

Научная статья

УДК 635-134

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-87-95

Кинематический анализ механизма привода опрыскивателя**Рамазан Мусаевич Тавасиев¹, Аркадий Павлович Дзиццоев^{✉2}**

Горский государственный аграрный университет, улица Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040

¹tikis@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1874-8036>^{✉2}range-rover_sport@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3685-3016>

Аннотация. Интегрированная система защиты растений играет особую роль в предотвращении негативного воздействия химикатов на растения и окружающую среду. В основе комплексной системы защиты растений лежит максимальное использование факторов окружающей среды, губительно влияющих на вредителей или ограничивающих их выживаемость. Основное назначение таких систем – применение комплекса мер, которые в некоторой степени ограничивают количество вредных организмов. Анализ состояния исследуемой проблемы показал, что использование существующей техники нецелесообразно или невозможно. Таким образом, создание новых технических средств, в частности малогабаритного высокоэффективного агрегата для уничтожения колорадского жука в крестьянских и фермерских хозяйствах, представляется перспективным. При разработке опрыскивателя необходимо обосновать параметры привода насоса. Предложена конструкция механизма привода гидронасоса опрыскивателя на базе мотокультиватора МК-1 «Крот». Для обоснования геометрических параметров механизма привода опрыскивателя проведен его кинематический анализ, который позволил определить зависимость положения поршня гидронасоса от угла поворота эксцентрика механизма. Также получена зависимость положения поршня от угла поворота коромысла и геометрических параметров механизма. С опорой на результаты расчетов построена номограмма зависимости положения поршня от угла поворота эксцентрика. Номограмма позволяет выбрать оптимальное значение величины эксцентриситета для эксцентрика. Разработанный механизм привода опрыскивателя поршневого типа может быть использован для уничтожения колорадского жука в крестьянских (фермерских) хозяйствах на базе мотокультиватора МК-1 «Крот».

Ключевые слова: схема, механизм, ролик, уравнение, параметры, эксцентрик, ход поршня

Для цитирования: Тавасиев Р. М., Дзиццоев А. П. Кинематический анализ механизма привода опрыскивателя // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 87–95. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-87-95

Original article

Kinematic analysis of the sprayer drive mechanism**Ramazan M. Tavasiev¹, Arkady P. Dzitsstsoev^{✉2}**

Gorsky State Agrarian University, 37 Kirov Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

¹tikis@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1874-8036>^{✉2}range-rover_sport@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3685-3016>

Abstract. An integrated plant protection system plays a special role in preventing the negative impact of chemicals on plants and the environment. An integrated plant protection system is based on the maximum use of environmental factors that have a detrimental effect on pests or limit their survival. The main purpose of such systems is to apply a set of measures that limit the number of harmful organisms to some extent. An analysis of the state of the problem under study showed that the use of existing equipment is inappropriate or impossible. Thus, the creation of new technical means, in particular, a small-sized highly effective unit for the destruction of the Colorado potato beetle in peasant and farm households seems promising. When developing a sprayer, it is necessary to justify the pump drive parameters. The design of the sprayer hydraulic pump drive mechanism based on the MK-1 "Mole" motor cultivator is proposed. To justify the geometric parameters of the sprayer drive mechanism, its kinematic analysis was carried out, which made it possible to determine the dependence of the hydraulic pump piston position on the rotation angle of the mechanism eccentric. The dependence of the piston position on the rocker arm rotation angle and the geometric parameters of the mechanism is obtained. Based on the calculation results, a nomogram of the piston position dependence on the eccentric rotation angle is constructed. The nomogram allows you to select the optimal eccentricity value for the eccentric. The developed piston-type sprayer drive mechanism can be used to destroy the Colorado potato beetle in peasant (farming) households based on the MK-1 "Mole" motor cultivator.

Keywords: diagram, mechanism, roller, equation, parameters, eccentric, piston stroke

For citation: Tavasiev R.M., Dzitstsoev A.P. Kinematic analysis of the sprayer drive mechanism. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):87–95. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-87-95

Введение. Вредители и болезни сельскохозяйственных растений являются причиной потерь значительной части урожая и снижения его качества. Поэтому при возделывании сельскохозяйственных культур, особенно при интенсивных технологиях производства продукции растениеводства, важно применять интегральную схему защиты растений, предусматривающую комплекс агротехнических, биологических, физических и химических методов [1–6].

В настоящее время в крестьянских (фермерских) хозяйствах приемлемым и эффективным методом борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений, особенно с колорадским жуком, является химический метод. Однако с учетом особенностей, характерных для этих хозяйств, использование существующей техники нецелесообразно или невозможно.

Создание малогабаритного высокоэффективного агрегата для уничтожения колорадского жука в крестьянских (фермерских) хозяйствах на базе мотокультиватора МК-1 «Крот» представляется перспективным.

Для реализации этого направления необходимо разработать подходящий гидронасос поршневого типа.

В этой связи, разработка и исследование механизма привода насоса (опрыскивателя) являются актуальной задачей.

При создании опрыскивателя для уничтожения вредителей картофеля (колорадского жука) в УП НИЛ «Малая механизация» разработана конструктивная схема привода насоса малогабаритного агрегата на базе мотокультиватора МК-1 «Крот» [7–10].

Цель исследования – обоснование геометрических параметров механизма привода малогабаритного агрегата для уничтожения колорадского жука в крестьянских (фермерских) хозяйствах на базе мотокультиватора МК-1 «Крот».

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования базируются на методах физического и математического моделирования, сравнения. В качестве объекта исследования использован привод насоса малогабаритного агрегата на базе мотокультиватора МК-1 «Крот». Результаты расчетов параметров процесса взаимодействия рабочих органов почвообрабатывающих орудий с почвой обработаны с помощью пакета прикладных программ «STATISTICA-5.0».

Результаты исследования. На рисунке 1 изображена расчетная схема механизма привода.

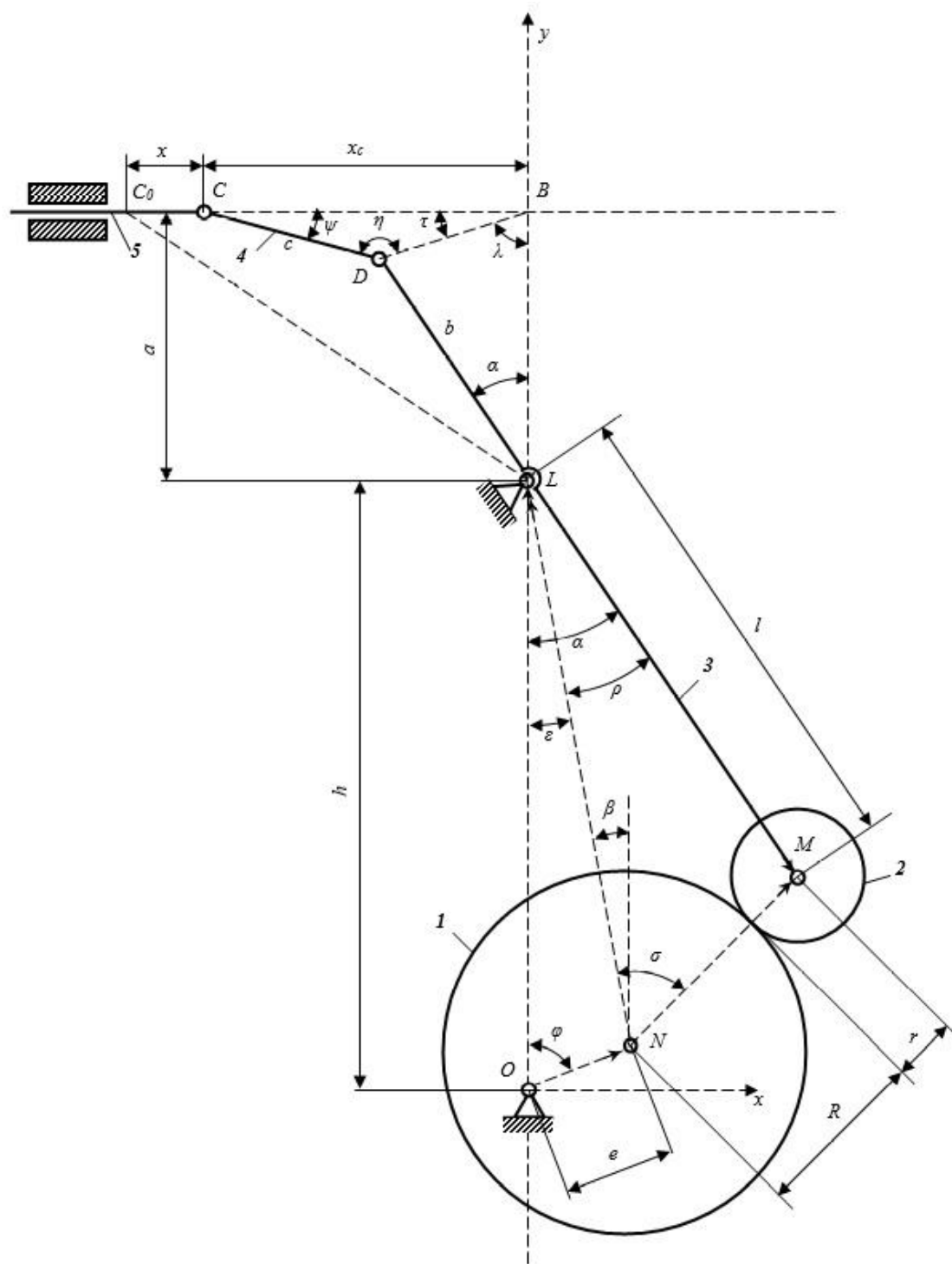


Рисунок 1. Расчетная схема механизма привода гидронасоса:
1 – эксцентрик; 2 – ролик; 3 – коромысло; 4 – шатун; 5 – шток
Figure 1. Calculation diagram of the hydraulic pump drive mechanism:
1 – eccentric; 2 – roller; 3 – rocker; 4 – connecting rod; 5 – rod

Для удобства анализа механизм условно разбит на две части – по обе стороны от шарнира D . Рассмотрим нижнюю часть, которая представляет собой кулачковый механизм, включающий эксцентрик 1, ролик 2

и коромысло 3. Ролик 2 и коромысло 3 связаны с неподвижными шарнирами O и L .

На первом этапе установим зависимость угла поворота коромысла α от угла поворота эксцентрика φ . Рассматриваемый кулачковый

механизм можно условно заменить шарнирным четырехзвенником $OLMN$. Воспользуемся методом векторных контуров.

Разобьем замкнутый контур $OLMN$ на два треугольника OLN и LMN .

Составим векторное уравнение контура OLN :

$$e + |LN| - h = 0. \quad (1)$$

Для контура LMN имеем:

$$(R + r) - l - |LN| = 0. \quad (2)$$

Проекции векторов уравнения (1) на оси координат:

$$e \cdot \sin \varphi + |LN| \cdot \sin \varepsilon = 0, \quad (3)$$

$$e \cdot \cos \varphi + |LN| \cdot \cos \varepsilon - h = 0. \quad (4)$$

Из уравнений (3) и (4) следует:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{-e \cdot \sin \varphi}{-e \cdot \cos \varphi + h},$$

или

$$\varepsilon = \operatorname{arctg} \frac{-e \cdot \sin \varphi}{-e \cdot \cos \varphi + h}. \quad (5)$$

Из треугольника LMN следует:

$$(R + r)^2 = l^2 + |LN|^2 - 2 \cdot l \cdot |LN| \cdot \cos \rho, \quad (6)$$

$$l^2 = (R + r)^2 + |LN|^2 - 2 \cdot (R + r) \cdot |LN| \cdot \cos \sigma. \quad (7)$$

$$\rho = \arccos \frac{l^2 + |LN|^2 - (R + r)^2}{2 \cdot e \cdot |LN|}, \quad (8)$$

$$\sigma = \arccos \frac{(R + r)^2 + |LN|^2 - l^2}{2 \cdot (R + r) \cdot |LN|}.$$

Найдем величину LN :

$$|LN| = \sqrt{h^2 + e^2 - 2 \cdot h \cdot e \cdot \cos \varphi}.$$

Подставим значение LN в уравнение (8):

$$\rho = \arccos \frac{l^2 + (R + r)^2 + h^2 + e^2 - 2 \cdot h \cdot e \cdot \cos \varphi}{2e \cdot \sqrt{h^2 + e^2 - 2 \cdot h \cdot e \cdot \cos \varphi}}. \quad (9)$$

Из расчетной схемы следует:

$$\alpha = \rho + \varepsilon.$$

Подставив в последнее уравнение значения ρ и ε из формул (5) и (9), получим:

$$\alpha = \arccos \frac{l^2 - (R + r)^2 + h^2 + e^2 - 2 \cdot h \cdot e \cdot \cos \varphi}{2 \cdot l \cdot \sqrt{h^2 + e^2 - 2 \cdot h \cdot e \cdot \cos \varphi}} + \operatorname{arctg} \frac{-e \cdot \sin \varphi}{-e \cdot \cos \varphi + h}. \quad (10)$$

Первая часть полученного уравнения (10) включает геометрические параметры исследуемого механизма. С учетом требования рациональной компоновки составных частей опрыскивателя на мотоблоке приняты оптимальные значения этих параметров: $h = 125$ мм; $R = 55$ мм; $r = 25$ мм; $l = 105$ м. Основным геометрическим параметром, в наибольшей степени влияющим на изменение величины угла α , а следовательно, и на ход поршня гидронасоса, является эксцентриситет e . В уравнение (10) подставлены принятые значения параметров, и построена номограмма зависимости угла α от угла φ для пяти разных значений $e = 15; 25; 35; 45$ и 55 мм. Ниже и выше этого диапазона механизм при принятых геометрических параметрах не работоспособен.

Величина α является промежуточным параметром для установления зависимости положения поршня гидронасоса от угла поворота эксцентрика. Для установления этой зависимости рассмотрим верхнюю часть механизма (рис. 1).

Из треугольника $\triangle DBL$ следует:

$$|BD| = \sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha},$$

$$\sin \lambda = \frac{b \cdot \sin \alpha}{|BD|}. \quad (11)$$

Подставив в последнее уравнение значения $|BD|$ из формулы (11), получим:

$$\lambda = \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}}.$$

При установке механизма принято $\angle CBL = 90^\circ$, поэтому:

$$\tau = \frac{\pi}{2} - \lambda = \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}}. \quad (12)$$

Из треугольника $\triangle BCD$ следует:

$$\sin \varphi = \frac{|BD| \cdot \sin \tau}{e}.$$

С учетом выражений (11) и (12) найдем ψ :

$$\psi = \arcsin \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} \right)}{c}. \quad (13)$$

Из того же треугольника следует:

$$\eta = \pi - (\tau + \psi). \quad (14)$$

Подставив в (14) значения τ и ψ из выражений (12) и (13), получим:

$$\eta = \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} - \arcsin \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} \right)}{c}. \quad (15)$$

Из треугольника $\triangle BCD$ следует:

$$x_c = \frac{c \cdot \sin \eta}{\sin \tau}. \quad (16)$$

Учитывая крайнее положение C_0 точки C , получим:

$$x = \sqrt{(b+c)^2 - a^2} - x_c. \quad (16)$$

Подставим значение x_c из (16):

$$x = \sqrt{(b+c)^2 - a^2} - \frac{c \cdot \sin \eta}{\sin \tau}. \quad (17)$$

Подставив в равенство (17) значения η и τ из (12) и (15), получим:

$$x = \sqrt{(b+c)^2 - a^2} - \frac{c \cdot \sin \left[\arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} + \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} \right)}{c} \right]}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} \right)}. \quad (18)$$

Таким образом, получена зависимость положения поршня x от угла поворота коромысла α и геометрических параметров механизма a, b и c . Исходя из соображений рациональной компоновки механизма, привязанной к конкретной машине, приняты следующие значения параметров: $a = 80$ мм; $b = 90$ мм; $c = 120$ мм. С опорой на резуль-

таты расчетов для построения номограммы, представленной на рисунке 2, проведены расчеты и построена номограмма зависимости положения поршня x от угла поворота эксцентрика φ , так же, как и в предыдущем случае, для пяти различных значений $e = 15; 25; 35; 45$ и 55 мм (рис. 3).

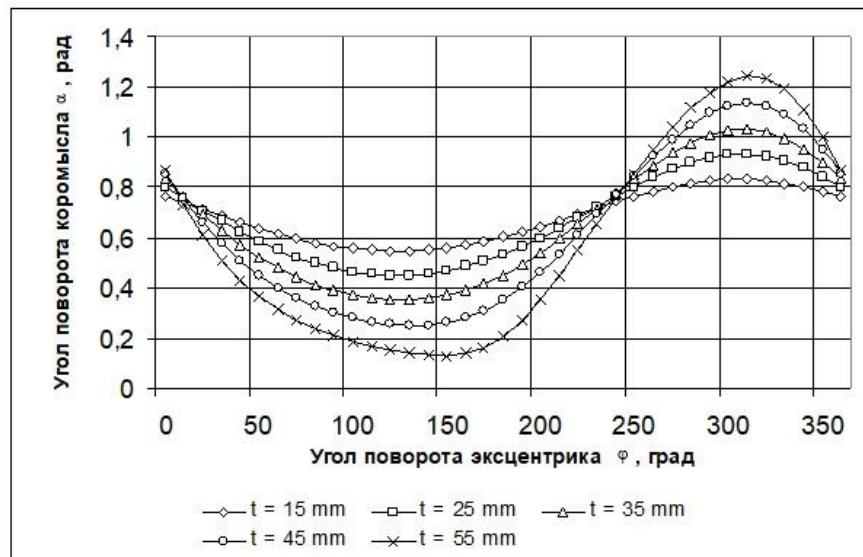


Рисунок 2. Зависимость положения коромысла от угла поворота эксцентрика
Figure 2. Dependence of the rocker arm position on the eccentric rotation angle

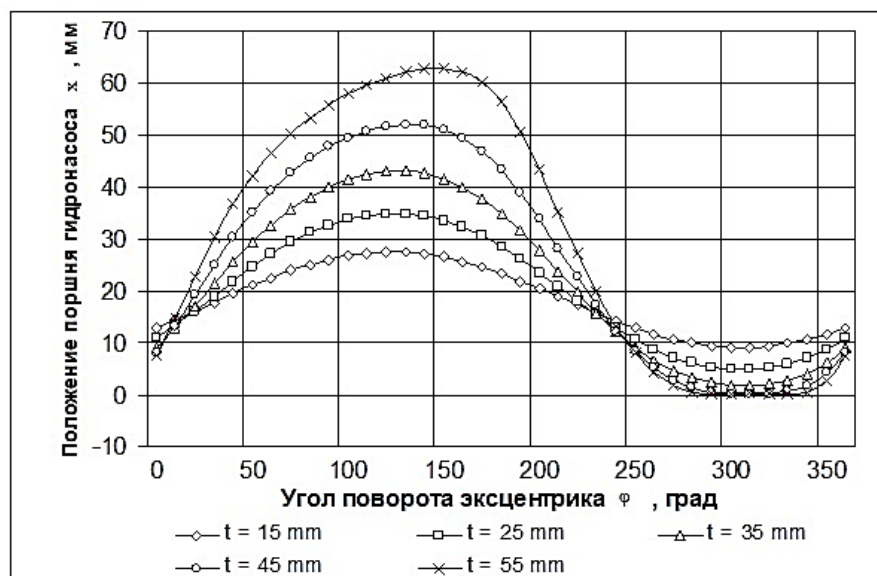


Рисунок 3. Зависимость положения поршня гидронасоса от угла поворота эксцентрика
Figure 3. Dependence of the hydraulic pump piston position on the eccentric rotation angle

Номограмма позволяет выбрать оптимальное значение величины e для эксцентрика.

Величина x на номограмме определяется как

$$x = x_{\max} - x_{\min}.$$

Поскольку $x_{\min} = 0$, то $x = x_{\max}$. Пусть, например, требуется обеспечить величину хода поршня, равную $x = 40$ мм. Из номограммы видно, что наиболее близок к этой величине (в большую сторону) случай, описываемый кривой, построенной для эксцентриситета, равного $e = 35$ мм. Таким образом, для того, чтобы обеспечить ход поршня, равный $x = 40$ мм, необходимо принять $e = 35$ мм.

Выводы. Выполнен кинематический анализ механизма привода опрыскивателя порш-

невого типа на базе мотокультиватора МК-1 «Крот», который позволил обосновать конструктивную схему механизма, а также его рациональные параметры. Найдены зависимости положения поршня и коромысла от угла поворота эксцентрика, позволяющие уточнить рациональный размер эксцентриситета.

Разработанный механизм привода опрыскивателя поршневого типа может быть использован для уничтожения колорадского жука в крестьянских (фермерских) хозяйствах на базе мотокультиватора МК-1 «Крот».

Список литературы

1. Мишхожев К. В., Хажметова А. Л., Хажметов Л. М. Анализ методов борьбы с сорной растительностью в приствольных полосах плодовых насаждений на террасированных склонах // Разработка и применение наукоемких технологий в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства: материалы Российской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 165–168.
2. Оценка технологических и технических характеристик распылителей опрыскивателей / А. Б. Баргунов, А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, А. Г. Фиашев // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 7(133). DOI: 10.23670/IRJ.2023.133.62. EDN: NCKRZF
3. Технологическое и техническое обеспечение возделывания плодово-ягодной продукции на галечниковых землях / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, Л. М. Хажметов, Т. Х. Пазова, В. Б. Дзуганов, А. Г. Фиашев // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2023. Т. 70. № 3 (52). С. 56–61. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-3-56-61. EDN: HJLWIQ
4. Тхагапсова А. Р., Мишхожев К. В., Хажметов Л. М. Особенности конструкции защитного фартука гербицидной штанги при обработке приствольных полос плодовых насаждений // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты: сб. науч. тр. II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 158–162. EDN: XGTMRI
5. Мишхожев К. В., Хажметов Л. М., Хажметов К. Л. Тенденция развития установок для внесения гербицида в приствольные полосы плодовых насаждений в террасном садоводстве // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты: сб. науч. тр. III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2023. С. 141–146. EDN: LPRZWX
6. Тхагапсова А. Р., Мишхожев К. В., Хажметов Л. М. Совершенствование технических средств для обработки приствольных полос плодовых насаждений в террасном садоводстве // Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 133–136. EDN: MLGJFM
7. Тавасиев Р. М., Бедоев М. Ю. Экспериментальный образец малогабаритного опрыскивателя посадок картофеля // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50. № 1. С. 174–177. EDN: PXPQFF
8. Тавасиев Р. М., Дзицкоев А. П. Определение основных показателей рабочего процесса опрыскивателя // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы 10-й международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2021. С. 261–264. EDN: FJXRAH
9. Дзицкоев А. П., Тавасиев Р. М. Обоснование основных параметров гидронасосного агрегата для внесения ядохимикатов // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы 10-й международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2021. С. 258–260. EDN: KEPYAZ
10. Тавасиев Р. М., Дзицкоев А. П. Агрегат для ухода за саженцами в питомниках // Сельский механизатор. 2021. № 8. С. 16–17. EDN: RFTBIH

References

1. Mishkhozhev K.V., Khazhmetova A.L., Khazhmetov L.M. Analysis of methods for weed control in tree trunk strips of fruit plantations on terraced slopes *Razrabotka i primeneniye naukoemkikh tekhnologiy v stroitel'stve, prirodoobustroytve i mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Rossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [Development and application of science-intensive technologies in construction, environmental management and mechanization of agricultural production: Proceedings of the Russian (national) scientific and practical conference]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2022. Pp. 165–168. (In Russ.)
2. Baragunov A.B., Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Fiapshev A.G. An evaluation of technological and technical characteristics of sprayer atomizers. *International research journal*. 2023;7(133). (In Russ.). DOI: 10.23670/IRJ.2023.133.62. EDN: NCKRZF
3. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M., Pazova T. Kh., Dzuganov V.B., Fiapshev A.G. Technical support for the cultivation of fruit and berry products on pebble lands. *Electrical technology and equipment in the agro-industrial complex*. 2023;70(3):56–61. (In Russ.). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-3-56-61. EDN: HJLWIQ
4. Tkhangapsova A.R., Mishkhozhev K.V., Khazhmetov L.M. Features of the design of the protective apron of the herbicide rod when processing the ground strips of fruit plants. *Aktual'nye problemy agrarnoj nauki: prikladnye i issledovatel'skie aspekty: sb. nauch. tr. II Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual problems of agricultural science: applied and research aspects: collection of scientific papers of the II All-Russian (national) scientific and practical conference] Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2022. Pp. 158–162. (In Russ.). EDN: XGTMRI
5. Mishkhozhev K.V., Khazhmetov L.M., Khazhmetov K.L. Trend in development of installations for application of herbicide in ground strips of fruit plants in terrace gardening. *Aktual'nye problemy agrarnoj nauki: prikladnye i issledovatel'skie aspekty: sb. nauch. tr. III Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual problems of agricultural science: applied and research aspects: collection of scientific papers of the III All-Russian (national) scientific and practical conference]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2023. Pp. 141–146. (In Russ.). EDN: LPRZWX
6. Tkhangapsova A.R., Mishkhozhev K.V., Khazhmetov L.M. Improvement of technical means for processing tree trunk strips of fruit plantings in terraced gardening. *Innovacionnye resheniya v stroitel'stve, prirodoobustroytve i mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [Innovative solutions in construction, environmental management and mechanization of agricultural production: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2022. Pp. 133–136. (In Russ.). EDN: MLGJFM
7. Tavasiev R.M., Bedoev M.Yu. Experimental model of small sized spraying machine for potato plants. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2013;50(1):174–177. (In Russ.). EDN: PXPQFF
8. Tavasiev R.M., Dzitssoev A.P. Definition of the main indicators of the sprayer work process. *Perspektivy razvitiya APK v sovremennykh usloviyah. Materialy 10-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions. Proceedings of the 10th international scientific and practical conference]. Vladikavkaz, 2021. Pp. 261–264. (In Russ.). EDN: FJXRAH
9. Dzitssoev A.P., Tavasiev R.M. Justification of the main parameters of a hydraulic pump unit for applying pesticides. *Perspektivy razvitiya APK v sovremennykh usloviyah. Materialy 10-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions. Proceedings of the 10th international scientific and practical conference]. Vladikavkaz, 2021. Pp. 258–260. (In Russ.). EDN: KEPYAZ
10. Tavasiev R.M., Dzitssoev A.P. The unit for the care of seedlings in nurseries. *Sel'skij mekhanizator*. 2021;(8):16–17. (In Russ.). EDN: RFTBIH

Сведения об авторах

Тавасиев Рамазан Мусаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Технические системы в агробизнесе», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5113-4649

Дзиццоев Аркадий Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии наземного транспорта», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 3643-8139

Information about the authors

Ramazan M. Tavasiev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 5113-4649

Arkady P. Dzitsstsoev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering and Technology of Land Transport, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 3643-8139

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 08.04.2025;
одобрена после рецензирования 28.04.2025;
принята к публикации 07.05.2025.*

*The article was submitted 08.04.2025;
approved after reviewing 28.04.2025;
accepted for publication 07.05.2025.*