

УДК 633.49

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-1\(55\)-67-76](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-1(55)-67-76)

Поступила в редакцию 19.12.2021

Received 19.12.2021

А. А. Шепшелев, А. С. Данилюк, Д. А. Зайченко*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь***ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ
КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ
ПОКАЗАТЕЛИ МОЙКИ**

Аннотация. В статье описаны устройство, принцип работы и моечной машины для обеспечения качественной мойки клубней картофеля и топинамбура технологичных сортов. Охарактеризованы выходные оценочные параметры машины (производительность, затрачиваемая мощность, расход воды, качество мойки) и ключевые параметры, влияющие на эффективность работы моечной машины: частота вращения щёточных валов, частота вращения вала привода моечной корзины, длина регулировочного винта положения корзины, величина амплитуды колебаний корзины, количество форсунок на штанге, угол установки моечной ванны машины, степень загрузки её сырьем.

Получены экспериментальные зависимости производительности моечной машины от геометрических (углы установки ванны машины, длина регулировочного винта положения корзины, амплитуда колебаний корзины), механических (частота вращения щёточного вала, частота вращения вала привода моечной корзины) и технологических (степень заполнения моечной ванны сырьем, свойства сырья, степень открытия шибера, количество форсунок на штанге) параметров.

Ключевые слова: мойка, очистка, производительность, устройство, принцип работы, процесс, машина моечная, топинамбур, корнеклубнеплоды.

A. A. Shepshelev, A. S. Danilyuk, D. A. Zaichenko*RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food",
Minsk, Republic of Belarus***INFLUENCE OF CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS
OF THE INSTALLATION FOR COMPLEX PREPARATION OF ROOTS ON
QUALITATIVE AND QUANTITATIVE INDICATORS OF WASHING**

Annotation. The article describes the conditions for ensuring high-quality washing of potato and Jerusalem artichoke tubers of technological varieties. The device and the principle of operation of the installation are reflected. The key parameters affecting the efficiency of the washing machine have been determined: the frequency of rotation of the brush shafts, the frequency of rotation of the drive shaft of the washing basket, the length of the basket position adjusting screw, the amplitude of the basket vibrations, the number of nozzles on the bar, the angle of installation of the washing bath of the machine, the degree of loading it with raw materials. The output estimated parameters of the machine, such as productivity, power consumption, water consumption, and washing quality, are also characterized.

Experimental dependences of the productivity of the washing machine on the geometric (angles of installation of the machine bath, the length of the adjusting screw of the basket position, the amplitude of the basket oscillation), mechanical (frequency of rotation of the brush shaft, the frequency of rotation of the drive shaft of the washing basket) and technological (degree of filling the washing bath with raw materials, properties of raw materials) were obtained, gate opening degree, number of nozzles on the boom) parameters.

Key words: washing, cleaning, performance, device, operating principle, process, washing machine, topinambur, root crops.

Введение. Свойства сырья имеют определяющее значение в реализации технологии очистки и мойки поверхности корнеклубнеплодов, организации процесса разделения в потоке по качественным характеристикам, что в конечном итоге сказывается на производительности и эффективности работы технологического оборудования, качестве готовой продукции [1, 13].

Качественное проведение процесса мойки корнеклубнеплодов в технологических процессах имеет важное значение, так как эффективность его проведения положительно сказывается как на показателях качества конечного продукта, так и в целом на себестоимости производства. Для сырья, обладающего сложной геометрической формой (топинамбур и др.) и, соответственно, характеризующегося повышенным уровнем загрязнения, необходимо особое внимание уделять процессу мойки, которую для такого сырья, как правило, осуществляют в две ступени.

В настоящее время на предприятиях Республики Беларусь, осуществляющих переработку корнеклубнеплодов (топинамбура) используется моечное оборудование, которое не учитывает поверхностные свойства сырья, что негативно сказывается на качестве мойки и эффективности переработки в целом.

Разработка усовершенствованных конструкций моечного оборудования, учитывающих специфику перерабатываемого сырья, позволит повысить эффективность и качество производства сельскохозяйственной продукции и продовольствия в объёмах, достаточных для внутреннего рынка и поставок на экспорт.

Основные задачи работы:

- ♦ проведение исследований технических параметров установки для мойки корнеклубнеплодов;
- ♦ определение зависимости производительности машины от механических, технологических и геометрических факторов оборудования и сырья;
- ♦ получение зависимостей влияния коэффициента формы клубней различных сортов на параметры качества мойки.

Результаты исследований и их обсуждение. В соответствии с требованиями и нормами технических условий, клубни топинамбура, поставляемые для потребления в свежем виде и для промышленной переработки, по внешнему виду должны быть целыми, чистыми, не увядшими, без трещин и повреждений сельскохозяйственными вредителями, правильной формы.

К основным признакам, используемым при идентификации хозяйственно-ботанического сорта клубней топинамбура, относят: длину, форму клубня, окраску, содержание сухих веществ, сохраняемость, вкусовые достоинства.

Клубни топинамбура в зависимости от сорта могут иметь самую разнообразную форму: округлую, коническую, овальную, округло-овальную, булавовидную, веретеновидную, грушевидную, неправильную с наростами.

Проведенные ранее исследования физико-механических свойств клубней топинамбура различных сортов и разной формы позволили разработать оригинальную конструкцию установки для комплексной подготовки корнеклубнеплодов (рис. 1), обеспечивающую минимальную повреждаемость самих клубней, а так же учитывающую их форму.

Оригинальность конструкции данной машины заключается в наличии механизма качения моечной корзины, состоящего из мотор-редуктора, кривошипа и тяги с регулировочным винтом, посредством которого можно регулировать величину отклонения корзины. Регулируя длину винта и подобрав оптимальную частоту вращения мотор-редуктора, можно подобрать оптимальные режимы работы машины для различных корнеклубнеплодов и овощей, учитывая их морфологические и физико-механические свойства. Учитывая этот факт, нами были проведены и исследования по выявлению зависимости частоты вращения кривошипа и амплитуды качения корзины на производительность моечной машины в процессе обработки топинамбура и картофеля.

Конструкцией машины предусмотрено наличие 9 цилиндрических щёток, расположенных полукругом. Передвижение сырья осуществляется посредством интенсивного вращения в одном направлении цилиндрических щёточных валов.

Сырьё при перемещении омывается душирующим устройством, расположенным над корзиной. В машине имеется устройство для регулировки изменения положения корзины и регулировки амплитуды её колебаний в процессе работы. Перед выгрузным лотком установлен регулировочный шиббер в виде сектора. Сверху корпус закрыт съёмными крышками. Корпус машины устанавливается на фундамент на сварных опорах и имеет возможность регулировки угла наклона.

Машина работает следующим образом. Через загрузочный лоток поступает сырьё в моечную корзину, где за счёт вращения щёток, маятникового движения самой корзины и многочисленных соуда-

рений сырья друг с другом происходит процесс мойки. Загрязнения, снятые щётками, удаляются водой, которая поступает через душирующее устройство. Далее сырьё за счёт наклона машины, вращения щёточных валов, а также вала привода механизма качения корзины продвигается вдоль рабочих органов машины к противоположному концу к выгрузному лотку.

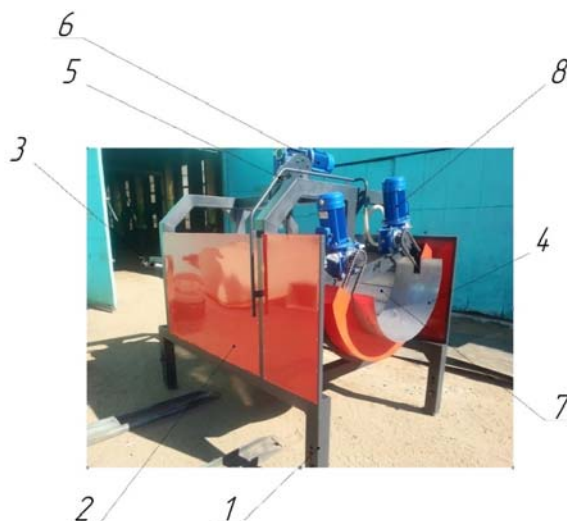


Рис. 1. Установка для мойки корнеклубнеплодов:

1 — опора, 2 — корпус, 3 — регулируемая заслонка (шибер), 4 — загрузочное окно, 5 — качающийся механизм с душевым устройством, 6, 8 — мотор-редукторы, 7 — цилиндрические щётки

Fig. 1. Installation for washing root crops:

1 — support, 2 — housing, 3 — adjustable damper (gate), 4 — loading window, 5 — rocking mechanism with a shower device, 6, 8 — gearmotors, 7 — cylindrical brushes

Методика исследований. При планировании эксперимента были использованы работы Волкинда И.Л., Володарского Е.Т., Малиновского Б.Н., Туза Ю.М. [2, 3]. Фактические значения технических показателей машины были определены после проведения испытаний.

На эффективность работы моечной машины оказывают влияние такие параметры, как частота вращения щеточных валов, частота вращения вала привода механизма качения корзины, угол установки моечной ванны машины, количество форсунок на штанге, длина регулировочного винта положения корзины (амплитуда колебаний корзины), степень загрузки моечной ванны сырьем.

В качестве выходных оценочных параметров, определяющих эффективность работы машины, являются: производительность, затрачиваемая мощность, качество мойки, степень повреждаемости клубней. Качество мойки сырья в моечной машине зависит от различных параметров: времени нахождения сырья в ванне машины, частоты вращения щеточных валов, расхода воды на орошение, степени заполнения ванны сырьем и т.д. В тоже время достижение высокого качества мойки связано с ростом частоты вращения щеточных валов, повышенным расходом воды, увеличением времени нахождения сырья в ванне машины, что в совокупности приводит к повышению удельных энергозатрат на процесс в целом.

Полученные результаты влияния параметров машины таких как геометрические (углы установки ванны машины, длина регулировочного винта положения корзины, амплитуда колебаний корзины), механические (частота вращения щёточного вала, частота вращения вала привода моечной корзины) и технологические (степень заполнения моечной ванны сырьем, свойства сырья, степень открытия шиберов, количество форсунок на штанге) на производительность, затрачиваемую мощность, качество мойки, степень повреждаемости позволяют оптимизировать технологический процесс мойки [5–12].

Основные контролируемые в процессе исследований показатели работы машины представлены в табл. 1.

Производительность, потребляемую мощность машины, степень загрязнённости (эффективность мойки) и степень повреждаемости клубней топинамбура и картофеля определялись серией контрольных опытов на машине путём определения времени прохождения в потоке при установившемся режиме маркированных клубней от момента их попадания в загрузочный лоток до выхода из выгрузного. Опыты проводились при различной частоте вращения вала привода щёток ($n_1=69-828$ мин⁻¹) и привода моечной корзины ($n_2=2,7-32,4$ мин⁻¹) при помощи варьирования частоты тока, подаваемого на электродвигатель, в пределах 5...60 Гц с изменением степени открытия шиберов ($\Delta=40\%$, 50% ,

60%), длины регулировочного винта корзины ($l=12-22\text{см}$) и угла наклона моечной машины ($\alpha=0^\circ, 1^\circ, 3^\circ, 5^\circ, 7^\circ$). При проведении эксперимента производительность, потребляемая мощность и степень загрязнённости клубней (эффективность мойки), степень повреждаемости клубней топинамбура определялись при различных режимах работы машины.

Т а б л и ц а 1. Контролируемые показатели работы машины моечной
Table 1. Controlled indicators of the washing machine

№ п/п	Показатель	Обозначение	Ед. изм.	Метод контроля
Изменяемые параметры				
1	Степень открытия шибера	Δ	%	угломер
2	Степень открытия вентиля	θ	%	визуально
3	Частота вращения щёточного вала	n_1	мин^{-1}	тахометр, векторный преобразователь частоты
4	Частота вращения вала привода корзины	n_2	мин^{-1}	тахометр, векторный преобразователь частоты
5	Длина регулировочного винта корзины (амплитуда колебаний корзины)	l	см	рулетка
6	Угол наклона машины	α	град	угломер
7	Степень заполнения клубнями	ε	%	визуально
8	Количество форсунок	k	шт	расчётно
Выходные параметры				
1	Производительность	Π	кг/ч	весы, секундомер
2	Процент повреждаемых клубней	Δ	%	расчётно
3	Чистота поверхности клубней	Ω	%	расчётно
4	Расход воды	Q_n	$\text{м}^3/\text{с}$	расходомер
5	Затраты мощности	N	Вт	ваттметр

С целью определения влияния формы обрабатываемых клубней на качество мойки был определён коэффициент формы для клубней картофеля сортов белорусской селекции и клубней топинамбура правильной формы.

Коэффициент формы для клубней картофеля и клубней технологических сортов топинамбура K_ϕ , % определяли по формуле:

$$K_\phi = (\alpha_k / b_k c_k) \cdot 100, \tag{1}$$

где α_k , b_k и c_k — средняя длина, ширина и толщина клубня топинамбура соответственно, мм.

По коэффициенту формы для картофеля выделяют пять основных типов клубней: округлая ($K < 1,2$); округло-овальная ($K = 1,2 \dots 1,29$); овальная ($K = 1,3 \dots 1,39$); удлинённо-овальная ($K = 1,4 \dots 1,49$) и удлинённая ($K > 1,5$); для клубней топинамбура правильной формы выделяют следующие основные типы клубней: округло-овальная ($K = 1,2 \dots 2,2$); удлинённая ($K = 1,9 \dots 3,1$); грушевидная (конусовидная) ($K = 2,7 \dots 4,1$).

Многочисленные исследования показывают, что наличие на клубнях картофеля неровностей, глазков предопределяет присутствие прилипшей на их поверхности почвы. Степень же загрязнения зависит от особенностей клубня, влажности почвы и способов уборки.

Для оценки качественной работы машины определяли чистоту поверхности клубней (Ω) по следующей методике. Были отобраны 20 немых клубней средней фракции картофеля (с одинаковой массой) и определили их массу m_1 . Затем их отмывали в лабораторных условиях вручную и определяли массу отмых сухих клубней m_3 .

Процент первоначальной загрязнённости клубней определяли по следующей формуле:

$$\delta_n = \frac{m_1 - m_3}{m_3} \cdot 100\%, \tag{2}$$

где Δ_n — процент первоначальной загрязнённости клубней, %; m_1 — первоначальная общая масса клубней вместе с загрязнениями, г; m_3 — масса чистых клубней, г.

Для определения остаточной загрязнённости клубней после моечной машины были отобраны 20 клубней средней фракции и определена их масса m_2 .

Остаточную загрязнённость определяли по следующей формуле:

$$\delta_{\text{ост}} = \frac{m_2 - m_3}{m_3} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $\delta_{\text{ост}}$ — остаточная загрязнённость клубней, %; m_2 — масса клубней вместе с оставшимися на них загрязнениями после мойки, г.

$$\Omega = 100\% - \delta_{\text{ост}}. \quad (4)$$

где Ω — чистота поверхности клубней, %.

В качестве исследуемых образцов использовались клубни картофеля и топинамбура. Фактические значения технических показателей клубней были определены после проведения испытаний.

В результате проведённых исследований были получены зависимости влияния конструктивных и эксплуатационных параметров оборудования на производительность, потребляемую мощность, качество мойки, повреждаемость клубней (рис. 2-8).

На рис. 2 и 3 отражены зависимости по влиянию частоты вращения кривошипа на производительность и потребляемую мощность.

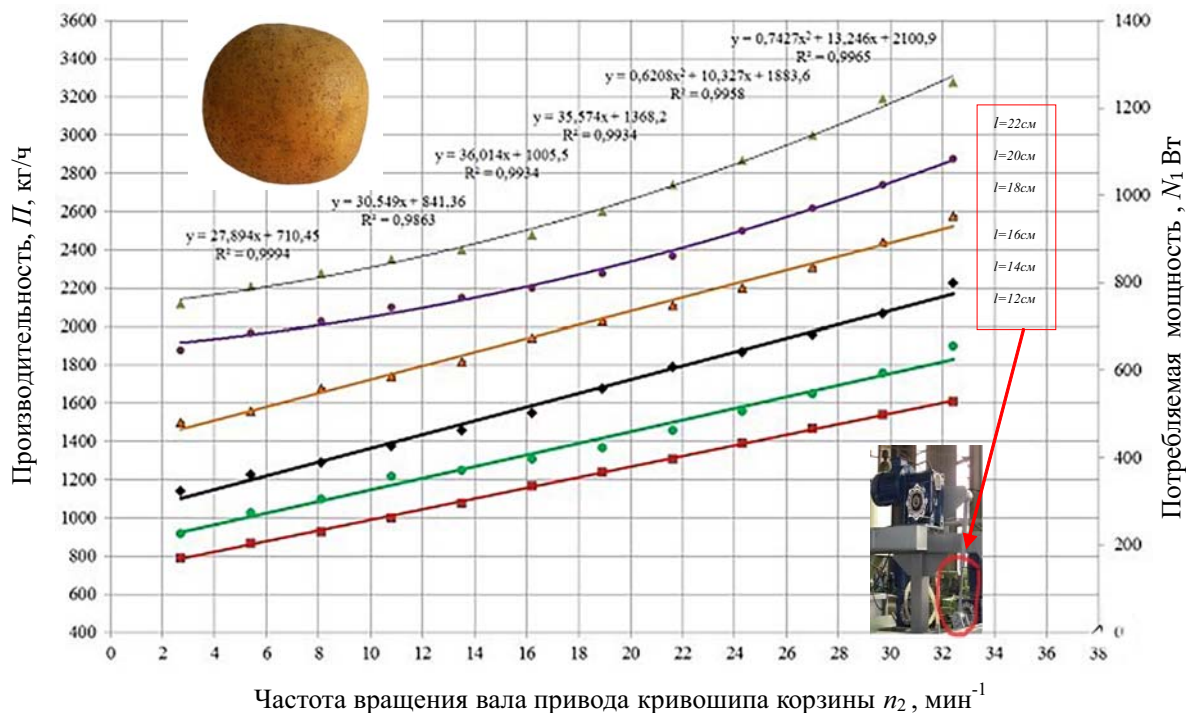


Рис. 2. Влияние частоты вращения кривошипа (n_2) на производительность машины по клубням картофеля округлой формы средней фракции и потребляемую мощность (N) при разной величине длины регулировочного винта (l) при следующих установленных для работы параметрах машины: угле наклона самой машины $\alpha = 7^\circ$, степень открытия шибера $\Delta = 60\%$, степень заполнения клубнями по объёму ванны $\Delta_3 = 60\%$, частота вращения щёточного вала $n_1 = 759 \text{ мин}^{-1}$

Fig. 2. Influence of the crank rotation speed (n_2) on the productivity of the machine for round-shaped potato tubers of the middle fraction and power consumption (N) at different lengths of the adjusting screw (l) with the following machine parameters set for operation: the angle of inclination of the machine itself $\alpha = 7^\circ$, gate opening degree $\Delta = 60\%$, tubers filling degree by bath volume $\Delta b = 60\%$, brush shaft speed $n_1 = 759 \text{ min}^{-1}$

Из приведенных графических зависимостей (рис. 2 и 3) следует, что производительность квадратично возрастает при увеличении частоты вращения вала привода кривошипа, что объясняется следующим. Увеличение числа форсунок на штанге a_ϕ , степени открытия шибера $\Delta_{\text{ш}}$, угла наклона

α , длины регулировочного винта положения корзины l , частоты вращения вала привода кривошипа корзины n_k приводит к уменьшению времени пребывания клубней топинамбура на рабочей поверхности.

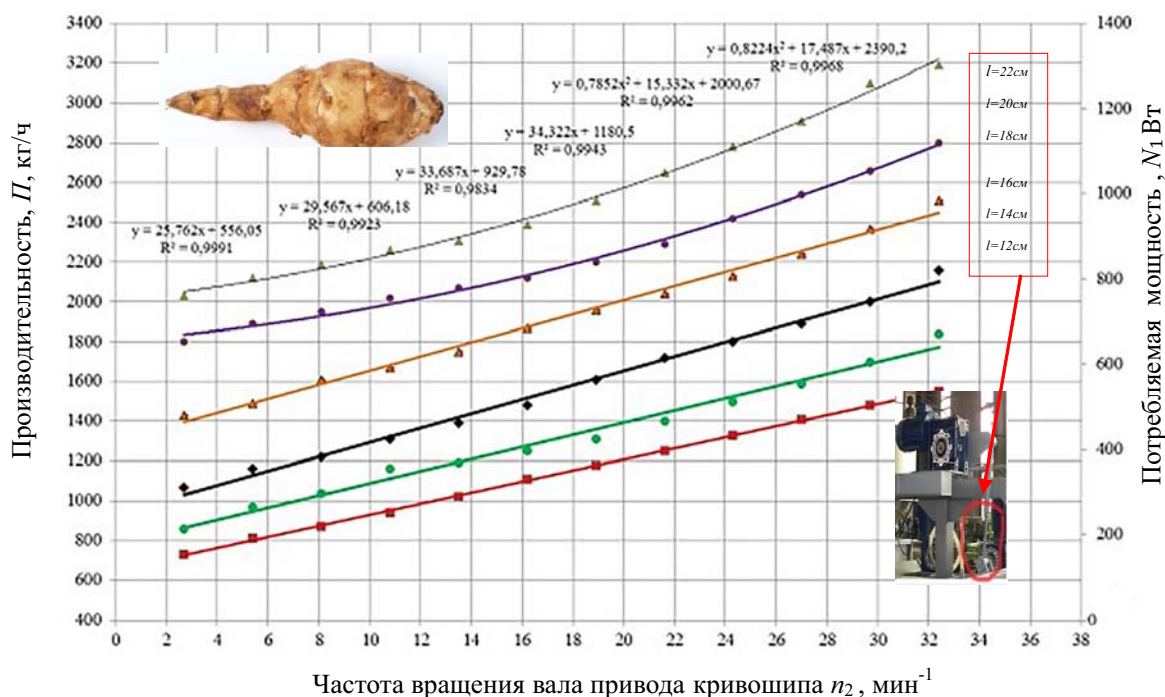


Рис. 3. Влияние частоты вращения кривошипа (n_2) на производительность машины по клубням топинамбура грушевидной формы средней фракции и потребляемую мощность (N) при разной величине длины регулировочного винта (l) при следующих установленных для работы параметрах машины: угле наклона самой машины $\alpha = 7^\circ$, степень открытия шибера $\Delta = 60\%$, степень заполнения клубнями по объёму ванны $\Delta_3 = 60\%$, частота вращения щёточного вала $n_1 = 690 \text{ мин}^{-1}$

Fig. 3. Influence of the crank rotation frequency (n_2) on the productivity of the machine for pear-shaped tubers of the middle fraction and power consumption (N) at different lengths of the adjusting screw (l) with the following machine parameters set for operation: the angle of inclination of the machine itself $\alpha = 7^\circ$, degree of gate opening $\Delta = 60\%$, degree of filling with tubers over the bath volume $\Delta b = 60\%$, brush shaft speed $n_1 = 690 \text{ min}^{-1}$

Увеличение длины винта l и частоты вращения вала кривошипа привода корзины n_k приводит к усилению контакта клубней с щёточными вальцами, а также увеличению амплитуды колебаний. Соответственно с увеличением частоты вращения вала привода кривошипа увеличиваются и энергозатраты.

На рис. 4 представлены графические зависимости, показывающие влияние коэффициента формы клубней на чистоту отмыва и степень повреждаемости.

Анализ рис. 4 показал, что наименьшая повреждаемость клубней при мойке наиболее чётко прослеживается у клубней округлой формы, а наибольшая чистота поверхности у клубней картофеля удлинённой формы ($K_f = 1,5-2$).

На рис. 5 показаны зависимости влияния коэффициента формы клубней топинамбура средней фракции на чистоту поверхности и степень повреждаемости.

Как видно из графиков на рис. 5, коэффициент формы клубней топинамбура существенно влияет на качественные показатели мойки сырья.

Анализ рис. 5 показал, что чистота поверхности у клубней топинамбура округлой формы улучшается аналогично, а степень повреждаемости увеличивается.

Это ещё раз подчёркивает факт важности формы корнеклубнеплода на качественные показатели мойки.

На рис. 6 представлены графические зависимости по влиянию угла наклона машины и коэффициента формы клубней топинамбура средней фракции на чистоту поверхности.

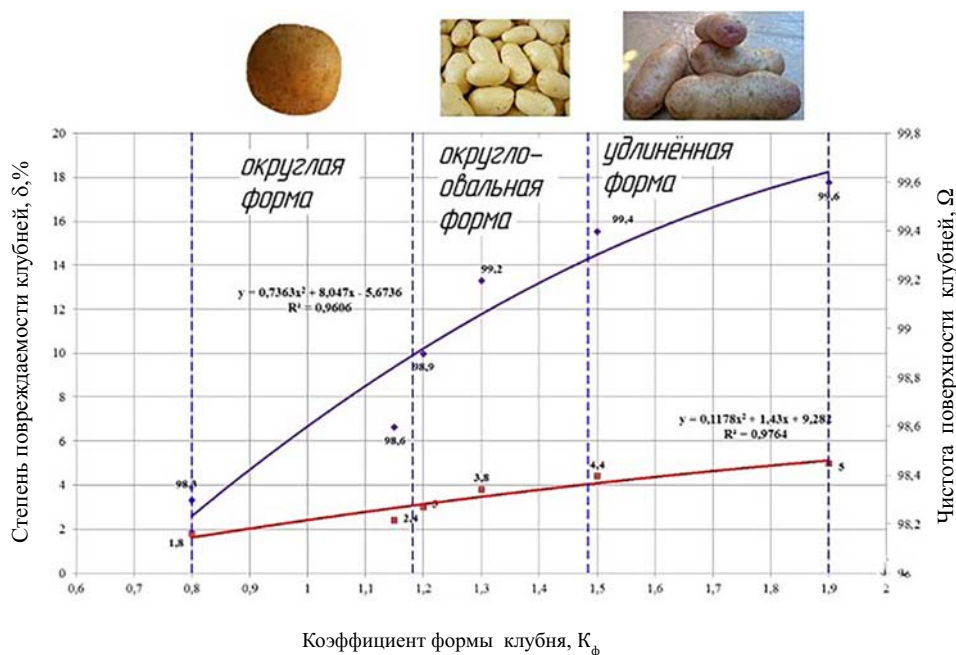


Рис. 4. Влияние коэффициента формы клубней картофеля на чистоту поверхности (1) и степень повреждаемости (2) при следующих установленных параметрах машины: частота вращения щётки $n_1 = 552 \text{ мин}^{-1}$, частота вращения вала кривошипа $n_2 = 16,2 \text{ мин}^{-1}$, угол наклона машины $\alpha = 5^\circ$, степень открытия шибера $\Delta = 50 \%$, степень заполнения клубнями $\Delta_3 = 50 \%$, длина регулировочного винта $l = 18 \text{ см}$
 Fig. 4. Influence of the shape factor of potato tubers on the cleanliness of washing (1) and the degree of damage (2) with the following set machine parameters: brush speed $n_1 = 552 \text{ min}^{-1}$, crank speed $n_2 = 16.2 \text{ min}^{-1}$, machine inclination angle $\alpha = 5^\circ$, gate opening degree $\Delta = 50 \%$, tuber filling degree $\Delta_3 = 50 \%$, adjusting screw length $l = 18 \text{ cm}$

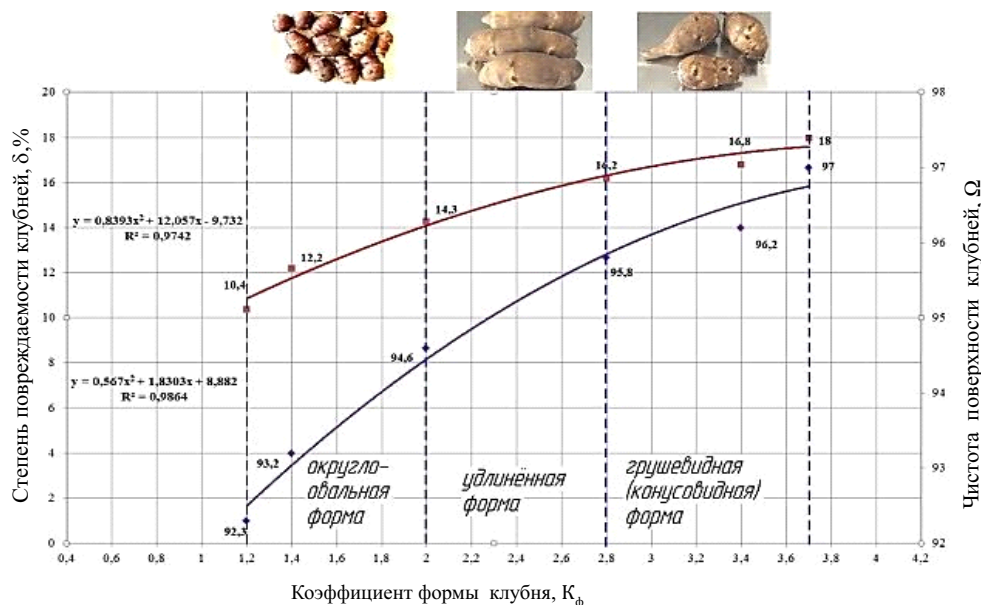


Рис. 5. Влияние коэффициента формы клубней топинамбура средней фракции на чистоту поверхности и степень повреждаемости при следующих установленных параметрах машины: частота вращения щётки $n_1 = 552 \text{ мин}^{-1}$, частота вращения вала кривошипа $n_2 = 16,2 \text{ мин}^{-1}$, угол наклона машины $\alpha = 3^\circ$, степень открытия шибера $\Delta = 50 \%$, степень заполнения клубнями $\Delta_3 = 40 \%$, длина регулировочного винта $l = 16 \text{ см}$
 Fig. 5. Influence of the shape factor of Jerusalem artichoke tubers of the middle fraction on the cleanliness of washing and the degree of damage with the following set parameters of the machine: brush rotation speed $n_1 = 552 \text{ min}^{-1}$, crank rotation speed $n_2 = 16.2 \text{ min}^{-1}$, machine tilt angle $\alpha = 3^\circ$, gate opening degree $\Delta = 50 \%$, tuber filling degree $\Delta_3 = 40 \%$, adjusting screw length $l = 16 \text{ cm}$

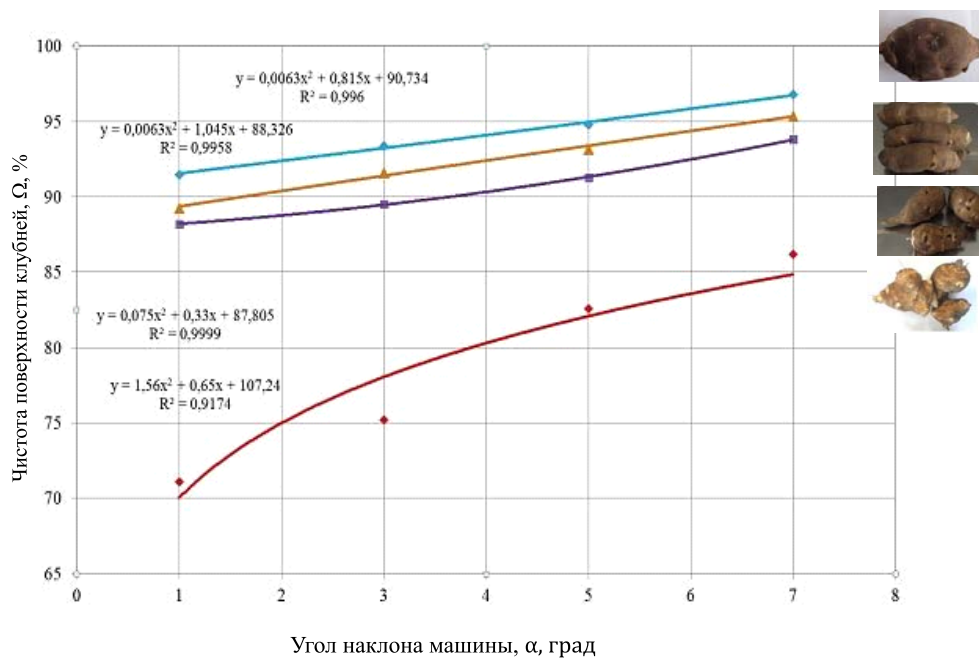


Рис. 6. Влияние угла наклона машины и коэффициента формы клубней топинамбура средней фракции на чистоту поверхности при следующих установленных параметрах машины: частота вращения щёток $n=552 \text{ мин}^{-1}$, кривошип $n_2 = 29,7 \text{ мин}^{-1}$, степень открытия шибера $\Delta=50\%$, степень заполнения клубнями $\Delta_3 = 40\%$, длина регулировочного винта $l=14 \text{ см}$

Fig. 6. Influence of the machine inclination angle and the shape factor of Jerusalem artichoke tubers of the middle fraction on the cleanliness of washing with the following set parameters of the machine: brush rotation speed $n=552 \text{ min}^{-1}$, crank $n_2 = 29.7 \text{ min}^{-1}$, gate opening degree $\Delta=50\%$, the degree of filling with tubers $\Delta_z = 40\%$, the length of the adjusting screw $l=14 \text{ cm}$

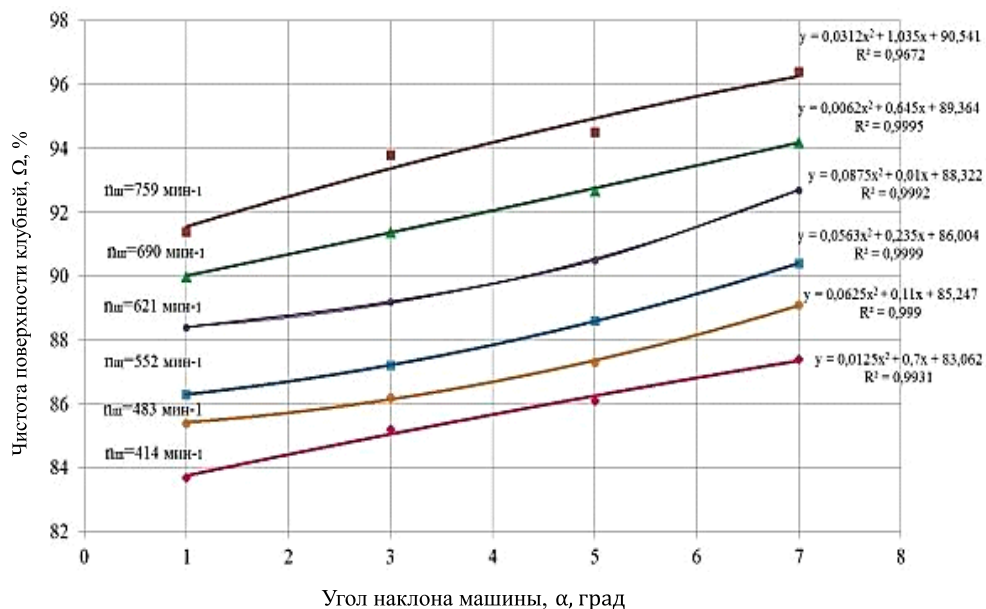


Рис. 7. Влияние угла наклона машины и частоты вращения щёток фракции на чистоту поверхности клубней топинамбура округлой формы средней фракции при следующих установленных параметрах машины: частота вращения щёток $n=690 \text{ мин}^{-1}$, вала кривошипа $n_2 = 29,7 \text{ мин}^{-1}$, степень открытия шибера $\Delta=40\%$, степень заполнения клубнями $\Delta_3 = 40\%$, длина регулировочного винта $l=18 \text{ см}$

Fig. 7. Influence of the angle of inclination of the machine and the frequency of rotation of the brushes of the fraction on the cleanliness of washing off the rounded form of Jerusalem artichoke tubers of the middle fraction with the following set parameters of the machine: rotational speed of the brushes $n=690 \text{ min}^{-1}$, crank $n_2 = 29.7 \text{ min}^{-1}$, gate opening degree $\Delta=40\%$, tuber filling degree $\Delta_c = 40\%$, adjusting screw length $l=18 \text{ cm}$

На рис. 7 дана характеристика зависимости углов наклона машины и частоты вращения щёток на чистоту поверхности клубней топинамбура округлой формы средней фракции.

Анализ рис. 6 показал, что чистота отмыва у клубней топинамбура округлой формы улучшается аналогично.

Как видно из графиков на рис.6 и 7, увеличение угла наклона машины и частоты вращения щёток повышает эффективность мойки клубней.

На рис. 8 показан процесс мойки картофеля в разработанной машине.

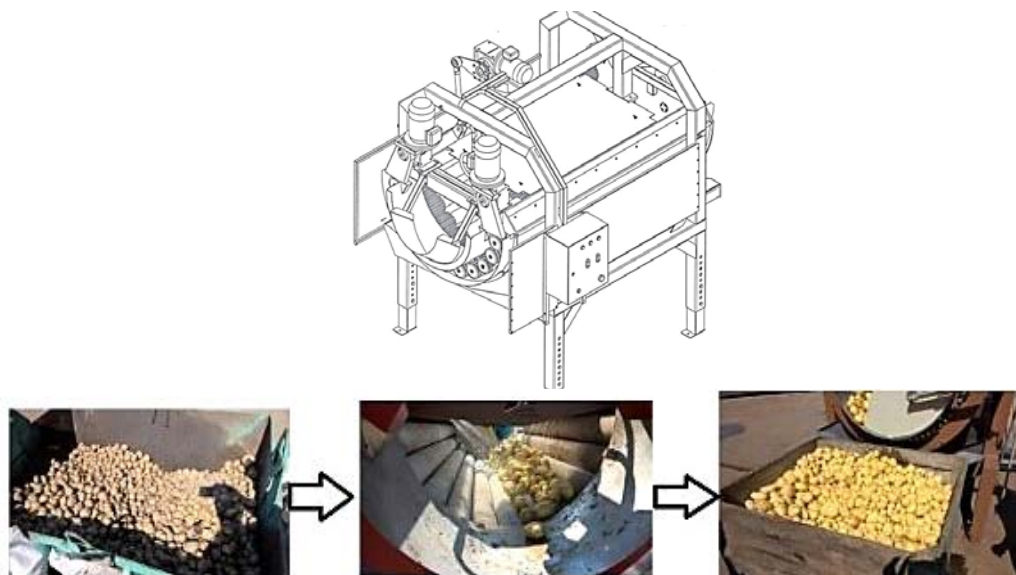


Рис. 8. Процесс мойки картофеля в разработанной машине
Fig. 8. The process of washing potatoes in the developed machine

Заключение. В ходе исследований, были установлены и отработаны основные рабочие режимы работы машины, позволяющие проводить эффективную мойку, а так же обеспечивающие снижение удельных затрат на производство продукции.

Полученные данные являются основой для рекомендаций для осуществления процессов мойки на предприятиях, занимающихся предреализационной подготовкой и переработкой корнеклубнеплодов, а также будут использованы для разработки эффективных рабочих органов машин для комплексной подготовки корнеклубнеплодов.

Список использованных источников

1. Волкинд, И.Л. Промышленная технология хранения картофеля, овощей и плодов. — М.: Агропромиздат, 1989. — 239 с.
2. Володарский, Е. Т. Планирование и организация измерительного эксперимента/ Е. Т. Володарский, Б. Н. Малиновский, Ю. М. Туз.— Киев: Вища школа, 1987. — 280 с.
3. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк. — М.: Мир, 1972. — 151 с.
4. Шпаар, Д. Картофель. Возделывание, уборка, хранение / Д. Шпаар [и др.]. — Торжок: ООО «Вариант», 2004. —466 с.
5. Антипов, С.Т. Машины и аппараты пищевых производств/ С.Т. Антипов[и др.]. — М.: «Высшая школа», 2001. —466 с.
6. Процессы и аппараты пищевых производств/ В.Н. Стабников [и др.]. — М.: Агропромиздат, 1985.— 503 с.
7. Космодемьянский, Ю. В. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю.В. Космодемьянский — М.: Колос, 1979. —191 с.
8. Кавецкий, Г.Д. Процессы и аппараты пищевых производств / Г.Д. Кавецкий, А.В. Королев. — М.: Агропромиздат, 1991.— 432 с.
9. Кавецкий, Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии / Г.Д. Кавецкий, Б.В. Васильев. — М.: Колос, 1999. — 551 с.
10. Гребенюк, С. М. Расчёты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств/ С.М. Гребенюк — М.: Агропромиздат, 1987.— 326 с.

11. *Башта, Т.М.* Машиностроительная гидравлика/ Т.М. Башта — М.: Машиностроение, 1971. — 672 с.
12. *Логинов, А. В.* Лабораторный практикум по процессам и аппаратам химических и пищевых производств / А. В. Логинов, Ю. В. Красовицкий; Воронеж. гос. технол. акад. - Воронеж : Воронеж. гос. технол. акад., 1995. — 138 с.
13. Бульба: энциклопедический справочник по выращиванию, хранению, переработке и использованию картофеля / М.И. Гриневич [и др.]. — Мн.: БелСЭ, 1988. — 574 с.

Информация об авторах

Шепшелев Александр Анатольевич — кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной работе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Данилюк Александр Сергеевич — научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com.

Зайченко Дмитрий Александрович — кандидат технических наук, заместитель генерального директора по инновационной работе — начальник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Information about the authors

Shepshelev Alexander Anatolyevich — PhD (Technical), deputy general director for research of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (Kozlova str., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Danilyuk Aleksandr Sergeevich — researcher of the department of new technologies and techniques of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (Kozlova str., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: newteh@belproduct.com

Zaichenko Dmitry Alexandrovich — PhD (Technical), deputy general director for innovative work - head of the department of new technologies and equipment of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (Kozlova str., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com