

## К вопросу определения конструкционных параметров машины для очистки корнеклубнеплодов от примесей

### On the determination of design parameters of a machine for cleaning of tuberous roots from impurities

Н. Н. РОМАНИЮК<sup>1</sup>, канд. техн. наук

К. В. САШКО<sup>1</sup>, канд. техн. наук

С. Д. ПАШКОВСКИЙ<sup>1</sup>, студ.

С. О. НУКЕШЕВ<sup>2</sup>, д-р техн. наук

В. Г. КУШНИР<sup>3</sup>, д-р техн. наук

<sup>1</sup> Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь, romanyuk@tut.by

<sup>2</sup> Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, Республика Казахстан, nukeshhev@mail.ru

<sup>3</sup> Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова, Костанай, Республика Казахстан, valkush@mail.ru

N. N. ROMANYUK<sup>1</sup>, PhD in Engineering

K. V. SASHKO<sup>1</sup>, PhD in Engineering

S. D. PASHKOVSKIY<sup>1</sup>, Student

S. O. NUKESHEV<sup>2</sup>, DSc in Engineering

V. G. KUSHNIR<sup>3</sup>, DSc in Engineering

<sup>1</sup> Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus, romanyuk@tut.by

<sup>2</sup> S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Republic of Kazakhstan, nukeshhev@mail.ru

<sup>3</sup> A. Baytursynov Kostanay State University, Kostanay, Republic of Kazakhstan, valkush@mail.ru

В процессе производства и приготовления кормов важное место занимает использование кормовых смесей с применением корнеклубнеплодов. Одна из основных операций при подготовке корнеклубнеплодов к скармливанию животным — очистка от примесей. Согласно зоотехническим требованиям, остаточная загрязненность корнеклубнеплодов после очистки не должна превышать 3 % по массе, тогда как на практике их загрязненность после уборки комбайнами всегда выше 8—9 % и может достигать 20 % и более. Очистка корнеклубнеплодов от загрязнений — одна из наиболее трудоемких операций. С целью повышения качества очистки, минимизации повреждений и потерь необходимо разработать новую машину для очистки корнеклубнеплодов от примесей и определить ее конструкционные параметры. Патентный поиск показал, что известные устройства обеспечивают низкое качество очистки, так как активное очищение происходит только в зоне работы очистительных элементов. Предложены оригинальные устройства для очистки корнеклубнеплодов от примесей. Расположение очистительных элементов по всей зоне взаимодействия шнека с перемещаемыми им корнеклубнеплодами позволяет повысить производительность устройства, а наличие шипов на витках шнека и очистительных элементах, вращающихся в противоположных направлениях, повышает качество очистки. Возможность изменения наклона устройства к горизонту позволяет регулировать производительность и качество очистки. Дана методика определения конструкционных параметров машины для очистки корнеклубнеплодов — диаметра винта шнека и мощности, затрачиваемой на процесс очистки и транспортирования. Разработанные оригинальные устройства для очистки корнеклубнеплодов от примесей позволяют повысить качество очистки при минимальных повреждениях и потерях.

**Ключевые слова:** корнеклубнеплоды; корм; качество; устройства; очистка; примеси; конструкционные параметры.

In the processes of production and preparation of feeds, the use of feed mixture with tuberous roots holds a prominent place. One of the principal operations during the preparation of tuberous roots is their cleaning from impurities. According to the zootechnical requirements, the residual contamination of tuberous roots after cleaning should not exceed 3 % by weight, whereas in practice their contamination after combine harvesting is always higher than 8—9 % and could reach 20 % or more. The removal of contaminants is one of the most labor-intensive operations. With the view of improving the quality of cleaning and minimizing damage and losses, it is necessary to develop a machine for cleaning of tuberous roots from impurities and to determine its design parameters. The patent search showed that the known devices deliver poor quality of tuberous roots cleaning, because the active purification occurs only in the working zone of cleaning elements. The paper proposes original devices for tuberous roots cleaning from impurities. Arrangement of cleaning elements throughout the zone of interaction between the screw and conveyed tuberous roots allows to increase the performance of a device. The spikes on flights of screw and cleaning elements improve the quality of cleaning. Possibility of changing the device inclination to the horizon allows to adjust the performance and quality of cleaning. The paper presents a method of determining the design parameters of machine for tuberous roots cleaning, namely screw diameter and power supplied on the processes of cleaning and transportation of tuberous roots. The developed original devices for tuberous roots cleaning from impurities allow to improve the quality of cleaning with minimal damage and losses.

**Keywords:** tuberous roots; feed; quality; devices; cleaning; impurities; design parameters.

#### Введение

На современном этапе развития сельского хозяйства большое внимание уделяется интенсификации производства продукции животноводства, которая требует создания новейшего оборудования, применения но-

вых технологий на основе современных достижений науки и техники. В процессе производства и приготовления кормов важное место занимает использование различных кормовых смесей с применением корнеклубнеплодов.

Одна из основных и наиболее трудоемких операций при подготовке корнеклубнеплодов к скармливанию животным — очистка от примесей. Согласно зоотехническим требованиям, остаточная загрязненность корнеклубнеплодов после очистки не должна превышать 3 % мас. На практике же их загрязненность после уборки комбайнами всегда выше 8—9 % и может достигать 20 % и более [1]. Примеси можно классифицировать как тяжелые (камни, куски металла), связанную почву и легкие (солома, растительные остатки) [2].

Анализ традиционной технологии показывает, что затраты энергии и труда на возделывание кормовых корнеклубнеплодов составляют соответственно 24,3 и 23,8 %, на уборку — 46,9 и 41,3 %, на подготовку к скармливанию — 28,8 и 34,9 % [3]. Отсюда следует, что при совершенствовании технологий и технических средств наибольшего внимания заслуживают уборка корнеклубнеплодов и их подготовка к скармливанию. В типовых схемах кормоцехов предусматривается очистка корнеклубнеплодов от примесей.

Анализ литературных данных [1—6] показал, что использование неочищенных от почвы корнеплодов ведет к желудочным заболеваниям животных, резкому снижению продуктивности скота. Это подтверждает важность очистки кормовых корнеклубнеплодов.

### Цель исследования

Цель исследования заключается в разработке устройства и определении конструктивных параметров машины для очистки корнеклубнеплодов от примесей, которая позволит повысить качество очистки при минимальных повреждениях и потерях.

### Материалы и методы

Патентный поиск показал, что известные устройства для очистки корнеклубнеплодов от примесей содержат окна для загрузки и выгрузки, цилиндрический кожух с закрепленными на его торцевых поверхностях очистительными элементами, под которыми расположены скатная доска и транспортер, а внутри цилиндрического кожуха размещен вращающийся шнек с приводом. Недостаток таких устройств — низкое качество очистки. Это связано с тем, что активное очищение корнеклубнеплодов от примесей (налипшей почвы и растительных остатков) происходит только в зоне работы очистительных элементов.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете (БГАТУ) разработано оригинальное устройство для очистки корнеклубнеплодов от примесей [7] (рис. 1).

Устройство содержит окна для загрузки 1 и выгрузки 2, цилиндрический кожух 3 с закрепленными на его торцевых поверхностях очистительными элементами 4. Внутри кожуха размещен вращающийся шнек 5 с приводом, витки 6 которого выполнены из листового металла, облицованного синтетическим материалом с эластичными шипами 7. Очистительные элементы, расположенные по всей зоне взаимодействия шнека с перемещаемыми им корнеклубнеплодами, вращаются в

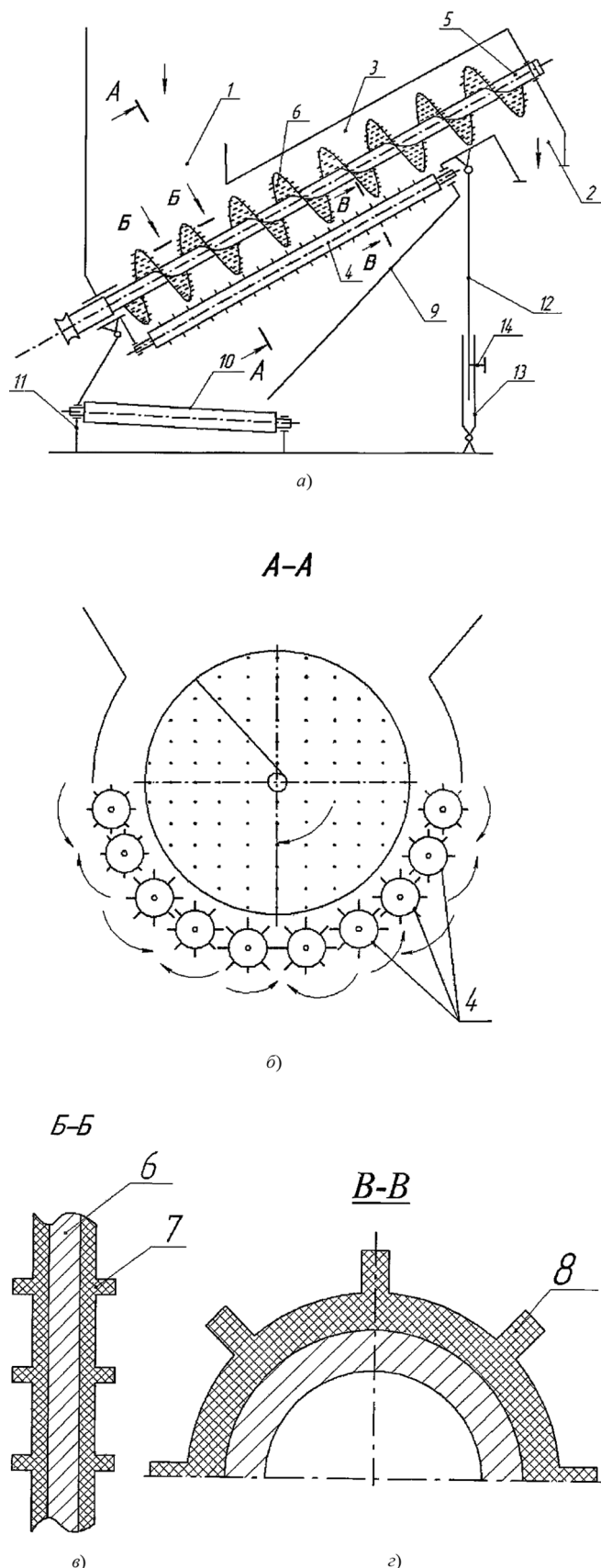


Рис. 1. Устройство для очистки корнеклубнеплодов от примесей [7]:

*a* — вид сбоку; *б* — разрез А-А; *в* — разрез Б-Б; *г* — разрез В-В

противоположных направлениях и облицованы синтетическим материалом с рядами эластичных шипов 8. Шипы расположены по окружностям очистительных элементов. При этом ряды шипов одного очистительного элемента входят в пространство между рядами шипов соседних очистительных элементов.

Под очистительными элементами расположены скатная доска 9 и транспортер 10. Устройство для очистки корнеклубнеплодов от примесей шарнирно крепится на раме 11. Это позволяет с помощью регулировочного механизма, состоящего из стержня 12, который входит в трубу 13 и фиксируется в ней регулировочным винтом 14, изменять его наклон относительно горизонта.

Устройство работает следующим образом. Подлежащие очистке корнеклубнеплоды через загрузочное окно загружаются в кожух и транспортируются вдоль него шнеком. В процессе перемещения корнеклубнеплоды под воздействием очистительных элементов, вращающихся в противоположных направлениях, интенсивно поворачиваются и очищаются со всех сторон. Отделившиеся от корнеклубнеплодов примеси просеиваются в пространство между рядами эластичных шипов, расположенных по окружностям очистительных элементов. Поскольку ряды шипов одного очистительного элемента входят в пространство между рядами шипов соседних очистительных элементов, то при вращении в противоположных направлениях происходит их самоочистка от налипшей почвы и растительных примесей. Примеси просеиваются на скатную доску и далее попадают на транспортер, который выносит их из устройства.

Регулировочный механизм позволяет изменять наклон устройства относительно горизонта и тем самым регулировать производительность и качество очистки.

Расположение очистительных элементов по всей зоне взаимодействия шнека с перемещаемыми им корнеклубнеплодами позволяет повысить производительность устройства, а наличие шипов на витках шнека и вращающихся в противоположных направлениях очистительных элементах — качество очистки корнеклубнеплодов от примесей.

Учеными БГАТУ разработано еще одно оригинальное устройство для очистки корнеклубнеплодов от примесей [8] (рис. 2).

Оно состоит из винтовой трубы, внутри которой закреплен виток 1. Снаружи труба охвачена стальными кольцами 2 и 3, по которым она вращается на установленных на некотором расстоянии друг от друга парных роликах 4 и 5. Труба выполнена из стальных прутков 6, а виток, закрепленный на их внутренней поверхности, покрыт синтетическим материалом с перегородками 7 на рабочей поверхности. По торцу витка со стороны оси вращения закреплены эластичные пальцы 8. По оси вращения винтовой трубы установлена вращающаяся круговая щетка, состоящая из вала 9, на оси которого закреплена эластичная синтетическая щетина 10 с наружным диаметром, равным внутреннему диаметру эластичных пальцев.

Для загрузки корнеклубнеплодов в устройство, крепящееся на раме 11, предусмотрен загрузочный лоток 12, а для выгрузки — выгрузной лоток 13. Вращение пар-

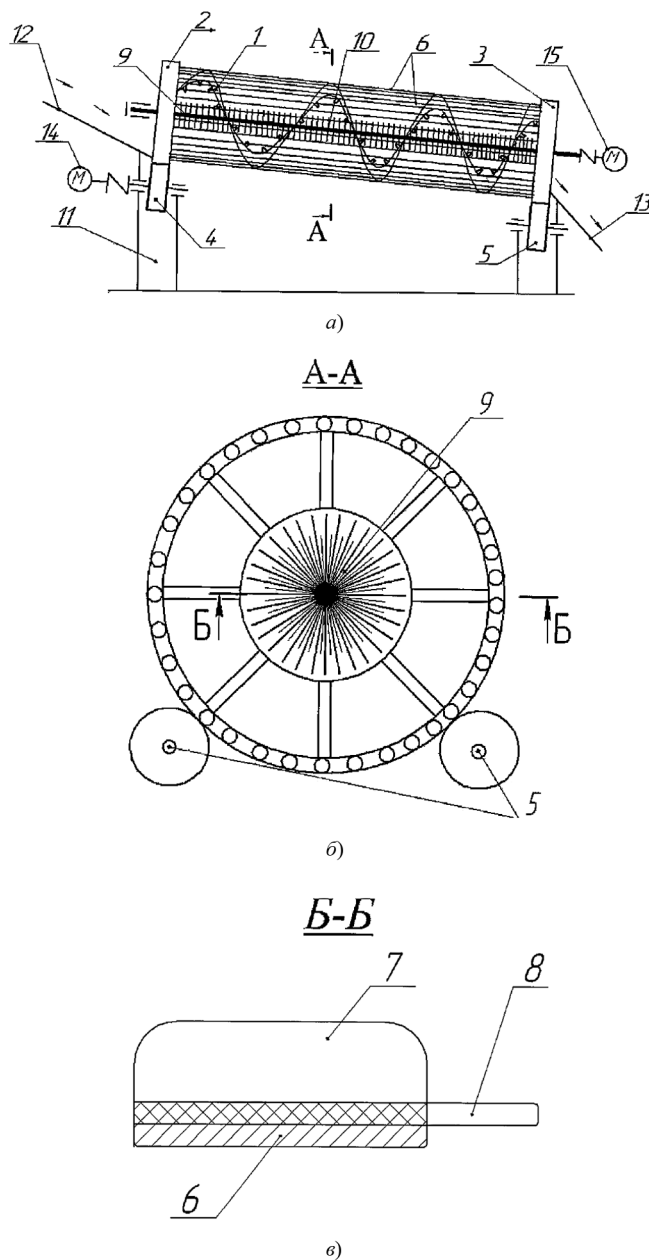


Рис. 2. Устройство для очистки корнеклубнеплодов от примесей [8]:

а — вид сбоку; б — разрез А-А; в — разрез Б-Б

ных роликов и круговой щетки осуществляется приводами 14 и 15 соответственно.

Устройство работает следующим образом. Подлежащие очистке корнеклубнеплоды через загрузочный лоток поступают в винтовую трубу. Витком с расположенными на нем перегородками они приподнимаются по поверхности стальных прутков винтовой трубы, а под действием силы тяжести опускаются вниз. Затем цикл повторяется. Совершая колебательные движения, корнеклубнеплоды перемещаются к выгрузному лотку. При этом от воздействия на них стальных прутков, перегородок, эластичных пальцев и вращающейся эластичной синтетической щетины круговой щетки происходит очистка корнеклубнеплодов от примесей, которые

просыпаются в щели между стальными прутками и выносятся из устройства транспортером.

## Результаты и их обсуждение

Основным конструкционным элементом машины [7] для очистки корнеклубнеплодов от примесей служит шнек.

Диаметр  $D$  винта шнека определяется из уравнения производительности [9]:

$$\Pi_M = 47D^3 K_D \psi n_B \rho K_B;$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{\Pi_M}{47K_D \psi n_B \rho K_B}},$$

где  $\Pi_M$  — расчетная производительность шнека, т/ч;  $K_D = 0,8...1,2$  — отношение шага винта к его диаметру;  $n_B$  — частота вращения шнека, мин<sup>-1</sup>;  $\psi$  — коэффициент заполнения желоба;  $\rho$  — плотность корнеклубнеплодов, т/м<sup>3</sup>;  $K_B$  — коэффициент снижения производительности в зависимости от угла наклона шнека.

Полученный диаметр винта округляют до значений стандартного ряда (100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500 и 630 мм [10]) и проверяют по соотношению:

$$D \geq (4...6)a_{\max},$$

где  $a_{\max}$  — наибольший размер корнеклубнеплода, мм.

Мощность  $P$ , затрачиваемую на процесс очистки и транспортирования корнеклубнеплодов, определим по формуле [9]:

$$P = \left( \frac{K_d \Pi_M K_B}{367} \right) (L_T w_0 + H),$$

где  $K_d = 1,05...1,4$  — коэффициент потерь на перемещение и очистку корнеклубнеплодов;  $L_T$  — перемещение корнеклубнеплодов по горизонтали, м;  $H$  — высота подъема корнеклубнеплодов, м;  $K_B$  — коэффициент, учитывающий влияние угла наклона шнека;  $w_0$  — коэффициент сопротивления перемещению корнеклубнеплодов.

## Выводы

Разработаны оригинальные устройства для очистки корнеклубнеплодов от примесей, позволяющие повысить качество очистки при минимальных повреждениях и потерях. Дана методика определения конструктивных параметров машины для очистки корнеклубнеплодов от примесей.

## Литература и источники

1. Карпов В. В. Построение номограммы для определения параметров гофрированного очистителя корнеклубнеплодов // Вестник АГАУ. 2014, № 1 (111). С. 91–93.
2. Федоренко И. Я. Ресурсосберегающие технологии и оборудование в животноводстве: Учеб. пособие. СПб.: Лань, 2012. 304 с.
3. Юхин Г. П. Совершенствование технологий и технических средств заготовки и подготовки к скармливанию кормовых корнеплодов: Дис. ... д-ра техн. наук. Оренбург, 2006. 347 с.

4. Романюк Н. Н., Агейчик В. А., Сашко К. В. Устройство для мойки корнеклубнеплодов // Научное обозрение. 2014, № 4. С. 21–25.

5. Романюк Н. Н., Сашко К. В., Агейчик В. А. и др. К вопросу определения удельной энергоемкости процесса мойки корнеклубнеплодов // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2015, № 1. С. 166–169.

6. Романюк Н. Н., Сашко К. В., Агейчик В. А. и др. Оригинальное устройство для мойки корнеклубнеплодов // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2015, № 1. С. 180–184.

7. Романюк Н. Н., Сашко К. В., Щетько А. В. и др. Устройство для очистки корнеклубнеплодов от примесей: Патент РБ № 9356, 2013.

8. Романюк Н. Н., Сашко К. В., Щетько А. В. и др. Устройство для очистки корнеклубнеплодов от примесей: Патент РБ № 9236, 2013.

9. Романюк Н. Н., Сашко К. В., Агейчик В. А. и др. Подъемно-транспортные машины и механизмы: Учеб.-методич. комплекс. Минск: БГАТУ, 2015. 208 с.

10. ГОСТ 2037–82. Конвейеры винтовые стационарные общего назначения. Общие технические условия.

## References

1. Karpov V. V. Constructing a nomogram for determining the parameters of corrugated-disk cleaner of tuberous roots. *Vestnik AGAU*, 2014, no. 1 (111), pp. 91–93 (in Russ.).
2. Fedorenko I. Ya. *Resursosbergayushchie tekhnologii i oborudovanie v zhivotnovodstve* [Resource-saving technologies and equipment for animal husbandry]. Saint Petersburg, Lan' Publ., 2012, 304 p.
3. Yukhin G. P. *Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv zagotovki i podgotovki k skarmlivaniyu kormovykh korneplodov*. Dis. d-ra tekhn. nauk [Improvement of technologies and equipment for fodder roots conservation and preparation for feeding. DSc in Engineering thesis]. Orenburg, 2006, 347 p.
4. Romanyuk N. N., Ageychik V. A., Sashko K. V. A device for cleaning tuberous roots. *Nauchnoe obozrenie*, 2014, no. 4, pp. 21–25 (in Russ.).
5. Romanyuk N. N., Sashko K. V., Ageychik V. A., Korotkin V. M., Pashkovskiy S. D. On the issue of determining the specific energy consumption of tuberous roots washing process. *Vestnik Soveta molodykh uchenykh Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva*, 2015, no. 1, pp. 166–169 (in Russ.).
6. Romanyuk N. N., Sashko K. V., Ageychik V. A., Pashkovskiy S. D. An original device for cleaning tuberous roots. *Vestnik Soveta molodykh uchenykh Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva*, 2015, no. 1, pp. 180–184 (in Russ.).
7. Romanyuk N. N., Sashko K. V., Shchet'ko A. V., Smirnov I. G. *Ustroystvo dlya ochistki korneklubneplodov ot primesey* [A device for tuberous roots cleaning from impurities]. Republic of Belarus patent, no. 9356, 2013.
8. Romanyuk N. N., Sashko K. V., Shchet'ko A. V., Smirnov I. G. *Ustroystvo dlya ochistki korneklubneplodov ot primesey* [A device for tuberous roots cleaning from impurities]. Republic of Belarus patent, no. 9236, 2013.
9. Romanyuk N. N., Sashko K. V., Ageychik V. A., Oskirko A. I., Vol'skiy A. L., Klavsut' P. V. *Pod'emno-transportnye mashiny i mekhanizmy* [Hoisting and conveying machines and mechanisms]. Minsk, Belarusian State Agrarian Technical University Publ., 2015, 208 p.
10. *GOST 2037–82*. Stationary screw conveyors of general purpose. General specifications.