

## Обоснование параметров измельчителя минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора

**Фазлиддин Уринович Жураев,**  
доктор технических наук, доцент,  
e-mail: fjuraev66@mail.ru;

**Кадам Истамович Рузикулов,**  
докторант, e-mail: qruzikulov@mail.ru;  
**Элдор Фазлиддин Угли Уринов,**  
соискатель, e-mail: urinov757@gmail.com

Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Бухарский институт управления природными ресурсами, г. Бухара, Республика Узбекистан

**Реферат.** Отметим актуальность повышения продуктивности орошаемых земель, обеспечения достаточных запасов минеральных и питательных веществ для растений в Республике Узбекистан. Показали, что для внесения минеральных удобрений при подготовке земель к севу хлопчатника, пшеницы, сои и других культур на практике используют чизель-культиватор с двумя отдельными бункерами для минеральных удобрений вместимостью по 50 килограммов. Выявили, что в бункерах остаются крупные комки слежавшихся удобрений, что снижает производительность и качество работы агрегата. Рекомендуем использовать усовершенствованное устройство с одной емкостью, где установлены специальные измельчители минеральных удобрений. (*Цель исследования*) Обосновать параметры измельчителя крупных комков минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора. (*Материалы и методы*) Исследовали параметры и показатели измельчителя минеральных удобрений, работающего посредством вращательного движения, обеспеченного опорным колесом агрегата. (*Результаты и обсуждение*) Установили параметры чизеля-культиватора для измельчения и внесения минеральных удобрений при подготовке почвы под посев. (*Выводы*) Разработали агрегат с измельчительными рабочими органами в бункере чизеля-культиватора: диаметр вала – 40 миллиметров, высота зубчатой планки – 25-30, ширина – 8-10, толщина – 2-3 миллиметра. Всего в одном отсеке бункера зафиксировали 18 планок, в 10 отсеках – 180 штук. С выбранными параметрами измельчителя минеральных удобрений в бункере емкостью 350 килограммов можно внести в почву до 300 килограммов на гектар.

**Ключевые слова:** чизель-культиватор, измельчитель комков минеральных удобрений, внесение твердых минеральных удобрений, сошник.

**Для цитирования:** Жураев Ф.У., Рузикулов К.И., Уринов Э.Ф. Обоснование параметров измельчителя минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 50-55. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-50-55. EDN CVUJQC.

## Substantiation of the Parameters for the Grinder of Mineral Fertilizers in the Chisel-Cultivator Hopper

**Fazliddin U. Zhuraev,**  
Dr.Sc.(Eng.), associate professor,  
e-mail: fjuraev66@mail.ru;

**Qadam I. Ruzikulov,**  
Ph.D.student (Eng.), e-mail: qruzikulov@mail.ru;  
**Eldor F. Urinov,**  
Ph.D.applicant (Eng.), e-mail: urinov757@gmail.com

National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”, Bukhara Institute of Natural Resources Management, Bukhara, Republic of Uzbekistan

**Abstract.** The problem of increasing the irrigated lands productivity and ensuring sufficient reserves of minerals and nutrients for plants is noted to be important in the Republic of Uzbekistan. In practice, when preparing land for sowing cotton, wheat, soybeans and other crops, the application of mineral fertilizers is provided with the help of a chisel cultivator that has two separate hoppers for mineral fertilizers with a capacity of 50 kilograms each. It was revealed that large lumps of caked fertilizers remain in the hoppers, which reduces the productivity and quality of the unit. It was recommended to use an improved device with one container and special grinders for mineral fertilizers installed there. (*Research purpose*) To substantiate the parameters for the grinder of

large lumps of mineral fertilizers in the chisel-cultivator hopper. (*Materials and methods*) The study was focused on the parameters and performance of a mineral fertilizer grinder operating by means of a rotation provided by the unit support wheel. (*Results and discussion*) The parameters of the chisel-cultivator were determined for grinding and applying mineral fertilizers at the stage of preparing the soil for sowing. (*Conclusions*) A unit with grinding working bodies was developed to install in a chisel-cultivator hopper. The following parameters were specified: the shaft diameter is 40 millimeters, the toothed bar height is 25-30 millimeters, the width is 8–10 millimeters, and the thickness is 2-3 millimeters. In total, 18 bars were fixed in one compartment of the hopper, and 180 pieces in 10 compartments. The selected parameters of the mineral fertilizer grinder in the hopper with a capacity of 350 kilograms facilitate the application of up to 300 kilograms per hectare.

**Keywords:** chisel-cultivator, crusher of mineral fertilizers lumps, application of solid mineral fertilizers, coultter.

**For citation:** Zhuraev F.U., Ruzikulov K.I., Urinov E.F. Obosnovanie parametrov izmel'chatelya mineral'nykh udobreniy v bunkere chizelya-kul'tivatora [Substantiation of the parameters for the grinder of mineral fertilizers in the chisel-cultivator hopper]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 50-55 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-50-55. EDN CVUJQC.

**П**овышение продуктивности орошаемых земель, обеспечение достаточных запасов минеральных и питательных веществ для растений остаются одной из важных задач в Республике Узбекистан [1]. В целях улучшения плодородия почвы разработаны новые методы, технологии, техника [2-4]. Их совершенствование направлено на повышение производительности труда, снижение затрат энергии и материальных ресурсов [5-7].

Технология предпосевной обработки почвы, применяемая в Узбекистане, зависит от зональных особенностей, связанных с почвенно-климатическими и мелиоративными условиями, которые разделены на три зоны [8, 9]:

первая – предгорные земли, поверхности которых имеют заметные уклоны, с относительно большим количеством осадков, где можно получить всходы за счет естественной влаги;

вторая – предгорные земли, поверхность которых с незначительным уклоном, с малым количеством осадков, где для получения всходов необходимы предпосевные поливы;

третья – земля с незначительным уклоном и с различной степенью засоленности, где требуется проведение промывных поливов.

В этих условиях оптимально использование энерго- и ресурсосберегающих машин в системе минимальной обработки почвы.

В технологии предпосевной обработки почвы можно отметить три основных направления:

- минимизации обработки почвы (вплоть до нулевой обработки);
- совмещение технологических операций;
- подготовка технологических полей для машинно-тракторного агрегата.

Для зоны хлопководства наиболее приемлема технология минимальной обработки почвы, основанная на совмещении технологических операций в ходе применения комбинированных предпосевных почвообрабатывающих машин, укомплектованных актив-

ными и пассивными рабочими органами и уплотнительным катком.

Если необходимо вносить минеральные удобрения во время чизелевания, то посевные рабочие органы снабжают сошниками, а на раме чизеля-культиватора устанавливают туковысевающие аппараты с тукопроводом и приводом от опорных колес. Эти агрегаты имеют некоторые недостатки. У существующего орудия есть два отдельных бункера, емкость каждого до 50 кг. Но не предусмотрено измельчение крупных комков минеральных удобрений, что снижает производительность агрегата (*рис. 1*).



*Рис. 1. Ручная работа по сепарации крупных комков минеральных удобрений*

*Fig. 1. Manual separation of mineral fertilizer large lumps*

Для внесения минеральных удобрений при подготовке земель к севу хлопчатника, пшеницы, сои и других культур мы рекомендуем использовать усовершенствованное устройство, установленное на раме чизеля-культиватора. Глубина внесения – 20-25 см. Норма внесения – до 300 кг/га (*рис. 2*).



*Рис. 2. Общий вид чизеля-культиватора с переоборудованными рабочими органами*

*Fig. 2. General view of a chisel-cultivator with re-equipped working bodies*

**Цель исследования** – обосновать параметры измельчителя крупных комков минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Предложили новую конструкцию чизеля-культиватора с переоборудованными рабочими органами и емкостью для минеральных удобрений 350 кг (рис. 3).

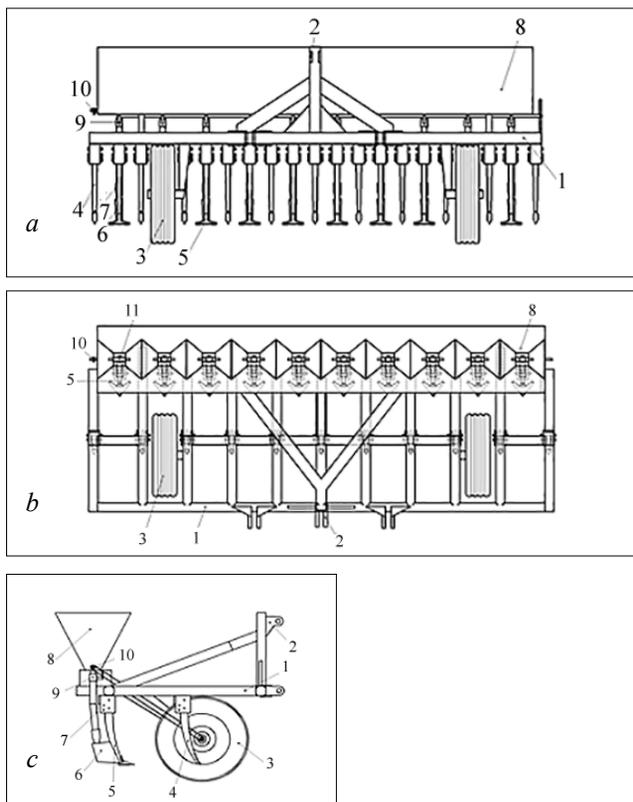


Рис. 3. Схема агрегата для вынесения минеральных удобрений в ходе предпосевной обработки почвы: а – вид спереди; б – вид сверху; с – вид сбоку; 1 – рама агрегата; 2 – навеска рамы; 3 – опорное колесо; 4 – стойки с узкими рыхлительными лапами; 5 – стойки со стрельчатыми лапами; 6 – сошники для вынесения минеральных удобрений; 7 – трубопровод для минеральных удобрений; 8 – бункер; 9 – регулятор поступления минеральных удобрений; 10 – заслонка трубопровода; 11 – измельчитель

Fig. 3. The diagram of the unit for applying mineral fertilizers during pre-sowing tillage: a – front view; b – top view; c – side view; 1 – unit frame; 2 – frame hinge; 3 – support wheel; 4 – racks with narrow ripping paws; 5 – racks with lancet paws; 6 – coulters for applying mineral fertilizers; 7 – pipeline for mineral fertilizers; 8 – hopper; 9 – regulator of mineral fertilizers supply; 10 – pipeline damper; 11 – grinder

Прицепную раму агрегата навешивают при помощи сцепки на задней навеске трактора. Опорное колесо обеспечивает глубину обработки почвы рыхлительными и стрельчатыми лапами и внесения минеральных удобрений посредством сошника. С помощью специального устройства можно регулировать поступление минеральных удобрений из бункера в

трубопровод [10-14]. Ширина захвата агрегата – 4 м, расстояние между узкими рабочими органами – 300-310 мм, между стрельчатыми лапами – 350-370 мм. Глубину рыхления почвы (до 0,25 м) и внесения минеральных удобрений можно регулировать с помощью двух опорных колес.

В экспериментах использовали методы математического планирования и тензометрирования, а также существующие нормативные документы (*Tst* 63.03.2001, *Tst* 63.04.2001), «Методику проведения полевых экспериментов», подготовленную Научно-исследовательским институтом селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопчатника, рекомендации для внесения минеральных удобрений [15-18].

Внутри бункера вращаются активные зубчатые рабочие органы для размельчения больших комков минеральных удобрений (рис. 4).

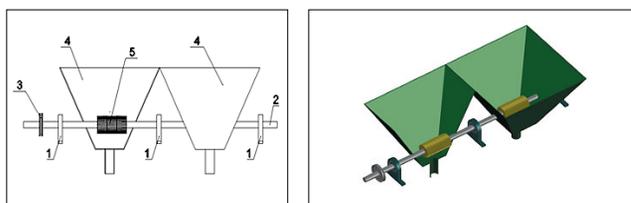


Рис. 4. Схематический вид агрегата для внесения минеральных удобрений: 1 – хомуты для закрепления вала; 2 – вал измельчителя; 3 – шкив; 4 – бункеры; 5 – измельчитель  
Fig. 4. Schematic view of the unit for applying mineral fertilizers: 1 – clamps for fixing the shaft; 2 – grinder shaft; 3 – pulley; 4 – hoppers; 5 – grinder

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Усовершенствованный агрегат для подготовки почвы под посев и одновременного внесения минеральных удобрений имеет один бункер вместимостью до 350 кг. В нем установлены активные рабочие органы, которые получают вращательное движение от опорного колеса.

Экспериментальные исследования проводили в 2020-2022 гг. в фермерском хозяйстве Бухарского района Бухарской области.

Агрегат снабжен зубчатыми рабочими органами для измельчения крупных фракций минеральных удобрений внутри бункера. Вращающиеся зубья ролика проталкивают гранулированные или порошкообразные удобрения по дну и направляют их в дозатор. Измельченные удобрения через трубопроводы поступают непосредственно в почву, при норме расхода до 300 кг/га. Этот показатель можно регулировать, изменяя скорость движения концентрацию и зазор между его дном и нижним краем стенки бункера [20-23].

Зубчатые рабочие органы имеют следующие параметры: высота зубчатой планки – 25-30 мм, ширина – 8-10 мм, толщина – 2-3 мм. Всего в одном отсеке бункера зафиксировано 18 планок, в десяти отсеках – 180 шт. Диаметр вала 40 мм.

С помощью рукоятки все заслонки (дозаторы) регулируются. Чтобы проверить равномерность внесения удобрений каждым дозатором, на них надевают мешки. Через 10 м агрегат останавливают, а мешки взвешивают для сравнения, при 3-5-кратной повторности. В каждом дозаторе содержится нормированная масса минеральных удобрений:  $m_1; m_2; m_3 \dots m_n$  ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ), их среднее арифметическое равно [2, 3, 6, 19, 20]:

$$M_{\text{ср}} = \frac{(m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n)}{n}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество дозаторов, шт.

Коэффициент разности количественных показателей при нормировании минеральных удобрений в почву можно определить из выражения:

$$\Phi = \frac{\sum_{i=1}^n (M_{\text{ср}} - M_i)}{\sum_{i=1}^n M_i} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $M_i$  – порядковый номер дозаторов ( $i = 1, 2, 3 \dots n$ ).

Для минеральных удобрений  $\Phi \leq 8-10\%$ .

Количество удобрения, вносимого в почву на глубину 20-25 см, рассчитывают по следующей формуле.

$$Q = 10000 \cdot q / (nbl), \quad (3)$$

где  $Q$  – норма внесения удобрений, кг/га;

$b$  – расстояние между сошниками для внесения минеральных удобрений, м;

$l$  – путь прохождения агрегата для контроля, м ( $l = 10$  м).

При подготовке почвы к посеву хлопчатника вносят 300-350 кг/га смеси аммофоса и мочевины (70:30).

**Выводы.** Определили параметры измельчителя минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора: высота зубчатых планок – 25-30 мм, ширина каждой планки – 8-10 мм. В каждом из 10 отсеков бункера установлено по 18 планок. Диаметр вала составляет 40 мм.

С выбранными параметрами измельчителя минеральных удобрений в бункера емкостью 350 кг можно внести в почву до 300 кг/га.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вожик Ю., Насонов В. Резервы минерального питания зерновых культур // *Пропозиция*. 2017. N2. С. 44-48.
2. Akhmetov A.A. Concerning advantages of passive operative part with symmetric leg. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2012. N2. 51-56.
3. Ахметов А.А., Муратов Л.Б. Обоснование параметров сменных рабочих органов комбинированной машины // *Irrigatsiya va melioratsiya*. 2021. N1(23). С. 53-57.
4. Мударисов С.Г., Аминов Р.И., Фархутдинов И.М., Ямалетдинов М.М. Рабочий орган для внесения удобрений в технологии Strip-till при выращивании технических культур // *Сельский механизатор*. 2017. N9. С. 10-11.
5. Камбулов С.И., Пархоменко Г.Г., Бабенко О.С., Божко И.В. Влияние параметров рабочего органа культиватора на качество крошения почвенного пласта // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N1. С. 41-46.
6. Akhmedov A.A. Concerning advantages of passive operative part with symmetric leg. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2012. N2. 51-56.
7. Ani O.A., Uzoejinwa B.B., Ezeama A.O., Onwualu A.P., Ugwu S.N., Ohagwu C.J. Overview of soil-machine interaction studies in soil bins. *Soil and Tillage Research*. 2018. N175. 13-27.
8. Ayadi I., Hatem B., Elyes H., Aref M., Abdul M. Mouazen. 3D finite element simulation of the effect of mouldboard plough's design on both the energy consumption and the tillage quality. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. N90. 473-487.
9. Кирюшин В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия // *Земледелие*. 2006. N5. С. 12-15.
10. Ахметов А.А., Хушвактов Б.В., Камбарова Д.У., Муратов Л.Б. Обоснование формы и параметров фартука-выравнивателя // *Инновационные технологии*. 2020. Специальный выпуск. С. 45-48.
11. Juraev F., Khamroyev G., Khaydarova Z., Khamroyev I., Ibdov I. The usage of a combined machine in the process of preparing the land for planting. *E3S Web of Conferences*. 2021. 264. 04092.
12. Juraev F., Karimov G. Water saving technique and technology of subsurface irrigation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 883(1). 012095.
13. Игамбердиев Х.Х., Мухитдинов А.Б. Теоретическое определение окружной скорости очесывающего барабана // *Irrigatsiya va melioratsiya*. 2021. N(23). С. 44-47.
14. Байметов Р.И., Флайшер Н.М. Оптимизация параметров рабочих органов почвообрабатывающих машин. Ташкент: Фан. 1991. С. 129-135.
15. Епифанцев В.В., Осипов Я.А. Вайтехович Ю.А. Сошники для выращивания экологически безопасной сои // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N3. С. 59-65.
16. Жураев Ф.У., Мусулманов Ф.Ш. Применение техники и технологии для промывки сильнозасоленных почв // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N2. С. 29-33.
17. Норчаев Р.Н., Норчаев Д.Р., Чоршанбиев Р.Х. Обоснование параметров решетчатого рыхлителя копателя моркови в условиях Республики Узбекистан // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N3. С. 15-19.
18. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokh V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of struc-

- tural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. N3(1-99). 55-65.
19. Rakhimov Z., Mudarisov S., Gabitov I., Rakhimov I., Rakhimov R., Farkhutdinov I., Tanylbaev M., Aminov R. Mathematical description of the mechanical erosion process in sloping fields. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. N13. 6505-6511.
  20. Муродов Н.М. Почвоуглубление без повторного уплотнения дна борозды // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2006. N10. С. 12–13.
  21. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х., Старовойтов С.И., Ценч Ю.С., Шогенов А.Х. Трехсекционный почвообрабатывающий агрегат с универсальными сменными рабочими органами // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 14. N3(54). С. 92-95.
  22. Ахалая Б.Х., Старовойтов С.И., Ценч Ю.С., Шогенов Ю.Х., Адамия Л.С. Комбинированный агрегат с универсальным рабочим органом для поверхностной обработки почвы // *Техника и оборудование для села*. 2020. N8(278). С. 8-11.
  23. Несмиян А.Ю., Ценч Ю.С., Каймакова А.С. Анализ изменения технико-технологического уровня паровых культиваторов в XXI веке // *Технический сервис машин*. 2021. N2(143). С. 174-183.
  23. Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S., Kaymakova A.S. Analiz izmeneniya tekhniko-tekhnologicheskogo urovnya parovykh kul'tivatorov v XXI veke [Analysis of changes in the technical and technological level of steam cultivators in the XXI century]. *Tekhnicheskij servis mashin*. 2021. N2(143). 174-183 (In Russian).

#### REFERENCES

1. Vozhik Yu., Nasonov V.. Rezervy mineral'nogo pitaniya zernovykh kul'tur [Reserves of mineral nutrition for grain crops]. *Propozitsiya*. 2017. N2. 44-48 (In Russian).
2. Akhmetov A.A. Concerning advantages of passive operative part with symmetric leg. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2012. N2. 51-56 (In English).
3. Akhmetov A.A., Muratov L.B. Obosnovanie parametrov smennykh rabochikh organov kombinirovannoy mashiny [Justification of parameters of replaceable working parts of a combined machine]. *Irrigatsiya va melioratsiya*. 2021. N1(23). 53-57 (In Russian).
4. Mudarisov S.G., Aminov R.I., Farkhutdinov I.M., Yamaltdinov M.M. Rabochiy organ dlya vnoseniya udobreniy v tekhnologii Strip-till pri vyrashchivanii tekhnicheskikh kul'tur [The working body for fertilization in strip-till technology in growing crops]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2017. N9. 10-11 (In Russian).
5. Kambulov S.I., Parkhomenko G.G., Babenko O.S., Bozhko I.V. Vliyanie parametrov rabocheho organa kul'tivatora na kachestvo krosheniya pochvennogo plasta [Influence of the cultivator working body parameters on the soil crumbling quality]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N1. 41-46 (In Russian).
6. Akhmedov A.A. Concerning advantages of passive operative part with symmetric leg. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2012. N2. 51-56 (In English).
7. Ani O.A., Uzoejinwa B.B., Ezeama A.O., Onwualu A.P., Ugwu S.N., Ohagwu C.J. Overview of soil-machine interaction studies in soil bins. *Soil and Tillage Research*. 2018. N175. 13-27 (In English).
8. Ayadi I., Hatem B., Elyes H., Aref M., Abdul M. Mouazen. 3D finite element simulation of the effect of mouldboard plough's design on both the energy consumption and the tillage quality. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. N90. 473-487 (In English).
9. Kiryushin V.I. Minimizatsiya obrabotki pochvy: perspektivy i protivorechiya [Tillage minimization: prospects and controversies]. *Zemledelie*. 2006. N5. 12-15 (In Russian).
10. Akhmetov A.A., Khushvaktov B.V., Kambarova D.U., Muratov L.B. Obosnovanie formy i parametrov fartuka-vyravnivatelya [Substantiation of the apron-aligner's shape and parameters]. *Innovatsionnyye tekhnologii*. 2020. Spetsial'nyy vypusk. 45-48 (In Russian).
11. Juraev F., Khamroyev G., Khaydarova Z., Khamroyev I., Ibodov I. The usage of a combined machine in the process of preparing the land for planting. *E3S Web of Conferences*. 2021. 264. 04092 (In English).
12. Juraev F., Karimov G. Water saving technique and technology of subsurface irrigation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 883(1). 012095 (In English).
13. Igamberdiev H.H., Mukhitdinov A.B. Teoreticheskoe opredelenie okruzhnoy skorosti ochesyvayushchego barabana [To the determination of the critical circuit speed of the sharing drum]. *Irrigatsiya va melioratsiya*. 2021. N(23). 44-47 (In Russian).
14. Baymetov R.I., Flaysher N.M. Optimizatsiya parametrov rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Optimizing the parameters of the tillage machine working bodies]. Tashkent: Fan. 1991. 129-135 (In Russian).
15. Epifantsev V.V., Osipov Ya.A. Vaytekhovich Yu.A. Soshniki dlya vyrashchivaniya ekologicheski bezopasnoy soi [Plowshare for growing ecologically safe soybeans]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N3. 59-65 (In Russian).
16. Zhuraev F.U., Musulmanov F.Sh. Primenenie tekhniki i tekhnologii dlya promyvki sil'nozsolennykh pochv [Equipment and technology application for washing highly saline soils]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N2. 29-33 (In Russian).
17. Norchaev R.N., Norchaev D.R., Chorshanbiev R.Kh. Obos-

- novanie parametrov reshetchatogo rykhlyatelya kopatelya morkovi v usloviyakh Respubliki Uzbekistan [Substantiation of the lattice ripper parameters of the carrot digger in conditions of the republic of uzbekistan]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N3. 15-19 (In Russian).
18. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokh V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. N3(1-99). 55-65 (In English).
19. Rakhimov Z., Mudarisov S., Gabitov I., Rakhimov I., Rakhimov R., Farkhutdinov I., Tanylbaev M., Aminov R. Mathematical description of the mechanical erosion process in sloping fields. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. N13. 6505-6511 (In English).
20. Murodov N.M. Pochvouglublenie bez povtornogo uplotneniya dna borozdy [Dredging without furrow bottom recompacting]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennye mashiny*. 2006. N10. 12-13 (In Russian).
21. Ahalaya B.Kh., Shogenov Yu.Kh., Starovoytov S.I., Tsench Yu.S., Shogenov A.Kh. Trekhseksionnyy pochvoobrabatyvayushchiy agregat s universal'nymi smennymi rabochimi organami [Three-section tillage unit with universal replaceable working bodies]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. Vol. 14. N3(54). 92-95 (In Russian).
22. Akhalaya B.Kh., Starovoytov S.I., Tsench Yu.S., Shogenov Yu.Kh., Adamiya L.S. Kombinirovanny agregat s universal'nym rabochim organom dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy [Combined unit with a universal working body for surface tillage]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2020. N8(278). 8-11 (In Russian).

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Заявленный вклад соавторов:

Жураев Ф.У. – научное руководство, формулирование основных направлений исследования, разработка теоретических предпосылок, доработка текста, формирование общих выводов и литературный анализ.

Рузикулов К.И. – проведение мониторинга надежности агрегата чизеля культиватора для вынесения минеральных удобрений.

Уринов Э.Ф. – обработка результатов исследований, визуализация.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

### Coauthors' contribution:

Zhuraev F.U. – scientific supervision, formulation of the main directions of research, development of the theoretical premises, text revision and editing, development of general conclusions and literature review.

Ruzikulov K.I. – monitoring the reliability of the chisel cultivator unit for mineral fertilizers application.

Urinov E.F. – research results processing, visualization.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

21.01.2022

14.04.2022