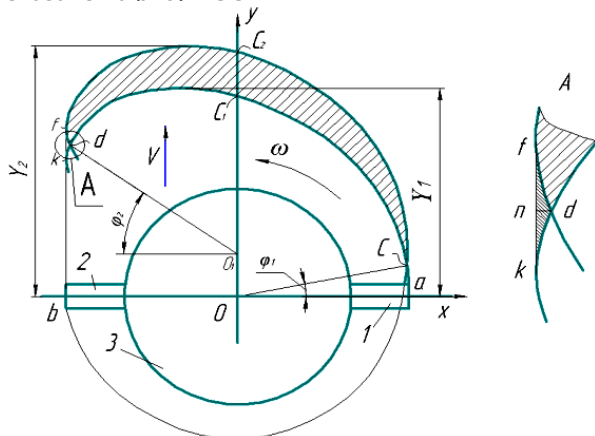


Рис. 3. К исследованию процесса работы режущего аппарата косилки 1, 2 – ножи; 3 – диск

Ось Y направим в направлении поступательного движения косилки.

Уравнения, описывающие траекторию точки a ножа, 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 точки a , м; R – радиус расположения точки a , м; ω – угловая скорость вращения ротора, c^{-1} ; t – время, с; V – поступательная скорость косилки, м/с.

Из уравнения (1) и (2) путем дифференцирования получим:

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

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

Тогда абсолютная скорость точки a :

$$V_{abc} = \sqrt{\left(\frac{dx_a}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy_a}{dt}\right)^2}, \quad (5)$$

или

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

Максимальное значение абсолютной скорости точки a $V_{abc(max)} = \omega R + V$, а минимальное

$$V_{abc(min)} = \omega R - V.$$

Уравнения, описывающие траекторию точки b :

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

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

где x_b и y_b – проекции точки b , м; z – количество ножей, установленных на роторе.

Согласно рисунку 3, каждый нож срезает растении с площади, ограниченной смещенными в направлении скорости перемещения косилки двумя трохоидами.

Координаты точек c и d (точек пересечения циклоид) определяются углами φ_1 и φ_2 :

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{z(\lambda+1)}, \varphi_2 = \frac{\pi}{z(\lambda-1)}, \quad (9)$$

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

В выражении (9) знак (+) соответствует точке c , а знак (–) – точке d .

Для определения площади фигуры cc_1dc_2c воспользуемся формулой Ньютона – Лейбница [20]:

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

где $u(x)$ и $f(x)$ – функции, описывающие, соответственно, кривые cc_2d и cc_1d .

Вид функций $u(x)$ и $f(x)$ можно установить исключением параметра t из формул (1) и (7) и подстановкой результата, соответственно, в (2) и (8):

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

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

После подстановки (11) и (12) в (10) имеем:

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

Следовательно, учитывая (9), нож за один оборот скашивает растительность с 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 соответствовать условию (рис. 3):

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

где h_p – рабочая длина режущей кромки, м;

Y_1, Y_2 – максимумы ординат перемещения концов соответственно 1-го и 2-го ножей.

Продифференцируем (7) и (8):

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

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

С учетом того, что в точках траектории концов ножей с максимальными ординатами производные

$\frac{dx_b}{dt}$ и $\frac{dy_b}{dt}$ равны нулю, имеем:

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

Отсюда 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.

Подставив в (7) и (8) значение времени t_a и t_b из (17) и (18), имеем:

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

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

После некоторых преобразований из (14) получим:

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

или

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

где n – частота вращения ротора, мин⁻¹.

Проверим предположение, что точки траекторий смежных ножей, имеющие максимальные ординаты, должны иметь равные абсциссы, следующим образом: подставим значения времени из (17) и (18), соответственно, в (1) и (7) и убедимся, что абсциссы обеих точек равны между собой:

$$x_a = x_b = -\frac{V}{\omega}.$$

Графическая реализация условия (22) при $z = 2$ приведена на рисунке 4.

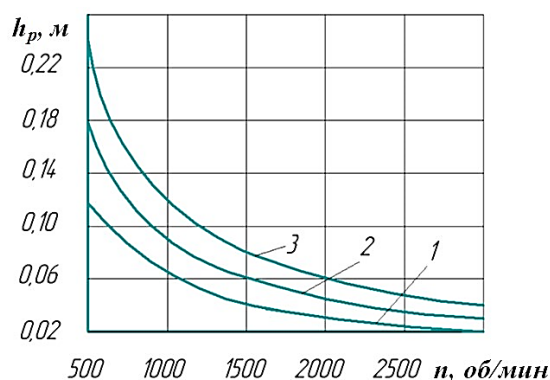


Рис. 4. Зависимость рабочей длины режущей кромки ножа h_p от частоты вращения ротора n

1 – $V = 2$ м/с; 2 – $V = 3$ м/с; 3 – $V = 4$ м/с

Из анализа рисунка 4 следует, что эффективная длина режущей кромки ножа уменьшается в 4,5...5 раз с увеличением частоты вращения ротора с 500 мин⁻¹ до 3000 мин⁻¹.

При работе роторной косилки траектории ножей соседних роторов должны перекрываться на величину Δ :

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

В противном случае на поле будут образовываться нескошенные участки. Графическая реализация условия (23) имеет вид, показанный на рисунке 5.

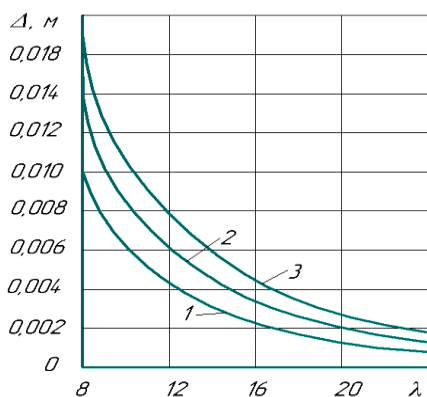


Рис. 5. Зависимость перекрытия траекторий ножей смежных роторов Δ от кинематического режима λ и радиуса ротора R (при $z = 2$)

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

Проанализировав выражение (23) и рисунок 5 можно заключить, что перекрытие траекторий ножей соседних роторов зависит от радиуса ротора, количества установленных на нём ножей и кинематического режима работы режущего аппарата. Рост кинематического режима в 3 раза приводит к уменьшению перекрытия траекторий ножей в среднем в 10 раз.

В результате производственных исследований косилки (рис. 6) установлено, что в варианте с

созданным с ее использованием мульчирующим слоем из травяной растительности содержание продуктивной влаги в слое почвы 0...50 см в среднем за период с 2022 по 2024 гг. составило 174,8 мм, что превысило контроль (без мульчирования) на 46,0 мм. Также зафиксировано увеличение длины окружности штамба плодовых деревьев яблони сорт «Айдаред» (подвой М9) в среднем с 13,5 см до 14,4 см, а урожайности – в среднем с 50 ц/га до 55 ц/га.

Обсуждение

Проведенные ранее учеными многочисленные исследования [7, 8, 9] процесса ухода за междурядьями плодовых насаждений показали, что одна из проблем, с которыми сталкиваются сельскохозяйственные товаропроизводители, – это нехватка техники по уходу за междурядьями и приствольными полосами плодовых насаждений. Остро стоят вопросы минимизации воздействия на почву, ускоренного создания гумусового слоя в приствольных полосах молодых деревьев, защиты склонов от эрозии и воспроизводства почвенного плодородия [1-5]. Несмотря на то, что многие параметры ротационных режущих аппаратов достаточно хорошо обоснованы [15-19], следует отметить, что в известных результатах исследований не представлена в достаточной степени взаимосвязь кинематических геометрических параметров работы режущего аппарата.

В результате проведенных теоретических исследований получены аналитические зависимости, показывающие, что эффективная длина режущей кромки ножа уменьшается в 4,5...5 раз с увеличением частоты вращения ротора с 500 мин⁻¹ до 3000 мин⁻¹. Кроме того, с увеличением показателя кинематического режима с 8 до 24 и количества ножей с 2 до 4 величина перекрытия между траекториями ножей уменьшается в среднем в 10 раз.



Рис. 6. Производственные исследования косилки для мульчирования растительности в плодовых садах

Закключение

Предлагаемая косилка обеспечивает качественный срез, измельчение травяной растительности в междурядьях и подачу получающейся мульчи в приствольную полосу плодовых насаждений, в результате чего она покрывается гумусовым слоем, что способствует повышению плодородия почвы, снижению эрозионных процессов и, в конечном счете, повышению урожайности плодовых насаждений.

В результате проведенных теоретических исследований установлено, что эффективная длина режущей кромки ножа ротационного режущего аппарата предлагаемой косилки для мульчирования

растительности в садах уменьшается в 4,5...5 раз с увеличением частоты вращения ротора с 500 мин⁻¹ до 3000 мин⁻¹. С увеличением показателя кинематического режима в 3 раза и количества ножей в 2 раза величина перекрытия между траекториями ножей уменьшается в среднем в 10 раз.

Производственные исследования косилки для мульчирования растительности в плодовых садах показали, что ее использование обеспечило увеличение продуктивной влаги в почве на 35,8 %, длины окружности штамба яблонь сорта «Айдаред» (подвой М9) - в среднем на 6,7 %, а урожайности – в среднем на 10 %.

Литература

1. Совершенствование методологии оценки последствий эрозии почвы в полевых экспериментах / Ю. П. Сухановский, А. В. Прущик, В. А. Вытовтов и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 8. С. 44–48. doi: 10.53859/02352451_2022_36_8_44
2. Сухановский Ю. П., Прущик А. В., Рубаник Ю. О. Прогноз эрозии почвы для полевого эксперимента по контурно-мелиоративному земледелию // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 7. С. 38-42. doi: 10.53859/02352451_2023_37_8_19.
3. Sukhanovskii Y. P., Prushchik A. V., Dubovik E. V. Application of rainfall simulator methods for the study of soil processes // The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 862. No. 012111. doi:10.1088/1755-1315/862/1/012111
4. Плотникова О. О., Демидов В. В. Прогнозирование величин транспорта чернозема типичного водными потоками малой глубины // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 1. С. 55–61. doi: 10.26178/AE.2020.2019.4.012
5. Шекихачев Ю. А., Хажметова А. Л. Исследование механизма водной эрозии почв // Известия Кабардино-Балкарского ГАУ. 2020. № 4(30). С. 87-93.
6. Езиев М. И., Шекихачева Л. З. Исследование эрозионных процессов на сельскохозяйственных угодьях Прохладненского муниципального района Кабардино-Балкарской республики // АгроЭкоИнфо. 2023. № 2 (56). doi: 10.51419/202132205. URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/2/st_205.pdf
7. Алиев Т. Г. Г., Струкова Р. А., Мишина М. Н. Научное обоснование содержания почвы в слаборослом саду // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 4. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47987395>
8. Струкова Р. А., Алиев Т. Г. Г., Мишина М. Н. Технологический регламент содержания почвы в интенсивных садах // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 4. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47987399>
9. Танкаева А. М., Алиев Т. Г. Г. Действие мульчирования на архитектуру корневой системы яблони // Наука и образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 238. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44642501>
10. Агрегат для обработки междурядий и приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах / А. К. Апажев, А. Г. Фиашев, В. Н. Бербеков и др. // Патент на полезную модель RU 189588 U1, 28.05.2019. Заявка № 2019106407 от 06.03.2019
11. Технологическое и техническое обеспечение повышения эффективности интенсивного горного и предгорного садоводства / А. Л. Хажметова, А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев и др. // Техника и оборудование для села. 2019. № 6 (264). С. 23-28. doi: 10.33267/2072-9642-2019-6-23-28
12. Моделирование процесса работы агрегата для обработки междурядий и приствольных полос плодовых насаждений / А. Л. Хажметова, А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев и др. // АгроЭкоИнфо. 2019. № 2 (36). С. 29. URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/2/st_244.doc
13. Оптимизация параметров и режимов работы фрезерного рабочего органа агрегата для обработки междурядий и приствольных полос плодовых насаждений / А. Л. Хажметова, А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 153. С. 159-169.
14. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров агрегата для обработки междурядий и приствольных полос плодовых насаждений / А. Л. Хажметова, А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 151. С. 232-243. doi: 10.21515/1990-4665-151-020
15. Попов Р. А., Перов Г. А. Анализ работы режущего аппарата для бесподпорного среза стеблей технической конопли // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3. С. 14–21. doi: 10.18286/1816-4501-2020-3-14-21

16. Попов Р. А., Прокофьев С. В. Исследование бесподпорного среза стеблей лубяных культур // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4 (64). С. 222–228. doi: 10.18286/1816-4501-2023-4-222-228
17. Попов Р. А., Абрамов И. Л., Третьяков С. А. Влияние профиля режущей кромки на качество среза стеблей технической конопли // Аграрный научный журнал. 2023. № 4. С. 137–141. doi: 10.28983/asj.y2023i4pp137-141
18. Мудров А. Г., Зарипов З. З. Обоснование режущей пары скоростного режущего аппарата // Техника и технология транспорта. 2020. № 2 (17). С. 1. URL: <http://transport-kgasu.ru/files/N17-01KN220.pdf>.
19. Определение параметров режимов работы режущего аппарата устройства для декапитации картофеля / Б. А. Бицоев, А. Г. Левшин, С. В. Щиголов и др. // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 2(90). С. 24–29.
20. Николаева Е. А., Победаш П. Н. О выводе формулы Ньютона-Лейбница на основе теоремы Лагранжа // В сборнике научных статей: Актуальные вопросы фундаментальных наук в техническом вузе. Т. 3. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. С. 271–275.

References

1. Improving the methodology for assessing the consequences of soil erosion in field experiments / Yu. P. Sukhanovsky, A. V. Prushchik, V. A. Vytovtov, et al. // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. 2022. Vol. 36. No 8. P. 44–48. doi: 10.53859/02352451_2022_36_8_44.
2. Sukhanovsky Yu. P., Prushchik A. V., Rubanik Yu. O. Forecast of soil erosion for a field experiment on contour-meliorative agriculture // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. 2023. Vol. 37. No 7. P. 38–42. doi: 10.53859/02352451_2023_37_8_19.
3. Sukhanovskii Y. P., Prushchik A. V., Dubovik E. V. Application of rain-fall simulator methods for the study of soil processes // The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 862. No 012111. doi:10.1088/1755-1315/862/1/012111.
4. Plotnikova O. O., Demidov V. V. Forecasting the transport values of typical chernozem by shallow water flows // Problems of Agrochemistry and Ecology. 2020. No 1. P. 55–61. doi: 10.26178/AE.2020.2019.4.012.
5. Shekihachev Yu. A., Khazhmetova A. L. Study of the mechanism of water erosion of soils // Vestnik of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University. 2020. No 4 (30). P. 87–93.
6. Eziev M. I., Shekihacheva L. Z. Study of erosion processes on agricultural lands of the Prokhladnensky municipal district of the Kabardino-Balkarian Republic // AgroEcoInfo. 2023. No 2 (56). DOI: 10.51419/202132205. URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/2/st_205.pdf.
7. Aliev T. G. G., Strukova R. A., Mishina M. N. Scientific substantiation of soil content in a low-growing garden // Science and Education. 2021. Vol. 4. No 4. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47987395>.
8. Strukova R. A., Aliev T. G. G., Mishina M. N. Technological regulations for soil maintenance in intensive orchards // Science and Education. 2021. Vol. 4. No 4. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47987399>.
9. Tankaeva A. M., Aliev T. G. G. The effect of mulching on the architectonics of the apple tree root system // Science and Education. 2020. Vol. 3. No 4. P. 238. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44642501>.
10. Unit for processing row spacing and tree trunk strips of fruit plantations on terraced slopes / A. K. Apazhev, A. G. Fiapshev, V. N. Berbekov et al. // Patent for utility model RU 189588 U1, 05/28/2019. Application No 2019106407 dated 03/06/2019.
11. Technological and technical support for increasing the efficiency of intensive mountain and foothill gardening / A. L. Khazhmetova, A. K. Apazhev, Yu. A. Shekihachev et al. // Machinery and equipment for the village. 2019. No 6 (264). P. 23–28. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-6-23-28.
12. Modeling the operation process of a unit for processing inter-rows and near-trunk strips of fruit plantations / A. L. Khazhmetova, A. K. Apazhev, Yu. A. Shekihachev et al. // AgroEcoInfo. 2019. No 2 (36). P. 29. URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/2/st_244.doc.
13. Optimization of the parameters and operating modes of the milling working element of the unit for processing row spacing and near-trunk strips of fruit orchards / A. L. Khazhmetova, A. K. Apazhev, Yu. A. Shekihachev et al. // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2019. No 153. P. 159–169.
14. Theoretical substantiation of the design and operating parameters of the unit for processing row spacing and near-trunk strips of fruit orchards / A. L. Khazhmetova, A. K. Apazhev, Yu. A. Shekihachev et al. // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2019. No 151. P. 232–243. DOI: 10.21515/1990-4665-151-020.
15. Popov R. A., Perov G. A. Analysis of the cutting apparatus operation for unsupported cutting of industrial hemp stems // Vestnik of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2020. No 3. P. 14–21. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-3-14-21.
16. Popov R. A., Prokofiev S. V. Study of unsupported cutting of bast crop stems // Vestnik of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023. No 4 (64). P. 222–228. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-4-222-228.
17. Popov R. A., Abramov I. L., Tretyakov S. A. Influence of the cutting edge profile on the quality of cutting industrial hemp stems // Agrarian scientific journal. 2023. No 4. P. 137–141. DOI: 10.28983/asj.y2023i4pp137-141.

18. Mudrov A. G., Zaripov Z. Z. Justification of the cutting pair of the high-speed cutting apparatus // Transport equipment and technology. 2020. No 2 (17). P. 1. URL: <http://transport-kgasu.ru/files/N17-01KN220.pdf>.
19. Determination of the parameters of the operating modes of the cutting apparatus of the potato decapitation device / B. A. Bitsoev, A. G. Levshin, S. V. Shchigolev, et al. // Vestnik of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agrarian University named after V.P. Goryachkin". 2019. No 2 (90). P. 24-29.
20. Nikolaeva E. A., Pobedash P. N. On the derivation of the Newton-Leibniz formula based on the Lagrange theorem // In the collection of scientific articles: Actual issues of fundamental sciences in a technical university. Vol. 3. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, 2021. P. 271-275.