

### 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

doi:10.18286/1816-4501-2024-4-165-172

УДК 631.362.3

#### Оценка эффективности работы установки для очистки корнеплодов

**П. С. Агеев**✉, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**Е. М. Горелышев**, соискатель

**В. И. Курдюмов**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**А. Ю. Агеева**, аспирант кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, Ульяновская область, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1

✉ ageev\_petr@mail.ru

**Резюме.** Целью исследования является повышение качества подготовки корнеплодов к дальнейшему использованию и переработке за счет разработки устройства для сухой очистки корнеплодов от почвы и обоснования его конструктивно-технологических параметров. В статье проанализированы машины, применяемые для сухой очистки корнеплодов, при которых почва отделяется от клубней трением, ударом или комбинацией этих видов очистки. Для достижения цели предложено устройство, разработанное в Ульяновском государственном аграрном университете. Рассмотрено влияние ряда показателей на потребляемую установкой мощность. Рассмотрен характер движения картофеля по вальцам, выполненных в виде фигурных роликов с гиперболоидальным поперечным сечением. Выявлены зависимости, позволяющие рассчитать условия для выхода картофеля из впадин между вальцами. Исследован картофель сорта «Гала» с урожайностью 103,5 ц/га, который был посажен на площади 8,2 га в черноземе со средней влажностью 11 % и твердостью 0,3 МПа гребневым способом с междурядьем 0,7 м. Разность частот вращения смежных вальцов  $\Delta\omega$  варьировала со следующим шагом: 10 с<sup>-1</sup>, 20 с<sup>-1</sup>, 30 с<sup>-1</sup>, 40 с<sup>-1</sup>, 50 с<sup>-1</sup>, 60 с<sup>-1</sup>, 70 с<sup>-1</sup>, 80 с<sup>-1</sup>. Выявлены оптимальные режимные параметры установки для очистки корнеплодов. При вращении четных и нечетных вальцов с частотой 190 мин<sup>-1</sup> и 230 мин<sup>-1</sup> соответственно потребляемая мощность установки составила 0,79 кВт. При этом время нахождения корнеплодов в установке не превышало 51,2 с. Средняя эффективность очистки клубней от почвы составила 73 %, при этом остаточная загрязненность клубней не превышает 2,5 %.

**Ключевые слова:** корнеплод, очистка, эффективность, валец, ролик

**Для цитирования:** Агеев П. С., Горелышев Е. М., Курдюмов В. И., Агеева А. Ю. Оценка эффективности работы установки для очистки корнеплодов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4 (68). С. 165-172. doi:10.18286/1816-4501-2024-4-165-172

#### Evaluation of efficiency of a device for cleaning of root crops

**P. S. Ageev**✉, **E. M. Gorelyshev**, **V. I. Kurdyumov**, **A. Yu. Ageeva**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ulyanovsk State Agrarian University  
432017, Ulyanovsk Region, Ulyanovsk, Novyi Venets Boulevard, 1

✉ ageev\_petr@mail.ru

**Abstract.** The aim of the study is to improve the quality of root crop preparation for further use and processing by developing a device for dry cleaning of root crops from soil and substantiating its design and technological parameters. The article analyzes machines used for dry cleaning of root crops, in which the soil is separated from the tubers by friction, impact or a combination of these types of cleaning. To achieve this goal, a device developed at Ulyanovsk State Agrarian University is proposed. The influence of a number of parameters on the power consumed by the plant is considered. The nature of potato movement along rollers made in the form of figured rollers with a hyperboloidal cross-section is considered. Dependences are revealed that allow to calculate the conditions for the exit of potatoes from the depressions between the rollers. The potato of "Gala" variety with a yield of 103.5 c/ha was studied, which was planted on an area of 8.2 hectares in black soil with an average humidity of 11% and a hardness of 0.3 MPa using the ridge method with an inter-row spacing of 0.7 m. The difference in the rotation frequencies of adjacent rollers  $\Delta\omega$  was varied with the following step: 10 s<sup>-1</sup>, 20 s<sup>-1</sup>, 30 s<sup>-1</sup>, 40 s<sup>-1</sup>, 50 s<sup>-1</sup>, 60 s<sup>-1</sup>, 70 s<sup>-1</sup>, 80 s<sup>-1</sup>. Appropriate operating parameters of the device for cleaning of root crops are revealed. When even and odd rollers rotated at a frequency of 190 min<sup>-1</sup>

#### 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

and  $230 \text{ min}^{-1}$ , respectively, the power consumption of the device was 0.79 kW. At the same time, the time the root crops spent in the device did not exceed 51.2 s. The average cleaning efficiency of tubers from soil was 73%, while the residual contamination of tubers did not exceed 2.5%.

**Keywords:** root crop, cleaning, efficiency, roll mill, roller

**For citation:** Ageev P. S., Gorelyshev E. M., Kurdyumov V. I., Ageeva A. Yu. Evaluation of efficiency of a device for cleaning of root crops // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;4(68): 165-172 doi:10.18286/1816-4501-2024-4-165-172

**Исследования выполнены в рамках Гранта «Студенческий стартап» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 1179ГССС15-L/88576 от 22.08.2023)**

##### Введение

Выращивание такой продовольственной культуры, как картофель является одной из важнейших задач в аграрном секторе России. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), Россия входит в топ-5 стран по производству картофеля.

Согласно оценкам «Российской газеты», «в среднем один россиянин съедает 54...55 кг картофеля в год. Таким образом, для пищевых целей стране надо примерно 8...9 млн тонн картофеля ежегодно. Около 800 тыс. тонн нужно отложить в качестве семенного материала на следующий год для организованного сектора, еще около 1 млн тонн – для личных подсобных хозяйств» [1, 2].

Но урожай важно не только вырастить и убрать, но и сохранить, т.к. самым востребованным и, соответственно, прибыльным периодом для продажи картофеля считается время с апреля по июль.

По данным эксперта А. Красильникова первой проблемой при хранении овощей считается проблема нехватки картофеле- и овощехранилищ. «Имеющиеся ёмкости составляют порядка 8 миллионов тонн, в то время как должно быть 11» [3, 4].

Вторая проблема, по его мнению, заключается в том, что зачастую хранилища находятся на достаточно невысоком материально-техническом уровне, поэтому особую ценность приобретают мероприятия по подготовке товарных корнеплодов к продаже и дальнейшей переработке.

Существуют различные способы очистки корнеплодов, каждый из которых имеет как преимущества, так и недостатки, зависящие от многих факторов, в том числе и от конструкции применяемого устройства.

Цель исследования – повышение качества подготовки корнеплодов к дальнейшему использованию и переработке за счет разработки устройства для сухой очистки корнеплодов от почвы и обоснования его конструктивно-технологических параметров.

##### Материалы и методы

На сегодняшний день существуют несколько вариантов очистки корнеплодов. Наиболее эффективным является сухой способ, при котором почва отделяется от клубней трением, ударом или комбинацией этих видов очистки (рис. 1).



Рис. 1. Классификация машин для сухой очистки картофеля [5, 6, 7]

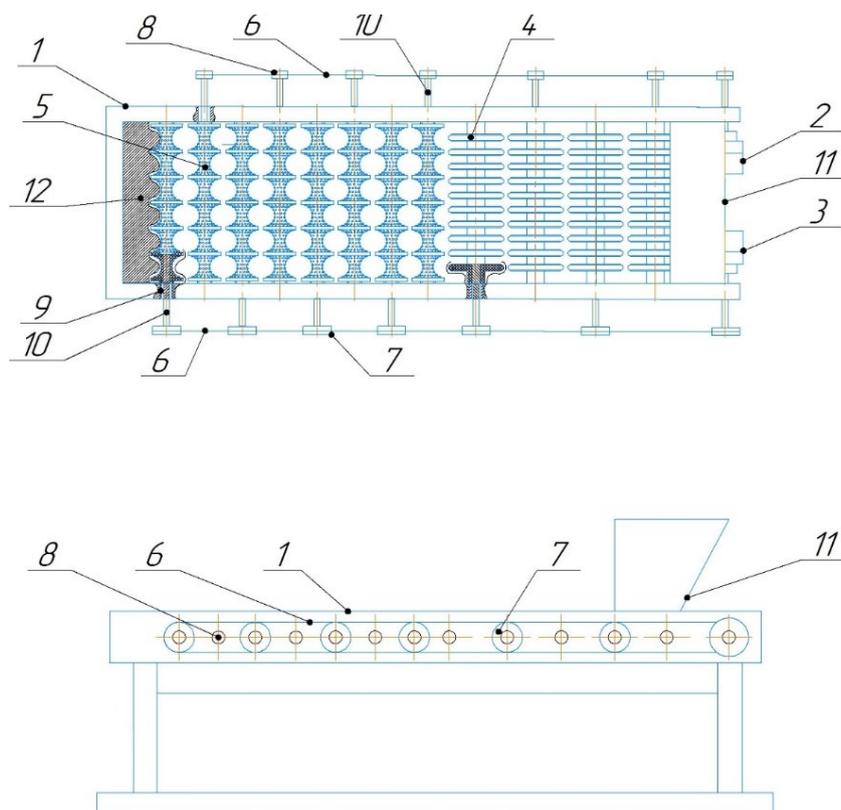


Рис. 2. Установка для очистки корнеплодов от почвы [8]: 1 – рама; 2 и 3 – приводы; 4 и 5 – вальцы; 6 – цепь; 7 и 8 – звездочки; 9 – втулки; 10 – валы; 11 – бункер; 12 – скатная доска

На основании предложенной классификации разработана эффективная установка для очистки корнеплодов (рис. 2).

Для определения мощности, потребляемой установкой, рассмотрим случай, когда все вальцы вращаются непрерывно вне зависимости от того, загружены ли они частично, либо максимально. Расчет необходимой мощности двигателя для устройства с вальцами, работающего в условиях неравномерного поступления материала, опирается на следующие важные показатели: производительность  $Q$  (т/ч), расстояние прохождения обрабатываемого продукта  $L$  и  $L_r$  (м) (горизонтальная проекция), высота подъема  $H$  (м), количество вальцов  $z$ , сила тяжести вращающейся части каждого вальца  $P_B$  (Н) и скорость движения обрабатываемого продукта  $v$  (м/с). С учетом этого потребляемая мощность

$$N = \left( \frac{QH}{360} + \frac{QL_r w_{гр}}{360} + \frac{zP_B w_p v}{1000} \right) \frac{1}{\eta'} \quad (1)$$

где  $w_{гр}$  – коэффициент сопротивления перемещению на транспортере обрабатываемого продукта;  $w_p$  – коэффициент сопротивления вращению вальцов;  $\eta'$  – коэффициент полезного действия (КПД) привода.

Коэффициент сопротивления перемещению лежащего на транспортере обрабатываемого продукта [9]:

$$w_{оп} = \frac{C_{сопр}(\mu d_{ц} + 2k)}{D_B} \quad (2)$$

где  $C_{сопр}$  – коэффициент увеличения сопротивления на вальцах с ребрами из-за трения реборд о направляющие;  $\mu$  – коэффициент трения в цапфах;  $d_{ц}$  – диаметр цапф осей вальцов, м;  $k$  – коэффициент трения качения;  $D_B$  – диаметр вальцов, м.

Для горизонтального транспортера  $H=0$  и  $L_2 = L$ , следовательно, потребляемую мощность можно определить следующим образом:

$$N = \left( \frac{QLw_{оп}}{3,6 \cdot 10^6} + \frac{zP_B w_p v}{1000} \right) \frac{1}{\eta'} \quad (3)$$

Если производительность, а также количество вальцов становится больше, то и, соответственно, мощность двигателя необходимо увеличивать. С учетом этого КПД привода можно принять в пределах 0,8...0,85.

При наличии таких показателей, как время  $t$ , с, прохождения обрабатываемого продукта при равномерном поступлении его на установку для очистки ( $t = 3600/Q$ ), а также продолжительность его движения по транспортеру ( $t = L/v$ ), можно определить массу обрабатываемого продукта, находящегося на транспортере:

$$m_{оп} = \frac{QL}{3600v} \quad (4)$$

Таким образом, потребляемая установкой для очистки мощность

$$N = \frac{(m_{оп} G w_{оп} + zP_B w_p) v}{1000 \eta'} \quad (5)$$

где  $G$  – сила тяжести обрабатываемого продукта, Н.

#### 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Наибольший крутящий момент, передаваемый на один валец, если обрабатываемый продукт лежит одновременно на  $n$  выступах фигурного вальца и сила тяжести клубней распределяется на них с коэффициентом неравномерности  $k_1 > 1$  [10],

$$M = \left( \frac{k_1 G w_{0п}}{n} + P_B w_p \right) \frac{D_B}{2}. \quad (6)$$

При этом мощность двигателей установки, определяемая по формуле (3) (с учетом того, что сила трения при скольжении клубней по вальцам

увеличивается, а сила трения качения уменьшается), возрастает на:

$$G \left( f - \frac{2k}{D} \right) v / (1000\eta) \approx G f v / (1000\eta), \quad (7)$$

где  $f$  – коэффициент трения обрабатываемого продукта о поверхность вальцов.

В предлагаемой установке используются вальцы в виде фигурных роликов с гиперболоидальным поперечным сечением (рис. 3). Для эффективной очистки корнеплодов вальцы расположены поперек направлению движения обрабатываемого материала.

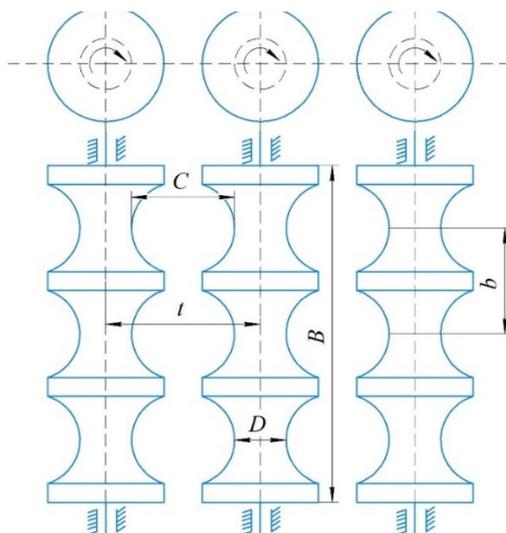


Рис. 3. Вальцы: В – ширина рабочей поверхности; D – диаметр роликов по впадинам; t – шаг роликов; b – шаг проточек; C – максимальный зазор между смежными вальцами

Стоит отметить, что обязательным условием для качественной работы установки для очистки корнеплодов является то, что при попадании во впадину между вращающимися вальцами корнеплод за счет силы трения о валец должен перемещаться в следующую по ходу движения материала впадину [11, 12].

Рассмотрим случай, когда один единичный клубень картофеля идеальной круглой формы

взаимодействует с двумя смежными вальцами (рис. 4).

Чтобы определить оптимальные условия для выхода клубня из впадины, заменим действие вальца (далее валец 2), через который материал должен переместиться на следующий валец, действием движущейся наклонной плоскости. Для этого проведем в точке касания клубня к вальцу 2 (точка K) плоскость  $PP_1$ , касательную к вальцу 2 в этой точке.

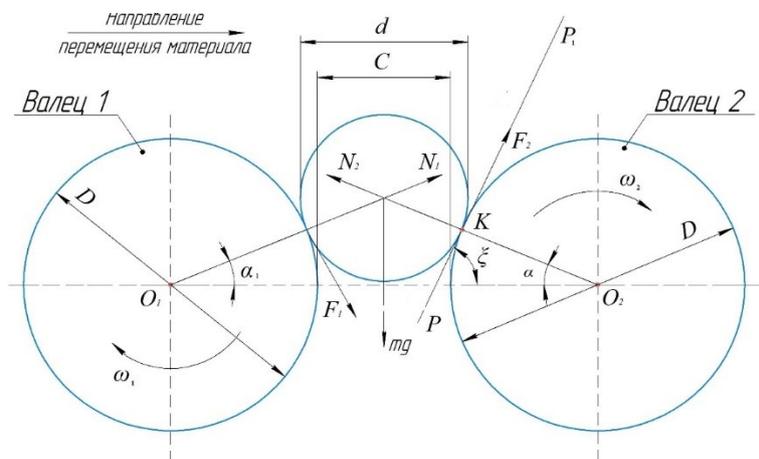


Рис. 4. Схема взаимодействия одиночного клубня с вальцами

Скорость движения наклонной плоскости равна окружной скорости вальца:

$$v_{\pi} = \omega_2 r = \frac{\pi D n_{\text{в}}}{60}, \quad (8)$$

где  $n_{\text{в}}$  – частота вращения вальца, мин<sup>-1</sup>.

Определим возможность движения материала по наклонной плоскости относительно точки К. Если рассматривать случай, когда клубень движется вверх от данной точки, то в этом случае он переместится через валец 2. Если же наклонную плоскость расположить под углом  $\xi$  больше критического, то клубень начнет движение в противоположную сторону [13, 14, 15], что сделает перемещение клубней в направлении вращения вальцов невозможным.

Отметим, что перемещение клубней в направлении вращения вальцов возможно в случае, если угол наклона плоскости  $\rho\rho_1$  меньше угла качения материала  $\varphi$  ( $\angle \xi \leq \varphi$ ).

Принимая во внимание, что  $\cos \alpha = \frac{D+C}{D+d'}$ , получаем:

$$D \leq \frac{d \sin \varphi - C}{1 - \sin \varphi}. \quad (9)$$

Уравнение (9) определяет критический диаметр фигурных вальцов, при котором возможно перемещение обрабатываемого материала по вальцам в направлении их вращения.

## Результаты

Экспериментальные исследования проводили в лабораторных условиях на базе ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ с применением лабораторной установки для очистки корнеплодов от почвы (рис. 2). Использовали сорт картофеля «Гала», урожайность которого составляла 103,5 ц/га. При этом картофель был посажен на площади 8,2 га в суглинистом черноземе со средней влажностью 11 % и твердостью 0,3 МПа гребневым способом с междурядьем 0,7 м.

Одна из задач экспериментальных исследований заключалась в тщательном отборе картофеля в различных местах поля, фиксации его состояния до очистки, после нее и после промывки путем взвешивания (рис. 5). Каждое взвешивание повторяли трижды, после чего высчитывали среднее значение результатов измерений, которое и принимали в качестве окончательного.

В рамках одного опыта через установку пропустили 4 исследуемых образца разной массы, у каждого из них была выявлена эффективность очистки в процентном соотношении. При этом для качественного анализа конечного результата выводили среднее значение из четырех полученных показателей. Взвешивания производили на весах марки Mercury M-ER 326ACF «Post».



Рис. 5. Масса корнеплода (а – до очистки; б – после очистки; в – отмытый корнеплод)

При экспериментальном исследовании очистителя корнеплодов от почвы в приводе вальцов очистителя угловые скорости их вращательного движения варьировали в пределах 170...330 мин<sup>-1</sup>. Шаг эксперимента в пределах указанного диапазона составил 10 мин<sup>-1</sup>, что обеспечивалось соответствующими регулировками преобразователей частоты питающего электродвигателя приводов четных и нечетных вальцов тока. При этом разность частот вращения смежных вальцов  $\Delta\omega$  варьировали со следующим шагом: 10 с<sup>-1</sup>, 20 с<sup>-1</sup>, 30 с<sup>-1</sup>, 40 с<sup>-1</sup>, 50 с<sup>-1</sup>, 60 с<sup>-1</sup>, 70 с<sup>-1</sup>, 80 с<sup>-1</sup>.

Качество очистки оценивали по показателю ее эффективности, представляющего собой

выраженное в процентах отношение массы очищенной почвы к массе всей почвы, находящейся на клубне.

Таким образом, из подсчитанных показателей эффективности очистки в процентном соотношении были выявлены наилучшие (рис. 6). В частности, эффективность очистки 73 % обеспечивает режим работы установки, при котором четные и нечетные вальцы вращаются соответственно с частотами 190 мин<sup>-1</sup> и 230 мин<sup>-1</sup> соответственно и разница частот вращения вальцов  $\Delta\omega = 40$  мин<sup>-1</sup>. При этом потребляемая установкой мощность не превышает 0,79 кВт.

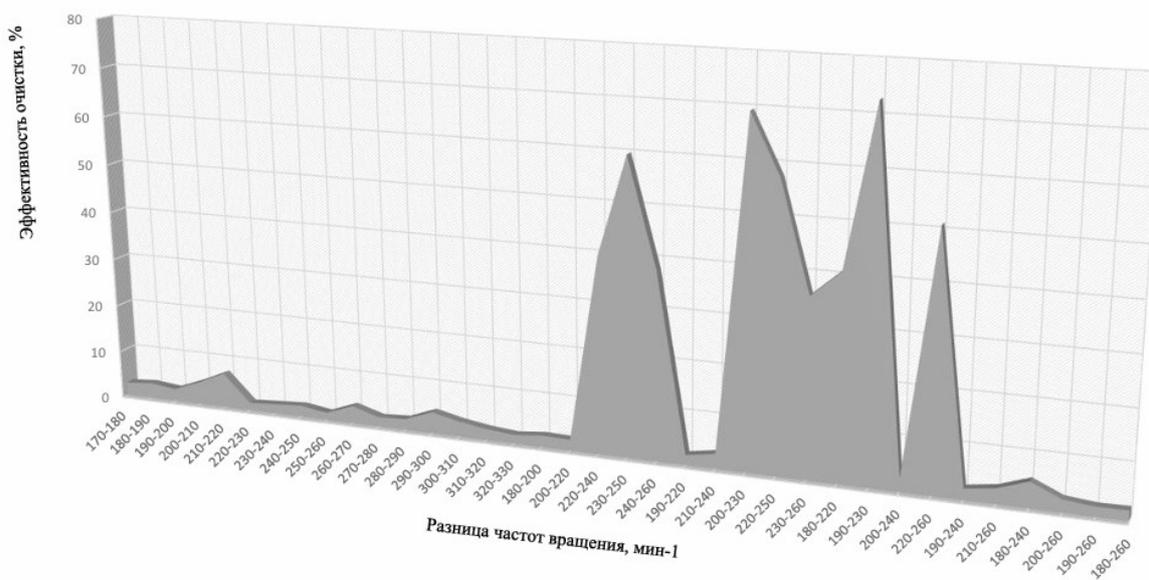


Рис. 6. Эффективность очистки картофеля в зависимости от разницы частот вращения валов

### Обсуждение

Проблема очистки корнеплодов от почвы посвящены работы многих ученых и практиков, таких как Сабиев У. К., Останин Р. И., Савиных, П. А., Худайбердиев Т.Л. и других [7, 9, 10, 12]. Однако, несмотря на многочисленные научные исследования, посвященные очистке клубней от почвы, задача обеспечения качественного продукта при низких энергозатратах и производительности машин до конца не решена.

Исследование предложенного и разработанного устройства для очистки корнеплодов от почвы позволило получить новые сведения о характере движения корнеплода по вальцам. Нестандартная поверхность фигурных вальцов, имеющих гиперболоидальную форму поперечного сечения, обеспечивает качественную работу установки не только при очистке корнеплодов от почвы, но и при их сортировке. В последнем случае мелкие корнеплоды при вращении вальцов, попадая во впадины между вальцами, падают вниз. Однако эффективная работа установки при очистке корнеплодов возможна только в случае, когда соблюдаются соответствующие режимные параметры, при которых возникает

явление проскальзывания совершающего вращательное движение клубня по смежным вальцам, вращающимся с разной частотой и сохраняется возможность его поступательного движения по транспортирующе-очищающему рабочему органу.

Выбор оптимальных режимов работы установки обеспечивает остаточную загрязненность клубней, не превышающую 2,5 %, что удовлетворяет требованиям к корнеплодам, предназначенных для скормливания животным. Это позволяет рекомендовать установку для очистки корнеплодов от почвы к внедрению в производство.

### Заключение

Выявлены оптимальные режимные параметры установки для очистки корнеплодов. При вращении четных и нечетных вальцов с частотой 190 мин<sup>-1</sup> и 230 мин<sup>-1</sup> соответственно за время нахождения корнеплодов в установке 51,17 с достигается эффективность очистки клубней от почвы ≈ 73 %. При этом потребляемая установкой мощность не превышает 0,79 кВт.

### Литература

1. Эксперты: Россия полностью обеспечена своим картофелем, несмотря на неурожай: сайт. URL: <https://rg.ru/2024/10/21/klubni-po-interesam.html> (дата обращения: 05.10.2024).
2. Рынок картофеля в России и мире / В. В. Тульчеев, С. В. Жевора, Е. В. Овэс и др. // АПК: экономика, управление. 2021. № 9. С. 73-81. doi:10.33305/219-73
3. Проблемы и тенденции совершенствования современной техники для очистки картофеля / С. С. Карпов, Е. И. Мецкер, И. Р. Хузин и др. // В сб.: Роль научно-исследовательской работы обучающихся в развитии АПК: Сб. IV Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. (Омск, 28 февраля 2023 г.). Омск: Омский ГАУ им. П.А. Столыпина. 2023. С. 128-132
4. Дефицит хранилищ для картофеля и овощей превышает 2,5 млн тонн: сайт. URL: <https://rosng.ru/post/defitsit-khranilishch-dlya-kartofelya-i-ovoshchey-prevyshayet-2-5-mln-tonn> (дата обращения: 05.10.2024)
5. Ding Q. L., Guo F. Y. Key Technologies and Development Trend of Potato Mechanized Harvest / Agricultural Mechanization Using & Maintenance. 2022. Vol. 11. P. 44-46

6. Инновационные технологии и оборудование для сортировки и хранения картофеля: анализ. обзор / В. Ф. Федоренко, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 84 с.
7. Сабиев У. К., Хузин И. Р. Анализ машин для очистки корнеклубнеплодов // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 2(38). С. 188-195. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43127774> (дата обращения 6.10.2024)
8. Патент № 2 822 234 Российская Федерация МПК А01D 33/08 (2006.01). Очиститель корнеплодов от почвы: № 2024108571: заявл. 01.04.2024: опубл. 03.07.2024 / Горельшев Е.М. 7 с.
9. Механизированный комплекс для послеуборочной обработки и хранения картофеля / Р. И. Останин, А. В. Костин, Л. Я. Лебедев и др. // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2(66). С. 56-64. doi: 10.48012/1817-5457\_2021\_2\_56
10. Савиных П. А., Флягин С., Кузнецов Н. Н. Сухая послеуборочная очистка корнеплодов от примесей с применением роликовой системы со спиральной навивкой // Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза. Фаленты - Варшава: Институт технологических и естественных наук в Фалентах, 2019. С. 135-139.
11. Device for waterless cleaning of root crops / U. K. Sabiev, I. R. Khuzin, A. S. Soyunov, et al. // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2022. Vol. 1010. P. 012001. doi:10.1088/1755-1315/1010A/012001
12. Худайбердиев Т. Л., Тажибаев Г. Г. Очиститель корнеплодов от остатков грязи и почвы // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2023. № 12 (117). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16500> (дата обращения: 06.10.2024).
13. Инновационное технологическое обеспечение производства овощных культур / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов, и др. М.: Цифровичок, 2022. 318 с.
14. Совершенствование технических средств подготовки к скармливанию клубней картофеля животным / В. В. Матюшев, И. А. Чаплыгина, Ю. Д. Шпирук и др. // Вестник КрасГАУ. 2019. № 11(152). С. 113-118. doi:10.36718/1819-4036-2019-11-113-118
15. Аббасов Г. И. Исследование технологического процесса уборки и послеуборочной обработки картофеля. Аграрная наука. 2019. № 6. С. 33–35. doi:10.32634/0869-8155-2019-329-6-33-35

#### References

1. Experts: Russia is fully provided with its own potatoes, despite the crop failure: website. URL: <https://rg.ru/2024/10/21/klubni-po-interesam.html> (date of access: 05.10.2024).
2. Potato market in Russia and the world / V. V. Tulcheev, S. V. Zhevora, E. V. Oves et al. // AIC: economics, management. 2021. No. 9. P. 73-81. doi: 10.33305/219-73.
3. Problems and trends in improving modern potato peeling equipment / S. S. Karpov, E. I. Metker, I. R. Khuzin, et al. // In the collection: The role of students' research work in development of the agro-industrial complex: Collection of IV All-Russian (national) scientific-practical. conf. (Omsk, February 28, 2023). Omsk: Omsk State Agricultural University named after P. A. Stolypin. 2023. P. 128-132.
4. The deficit of storage facilities for potatoes and vegetables exceeds 2.5 million tons: website. - URL: <https://rosng.ru/post/defitsit-khranilishch-dlya-kartofelya-i-ovoshchey-prevyshayet-2-5-mln-tonn> (access date: 05.10.2024).
5. Ding, Q.L., Guo, F.Y. Key Technologies and Development Trend of Potato Mechanized Harvest / Agricultural Mechanization Using & Maintenance. 2022. Vol. 11. P. 44–46.
6. Innovative technologies and equipment for sorting and storing potatoes: analytical review / V. F. Fedorenko, V. I. Starovoytov, O. A. Starovoytova, et al. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution Rosinformagrotech, 2021. 84 p.
7. Sabiev U. K., Khuzin I. R. Analysis of machines for cleaning root crops // Vestnik of Omsk State Agrarian University. 2020. No. 2(38). P. 188-195. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43127774> (date of access: 6.10.2024)
8. Patent № 2 822 234 Russian Federation IPC A01D 33/08 (2006.01). Root crop cleaner from soil: № 2024108571: appl. 01.04.2024: published 03.07.2024 / Gorelyshev E.M. 7 p.
9. Mechanized complex for post-harvest processing and storage of potatoes / R.I. Ostanin, A.V. Kostin, L.Ya. Lebedev et al. // Vestnik of Izhevsk State Agricultural Academy. 2021. No. 2 (66). P. 56-64. doi: 10.48012/1817-5457\_2021\_2\_56
10. Savinykh P. A., Flyagin S., Kuznetsov N. N. Dry post-harvest cleaning of root crops from impurities using a roller system with spiral winding // Problems of intensification of animal husbandry taking into account environmental protection and production of alternative energy sources, including biogas. Falenty - Warsaw: Institute of Technological and Natural Sciences in Falenty, 2019. P. 135-139.
11. Device for waterless cleaning of root crops / U. K. Sabiev, I. R. Khuzin, A. S. Soyunov, et al. // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2022. Vol. 1010. P. 012001. doi:10.1088/1755-1315/1010A/012001
12. Khudaiberdiev T. L., Tazhibayev G. G. Cleaner of root crops from dirt and soil residues // Universum: technical sciences: electronic. scientific journal. 2023. 12(117). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16500> (date of access: 06.10.2024).

#### **4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)**

---

13. Innovative technological support for production of vegetable crops / A. S. Dorokhov, A. V. Sibirev, A. G. Aksenov, et al. Moscow: Tsifrovichok, 2022. 318 p.

14. Improvement of technical means of preparing potato tubers for feeding to animals / V. V. Matyushev, I. A. Chaplygina, Yu. D. Shpiruk, et al. // Vestnik of KrasSAU. 2019. No. 11 (152). P. 113-118. doi: 10.36718/1819-4036-2019-11-113-118

15. Abbasov G. I. Study of technological process of harvesting and post-harvest processing of potatoes. Agrarian science. 2019. No. 6. P. 33–35. doi:10.32634/0869-8155-2019-329-6-33-35