

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

doi:10.18286/1816-4501-2025-1-164-170

УДК 631.363.2.636

**Особенности кинематики клубней картофеля на фигурных роликах
очистителя корнеплодов от почвы**

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

Е. М. Горелышев, инженер первой категории кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»,

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

А. А. Павлушин, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432000, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1

 ageev_petr@mail.ru

Резюме. Задача качественной очистки корнеплодов от почвы актуальна как при уборке, так и при их подготовке к скармливанию животным. Наиболее востребованы в настоящее время машины для сухой очистки корнеплодов со щеточными рабочими органами. К недостаткам таких машин можно отнести повышенную травмируемость клубней при улучшении качества очистки. Цель исследований – изучение особенности кинематики клубней картофеля в инновационном очистителе корнеплодов для последующей оптимизации режимов его работы. Очистка клубней в машине происходит за счет вращения соседних роликов с разной частотой. При этом клубни за счет проскальзывания по поверхности роликов очищаются от налипшей на них почвы. В результате проведенных лабораторных исследований получена адекватная зависимость окружной скорости наружной поверхности клубня ω_0 от окружных скоростей нечетных и четных роликов. Выявлено, что ω_0 примерно на 77 % зависит от окружной скорости ролика, вращающегося с большей частотой и только на 9,2 % - от окружной скорости соседнего ролика. Линейная скорость перемещения клубней по вращающимся дискам первой ступени рабочего органа на оптимальном режиме работы очистителя составляет 0,064 м/с, что в среднем в 7,5 раза меньше окружной скорости клубней, а скорость движения клубней по фигурным роликам второй ступени, которая равна 0,082 м/с, в среднем в 12,3 раза меньше окружной скорости клубней. Определено, что при частоте вращения смежных фигурных роликов 250 мин⁻¹ и 220 мин⁻¹ можно довести эффективность очистки клубней картофеля до 78 %.

Ключевые слова: корнеплоды, очиститель, почва, ролики, окружная скорость, зависимость

Для цитирования: Особенности кинематики клубней картофеля на фигурных роликах очистителя корнеплодов от почвы / П. С. Агеев, Е. М. Горелышев, В. И. Курдюмов и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №1 (69). С. 164-170. doi:10.18286/1816-4501-2025-1-164-170

**Features of the kinematics of potato tubers on figured rollers
of the root crop cleaner**

P. S. Ageev , **E. M. Gorelyshev**, **V. I. Kurdyumov**, **A. A. Pavlushin**

Ulyanovsk State Agricultural University

432000, Ulyanovsk, Novyi Venets Boulevard, Building 1;

 ageev_petr@mail.ru

Abstract. The task of high-quality cleaning of root crops from soil is relevant both during their harvesting and during their preparation for feeding to animals. Currently, the most popular machines for dry cleaning of root crops are those with brush working bodies. The disadvantages of such machines include increased trauma to tubers in case of improved cleaning quality. The purpose of the research is to study the kinematics of potato tubers in an innovative root crop cleaner for subsequent improvement of its operating modes. The tubers are cleaned in the machine by rotating adjacent rollers at different frequencies. In this case, the tubers are cleaned from the soil stuck to them by sliding along the surface of the rollers. As a result of the laboratory studies, an adequate dependence of the peripheral speed of the outer surface

of the tuber ω_0 on the peripheral speeds of odd and even rollers was obtained. It was found that ω_0 depends approximately 77% on the peripheral speed of the roller rotating at a higher frequency and only 9.2% on the peripheral speed of the adjacent roller. The linear velocity of movement of tubers along the rotating disks of the first stage of the working element at the optimum operating mode of the cleaner is 0.064 m/s, which is on average 7.5 times less than the peripheral velocity of tubers, and the velocity of movement of tubers along the figured rollers of the second stage, which is 0.082 m/s, is on average 12.3 times less than the peripheral velocity of tubers. It was determined that with a rotation frequency of adjacent figured rollers of 250 min⁻¹ and 220 min⁻¹, the efficiency of cleaning potato tubers can be increased to 78%.

Keywords: root crops, cleaner, soil, rollers, peripheral speed, dependence

For citation: Features of the kinematics of potato tubers on figured rollers of the root crop cleaner / P. S. Ageev, E. M. Gorelyshev, V. I. Kurdyumov, A. A. Pavlushin // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025;1(69): 164-170 doi:10.18286/1816-4501-2025-1-164-170

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 г.)

Введение

Задача обеспечения требуемого качества очистки корнеплодов от почвы остается актуальной и на сегодняшний день. Рабочие органы уборочных машин не в состоянии довести состояние наружной поверхности корнеплодов до требуемых кондиций, особенно при выполнении уборки в неблагоприятных погодных условиях. Доочистка картофеля в условиях стационара позволяет не только увеличить срок хранения корнеплодов, но и позволяет довести их состояние до первого класса качества [1], что соответствует требованиям потребителей в торговых сетях. Чистые картофель или морковь имеют большую стоимость по сравнению с грязными корнеплодами и более востребованы покупателями, так как не загрязняют салон автомобиля при транспортировке и не требуют дополнительной мойки в домашних условиях.

Использование воды для очистки корнеплодов приводит к значительному ухудшению показателей экономической эффективности процесса. Для очистки 1 т корнеплодов требуется, например, до 300 л воды у ИКМ-5 [2] и до 600...800 л/т у кулачковых корнеклубнемоек [3]. По данным Росстата, в последние годы валовый сбор картофеля в производственном кластере РФ колебался от 6613 тыс. т в 2021 г. до 8625 тыс. т в 2023 г. [4]. Нетрудно подсчитать объем воды, который потребуется для мойки такой массы корнеплодов при указанных выше расходах.

Повышение затрат при реализации технологии водной очистки корнеплодов связано не только с высокой стоимостью воды, но и с необходимостью ее очистки после использования, поэтому все большее применение находит сухой способ очистки корнеплодов от загрязнений [5, 6, 7, 8].

Несмотря на перспективность использования способа сухой очистки корнеплодов от загрязнений, он не лишен недостатков, к которым можно отнести невысокое качество очистки и повышенную травмируемость корнеплодов. Совершенствование указанного выше способа и машин для его реализации идет по пути устранения указанных недостатков.

Наиболее часто применяемым техническим решением в этом направлении развития техники является использование параллельно расположенных горизонтально в одной плоскости вращающихся щеточных валов [9, 10, 11]. Однако до настоящего времени добиться требуемого качества сухой очистки при минимальной травмируемости корнеплодов в соответствующих машинах не удалось [12, 13, 14], поэтому задача повышения качества сухой очистки корнеплодов при минимальной их повреждаемости считается важной и актуальной.

Цель исследований – изучение особенности кинематики клубней картофеля в инновационном очистителе корнеплодов, соседние ролики которого вращаются с разной частотой для последующей оптимизации режимов работы очистителя.

Материалы и методы

Наиболее применяемыми для сухой очистки корнеплодов считаются машины типа ЩО-10 (МСО-1011, МСО-1611, МСО-1616 и др.) с рабочими органами в виде щеточных валов (рис. 1).



Рис. 1. Рабочие органы щеточного очистителя корнеплодов ЩО-10

Качество очистки корнеплодов в аналогичных машинах обеспечивают за счет оптимизации частоты вращения валов, изменения геометрии их наружной поверхности, подбора материала и жесткости ворсинок, а также массы и эластичности прижимного устройства [15, 16, 17]. Однако при совершенствовании машин такого типа возникает ряд противоречий. Например, увеличение жесткости ворсинок улучшает качество очистки и одновременно повышает повреждаемость корнеплодов. Снижение частоты вращения щеточных валов уменьшает травмирование корнеплодов, но и

снижает пропускную способность устройства, поэтому совершенствование машин со щеточными рабочими органами, выполненными в виде вращающихся валов, должно предусматривать разрешение возникающих при этом противоречий.

С учетом основных недостатков щеточных очистителей корнеплодов и основных направлений совершенствования машин подобного типа нами предложен очиститель корнеплодов [18, 19, 20], в котором соседние валы вращаются с различной частотой и приводятся в движение с противоположных боковых сторон рамы (рис. 2).

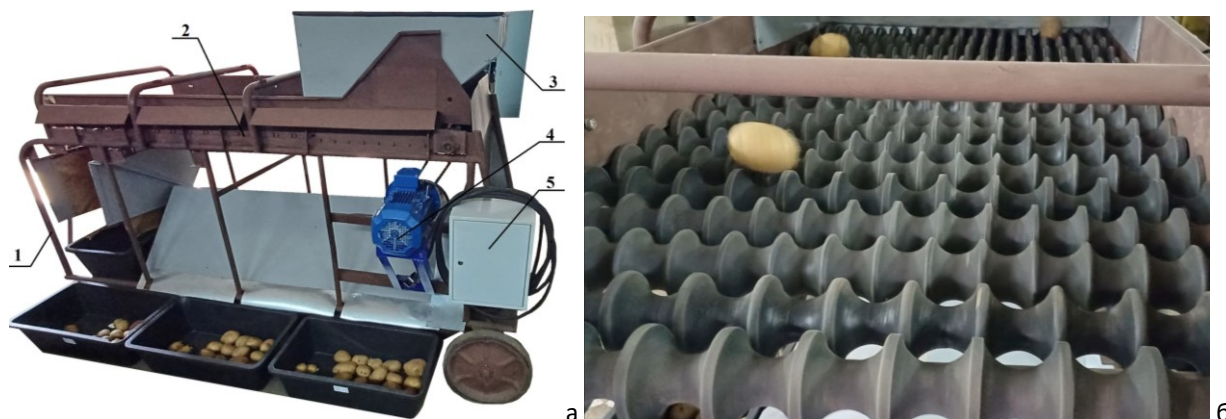


Рис. 2. Очиститель корнеплодов: а) общий вид; б) рабочий орган, вид сверху: 1 – рама; 2 – рабочий орган; 3 – загрузочный бункер; 4 – привод; 5 – шкаф управления

Рабочий орган очистителя выполнен двухступенчатый. Первая ступень, расположенная под загрузочным бункером, выполнена из обрезиненных дисков диаметром 0,125 м и выполняет функцию транспортировки корнеплодов и отделения мелких и средних комков почвы. Вторая ступень выполнена из обрезиненных фигурных роликов (рис. 2б) с максимальным диаметром 0,08 м и выполняет функции непосредственно очистки корнеплодов, отбора мелких корнеплодов и крупных комков почвы.

При исследованиях использован картофель сорта «Колобок» со средней массой клубня

округлой и округло-овальной формы 0,093...0,12 кг. Очистка клубней в машине происходит за счет обеспечения соседним роликом разной частоты вращения. При движении по рабочему органу клубни получают вращение в сторону, противоположную направлению вращения дисков и роликов. За счет проскальзывания по поверхности дисков и роликов клубень очищается от налипшей на него почвы и других загрязняющих его частиц.

В результате проведенных ранее теоретических исследований определено, что угловая скорость клубня картофеля на вращающихся роликах

$$\omega_0 = \frac{2g(2\mu_1\mu_2 + (\mu_1 + \mu_2)t g \alpha)t}{R \cdot \cos \alpha [(\mu_2 \cdot t g \alpha + 1)(\mu_2 - t g \alpha) + (t g \alpha + \mu_1)(1 - \mu_2 \cdot t g \alpha)]} \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; μ_1 и μ_2 – соответственно коэффициенты трения клубня о нечетный и четный ролики; α – угол между соединяющей центр клубня и центр ролика линией и вертикалью, град.; t – время, с; R – радиус клубня, м.

Вычисления с использованием формулы (1) при реальных параметрах ($\mu_1 = \mu_2 = 0,51$; $\alpha = 38,5 \dots 42^\circ$; $R = 24 \dots 30$ мм) показали, что при соприкосновении клубня с роликами ω_0 начинает быстро увеличиваться и, спустя приблизительно 0,1 с, становится постоянной. Однако она не достигает угловой скорости ролика, вращающегося с большей частотой. В связи с тем, что размеры

корнеплодов, находящихся на роликах, разные, возникает необходимость оценить их окружные скорости и сопоставить с окружными скоростями роликов. Окружная скорость корнеплода, м/с,

$$v_0 = \omega_0 r = \pi D n / 60, \quad (2)$$

где ω_0 – угловая скорость клубня, рад/с; r – радиус вращения клубня, м; D – диаметр клубня, м; n – частота вращения клубня, мин⁻¹.

В проведенных нами исследованиях у очистителя корнеплодов с помощью частотных преобразователей меняли частоту вращения дисков и роликов в пределах 180...330 мин⁻¹ с шагом 10 мин⁻¹, а

разность их частот вращения – в пределах 10...80 мин⁻¹ с аналогичным шагом.

Частоту вращения дисков и роликов измеряли тахометром DT6234B с шагом измерений 0,1 мин⁻¹ в диапазоне измерений 2,5...999,9 мин⁻¹ и погрешностью $\pm 0,05$ %. Перед началом использования тахометра наклеивали на ролики отражающую метку, которая представляла собой квадрат со сторонами не менее 12 мм. Ее отрезали от отражающей ленты, поставляемой вместе с прибором, после снятия защитного слоя.

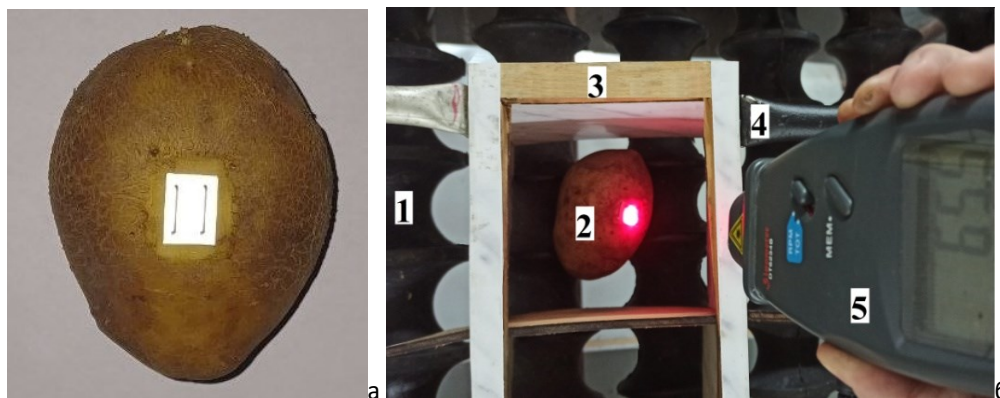


Рис. 3. Контроль частоты вращения клубней: а – подготовленный клубень; б – процесс измерения частоты вращения: 1 – ролик; 2 – клубень; 3 – короб; 4 – фиксаторы короба; 5 – тахометр

После начала вращения дисков и роликов с требуемой частотой измеряли частоту вращения клубня. Для этого нажимали кнопку «Test» и направляли видимый луч света на клубень. Значение измеряемого фактора высвечивалось на табло прибора. Зная размеры корнеплода, диаметр роликов и частоту их вращения, рассчитывали соответствующие окружные скорости.

Результаты

После обработки результатов лабораторных исследований получена зависимость окружной скорости наружной поверхности клубня Y от окружных скоростей нечетных x_1 и четных x_2 роликов. Эта зависимость достаточно качественно интерпретируется линейным уравнением:

$$Y = 0,2115 + 2,9247x_1 - 2,5066x_2. \quad (3)$$

Парные коэффициенты корреляции $r_{yx1} = 0,878$, $r_{yx2} = 0,807$ и $r_{x1x2} = 0,983$ подтверждают сильную линейную связь между x_1 и Y , x_2 и Y , а также между x_2 и x_1 . Средняя ошибка аппроксимации оказалась равной 5,31 %.

Множественный коэффициент корреляции

$$R = \sqrt{1 - \frac{s_g^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}} = 0,9284, \quad (4)$$

где s_g^2 – дисперсия остатков (отклонений текущего значения функции от ее среднего

Для контроля частоты вращения клубней в них вырезали углубление в форме квадрата с размерами отражающей метки, после чего метку крепили, используя скобы степлера. Для предупреждения перемещения клубня по рабочему органу при вращающихся дисках и роликах его помещали внутрь открытого короба, высота стенок которого превышала толщину клубня (рис. 3). Короб удерживался на рабочем органе с помощью фиксаторов 4.

арифметического значения); y_i – текущее значение функции; $\bar{y}$ – среднее арифметическое значение функции.

Близость R к 1 свидетельствует о сильной связи между Y и исследуемыми факторами. Проверка адекватности полученного уравнения по критерию Фишера F показала, что его расчетное значение $F_p = 115,5$ больше табличного значения этого критерия при выбранных степенях свободы $F_T = 3,2448$. Следовательно, полученное уравнение регрессии статистически надежно. Коэффициент детерминации $D = R^2 = 0,862$.

Анализ матрицы парных коэффициентов корреляции $r(x_1, x_2)$ показал, что исследуемые факторы мультиколлинеарны, и один из них (в данном случае – фактор x_2) можно в дальнейшем не учитывать. Применительно к данной конструкции очистителя это означает, что основное влияние на частоту вращения клубня оказывает ролик, вращающийся с большей частотой.

Дальнейшие расчеты, выполненные с учетом указанных выше доводов, показали, что окружная скорость наружной поверхности клубня может быть определена по уравнению

$$Y = 1,03x_1 - 0,144. \quad (5)$$

Коэффициент корреляции, соответствующий уравнению (5), равен 0,878, что подтверждает высокую и прямую связь между функцией Y и фактором x_1 .

Проверка уравнения (5) по F-критерию показала, что расчетное значение $F_p = 127,3 > F_r = 3,2448$, поэтому полученное уравнение статистически надежно. При этом примерно 77 % общей изменчивости Y объясняется изменением фактора x_1 . Оставшиеся 23 % изменчивости Y зависят от окружной скорости четных роликов x_2 , а также от коэффициента трения между клубнем и поверхностью ролика, причем из 23 % на фактор x_2 приходится только 9,2 %.

Обсуждение

Анализ проведенных ранее исследований показал, что особенности процесса очистки корнеплодов изучались только для случаев, когда параллельно расположенные валы очистителя вращаются с одинаковой частотой. Принципиальной особенностью предложенной машины является обеспечение возможности вращения соседних валов с разными угловыми скоростями. Такая конструктивная особенность позволяет улучшить качество очистки клубней по сравнению с аналогами отечественного и зарубежного производства.

Исследования показали, что несмотря на то, что окружная скорость клубней v_0 в среднем составляет 0,89 от окружной скорости фигурных роликов за счет проскальзывания клубней по наружной поверхности роликов, скорость перемещения клубней в направлении транспортирования оказывается значительно меньше. Это связано с тем, что возникающая при проскальзывании клубней по роликам сила трения создает переменный момент сил, который заставляет клубень вращаться между роликами, и только при достижении критической величины этого момента клубень перемещается на следующую пару роликов. По наружной поверхности вращающихся обрезиненных дисков первой ступени рабочего органа клубни проскальзывают больше, а их окружная скорость в среднем составляет 0,42 от окружной скорости дисков. Это связано с тем, что диаметр дисков в 1,5625 раза больше диаметра фигурных роликов, соответственно выше и окружная скорость дисков при одинаковой с роликами частоте вращения. Однако очищающая способность дисков хуже из-за значительно меньшей, по сравнению с фигурными роликами, площади соприкосновения с клубнями. Поэтому основные функции первой ступени рабочего органа – это распределение клубней по поверхности рабочего органа, их предварительная очистка от мелких и средних частиц загрязнений, например, комков почвы, а также подача клубней на вторую ступень рабочего органа.

Выполненные замеры показали, что линейная скорость перемещения клубней по рабочему органу значительно меньше их окружной скорости даже с учетом проскальзывания. Так, скорость перемещения клубней по вращающимся дискам первой

ступени рабочего органа, составляющая на оптимальном режиме работы очистителя 0,064 м/с, в среднем в 7,5 раза меньше окружной скорости клубней v_0 , а скорость перемещения клубней по вращающимся фигурным роликам второй ступени (0,082 м/с) в среднем в 12,3 раза меньше v_0 . Это связано с тем, что на клубни, находящиеся между парой соседних дисков или фигурных роликов совершают несколько оборотов вокруг своей продольной оси прежде, чем переместиться на следующую пару дисков или роликов. При этом создаются условия для повышения эффективности очистки клубней от загрязнений, которая на оптимальном режиме работы (частота вращения нечетных и четных роликов соответственно 250 мин⁻¹ и 220 мин⁻¹) достигает 78 %, что является достаточно высоким показателем для машин с бесщеточными рабочими органами, использующих сухой способ очистки клубней [21].

Закключение

Анализ результатов лабораторных исследований новой конструкции очистителя корнеплодов, смежные ролики двухступенчатого рабочего органа которого вращаются с различной частотой, позволил сделать вывод, что окружная скорость клубней на первой ступени очистителя меньше окружной скорости дисков в среднем на 58 %. Это объясняется тем, что кроме проскальзывания клубней при их вращении между смежными дисками имеет место проскальзывание изначально не вращающегося клубня при подаче его на рабочий орган относительно вращающихся дисков до возникновения установившегося режима работы. Окружная скорость клубней на второй ступени очистителя меньше окружной скорости фигурных роликов в среднем на 11 %, что связано с большей по сравнению с дисками площадью их охвата поверхности клубней фигурными роликами.

Окружная скорость клубней, движущихся по фигурным роликам, вращающимся с различной частотой, на 77 % связана с окружной скоростью ролика, вращающегося с большей частотой. От ролика, вращающегося с меньшей частотой, окружная скорость клубней v_0 зависит примерно на 9,2 % от общего влияния, оказываемого на v_0 , факторов.

Линейная скорость перемещения клубней по вращающимся дискам первой ступени рабочего органа на оптимальном режиме работы очистителя составляет 0,064 м/с, что в среднем в 7,5 раза меньше окружной скорости клубней, а скорость движения клубней по фигурным роликам второй ступени (0,082 м/с) в среднем в 12,3 раза меньше v_0 .

При частоте вращения смежных дисков и фигурных роликов 250 мин⁻¹ и 220 мин⁻¹ соответственно можно довести эффективность очистки клубней картофеля до 78 %.

Литература

1. ГОСТ Р 51808-2001. Картофель свежий продовольственный, реализуемый в розничной торговой сети. Технические условия. М.: Стандартиформ, 2010. 25 с.
2. Захаров А. М. Разработка барабанно-роликового очистителя корнеклубнеплодов // Международный научно-исследовательский журнал. № 6 (84), 2019. С. 44-47. doi: 10.23670/IRJ.2019.84.6.008
3. Машины и оборудование для приготовления корнеклубнеплодов кормов. Электронный ресурс. URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/I/LEXCOL/educationalwork/Tab4/Leksia6.pdf> (дата обращения: 25.01.2025). Режим доступа: свободный.
4. Картофель: площади, сборы и урожайность в России в 2024 году. Электронный ресурс. URL: <https://ab-centre.ru/news/kartofel-ploschadi-sbory-i-urozhaynost-v-rossii-v-2024-godu> (дата обращения: 25.01.2025). Режим доступа: свободный
5. Сабиев У. К., Хузин И. Р. Безводная очистка корнеклубнеплодов вибрационным воздействием // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (40). С. 146-151. URL: https://www.omgau.ru/upload/iblock/b27/19_40.pdf.
6. Дорохов А. С., Аксенов А. Г., Сибирев А. В. Результаты исследований процесса очистки клубней картофеля и корнеплодов моркови с использованием ультразвука // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (50). С. 6-14. DOI 10.18286/1816-4501-2020-2-6-14
7. Джаббаров Н. И., Захаров А. М., Шаблыкин И. Н. Математическая модель и закономерности изменения производительности установки для предреализационной подготовки корнеплодов аэродинамическим способом // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16. № 1 (76). С. 69-79. doi: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_69
8. Дорохов А.С., Аксенов А.Г., Сибирев А.В., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. Исследование сепарирующей системы с использованием теплоты отработавших газов двигателя свеклоуборочного комбайна // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 1. С. 19-26. doi: 10.22314/2073-7599-2022-16-1-19-26
9. Гайдай П.А. Сравнительный анализ устройств для безводной очистки корнеклубнеплодов // Вестник Омского ГАУ. 2015. № 3(19). С. 65-69
10. Карпов В. В., Гулевский В. А. Анализ взаимодействия рабочих органов гофрощеточных барабанов очистителя кормовых корнеплодов с объектами очистки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. Воронеж: ВГАУ. 2017. № 2. С. 121–128. doi: 10.17238/issn2071-2243.2017.2.121
11. Филитова А. А., Бахарев А. А. Щеточное устройство для повышения эффективности механизированной очистки корнеплодов сахарной свеклы // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 3 (28). С. 541-547.
12. Обоснование способа и параметров процесса сухой очистки корнеплодов для линии приготовления и раздачи кормовых смесей / Л. Г. Крючкова, С. М. Доценко, А. В. Бурмага и др. // Процессы и машины агроинженерных систем. 2017. № 3 (29). С. 1-8.
13. Сабиев У. К., Хузин И. Р. Анализ машин для очистки корнеклубнеплодов // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 2(38). С. 188-195
14. Шуханов С. Н. Повышение эффективности машин для сухой очистки корнеплодов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 2. С. 13-14.
15. Mayer V., Vejchar D., Pastorková L. Measurement of potato tubers resistance against mechanical loading // Research in Agricultural Engineering. - 2017. Vol. 1. P. 22-31.
16. Design and development of fruits or vegetables peeler cum slicer and dryer / A. L. Jerald, E. Bhavashri, G. Rubika, et al. // Science and Technology. 2022. Vol. 7. No. 03. P. 22-29. doi: doi:10.46243/jst.2022.v7.i03
17. Кузнецов П. Н., Горшенин В. И. Оценка эффективности использования устройства для удаления налипшей почвы со щеточного очистителя при уборке в условиях повышенной влажности // Научное обозрение. 2015. № 8. С. 19-22.
18. Очиститель корнеплодов от почвы: Патент 2705308 Российская Федерация / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А., Сергеев А.В. № 2018143785; заявл. 10.12.2018; опубл. 06.11.2019 Бюл. № 31. 7 с.
19. Очиститель корнеплодов от почвы: Патент 200458 Российская Федерация / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Горелышев Е.М., Починов В.Д. № 2020121346; заявл. 22.06.2020; опубл. 26.10.2020 Бюл. № 30. 5 с.
20. Очиститель корнеплодов от почвы: Патент 200458 Российская Федерация / В. И. Курдюмов, А.А. Павлушин А.А., Горелышев Е.М., Починов В.Д. № 2020121346; заявл. 22.06.2020; опубл. 26.10.2020 Бюл. № 30. 5 с. URL: <https://patent.ru>
21. Рожкова Т. В., Гайворон М. А. Исследование загрязненности картофеля, выращенного в различных почвенных средах // Мир Инноваций. 2021. № 4. С. 13-18.

References

1. State Standard GOST R 51808-2001. Fresh food potatoes sold in the retail trade network. Specifications. M.: Standartinform, 2010. 25 p.
2. Zakharov A.M. Development of a drum-roller cleaner for root crops // International research journal. No. 6 (84). 2019. P. 44-47. doi: 10.23670/IRJ.2019.84.6.008

3. Machines and equipment for preparation of root and tuber crops for forage. Electronic resource. URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/I/LEXCOL/educationalwork/Tab4/Leksia6.pdf> (access date: 25.01.2025). Access mode: free.
4. Potatoes: areas, harvests and yields in Russia in 2024. Electronic resource. URL: <https://ab-centre.ru/news/kartofel-ploschadi-sbory-i-urozhaynost-v-rossii-v-2024-godu> (access date: 25.01.2025). Access mode: free
5. Anhydrous cleaning of root crops by vibration impact / Sabiev U.K. Khuzin I.R. // Vestnik of Omsk State Agrarian University. 2020. No. 4 (40). P. 146-151. URL: https://www.omgau.ru/upload/iblock/b27/19_40.pdf
6. Dorokhov A.S., Aksenov A.G., Sibirev A.V. Results of studies of the process of cleaning potato tubers and carrot roots using ultrasound // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2020. No. 2 (50). P. 6-14. doi:10.18286/1816-4501-2020-2-6-14
7. Dzhaborov N. I., Zakharov A. M., Shablykin I. N. Mathematical model and patterns of change in the productivity of an installation for pre-sale preparation of root crops by the aerodynamic method // Vestnik of the Voronezh State Agrarian University. 2023. Vol. 16. No. 1 (76). P. 69-79. doi: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_69.
8. Study of a separating system using the heat of exhaust gases of a sugar beet harvester engine / A. S. Dorokhov, A. G. Aksenov, et al. // Agricultural machinery and technologies. 2022. Vol. 16. No. 1. P. 19-26. doi: 10.22314/2073-7599-2022-16-1-19-26.
9. Gaidai P. A. Comparative analysis of devices for anhydrous cleaning of root crops // Vestnik of Omsk SAU. 2015. No. 3(19). P. 65-69
10. Karpov V. V., Gulevsky V. A. Analysis of the interaction of the working bodies of the corrugated brush drums of the root crop cleaner with the cleaning objects // Vestnik of Voronezh State Agrarian University. Voronezh: VSAU. 2017. No. 2. P. 121–128. doi: 10.17238/issn2071-2243.2017.2.121
11. Filitova A. A., Bakharev A. A. Brush device for increasing the efficiency of mechanized cleaning of sugar beet roots // Innovations in agriculture. 2018. No. 3 (28). P. 541-547.
12. Justification of the method and parameters of the dry cleaning process of root crops for the line for the preparation and distribution of feed mixtures / L. G. Kryuchkova, S. M. Dotsenko, A. V. Burmaga et al. // Processes and machines of agroengineering systems. 2017. No. 3 (29). P. 1-8.
13. Sabiev U. K., Khuzin I. R. Analysis of root crop cleaning machines // Vestnik of Omsk State Agrarian University. 2020. No. 2(38). P. 188-195
14. Shukhanov S. N. Improving the efficiency of dry root crop cleaning machines // Mechanization and electrification of agriculture. 2016. No. 2. P. 13-14.
15. Mayer V., Vejchar D., Pastorková L. Measurement of potato tubers resistance against mechanical loading // Research in Agricultural Engineering. 2017. Vol. 1. P. 22 – 31.
16. Design and development of fruits or vegetables peeler cum slicer and dryer / A. L. Jerald, E. Bhavashri, G. Rubika, et al. // Science and Technology. 2022. Vol. 7. No. 03. P. 22-29. doi: 10.46243/jst.2022.v7.i03. P. 22-29
17. Kuznetsov P. N., Gorshenin V. I. Evaluation of the efficiency of using a device for removing soil from a brush cleaner when cleaning in the conditions of high humidity // Scientific Review. 2015. No. 8. P. 19-22.
18. Root crop cleaner from soil: Patent 2705308 Russian Federation / Kurdyumov V. I., Pavlushin A. A., Sutyagin S. A., Sergeev A. V. No. 2018143785; appl. 10.12.2018; published 06.11.2019 Bull. No. 31. 7 p.
19. Soil remover for root crops: Patent 200458 Russian Federation / V. I. Kurdyumov, A. A. Pavlushin, E. M. Gorelyshev, V. D. Pochinov No. 2020121346; appl. 22.06.2020; published 26.10.2020 Bull. No. 30. 5 p.
20. Soil remover for root crops: Patent 200458 Russian Federation / V. I. Kurdyumov, A. A. Pavlushin, A. A. Gorelyshev, V. D. Pochinov No. 2020121346; declared 22.06.2020; published 26.10.2020 Bull. No. 30. 5 p. URL:
21. Rozhkova T. V., Gaivoron M. A. Study of contamination of potatoes grown in various soil environments // World of Innovations. 2021. No. 4. P. 13-18.