

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.356.44

DOI: 10.26897/2687-1149-2022-1-35-39


ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕПАРАЦИИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИСКОВОГО ВОРОШИТЕЛЯ

БАЙБОБОВЕВ НАБИЖОН ГУЛОМОВИЧ, д-р техн. наук, профессор¹

ngbayboboev@gmail.com

АКБАРОВ ШЕРЗОД БАТЫРОВИЧ, докторант¹

shakbarov1986@gmail.com

ГАДЖИЕВ ПАРВИЗ ИМРАНОВИЧ, д-р техн. наук, профессор²pgadjiev@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6877-6126>**РАМАЗАНОВА ГЮЛЬБИКЕ ГУДРЕТДИНОВНА** , канд. техн. наук, доцент²gulfbike@yandex.ru ; <https://orcid.org/0000-0003-2758-9479>; Scopus Autor ID: 56072031000¹ Наманганский инженерно-строительный институт; 160103, Республика Узбекистан, г. Наманган, проспект Дусллик, 12² Российский государственный аграрный заочный университет; 143907, г. Балашиха, ул. Шоссе Энтузиастов, 50

Аннотация. Сложность осуществления процесса сепарации в картофелеуборочных машинах обуславливает применение элеваторов с дисковыми ворошителями. Для повышения эффективности просеивания почвы после подкапывающего лемеха над элеватором установлен дисковый ворошитель с закрепленными на нём обрезиненными пальцами, благодаря упругости которых клубни картофеля не повреждаются. Проведен полнофакторный эксперимент по изучению влияния на полноту сепарации почвенно-клубненоносного пласта трех факторов: угла установки пальцев, скорости копателя и частоты вращения дискового ворошителя. Представлены уровни и интервалы варьирования этих факторов. По результатам исследований получено и проанализировано уравнение математической модели, отражающее в закодированном виде влияние значимых факторов на полноту сепарации почвенно-клубненоносной массы при уборке картофеля. Анализ решений уравнения математической модели позволил установить, что при угле установки пальцев 32,19° и скорости картофелекопателя 0,203 м/с максимальная полнота сепарации почвенно-клубненоносного пласта составляет 90,8%. Экспериментальные исследования проведены в 2020 г. во время сезона уборки картофеля сорта Романо в фермерском хозяйстве «Сарви сада хосили» Касансайского района Наманганской области Республики Узбекистан. Благодаря применению дискового ворошителя на картофелеуборочных машинах количество и степень повреждения клубней снизились за счет перемещения клубней с почвенным пластом и сокращения количества соударений их с прутками элеватора.

Ключевые слова: сепарация почвы, картофелеуборочная машина, элеватор, дисковый ворошитель, обрезиненные пальцы.

Формат цитирования: Байбобоев Н.Г., Акбаров Ш.Б., Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г. Повышение эффективности сепарации картофелеуборочных машин с применением дискового ворошителя // Агроинженерия. 2022. Т. 24. № 1. С. 35-39. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-1-35-39>.

© Байбобоев Н.Г., Акбаров Ш.Б., Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., 2022



ORIGINAL PAPER

INCREASING THE SEPARATING EFFICIENCY OF POTATO HARVESTING MACHINES WITH THE USE OF A DISC AGITATOR

NABIZHON G. BAIBOBOEV, PhD (Eng), Professor¹

ngbayboboev@gmail.com

SHERZOD B. AKBAROV, DSc seeker¹

shakbarov1986@gmail.com

PARVIZ I. GADZHIEV, PhD (Eng), Professor²pgadjiev@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6877-6126>**GUYULBIKE G. RAMAZANOVA** , PhD (Eng), Associate Professor²gulfbike@yandex.ru ; <https://orcid.org/0000-0003-2758-9479>; Scopus Autor ID: 56072031000¹ Namangan Civil Engineering Institute; 12, Dustlik, Namangan, 160103, Republic of Uzbekistan² Russian State Agrarian Correspondence University; 50, Entuziastov Shosse Ave., Balashikha, 143907, Russian Federation

Abstract. The complexity of the separation process in potato harvesters implies the use of elevators with disc agitators. To increase the efficiency of soil sifting after the ploughshare, a disc agitator with rubber-coated fingers fixed on it is installed

above the elevator. Due to its elasticity, the potato tubers are not damaged. The authors conducted a full-factor experiment on the influence of three factors on the completeness of separating a soil-tuber layer: an installation angle of fingers, the digger speed, and the disc agitator speed. The paper presents the levels and variation intervals of these factors. The authors obtained and analyzed the mathematical model equation reflecting the coded influence of significant factors on the separation completeness of a soil-tubular mass at potato harvesting based on the research results. The analysis of solutions to the mathematical model equation has established that at an angle of finger installation of 32.19° and speed of the potato digger of 0.203 m/s, the maximum separation completeness of a soil-tubular mass amounts to 90.8%. Experimental studies were conducted in 2020 during the potato harvesting season of the Romano variety in the farm "Sarvi Sad Khosili" (Kasansay district, Namangan region, the Republic of Uzbekistan). Due to the use of the disc agitator on potato harvesters, the number and degree of tuber damage decreased. The tubers moved with the soil layer, and this fact reduced the number of contacts between the tubers and the elevator bars.

Key words: soil separation, potato harvester, elevator, disc agitator, rubber-coated fingers.

For citation: Baiboboev N.G., Akbarov Sh.B., Gadzhiev P.I., Ramazanova G.G. Increasing the separating efficiency of potato harvesting machines with the use of a disc agitator. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2022; 24(1): 35-39. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-1-35-39>.

Введение. Большинство сепарирующих органов картофелеборочной машины не может в соответствии с определенными требованиями отделять клубни от разнообразных по размеру и свойствам элементов, содержащихся в клубненой массе.

Сложность осуществления процесса сепарации в картофелеборочных машинах определяется некоторыми основными факторами. Это незначительное содержание клубней в подкапываемой массе почвы, чувствительность клубней к механическим воздействиям, комковатость, пластичность, липкость почвы, наличие в почве посторонних примесей, что крайне отрицательно влияет на процесс сепарации [1-5].

Существуют три основных способа улучшения сепарации убираемой массы клубней: при предпосадочной подготовке почвы, во время ухода (рыхления) за растениями картофеля непосредственно на машинах для уборки картофеля и при послеуборочной обработке. Рассмотрим процесс сепарации почвенно-клубненой массы при уборке картофеля [1-4, 6-9].

Цель исследования: совершенствование конструктивных параметров картофелеборочной машины для увеличения эффективности сепарации почвенно-клубненой массы при уборке картофеля.

Материалы и методы. Для улучшения процесса просеивания почвы после подкапывающего лемеха над элеватором предложено установить дисковый ворошитель с закрепленными на нем обрезиненными пальцами (рис. 1, 2).

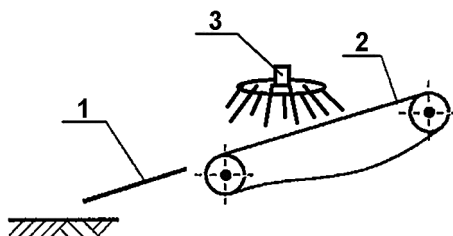


Рис. 1. Схема элеватора с дисковым ворошителем картофелеборочной машины:

1 – лемех; 2 – элеватор; 3 – дисковый ворошитель с обрезиненными пальцами

Fig. 1. Design of an elevator with disc agitators of a potato harvester:

1 – share, 2 – elevator,
3 – disc agitator with rubber-coated fingers

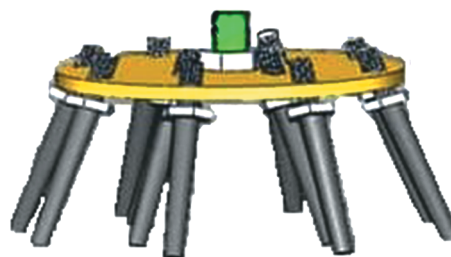


Рис. 2. Конструкция дискового ворошителя с обрезиненными пальцами

Fig. 2. Design of the disc agitator with rubber-coated fingers

Благодаря упругости пальцев применение сепарирующего устройства с дисковым ворошителем позволяет увеличить эффективность сепарации почвенно-клубненого пласта в различных почвенно-климатических условиях, не повреждая клубни картофеля.

С целью изучения влияния ряда параметров сепарирующего устройства с дисковым ворошителем на качество сепарации клубненого материала при уборке картофеля разработан план проведения полнофакторного эксперимента. Для этого были приняты наиболее значимые факторы, влияющие на результаты качественной сепарации клубней от почвы: угол установки пальцев α (x_1), скорость копателя v (x_2) и частота вращения дискового ворошителя ω (x_3). Интервал варьирования угла установки пальцев (x_1) и частота вращения дискового ворошителя (x_3) определялись конструктивными особенностями картофелекопателя, скорость копателя (x_2) – в зависимости от технической характеристики агрегируемого трактора¹ [10]. В зависимости от условий проведения каждого опыта меняли верхний и нижний уровни факторов.

В таблице представлены уровни и интервалы варьирования факторов [11].

Экспериментальные исследования проведены в 2020 г. во время уборки картофеля сорта Романо в фермерском хозяйстве «Сарви сада хосили» Касансайского района Наманганской области Республики Узбекистан. Урожайность с 1 га составила 18...20 т.

¹ ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. М.: Издательство стандартов, 2013. 28 с.

Таблица

Факторы и интервалы их варьирования

Table

Factors and their variation intervals

	Нижний уровень (-1) <i>Lower level (-1)</i>	Основной уровень (0) <i>Main level (0)</i>	Верхний уровень (+1) <i>Upper level (+1)</i>	Интервал варьирования <i>Variation interval</i>	Наименование фактора <i>Factor name</i>
x_1 (α):	0	30	60	30	Угол установки пальцев, град. / <i>Pin installation angle (degree)</i>
x_2 (v):	0,15	0,2	0,25	0,05	Скорость копателя, м/с / <i>Digger speed (m/s)</i>
x_3 (ω):	60	80	100	20	Частота вращения дискового ворошителя, мин ⁻¹ <i>Rotational speed of disc agitator (min⁻¹)</i>

Результаты и обсуждение. При проведении исследования процесса сепарации почвенно-клубненосной массы в качестве критерия оптимизации (функции отклика) рассматривалась эффективность полноты сепарации, которая определялась согласно ГОСТ 28713-2018² и выражалась в процентах.

По полученным данным полнофакторного эксперимента составлено уравнение математической модели по определению эффективности полноты сепарации (Y) почвенно-клубненосной массы:

$$Y = 90,787 + 0,25 \cdot x_1 + 0,243 \cdot x_2 - 0,351 \cdot x_3 - 1,468 \cdot x_1^2 + 1,664 \cdot x_2^2 + 0,997 \cdot x_3^2 - 0,579 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,839 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,18 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (1)$$

В раскодированном виде уравнение математической модели представлено как

$$Y = 123,527 + 0,295\alpha - 235,4v - 0,339\omega - 1,466\alpha^2 + 665,6v^2 + 0,0025\omega^2 - 0,386\alpha v - 0,0014\alpha\omega - 0,18v\omega. \quad (2)$$

По критерию Фишера уравнение математической модели (1) является адекватным. Модель применима для решения производственных задач. Определим значение факторов, обеспечивающих эффективное значение полноты сепарации (Y).

1. В качестве постоянного фактора принято: $x_1 = 0$ ($\alpha = 30^\circ$) (рис. 3).

Преобразованное уравнение математической модели (1) с учетом постоянного фактора представляется как

$$Y = 90,787 + 0,243 \cdot x_2 - 0,351 \cdot x_3 - 1,664 \cdot x_2^2 + 0,997 \cdot x_3^2 - 0,18 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (3)$$

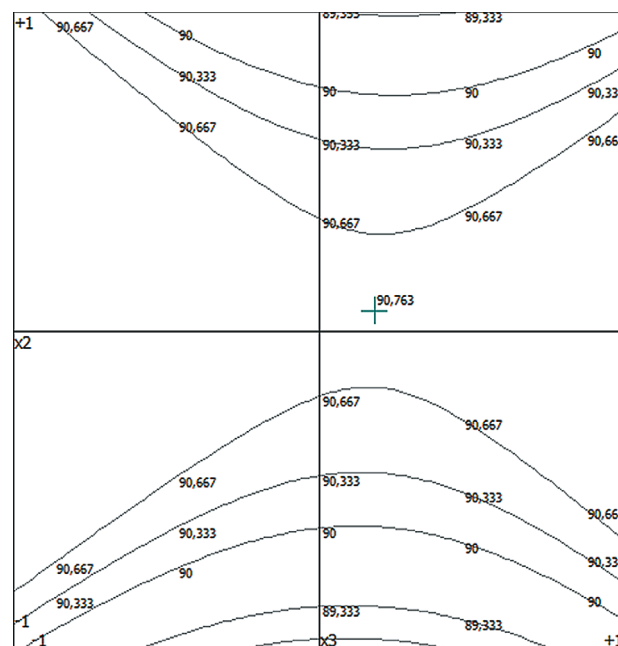


Рис. 3. Зависимость полноты сепарации почвенно-клубненосного пласта в зависимости от скорости копателя x_2 и частоты вращения дискового ворошителя x_3

Fig. 3. Relationship among the completeness of the soil-tuberiferous layer separation, depending on the digger speed x_2 , and the disc agitator's rotational speed x_3

Экстремум функции отклика находится в пределах варьирования переменных факторов. Значение экстремума

составляет $Y_{opt} = 90,8\%$. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов: $x_2 = 0,063$ ($v = 0,203$ м/с) и $x_3 = 0,182$ ($\omega = 83,64$ об/мин) при $x_1 = 0$ ($\alpha = 30^\circ$).

2. В качестве постоянного фактора принято: $x_2 = 0$ ($v = 0,2$ м/с) (рис. 4).

² ГОСТ 28713-2018. Машины для уборки картофеля. Методы испытаний. М.: Издательство стандартов, 2013. 42 с.

Преобразованное уравнение математической модели (1) с учетом постоянного фактора представляется как

$$Y = 90,787 + 0,25 \cdot x_1 - 0,351 \cdot x_3 - 1,468 \cdot x_1^2 + 0,997 \cdot x_3^2 - 0,839 \cdot x_1 \cdot x_3 \quad (4)$$

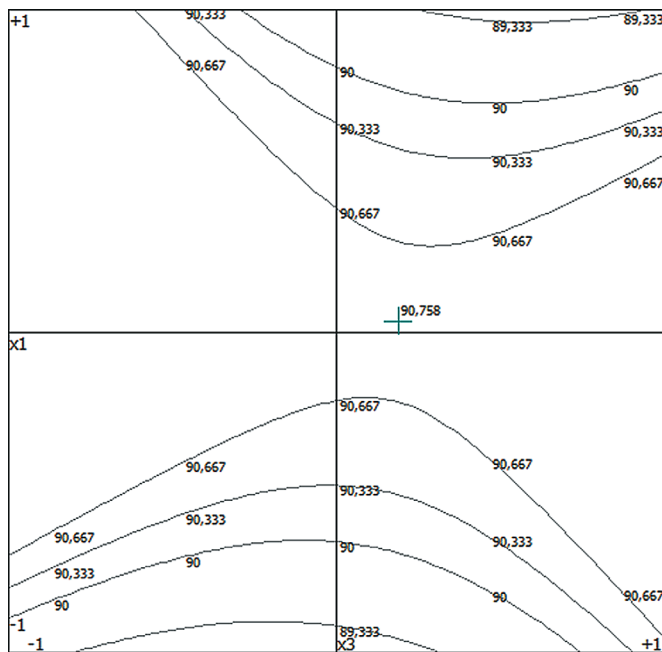


Рис. 4. Зависимость полноты сепарации почвенно-клубненоносного пласта в зависимости от угла установки пальцев x_1 и частоты вращения дискового ворошителя x_3

Fig. 4. Relationship among the completeness of the soil-tuberiferous layer separation, depending on the angle of fingers' installation x_1 , and the disc agitator's rotational speed x_3

Экстремум функции отклика находится в пределах варьирования переменных факторов. Значение экстремума составляет $Y_{opt} = 90,8\%$. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов: $x_1 = 0,031$ ($\alpha = 30,93^\circ$) и $x_3 = 0,189$ ($\omega = 83,78$ об/мин) при $x_2 = 0$ ($v = 0,2$ м/с).

3. В качестве постоянного фактора принято: $x_3 = 0$ ($\omega = 80$ об/мин) (рис. 5).

Преобразованное уравнение математической модели (1) с учетом постоянного фактора представлено как

$$Y = 90,787 + 0,25 \cdot x_1 + 0,243 \cdot x_2 - 1,468 \cdot x_1^2 - 1,664 \cdot x_2^2 - 0,579 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (5)$$

Библиографический список

1. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Шикалов М.С., Алексеев А.И. Исследование крошения почвы при её предпосадочной подготовке к последующей комбайновой уборке картофеля // Техника и оборудование для села. 2019. № 4. С. 20-23. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-4-20-23>
2. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Алексеев А.И. Машины для производства картофеля в тяжелых почвах // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы X Международной научно-практической конференции, 6-8 июня 2018 г. М.: ФГБНУ «Росинформатротех», 2018. 328 с.

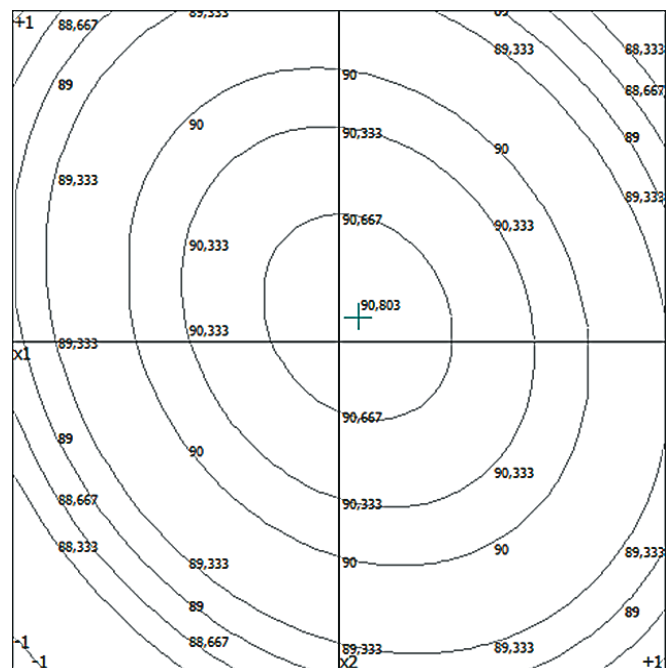


Рис. 5. Зависимость полноты сепарации почвенно-клубненоносного пласта от угла установки пальцев x_1 и скорости копателя x_2

Fig. 5. Relationship among the completeness of the soil-tuberiferous layer separation, depending on the angle of fingers' installation x_1 , and the digger speed x_2

Экстремум функции отклика находится в пределах варьирования переменных факторов. Значение экстремума составляет $Y_{opt} = 90,8\%$. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов $x_1 = 0,073$ ($\alpha = 32,19^\circ$) и $x_2 = 0,06$ ($v = 0,203$ м/с) при $x_3 = 0$ ($\omega = 80$ об/мин).

Выводы

1. Благодаря применению дискового ворошителя на картофелеуборочных машинах количество и степень повреждения клубней снизились за счет перемещения клубней с почвенным пластом и сокращения количества соударений их с прутками элеватора.
2. Максимальная полнота сепарации почвенно-клубненоносного пласта 90,8% обеспечивается при угле установки пальцев дискового ворошителя $\alpha = 32,19^\circ$ и скорости копателя $v = 0,203$ м/с.

References

1. Gadzhiev P.I., Ramazanova G.G., Shikalov M.S., Alekseev A.I. Issledovanie krosheniya pochvy pri ee predposadochnoy podgotovke k posleduyushchey kombaynovoy uborke kartofelya [Study soil crumbling during its pre-planting preparation for the subsequent combine harvesting of potatoes]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2019; 4: 20-23. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-4-20-23> (In Rus.)
2. Gadzhiev P.I., Ramazanova G.G., Alekseev A.I. Mashiny dlya proizvodstva kartofelya v tyazhelykh pochvakh [Machines for potato production in heavy soils]. *Nauchno-informatsionnoye obespecheniye innovatsionnogo razvitiya APK 2018: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "InformAgro-2018"*. June 6-8, 2018. 328 p. (In Rus.)

3. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Шикалов М.С., Алексеев А.И. Обоснование параметров комкоразрушающего битерного барабана машины для предпосадочной подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля // *Техника и оборудование для села*. 2019. № 8 (266). С. 15-18. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-8-15-18>

4. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Манаенков К.А. Повышение эффективности обработки почвы для комбайновой уборки картофеля // *Наука в центральной России*. 2020. № 4 (46). С. 33-40. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2020-4-33-40>

5. Gläser M., Thümmel H.-W., Körner G. Messung des Beimengungsanteils in Kartoffeln an einer Einlagerungsstrecke mittels Zwei-Gammaenergie-Transmissionsverfahren. *Isotopenpraxis Isotopes in Environmental and Health Studies*, 1987; 23 (2): 58-64. <https://doi.org/10.1080/10256018708623748>

6. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Якутин Н.Н., Голахов А.А., Симонова Н.В. Повышение качества разделения компонентов клубненосного пласта в картофелеуборочных машинах // *Материалы Национальной научно-практической конференции «Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса»*. 2020. Ч. 2. С. 73-76.

7. Успенский И.А., Юхин И.А., Мачнев А.В., Голиков А.А. Формирование комплекса картофелеуборочных и транспортных машин // *Техника и оборудование для села*. 2021. № 2 (284). С. 27-31. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-2-27-31>

8. Ließke P., Fischer L. Baugruppen zur Verminderung der Kartoffellbelastungen in der Annahmestrecke bei schwierigen Einsatzbedingungen. *Agrartechnik: Landtechnische Zeitschrift der DDR*. Berlin 37. 1987. Jg. 8. P. 352-353.

9. Kostenko M.Yu., Ruzimurodov A.A., Byshov D.N., Golakhov A.A., Yakutin N.N. Study of soil separation at a potato chain with a cross rotating agitator. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2019; 422: 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012032>

10. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 280 с.

11. Фирсов М.М. Планирование эксперимента при создании сельскохозяйственной техники. М.: МСХА, 1999. 128 с.

Критерии авторства

Байбобоев Н.Г., Акбаров Ш.Б., Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент и подготовили рукопись. Байбобоев Н.Г., Акбаров Ш.Б., Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 09.09.2021

Одобрена после рецензирования 14.10.2021

Принята к публикации 15.12.2021

3. Gadzhiev P.I., Ramazanova G.G., Shikalov M.S., Alekseev A.I. Obosnovanie parametrov komkorazrushayushchego biternogo barabana mashiny dlya predposadochnoy podgotovki pochvy k kombaynovoy uborke kartofelya [Determining the parameters of a clod-crushing beater drum of the machine for pre-planting soil preparation for potato harvesting]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2019; 8(266): 15-18. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-8-15-18> (In Rus.)

4. Gadzhiev P.I., Ramazanova G.G., Manaenkov K.A. Povyshenie effektivnosti obrabotki pochvy dlya kombaynovoy uborki kartofelya [Improving the efficiency of soil cultivation for combine harvesting of potatoes]. *Nauka v Tsentral'noy Rossii*, 2020; 4 (46): 33-40. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2020-4-33-40> (In Rus.)

5. Gläser M., Thümmel H.-W., Körner G. Messung des Beimengungsanteils in Kartoffeln an einer Einlagerungsstrecke mittels Zwei-Gammaenergie-Transmissionsverfahren. *Isotopenpraxis Isotopes in Environmental and Health Studies*, 1987; 23(2): 58-64. <https://doi.org/10.1080/10256018708623748>

6. Byshov N.V., Borychev S.N., Yakutin N.N., Golakhov A.A., Simonova N.V. Povyshenie kachestva razdeleniya komponentov klubnenosnogo plasta v kartofeleuborochnykh mashinakh [Improving the separation quality of the tuberous layer components in potato harvesters]. *Materialy Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Tekhnologicheskiye novatsii kak faktor ustoychivogo i effektivnogo razvitiya sovremennogo agropromyshlennogo kompleksa"*, 2020: 73-76. (In Rus.)

7. Uspensky I.A., Yukhin I.A., Machnev A.V., Golikov A.A. Formirovanie kompleksa kartofeleuborochnykh i transportnykh mashin [Formation of a set of potato and transport machines]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2021; 2 (284): 27-31. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-2-27-31> (In Rus.)

8. Ließke P., Fischer L. Baugruppen zur Verminderung der Kartoffellbelastungen in der Annahmestrecke bei schwierigen Einsatzbedingungen. *Agrartechnik: Landtechnische Zeitschrift der DDR*. Berlin 37. 1987; 8: 352-353. (In German)

9. Kostenko M.Yu., Ruzimurodov A.A., Byshov D.N., Golakhov A.A., Yakutin N.N. Study of soil separation at a potato chain with a cross rotating agitator. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 2019; 422: 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012032>

10. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovsky Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh usloviy [Planning an experiment to find optimal conditions]. Moscow, Nauka, 1976. 280 p. (In Rus.)

11. Firsov M.M. Planirovanie eksperimenta pri sozdanii sel'skokozyaystvennoy tekhniki [Planning an experiment in the designing of agricultural machinery]. Moscow, MSKhA, 1999. 128 p. (In Rus.)

Contribution

N.G. Baiboboev, Sh.B. Akbarov, P.I. Gadzhiev, G.G. Ramazanova performed theoretical studies, and based on the results obtained, conducted the experiment and wrote the manuscript. N.G. Baiboboev, Sh.B. Akbarov, P.I. Gadzhiev, G.G. Ramazanova have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 09.09.2021

Approved after reviewing 14.10.2021

Accepted for publication 15.12.2021