

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Научная статья
УДК 631.316.44

doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-68-76

**Обоснование конструктивно-технологических параметров
рабочего органа фрезы для обработки почвы
вокруг штамба дерева в условиях террасы**

Аслан Каральбиевич Апажев¹, Артур Мухамедович Егожев^{✉2},
Аскер Артурович Егожев³

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, д. 1в, Нальчик, Россия, 360030

¹kbr.apagev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5448-5782>

^{✉2}artyr-egozhev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4220-9107>

³egozhev2017@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-7791>

Аннотация. Садоводство в условиях горной и предгорной зоны с применением новых технологий, представляет собой перспективное направление сельского хозяйства. Террасирование в условиях горной и предгорной зоны способствует освоению под плодовые культуры новых площадей, которые без данного мероприятия не пригодны для садоводства, что в условиях ограниченных для землепользования площадей является приоритетным. Основным направлением совершенствования технологий ухода за почвой в садах, в условиях предгорной зоны, является внедрение средств механизации обработки приствольных полос террас, обеспечивающих эффективное использование корневой системы плодовых насаждений. Проблема, с которой сталкиваются сельхозпроизводители в данных условиях, это отсутствие современной техники по уходу за приствольными полосами плодовых насаждений. Внедрение новых машин и агрегатов для механической обработки приствольного круга за один проход агрегата, способствующих повышению плодородия почв в условиях террас, является актуальной. Предложена конструктивно-технологическая схема рабочего органа садовой фрезы, технический результат которого заключен в выполнении качественного процесса обработки в зоне приствольного круга за счет обеспечения обхода роторов вокруг штамба дерева, за один проход агрегата вдоль линии ряда, на которую получен патент на полезную модель. Получены аналитические зависимости, которые позволяют определить влияние основных конструктивных параметров, а также режимов работы новой конструкции фрезы, на качество выполнения технологического процесса.

Ключевые слова: фреза, приствольная полоса, горное садоводство, штамб дерева, терраса

Для цитирования. Апажев А. К., Егожев А. М., Егожев А. А. Обоснование конструктивно-технологических параметров рабочего органа фрезы для обработки почвы вокруг штамба дерева в условиях террасы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 2(36). С. 68–76. doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-68-76

Original article

Substantiation of the design and technological parameters of the working body of the cutter for tillage around the tree stem in a terrace

Aslan K. Apazhev¹, Artur M. Egozhev^{✉2}, Asker A. Egozhev³

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

¹kbr.apagev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5448-5782>

^{✉2}artyr-egozhev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4220-9107>

³egozhev2017@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-7791>

Abstract. Gardening in the conditions of mountainous and foothill zones with the use of new technologies is a promising direction of agriculture. Terra-sizing in mountainous and foothill zones contributes to the development of new areas for fruit crops, which are not suitable for gardening without this event, which is a priority in conditions of limited land use areas. The main direction of improving soil care technologies in gardens, in the conditions of the foothill zone, is the introduction of mechanization tools for processing the trunk strips of terraces, ensuring the effective use of the root system of fruit plantations. The problem faced by farmers in these conditions is the lack of modern equipment for the care of the trunk strips of fruit plantations. The introduction of new machines and units for the mechanical processing of the barrel circle in one pass of the unit, contributing to the increase of soil fertility in the conditions of terraces, is relevant. A constructive and technological scheme of the working body of a garden cutter is proposed, the technical result of which is to perform a high-quality processing process in the area of the trunk circle by ensuring the bypass of the rotors around the tree stem, in one pass of the unit along the row line, for which a utility model patent was obtained. Analytical dependences have been obtained that allow us to determine the influence of the main design parameters, as well as the operating modes of the new milling cutter design, on the quality of the technological process.

Keywords: milling cutter, trunk strip, mountain gardening, tree trunk, terrace

For citation. Apazhev A.K., Egozhev A.M., Egozhev A.A. Substantiation of the design and technological parameters of the working body of the cutter for tillage around the tree stem in a terrace. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;2(36):68–76. (In Russ.).
doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-68-76

Введение. Садоводство в нашей стране является самым динамично развивающимся направлением сельскохозяйственного производства. В последние годы в Российской Федерации отмечается ежегодный рост площадей под сады, в том числе на склоновых землях, валового сбора и урожайности [1].

В условиях предгорной зоны Северного Кавказа наиболее перспективным направлением является освоение склоновых земель с благоприятными агроклиматическими условиями для садоводства [1, 2].

Конструктивные особенности террас накладывают ограничения на условия работы сельскохозяйственных машин и агрегатов, среди которых необходимо особо выделить возможность подхода к линии ряда для обра-

ботки приствольного круга только с одной стороны [3–5].

Большинство садоводческих хозяйств, ведущих деятельность в условиях террасы, полагают в основном техникой, предназначенной для работы в условиях равнинного садоводства, которой для полной обработки необходимо движение агрегата по каждую сторону линии ряда, что трудно выполнимо в условиях террас. Также не маловажно то, что температура воздуха в условиях террасы по статистике на 0,5–0,6°C выше, чем на обычных склонах, что способствует улучшению термического режима в почве [4].

Среди многообразия различных способов содержания почвы в садах, в условиях склонового садоводства, с целью минимизации

эрозионных процессов почвы, а также обеспечения растений влагой и требуемыми питательными элементами, применяется дерново-перегнойная система, предусматривающая периодическое фрезерование приствольной полосы.

Наиболее важной проблемой, с которыми сталкиваются производители плодовой продукции, это отсутствие современной сельскохозяйственной техники для ухода за междурядьями и приствольными полосами деревьев в условиях предгорного и горного садоводства [2, 6, 7].

Следовательно, внедрение новых машин и агрегатов для обработки приствольного круга (скашивание и фрезерование) за один проход агрегата, способствующих повышению плодородия почв в условиях террас, является актуальной.

Цель исследования – обоснование конструктивно-технологических параметров садовой фрезы для обработки почвы вокруг штамба дерева.

Задачи исследования:

1. Провести анализ состояния средств для механической обработки приствольного круга в условиях террасы.

2. Разработать конструкцию фрезы для обработки зоны приствольного круга без повреждения штамба дерева за один проход агрегата вдоль линии ряда.

3. Теоретически обосновать рациональные конструктивно-технологические параметры предлагаемой конструкции фрезы.

Объект исследования – процесс обхода поворотной секцией фрезы вокруг штамба дерева, опытный образец фрезы для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились с использованием основных положений высшей математики, теоретической механики и сопротивления материалов. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и натуральных условиях в соответствии с апробированными методиками.

Результаты исследования. Предлагается математическая модель для определения ос-

новных конструктивно-технологических параметров рабочего органа фрезы для обработки зоны приствольного круга деревьев в условиях террасы за один проход машинно-тракторного агрегата [4, 8, 9].

По данной конструкции фрезы был получен патент Российской Федерации на полезную модель [8].

Фреза для обработки приствольных полос состоит из навешиваемой на трактор несущей рамы 1, поворотного бруса 2, основного фрезерного барабана 3, дополнительного фрезерного барабана 4, а также механизма управления поворотом, выполненного в виде щупа 5, системы рычагов и пальца 6, взаимодействующего с упором корпуса поворотного бруса (рис. 1).

При движении агрегата вдоль линии ряда, поворотный брус 2, с установленным на нем дополнительным ротором 4 удерживается от вращения штоком 6 механизма управления. При подходе к штамбу дерева щуп 5 соприкасается со штамбом, отклоняется и выводит посредством системы звеньев палец 6 из взаимодействия с упором корпуса поворотного бруса 2. Далее поворотный брус 2 с установленным на нем дополнительным ротором 4, под воздействием сил реакции вращающихся ножей с почвой, поворачивается на 360° , вращаясь вокруг вертикальной оси, проходящей через ось вращения основного ротора 3, обходя, таким образом, штамб дерева.

После схода щупа 5 со ствола дерева шток 6 механизма управления возвращается в исходное положение, фиксируя положение поворотного бруса 2.

После соприкосновения щупа со следующим штамбом процесс повторяется.

Величина площади, обработанной вокруг штамба дерева, будет зависеть от геометрических параметров элементов выносной поворотной секции (диаметр роторов) и величины угла захвата роторами приствольного круга.

Требуемый диаметр роторов с режущими сегментами d_p будет определяться необходимостью обеспечения обработки приствольного круга диаметра D_k с учетом перекрытия рабочими органами приствольной полосы, для исключения огрехов (рис. 2).

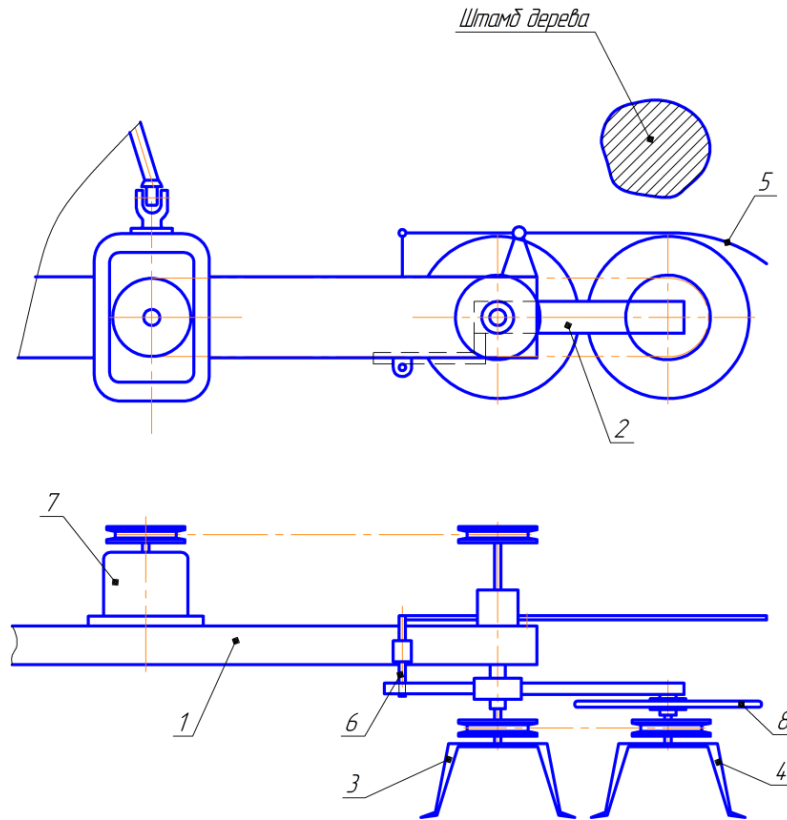


Рисунок 1. Конструктивная схема фрезы
 Figure 1. Structural diagram of the cutter

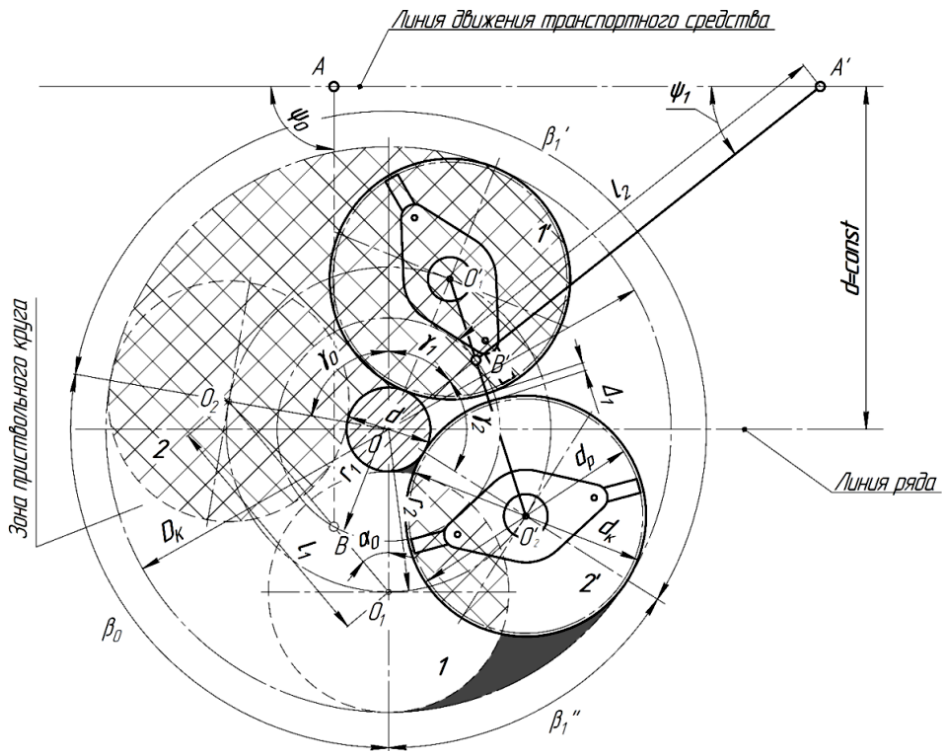


Рисунок 2. Конструктивно-кинематическая схема обхода штамба дерева рабочим органом фрезы
 Figure 2. Structural-kinematic diagram of the bypass of the tree trunk by the working bodies of the cutter

Необходимый диаметр ротора с режущими сегментами, обеспечивающий полное фрезерование пространства вокруг штамба дерева, определяется из системы уравнений [10]:

$$\left. \begin{aligned} d_k &= L + 2a \\ d_k &= d + 2d_p \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где:

L – ширина полосы, м;

a – перекрытие линии ряда, м;

d – диаметр штамба дерева, м;

d_p – диаметр ротора с режущими сегментами, м.

Одной из функций отбойных колес является предохранение штамба дерева от повреждений режущими сегментами фрезы в процессе выполнения технологического процесса. С учетом этого диаметр отбойных колес назначается большим радиуса роторов с режущими сегментами:

$$d_k = d_p + 2e, \quad (2)$$

где:

e – минимально допустимое расстояние между режущим сегментом и штамбом дерева, необходимое для исключения его повреждения, м.

Угол захвата роторами зоны приствольного круга:

$$\beta = \beta_0 + \beta_1, \quad (3)$$

где:

β_0 – начальный угол, град;

β_1 – требуемый угол поворота роторов вокруг штамба дерева, град.

Из треугольника O_1OO_2 (рис. 2), начальный угол установки

$$\beta_0 = 180^\circ - 2\alpha_0, \quad (4)$$

где:

α_0 – начальный угол установки поворотной секции, град.

Необходимый угол установки поворотной секции роторов α_0 (линия, проходящая через геометрический центр отбойных колес рабочего органа) к перпендикулярной линии направлению движения способствует выбору условия, при котором до начала поворота выносной секции вокруг штамба дерева, должна быть обработана площадь, расположенная за стволом дерева. Данное условие соблюдается в случае, если центры ротора 1 (точка O_1) и штамба дерева (точка O) будут

расположены на одной линии, перпендикулярной направлению движения фрезерного агрегата.

Для определения начального угла установки поворотной планки α_0 к направлению движения исследуем поворотную выносную секцию в начале контакта отбойных колес со штамбом дерева. Необходимым допущением является то, что во время выполнения процесса обработки, штабб дерева будет представлять собой окружность, находящуюся между отбойными колесами 1 и 2.

Принимая условие, что при вращении поворотной секции вокруг штамба дерева $OO_1 = OO_2 = r_2 = \text{const}$, из треугольника O_1OO_2 получим:

$$\alpha_0 = \arccos \frac{r_2^2 + l_1^2 - r_2^2}{2 \cdot l_1 \cdot r_2} = \arccos \frac{l_1^2}{2 \cdot l_1 \cdot r_2}, \quad (5)$$

где:

l_1 – расстояние между двумя роторами, м;

$$l_1 = 2r_k + \Delta_1 = d_k + \Delta_1, \quad (6)$$

где:

Δ_1 – минимальная величина зазора между двумя отбойными колесами, определяемая из конструктивных расчетов, м;

$r_2 = 0,5 \cdot (d + d_k)$ – радиус направляющей окружности, по которой перемещаются центры роторов с режущими сегментами при фрезеровании вокруг штамба дерева, м.

Тогда выражение (5) примет вид:

$$\alpha_0 = \arccos \frac{(d_k + \Delta_1)^2}{2 \cdot (d_k + \Delta_1) \cdot 0,5(d + d_k)}. \quad (7)$$

Предложен график зависимости начального угла установки поворотной планки к направлению движения от диаметра штамба дерева при вариации диаметров отбойных колес (рис. 3).

Из графика видно, что кривая изменения начального угла установки поворотной планки к направлению движения носит нелинейный характер, с увеличением диаметра штамба дерева, также происходит увеличение угла установки поворотной планки к направлению движения.

При выполнении технологического процесса, для полного фрезерования вокруг штамба дерева необходимо чтобы конечное положение ротора 2'' совпало с начальным положением ротора 1, т.е. должно соблюдаться требование:

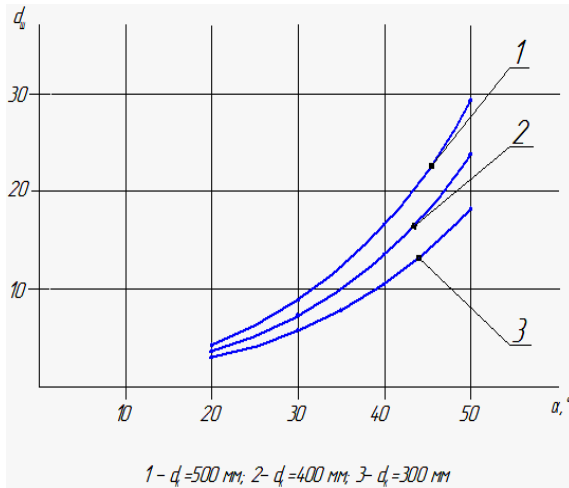


Рисунок 3. График зависимости начального угла установки поворотной планки к направлению движения агрегата от диаметра штамба дерева
Figure 3. Graph of the dependence of the initial angle of installation of the turning bar to the direction of movement of the unit on the diameter of the tree trunk

$$\beta_1 = 360^\circ - \beta_0. \quad (8)$$

Для определения конструктивных параметров поворотной секции рассмотрим рабочий орган фрезы в положении, когда угол ψ_1 между линией направления движения агрегата и поворотным рычагом составляет значение:

$$\psi_1 = \arcsin \frac{r_1 + l}{d}, \quad (9)$$

где:

l – длина рычага $A'B'$, м;

ψ_1 – максимальное значение угла, при достижении которого при дальнейшем перемещении агрегата (точка А) вдоль линии ряда и сохранении условия $I_{AB} = \text{const}$ произойдет отрыв отбойных колес от штамба дерева с последующим нарушением нормального технологического процесса фрезерования вокруг штамба дерева.

При данном перемещении роторы 1 и 2 будут работать на площадке длиной $L = 2\pi r_2 / \beta_1'$ и радиуса r_p (рис. 2). На площадках, заштрихованных крестообразно, роторы 1 и 2 с режущими сегментами будут работать по уже обработанным поверхностям (холостой ход). Заштрихованные участки не будут обработаны при условии:

$$\beta_1' = \gamma_0 + \gamma_1 + \gamma_2, \quad (10)$$

где:

γ_0 – начальный угол, составляемый OO_2 с осью абсцисс, град;

γ_1 – угол, составляемый поворотным рычагом с осью абсцисс, град;

γ_2 – угол, составляемый OO_2' с осью поворотного рычага, град.

Из треугольника O_1OO_2 :

$$\gamma_0 = 180^\circ - \delta_0 = 180^\circ - (180^\circ - 2\alpha_0) = 2\alpha_0, \quad (11)$$

$$\gamma_1 = \arccos \frac{d}{r_1 + l}. \quad (12)$$

Из треугольника $OB'O_2'$:

$$\gamma_2 = \arccos \frac{r_1^2 + r_2^2 - c_2^2}{2 \cdot r_1 \cdot r_2}, \quad (13)$$

где:

$c_2 = l - c_1$ длина соответствующего участка, м.

Тогда с учетом выражений (11), (12) и (13) выражение (10) примет вид:

$$\beta_1' = \arccos \left(\frac{(d_k + 2e)^2}{2 \left(r + \frac{d_k}{2} \right) \cdot (d_k + 2e)} + \frac{d}{\sqrt{(l-d)^2 + (e_1 \sin \alpha_0)^2} + l} + \frac{(l-d)^2 + (e_1 \sin \alpha_0)^2 + \left(\frac{d_k}{2} + r \right)^2 - e_2^2}{2\sqrt{(l-d)^2 + (e_1 \sin \alpha_0)^2} \cdot \left(\frac{d_k}{2} + r \right)} \right). \quad (14)$$

Так как $\beta_1' \neq \beta$, то для обеспечения полного фрезерования вокруг штамба дерева необходимо осуществить дополнительный поворот секции вокруг штамба дерева на величину β_1'' .

Таким образом, полное значение требуемого угла поворота:

$$\beta_1 = \beta_1' + \beta_1'', \quad (15)$$

где:

β_1' – возможный угол поворота роторов при постоянном значении геометрических параметров поворотной секции, град;

β_1'' – угол, на который необходимо вернуть поворотную секцию для обеспечения полной обработки площади приствольного круга, град.

Величина угла β_1' зависит от геометрических параметров элементов поворотной сек-

ции. Зависимости величин d_k и α_0 определяются необходимостью обеспечения требуемой обработанной площади, а также зависят от начальных условий работы фрезы. Поэтому обеспечение требуемого угла поворота возможно только за счет варьирования значений геометрических параметров s и l , входящих в выражение (13).

Для обеспечения максимально наибольшего угла поворота роторов вокруг штамба дерева при постоянной длине рычага АВ, в качестве технического решения, предложено выполнение оси вращения поворотной секции со смещением ее от геометрической оси симметрии [10]. Однако возможности смещения оси вращения имеют ограничения, связанные с возможностью травмирования штамба дерева.

Исходя из условия безопасного контакта поворотной секции фрезы со штамбом дерева, значения s_1 будет:

$$s_1 = \frac{\Delta_2 + 0,5d}{\sin\alpha_0}, \quad (16)$$

где:

Δ_2 – величина требуемого зазора между поворотным рычагом и штамбом дерева, м.

Для обеспечения оборота секции на величину β_2'' , в качестве технического решения, предложено выполнение рычага АВ телескопическим.

Выводы. Разработанное конструктивно-технологическое решение для ухода за почвой в условиях террасы позволяет существенно снизить энергозатраты на единицу площади, по сравнению с существующими методами механической обработки в современных садах.

Полученные аналитические зависимости, позволяющие определить оптимальные конструктивные параметры поворотной секции и ротационного режущего аппарата фрезы, могут быть использованы в практике проектирования сельскохозяйственных машин и агрегатов для условий террасного садоводства.

Разработана конструктивно-технологическая схема рабочего органа фрезы для обработки приствольных полос, обеспечивающая изменения положения деталей рабочего органа относительно штамба дерева, и поворот фрезерной секции вокруг штамба дерева на угол, необходимый для полного фрезерования в зоне приствольного круга в процессе движения агрегата за один проход.

Список литературы

1. Апажев А. К., Егожев А. М., Полищук Е. А., Егожев А. А. Обоснование параметров рабочего органа фрезы для террасного садоводства // Сельский механизатор. 2021. № 8. С. 8–9.
2. Минсельхоз РФ: темпы закладки садов в КБР вдвое превышают показатели по стране [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tass.ru/v-strane/9342469>
3. Apazhev A. K., Shekikhachev Y. A., Hazhmetov L. M., Smelik V. Combined unit for preparation of soil for sowing grain crops // Engineering for Rural Development, 2019. С. 192–198.
4. Apazhev A.K. [et al.] Mathematical model for calculating the parameters of machines for processing near-trunk strips in a terrace // International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems" (ITEEA 2021), Nalchik, Russian Federation. 2021.
5. Манаенков К. А. Обоснование параметров вертикальной фрезы для обработки межствольных полос в интенсивных садах // Повышение эффективности агропромышленного производства в условиях современных форм хозяйствования: тезисы докладов Международной научно-практической конференции. Воронеж, 1995. Ч. 2. С. 164–165.
6. Бухман Н. С., Манаенков К. А. О прямом математическом моделировании процесса обхода штамбов деревьев фрезерными рабочими органами с вертикальной осью вращения // Сельскохозяйственное производство и высшая школа на переломном этапе реформирования: Материалы областной научно-практической конференции, 21–22 мая 1996 г. Мичуринск, 1996. Сб. 2. Ч. 2. С. 75–76.
7. Завражнов А. И., Манаенков К. А. Обоснование параметров и режимов работы вертикальных фрез для обработки межствольных полос в садах // Сельскохозяйственное производство и высшая школа на переломном этапе реформирования: Материалы областной научно-практической конференции, 21–22 мая 1996 г., Мичуринск, 1996. Сб. 2. Ч. 2. С. 70–71.

8. Патент №206892 Российская Федерация, СПК А01В 39/16 (2021.05). Фреза для обработки приствольных полос интенсивного сада: №2021109828: заявл. 08.04.2021., опубл. 30.09.2021: авторы Егожев А. М., Апажев А. К., Полищук Е. А., Егожев А. А.
9. Патент №184892 Российская Федерация, МПК А01В 39/16 (2006.01). Фреза для приствольной полосы: №2018122520: заявл. 19.06.2018., опубл. 13.11.2018: авторы Егожев А. М., Полищук Е. А., Егожев А. А.
10. Яблонский А. А., Никифорова В. М. Курс теоретической механики: учебное пособие для ВТУЗов. Москва: КНОРУС, 2010. 608 с.

References

1. Apazhev A.K., Yegozhev A.M., Polishchuk E.A. Yegozhev A.A. Justification of the parameters of the working body of a milling cutter for terraced gardening. *Selskiy Mehanizator* [Rural mechanizer]. 2021;(8):8–9. (In Russ.)
2. Ministry of Agriculture of the Russian Federation: the pace of laying gardens in the CBD is twice as high as the country's indicators [Electronic resource] – Access mode: <https://tass.ru/v-strane/9342469>. (In Russ.)
3. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Hazhmetov L.M, Smelik V. Combined unit for preparation of soil for sowing grain crops. *In the collection: Engineering for Rural Development*. 2019:192–198. (In Russ.)
4. Apazhev A.K. [et al.] Mathematical model for calculating the parameters of machines for processing near-trunk strips in a terrace. *International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems"* (ITEEA 2021). Nalchik. Russian Federation. 2021. (In Russ.)
5. Manaenkov K.A. Substantiation of the parameters of a vertical milling cutter for working inter-trunk strips in intensive gardens. *Povyshenie effektivnosti agropromyshlennogo proizvodstva v usloviyah sovremennyh form hozyajstvovaniya* [Increasing the efficiency of agro-industrial production in the conditions of modern forms of management]: tezisы докладov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Voronezh, 1995. Part 2. Pp. 164–165. (In Russ.)
6. Buchman N.S., Manaenkov K.A. On direct mathematical modeling of the process of circumventing tree trunks by milling working bodies with a vertical axis of rotation. *Sel'skohozyajstvennoe proizvodstvo i vysshaya shkola na perelomnom etape reformirovaniya* [Agricultural production and higher school at the critical stage of reformation]: materialy oblastnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. May 21–22. 1996. Michurinsk. 1996. Sb. 2. Part 2. 75–76. (In Russ.)
7. Zavrzhnov A.I., Manaenkov K.A. Substantiation of parameters and modes of operation of vertical milling cutters for processing inter-trunk strips in gardens. *Sel'skohozyajstvennoe proizvodstvo i vysshaya shkola na perelomnom etape reformirovaniya* [Agricultural production and higher school at the transition stage of reformation]: materialy oblastnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. May 21–22. 1996. Michurinsk. 1996. Sb. 2. Part 2. 70–71. (In Russ.)
8. Patent No. 206892 Russian Federation, SEC A01B 39/16 (2021.05). Milling cutter for processing of trunk strips of intensive garden: No. 20211 09828: application. 08.04.2021., publ. 30.09.2021. autors: Egozhev A.M., Apazhev A.K., Polishchuk E.A., Egozhev A.A. (In Russ.)
9. Patent No. 184892 Russian Federation, IPC A01B 39/16 (2006.01). Milling cutter for the barrel strip: No.2018122520: application. 19.06.2018., publ. 13.11.2018. autors: Egozhev A.M., Polishchuk E.A., Egozhev A.A. (In Russ.)
10. Yablonsky A.A., Nikiforova V.M. Course of theoretical mechanics: textbook for higher education institutions. Moscow: KNORUS. 2010. 608 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Апажев Аслан Каральбиевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1530-1950, Author ID: 261514, Scopus ID: 57195587959, Researcher ID: H-4436-2016

Егожев Артур Мухамедович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1074-2232, Author ID: 31728, Scopus ID: 6505576211, Researcher ID: AAB-3748-2020

Егожев Аскер Артурович – аспирант 2-го года обучения кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5389-1457, Author ID: 1149193

Information about the authors

Aslan K. Apazhev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-код: 1530-1950, Author ID: 261514, Scopus ID: 57195587959, Researcher ID: H-4436-2016

Artur M. Egozhev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1074-2232, Author ID: 31728, Scopus ID: 6505576211, Researcher ID: AAB-3748-2020

Asker A. Egozhev – Postgraduate student of the 2nd year of study of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-код: 5389-1457, Author ID: 1149193

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

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 06.04.2022;
одобрена после рецензирования 25.04.2022;
принята к публикации 28.04.2022.*

*The article was submitted 06.04.2022;
approved after reviewing 25.04.2022;
accepted for publication 28.04.2022.*