

selskikh raspredelitelnykh elektricheskikh setiakh 0,38 kV pri mnogostupenchatom otbore moshchnosti // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 6 (212). – S. 90-104. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-212-6-90-104.

12. Naumov I.V. K voprosu upravleniia nesimmetrichnymi rezhimami raboty raspredelitelnykh elektricheskikh setei 0,38 kV // Promyshlennaia energetika. – 2022. – No. 5. – S. 2-14.

13. Naumov I.V., Bastron A.V. Issledovanie nesimmetrichnykh rezhimov raboty vnutrennikh elektricheskikh setei individualnykh zhilykh domov v selskoi mestnosti / Vestnik NGIEI. – 2022. – No. 6 (133). S. 44–58. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-6-44-58.

14. Naumov I.V., Podyachirh S.V. The 0.38 kV "Green Network" Operating Modes Simulation with Multi-Level Unbalanced Power Consumption / APEC-IV-2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 990 (2022) 012055 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/990/1/012055.

15. GOST 32144-2013 Elektricheskaiia energii-a. Sovmestimost tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaia. Standart kachestva elektricheskoi energii v sistemakh elektrosnabzheniia obshchego naznachenii-a. – Moskva: Standartinform, 2014.

16. Matvienko V.A. Osnovy teorii tsepei / V.A. Matvienko // uchebnoe posobie. – Ekaterinburg: UMTs UPI, 2016. – 162 s.

17. Naumov, I. V. (2019). An Analysis of Fires Due to Violation of the Rules for Design and Operation of Electrical Plants, and How to Prevent them in Residential Buildings (on the Example of the Amur Region), 2019 International Science and Technology Conference "EastConf". 1-5. DOI: 10.1109/EastConf.2019.8725407.

18. Naumov I.V. Simmetrirovaniie rezhimov raboty vnutrennikh elektricheskikh trekhfaznykh setei, kak sredstvo snizheniia pozharnoi opasnosti // Aktualnye voprosy agrarnoi nauki. – 2021. – No. 38. – S. 19-26.

19. Naumov I.V., Karamov D.N. K voprosu o vznikoventii pozharoopasnykh situatsii pri nesimmetrichnom elektropotreblenii // Nadezhnost i bezopasnost energetiki. – 2021. – T. 14. – No. 1. – S. 69-76.

20. Naumov I.V. Ustroistvo dlia simmetrirovaniia tokov i napriazhenii v trekhfaznoi seti s nulevym provodom i samoreguliruemoi induktivnostiu / I.V. Naumov, Lukina G.V., Lukin A.A., Sukiasov S.V., Podieiachikh S.V. // Svidetelstvo na poleznuiu model No. 26699: (51) MPK 7 N 02 J 3/26. Vydano 03.06.2002 s formuloi: (21)2002114471/20.

21. Naumov I.V. Simmetriroiushchee ustroistvo dlia trekhfaznoi chetyrekhprovodnoi seti s reguliruemyimi parametrami / I.V. Naumov, D.A. Ivanov, D.A. Shpak, A.A. Matvienko, S.V. Podieiachikh, S.V. Sukiasov // Patent na poleznuiu model No. 61063 – Opublikovano 10.02.2007 Biul. No. 4.

22. Naumov I.V. Simmetriroiushchee ustroistvo dlia trekhfaznykh setei s nulevym provodom / I.V. Naumov, D.A. Ivanov, S.V. Podieiachikh, D. Gantulga // Patent na izobretenie No. 2490768. Zaregistrirovan v Gosreestre izobretenii RF ot 20 avgusta 2013 g.

23. Naumov I., Podyachikh S., Polkovskaya M., Tretyakov A. (2022). Green technologies use in the smart grid construction in rural power supply systems. *BIO Web Conf.* 42 03006. DOI: 10.1051/bioconf/20224203006.



УДК 631.1.363

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-215-9-114-119

У.К. Сабиев, И.Р. Хузин

U.K. Sabiev, I.R. Khuzin

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕЗВОДНОГО ОЧИСТИТЕЛЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

SUBSTANTIATION OF DESIGN AND OPERATIONAL PARAMETERS OF WATER-FREE ROOT CROP CLEANER

Ключевые слова: корнеклубнеплоды, безводная очистка, колебания, щеточный вал, полубарабан, поверхность отклика, рациональные параметры.

Keywords: root crops, water-free cleaning, oscillations, brush beater, semi-drum, response surface, rational parameters.

Обоснована необходимость очистки корнеклубнеплодов от загрязнений, а также необходимость совершенствования существующих устройств, в рабочем процессе которых не используется вода. Предложено устройство для безводной очистки корнеклубнеплодов от загрязнений, подразумевающее совместное использование колебательных и гибких рабочих органов. Приведена схема взаимодействия рабочих органов очистителя с обрабатываемым материалом. Методика экспериментальных исследований включала в себя проведение многофакторного эксперимента. Критерием оптимизации работы безводного очистителя являлась эффективность очистки корнеклубнеплодов. Представлены результаты экспериментальных исследований устройства для безводной очистки корнеклубнеплодов. На основании этого получено уравнение регрессии, адекватно описывающее технологический процесс. Определены параметры как кинематические, так и технологические, влияющие на процесс очистки корнеклубнеплодов. Представлены поверхности отклика от исследуемых факторов, оказывающих влияние на эффективность очистки корнеклубнеплодов, а также их анализ. Определены рациональные параметры работы экспериментального лабораторного образца. Устройство для безводной очистки будет востребовано в линиях послеуборочной, предреализационной подготовки

корнеклубнеплодов, а также в линиях приготовления кормосмесей.

This paper substantiates the need to clean root crops from contamination and the need to improve the existing devices that do not use water in their operation. A device for water-free cleaning of root crops from contaminants is proposed which implies the joint use of vibration exposure and flexible working bodies. A diagram of the interaction of the working tools of the cleaner with the processed material is discussed. The experimental research methodology included a multifactorial experiment. The criterion for optimizing the operation of the water-free cleaner was the efficiency of root crop cleaning. The results of experimental studies of the device for water-free cleaning of root crops are presented. On that ground, a regression equation was obtained that adequately described the technological process. The kinematic and technological parameters affecting the process of cleaning root crops were determined. The response surfaces from the studied factors that affect the efficiency of cleaning root crops as well as their analysis are presented. The rational parameters of the operation of the experimental laboratory sample were determined. The device for waterless cleaning will be in demand in the lines of post-harvest and pre-sale preparation of root crops, and in feed mixing lines.

Сабиев Уахит Калижанович, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Омский ГАУ, г. Омск, Российская Федерация, e-mail: uk.sabiev@omgau.org.

Хузин Илья Радикович, аспирант, ФГБОУ ВО Омский ГАУ, г. Омск, Российская Федерация, e-mail: ir.khuzin@omgau.org.

Sabiev Uakhit Kalizhanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Omsk State Agricultural University, Omsk, Russian Federation, e-mail: uk.sabiev@omgau.org.

Khuzin Ilya Radikovich, post-graduate student, Omsk State Agricultural University, Omsk, Russian Federation, e-mail: ir.khuzin@omgau.org.

Животноводство – это одна из главных отраслей сельского хозяйства. Для получения высоких показателей в нем необходима прочная и сбалансированная кормовая база на основе корнеклубнеплодов. Однако перед скармливанием клубни требуется предварительно очистить от загрязнений. Кроме того, очистка корнеклубнеплодов является важным этапом предреализационной подготовки.

Существующие устройства для безводной очистки не могут обеспечить необходимого качества, из-за низкой эффективности, либо из-за значительной повреждаемости клубней [1-4], поэтому предлагается комплексное воздействие колебательных и гибких рабочих органов, что позволит достигнуть высоких показателей эффективности очистки корнеклубнеплодов от загрязнений, при минимальном их травмировании [5-7].

В ФГБОУ ВО Омский ГАУ ведутся исследования, по результатам которых было разработано устройство для безводной очистки корне-

клубнеплодов. Удаление почвенных примесей происходит путем комплексного воздействия, совершающих колебания щеточного вала и внутреннего полубарабана. При этом колебания происходят в поперечной плоскости устройства и имеют диаметральный характер (рис. 1) [8-11].

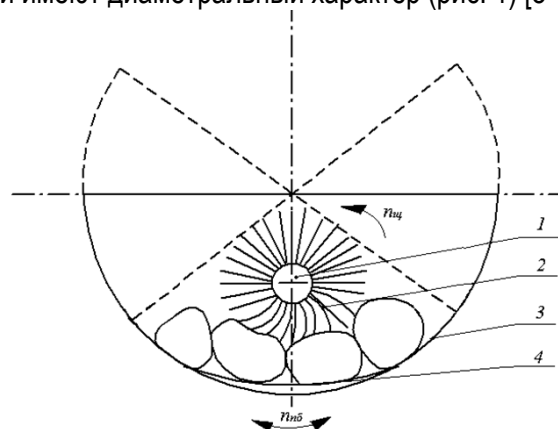


Рис. 1. Схема процесса очистки в рабочей зоне устройства: 1 – сердечник щеточного вала; 2 – ворс щеточного вала; 3 – наружный полубарабан; 4 – сетчатое днище полубарабана

Цель исследования – повышение эффективности очистки путем обоснования рациональных параметров безводного очистителя.

Объекты и методы

Объектом исследования является технологический процесс безводной очистки корнеклубнеплодов, критерием оптимизации которого выступает эффективность очистки. Методика исследований включает в себя проведение четырехфакторного эксперимента.

Результаты исследований и их обсуждение

На основе экспериментальных данных было получено адекватно описывающее технологический процесс безводной очистки уравнение регрессии, которое после преобразования кодированных значений коэффициентов в натуральные приняло следующий вид:

$$\delta_o = 87,32 + 1,98n_{щ} + 0,32n + 0,24A + 1,12Q - 1,41AQ - 3,51n^2_{щ} - 0,29n^2 - 0,91Q^2,$$

где $n_{щ}$ – частота вращения щеточного вала, c^{-1} ;

A – амплитуда возвратно-поступательных колебаний, м;

n – частота возвратно-поступательных колебаний, c^{-1} ;

Q – подача, т/ч.

К исследуемым параметрам относятся частота вращения щеточного вала, амплитуда и частота возвратно-поступательных колебаний в поперечной плоскости, совершаемых полубарабаном и щеточным валом, а также подача.

Экспериментальные данные обрабатывали с использованием программного обеспечения OriginPro.

Параметры частоты и амплитуды возвратно-поступательных колебаний в поперечной плоскости оказывают существенное влияние на эффективность очистки, так как вызывают интенсивное перемещение корнеклубнеплодов в рабочей зоне.

На рисунке 2 изображена поверхность отклика зависимости эффективности очистки от частоты и амплитуды возвратно-поступательных колебаний в поперечной плоскости, при заданных значениях частоты вращения щеточного вала и подачи, построенная по уравнению регрессии.

На представленном графике видно, что максимальная эффективность очистки $\delta = 87,32\%$ достигается при $n = 3600 c^{-1}$, $Q = 1$ т/ч. При заданном диапазоне изменения этих параметров ($A = 0,15 - 0,2$ м; $n = 3000 - 4200 c^{-1}$) эффективность очистки изменяется в пределах 86,4–87,65%.

Снижение значений кинематических параметров устройства приводит к ухудшению качества очистки, а увеличение до максимальных значений – к уменьшению эффективности очистки и травмированию обрабатываемого материала. К тому же сильные динамические нагрузки приводят к интенсивному износу основных узлов устройства.

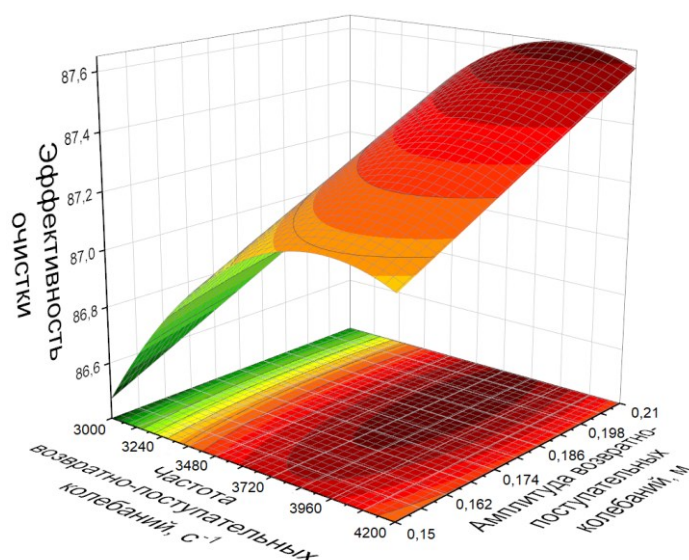


Рис. 2. Поверхность отклика зависимости δ (эффективности очистки) от n (частоты) и A (амплитуды возвратно-поступательных колебаний в поперечной плоскости) при $n_{щ} = 7200 c^{-1}$, $Q = 1$ т/ч

Кроме обеспечения необходимой степени очистки, заданные технологические параметры устройства должны соответствовать требуемой производительности устройства и стремиться к снижению энергоемкости процесса очистки.

На рисунке 3 представлена поверхность отклика зависимости эффективности очистки от

частоты вращения щеточного вала и подачи, а также от частоты вращения щеточного вала и амплитуды возвратно-поступательных колебаний в поперечной плоскости, совершаемых сетчатым полубарабаном, полученные по уравнению регрессии.

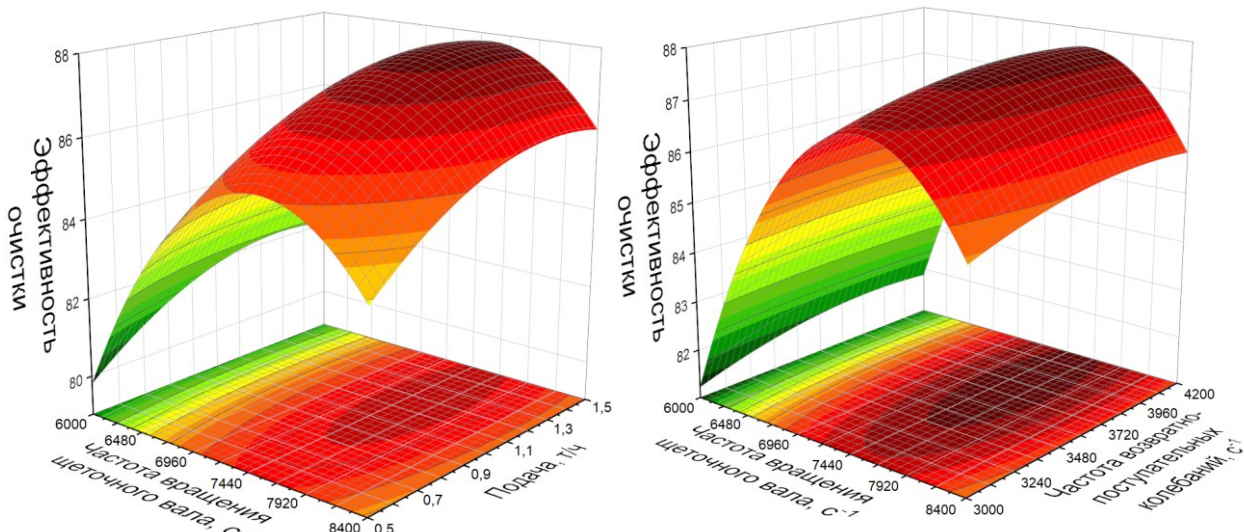


Рис. 3. Поверхности отклика зависимости δ (эффективности очистки) от $n_{щ}$ (частоты вращения щеточного вала) и Q (подачи):
а – при $A = 0,15$ м, $n = 3600$ с⁻¹; б – от $n_{щ}$ (частоты вращения щеточного вала) и n (частоты возвратно-поступательных колебаний в поперечной плоскости) при $A = 0,15$ м, $Q = 1$ т/ч

Анализ полученных данных показал, что эффективность очистки была наибольшей при значении амплитуды колебаний 0,15 м.

На показатель эффективности очистки также существенно влияет подача обрабатываемого материала. Согласно исследованиям взаимодействия щеточных рабочих и корнеклубнеплодов, проведенным в СПбГАУ, это объясняется тем, что «при малой подаче клубни проходят быстро, не успевая контактировать со щеточным валом. При рациональной подаче клубни соударяются друг с другом, что не приводит к увеличению их линейной скорости, и разница скоростей конца ворса и клубня отличается на порядок, удовлетворяя тем самым условию очистки трением. Дальнейший рост подачи вызывает поток клубней по рабочей поверхности более одного слоя, снижая при этом эффективность очистки» [12]. Соответственно, рациональным значением подачи для предлагаемого очистителя будет $Q = 1$ т/ч.

Заключение

Необходимое качество очистки корнеклубнеплодов достигается при заданной рабочей частоте вращения щеточного вала, увеличение которой приводит к интенсивному повреждению обрабатываемого материала и снижению эффективности очистки.

Соответственно, для предлагаемого устройства безводной очистки корнеклубнеплодов можно рекомендовать следующие рациональные значения параметров работы: $n_{щ} = 7200$ с⁻¹, $n = 3600$ с⁻¹, $A = 0,15$ м, $Q = 1$ т/ч. Данные значения позволяют обеспечить необходимое качество очистки, без использования в рабочем процессе воды. Обрабатываемый материал будет соответствовать зоотехническим и предреализационным требованиям.

Разработанный очиститель будет востребован в линиях послеуборочной, предреализационной подготовки корнеклубнеплодов, а также в линиях приготовления кормосмесей.

Библиографический список

1. Сабиев, У. К. Анализ машин для очистки корнеклубнеплодов / У. К. Сабиев, И. Р. Хузин. – Текст: непосредственный // Вестник Омского государственного университета. – 2020. – № 2 (38). – С. 188-195.

2. Хузин, И. Р. Обзор и анализ оборудования для сухой очистки корнеклубнеплодов / И. Р. Хузин, У.К. Сабиев. – Текст: непосредственный // Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – 2018. – С. 63-72.

3. Сабиев, У. К. Достоинства и недостатки способов и средств механизации процесса сухой очистки корнеклубнеплодов / У. К. Сабиев, А. С. Союнов, И. Р. Хузин. – Текст: непосредственный // Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития: сборник II Международной научно-практической конференции, посвященная 25-летию ФГБОУ ВО Омский ГАУ в статусе университета. – 2019. – С. 107-112.

4. Хузин, И. Р. Обзор устройств безводной очистки корнеклубнеплодов / И. Р. Хузин, У. К., Сабиев В. И. Скусанов // Роль научно-исследовательской работы обучающихся в развитии АПК: сборник Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Омск, 2021. – С. 195-199.

5. Сабиев, У. К. Безводная очистка корнеклубнеплодов щеточными рабочими органами / У. К. Сабиев, И. Р. Хузин. – Текст: непосредственный // Вестник Омского государственного университета. – 2020. – № 3 (39). – С. 80-87.

6. Сабиев, У. К. Безводная очистка корнеклубнеплодов вибрационным воздействием / У. К. Сабиев, И. Р. Хузин. – Текст: непосредственный // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4 (40). – С. 146-150.

7. Сабиев, У. К. Обоснование рациональных параметров безводного очистителя корнеклубнеплодов / У. К. Сабиев, В. В. Лисянов, П.А. Гайдай. – Текст: непосредственный // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 6. – С. 14-16.

8. Sabiev U.K., Khuzin I.R., Soyunov A.S. (2021). Technological process of interaction of the brush rod with the surface of the root crop. *IOP*

Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 720 012079. DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012079.

9. Устройство для безводной очистки корнеклубнеплодов / Сабиев У. К., Хузин И. Р. Патент на полезную модель RU 205487 U1, 16.07.2021. Заявка № 2021106047 от 09.03.2021.

10. Sabiev U.K., Khuzin I.R., Soyunov A.S., Prokopov S.P., Abdylmanova R.K. (2022). Device for waterless cleaning of root crops. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1010 012001. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012001.

11. Сабиев, У. К. Устройство для безводной очистки корнеклубнеплодов / У. К. Сабиев, И. Р. Хузин. – Текст: непосредственный // Сельский механизатор. – Москва, 2022. – № 3. – С. 26-27. – ISSN 0131-7393.

12. Захаров, А. М. Повышение эффективности сухой очистки продовольственного картофеля путем оптимизации конструктивно-технологических параметров и режимов работы оборудования со щеточными рабочими органами: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Захаров Антон Михайлович; Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Санкт-Петербург, 2013. – 154 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Sabiev U.K. Khuzin I.R. Analiz mashin dlia ochistki korneklubneplodov // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo univesiteta. – 2020. – No. 2 (38). – S. 188-195

2. Khuzin I.R., Sabiev U.K. Obzor i analiz oborudovaniia dlia sukhoi ochistki korneklubneplodov // Nauchnoe i tekhnicheskoe obespechenie APK, sostoianie i perspektivy razvitiia / Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 100-letiiu FGBOU VO Omskii GAU. – 2018. – S. 63-72.

3. Sabiev U.K., Soiunov A.S., Khuzin I.R. Dostoinstva i nedostatki sposobov i sredstv mekhani-zatsii protsessa sukhoi ochistki korneklubneplodov // Nauchnoe i tekhnicheskoe obespechenie APK, sostoianie i perspektivy razvitiia / Sbornik II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 25-letiiu FGBOU VO Omskii GAU v statuse universiteta. – 2019. – S. 107-112.

4. Khuzin I.R., Sabiev U.K., Skusanov V.I. Obzor ustroistv bezvodnoi ochistki korneklubneplodov // Rol nauchno-issledovatel'skoi raboty obuchaiushchikhsia v razvitiu APK / Sbornik Vse-

rossiiskoi (natsionalnoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Omsk, 2021. – S. 195-199.

5. Sabiev U.K., Khuzin I.R. Bezvodnaia ochistka korneklubneplodov shchetochnymi rabochimi organami // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2020. – No. 3 (39). – S. 80-87.

6. Sabiev U.K., Khuzin I.R. Bezvodnaia ochistka korneklubneplodov vibratsionnym vozdeistviem // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 4 (40). – S. 146-150.

7. Sabiev U.K., Lisianov V.V., Gaidai P.A. Obosnovanie ratsionalnykh parametrov bezvodnogo ochistitelia korneklubneplodov // Tekhnika i oborudovanie dlia sela. – 2014. – No. 6. – S. 14-16.

8. Sabiev U.K., Khuzin I.R., Soyunov A.S. (2021). Technological process of interaction of the brush rod with the surface of the root crop. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 720 012079. DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012079.

9. Ustroistvo dlia bezvodnoi ochistki korneklub-

neplodov. Sabiev U.K., Khuzin I.R. Patent na poleznuiu model RU 205487 U1, 16.07.2021. Zaiavka No. 2021106047 ot 09.03.2021.

10. Sabiev U.K., Khuzin I.R., Soyunov A.S., Prokopov S.P., Abdylmanova R.K. (2022). Device for waterless cleaning of root crops. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1010 012001. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012001.

11. Sabiev U.K. Khuzin I.R. Ustroistvo dlia bezvodnoi ochistki korneklubneplodov // Selskii mekhanizator. – 2022. – No. 3. – S. 26-27.

12. Povyshenie effektivnosti sukhoi ochistki prodovolstvennogo kartofelia putem optimizatsii konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov i rezhimov raboty oborudovaniia so shchetochnymi rabochimi organami / Zakharov A.M. // dissertatsiia na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. – Sankt-Peterburg, 2013.

