

УДК 633.49

**З.В. Ловкис, А.А. Шепшелев, С.А. Арнаут
А.А. Литвинчук, А.С. Данилюк**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по продовольствию», г. Минск
E-mail: aleksandr.sergeevich.2011@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЕЧНОЙ МАШИНЫ ЩЕТОЧНОГО ТИПА

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты исследований, испытаний и построения рабочих характеристик машины моечной щеточного типа, которые проводились в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».

Ключевые слова: картофель, топинамбур, мойка, машина моечная щеточного типа, производительность, потребляемая мощность, чистота отмыва, расход воды, процент поврежденных клубней.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях жесткой конкуренции на внутреннем и внешнем продовольственных рынках для повышения конкурентоспособности отечественных производителей на первое место выходят вопросы снижения себестоимости и повышения качества отечественной продукции.

В структуре производимой продукции сельского хозяйства плодоовощная занимает немаловажное значение. Вопросы ее переработки также являются актуальными, а операция предварительной обработки – определяющей. В связи с этим проведение исследований (мойка и т. д.) являются значимыми для формирования качества конечного продукта.

От свойств сырья зависит технология очистки поверхности, технология разделения в потоке по качественным характеристикам, производительность и эффективность работы технологического оборудования, качество готовой продукции, потери.

Качественное проведение мойки сырья в технологических процессах имеет важное значение, так как эффективность ее проведения положительно сказывается как на показателях качества конечного продукта, так и в целом на экономике производства. В этой связи для сырья, обладающего сложной «неправильной» геометрической формой (топинамбур, картофель и др.) и, соответственно, характеризующегося повышенным уровнем загрязнения операцию мойки осуществляют в две ступени.

На первой ступени проходит грубая мойка с отделением камней и тяжелых примесей. На второй – происходит доочистка поверхности сырья за счет интенсивного взаимодействия с рабочими органами машины моечной.

Вопрос интенсивного взаимодействия рабочих органов машины моечной с сырьем должен решаться при соблюдении ряда условий:

- обеспечение минимального механического воздействия на сырье;
- обеспечение оптимального взаимодействия сырья с рабочими органами машины с целью полной его очистки;
- минимальное потребление ресурсов (вода, электроэнергия);
- обеспечение поточности процесса [1–3, 5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

С целью реализации процесса второй стадии мойки и очистки корнеклубнеплодов специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» разработана моечная машина щеточного типа Ш12-МШТ (рис. 1–3).

Моечная машина щеточного типа предназначена для второй стадии мойки картофеля или топинамбура с удалением загрязнений с помощью щеток и ополаскивания водой.

Конструкцией машины предусмотрено наличие 9 цилиндрических щеток, расположенных полукругом. Передвижение сырья осуществляется за счет вращения щеток и многочисленных взаимодействий сырья друг с другом. Сырье во время мойки омывается из душирующего устройства.



Рисунок 1 – Машина моечная щеточного типа Ш12-МШТ



Рисунок 3 – Мойка с ополаскиванием клубней картофеля в машине моечной щеточного типа Ш12-МШТ

Машина работает следующим образом:

- 1) через загрузочный лоток машины поступает сырье;
- 2) в моечной машине за счет вращения щеток и многочисленных взаимодействий сырья друг с другом происходит процесс мойки;
- 3) загрязнения, счищенные щетками, смываются водой, поступающей через душирующее устройство;

4) сырье продвигается внутри машины к противоположному концу, где расположен выгрузной лоток.

Одним из основных показателей, характеризующих любую моечную машину, является производительность и расход воды.

Теоретическая производительность Q (кг/ч) машины Ш12-МШТ определяется по следующей формуле:

$$Q = 28,8 \cdot V \cdot j \cdot r \cdot e / t,$$

где V – полная вместимость моющей части моечной машины щеточного типа, м³;

j – коэффициент заполнения моющей части клубнями;

r – насыпная плотность клубней, кг/м³;

e – коэффициент использования машины;

t – продолжительность пребывания клубней в машине, с.

Для машины щеточного типа при расчете такого показателя как расход воды применима следующая формула расхода воды Q_b (м³/с):

$$Q_b = (\mu \cdot \pi \cdot d^2 / 4) \cdot k \cdot \sqrt{2 \cdot P_u / \rho_c},$$

где m – коэффициент расхода;

d – диаметр отверстия форсунки, м;

k – количество форсунок;

P_u – напор воды у отверстия истечения, Па;

ρ_c – плотность воды, кг/м³.

Фактические значения технических показателей машины Ш12-МШТ были определены после проведения испытаний.

На эффективность работы моечной машины оказывают влияние такие параметры, как частота вращения щеточных валов, угол установки моечной ванны машины, степень загрузки моечной ванны сырьем и т. д.

В качестве выходных оценочных параметров, определяющих эффективность работы машины, выступают производительность, затрачиваемая мощность, расход воды, качество мойки.

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 то же 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.

В связи с этим представляет интерес нахождение зависимостей производительности от геометрических (углы установки ванны машины), механических (частота вращения щеточных валов) и технологических (степень заполнения моечной ванны, свойства сырья, температура воды и т. д.) параметров. Полученные данные будут оптимизированы для получения заданной степени очистки

сырья. Основные контролируемые показатели работы машины представлены в таблице 1.

С целью проведения исследований использовали современные измерительные приборы, общий вид которых представлен на рисунке 4, а основные параметры – в таблице 2.

Производительность машины, потребляемая мощность и степень загрязненности клубней картофеля определялись серией контрольных опытов на машине путем определения времени прохождения в потоке при установившемся

Таблица 1 – Контролируемые показатели

№ п/п	Показатели	Обозначение	Ед. изм.	Метод контроля
1	Производительность	Q	кг/ч	Весы, секундомер
2	Степень открытия вентеля	θ	%	Визуально
3	Частота вращения щеточного вала	n	мин ⁻¹	Тахометр, векторный преобразователь частоты
4	Степень открытия заслонки	Δ	%	Угломер
5	Процент повреждаемых клубней	δ	%	Расчетно
6	Чистота отмыва клубней	Ω	%	Расчетно
7	Расход воды	Q_w	м ³ /с	Расходомер
8	Количество форсунок	k	шт.	Расчетно
9	Затраты мощности	N	Вт	Ваттметр
9	Угол наклона машины	α	градус	Угломер
10	Степень заполнения клубнями	e	%	Визуально



Рисунок 4 – Перечень приборов для проведения исследований:
 1 – векторный преобразователь частоты E2-8300; 2 – весы CAS BW-60RB;
 3 – линейка V-07 Можга; 4 – секундомер Интеграл С-01; 5 – угломер Е-1;
 6 – тахометр ДО-01Р; 7 – ваттметр

Таблица 2 – Параметры измерительных приборов

Тип прибора	Марка	Предел измерения		Цена наименьшего деления
		нижний	верхний	
Весы	CAS BW-60RB	0	60 кг	1 г
Секундомер	Интеграл С-01	0	60 с	1 с
Тахометр	ДО-01Р	0	30000 мин ⁻¹	10 мин ⁻¹
Векторный преобразователь частоты	Е2-8300	0	15 кГц	0,1 кГц
Угломер	Е-1	0	360°	1°
Линейка	V-07 Можга	0	40 см	0,1 см
Ваттметр	PCE-350	0	3,5 кВт	1 Вт

режиме маркированных клубней от момента их попадания в загрузочный лоток до выхода из выгрузного. Опыты проводились при частоте вращения вала $n = 300 \text{ мин}^{-1}$; $n = 340 \text{ мин}^{-1}$; $n = 378 \text{ мин}^{-1}$; $n = 415 \text{ мин}^{-1}$ при помощи варьирования частоты тока, подаваемого на электродвигатель, в пределах 40...55 Гц с изменением степени открытия шиберов ($D = 10 \%$, 20, 30, 50, 70, 90, 100 %) и угла наклона моечной машины ($\alpha = -5^\circ$, $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = 5^\circ$). При проведении эксперимента производительность определялась при различных режимах работы машины.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По результатам экспериментов построены зависимости (рис. 5–10).

Исходя из анализа графиков, изображенных на рисунке 5, наибольшая производительность машины моечной щеточного типа Ш12-МШТ наблюдается при следующем режиме работы: частота вращения щеточного вала $n = 415 \text{ мин}^{-1}$; степень открытия заслонки $D = 100 \%$, угол наклона моечной машины $\alpha = 5^\circ$.

Как видно из графика, изображенного на рисунке 6, наименьшие затраты мощности машины моечной щеточного типа Ш12-МШТ наблюдаются при следующем режиме работы: частота вращения щеточного вала $n = 300 \text{ мин}^{-1}$; степень заполнения $e = 40 \%$; угол наклона моечной машины $\alpha = 5^\circ$.

Наибольшая чистота отмыва клубней картофеля и топинамбура наблюдается при угле наклона моечной машины $\alpha = -5^\circ$ с минимальной степенью открытия заслонки $D = 10 \%$ и частоте вращения щеточного вала $n = 378 \text{ мин}^{-1}$ (рис. 7).

Наибольший процент повреждаемых клубней картофеля и топинамбура наблюдается при угле наклона моечной машины $\alpha = -5^\circ$ с минимальной степенью открытия заслонки $D = 10 \%$ и частоте вращения щеточного вала $n = 415 \text{ мин}^{-1}$ (рис. 8).

На основании рисунка 9 можно сделать вывод, что при увеличении степени открытия вентиля и количества форсунок прямо пропорционально увеличивается расход воды через душирующее устройство машины.

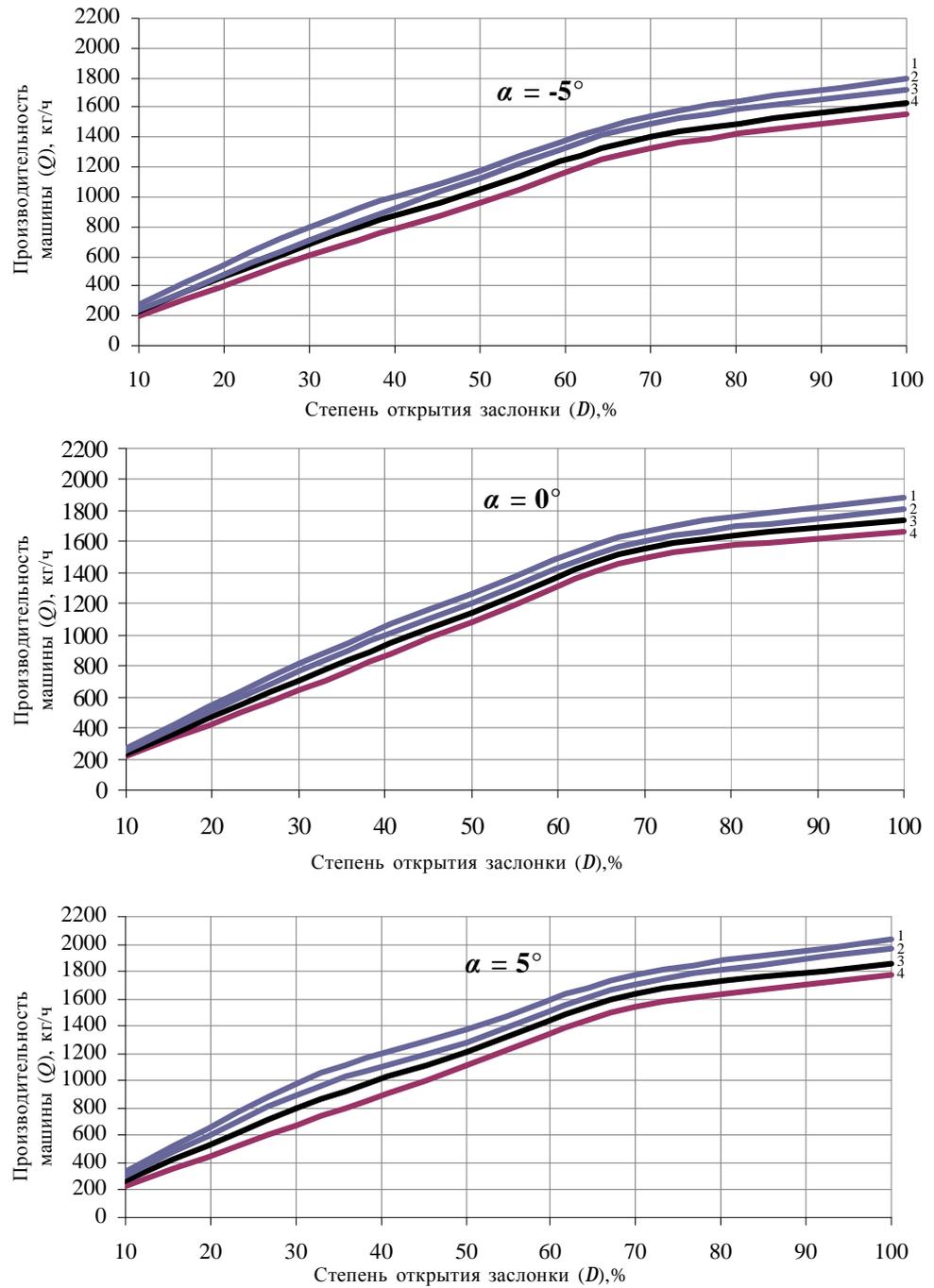


Рисунок 5 – Зависимость производительности моечной машины щеточного типа Ш12-МШТ от степени открытия заслонки (при $\alpha = -5^\circ$, $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = 5^\circ$):

1 – частота вращения щеток $n = 415 \text{ мин}^{-1}$; 2 – частота вращения щеток $n = 378 \text{ мин}^{-1}$;
 3 – частота вращения щеток $n = 340 \text{ мин}^{-1}$; 4 – частота вращения щеток $n = 300 \text{ мин}^{-1}$

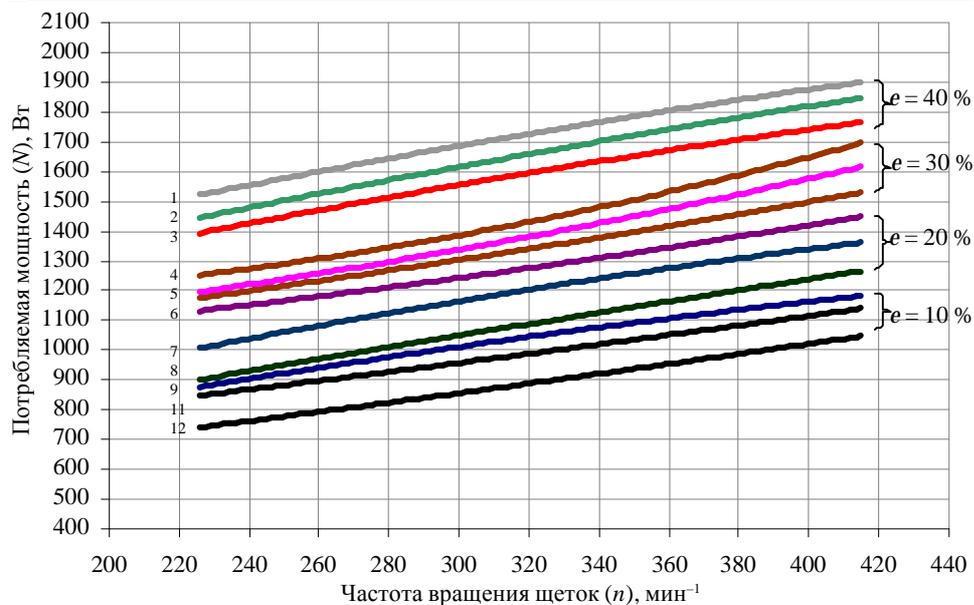


Рисунок 6 – Зависимость потребляемой мощности машины от степени заполнения клубнями при разной частоте вращения щеток:
 1, 4, 7, 10 – угол наклона машины $\alpha = -5^\circ$; 2, 5, 8, 11 – угол наклона машины $\alpha = 0^\circ$;
 3, 6, 9, 12 – угол наклона машины $\alpha = -5^\circ$

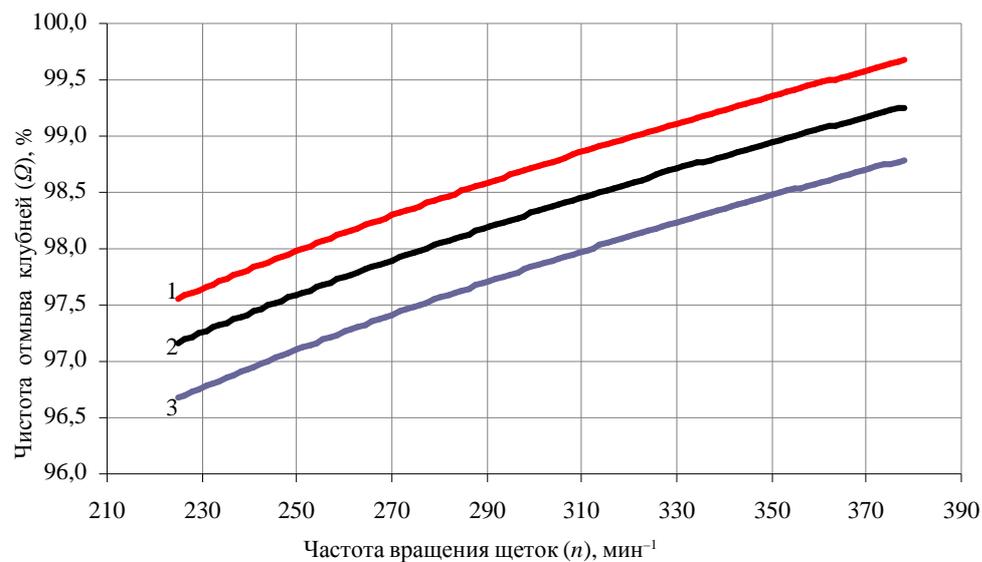


Рисунок 7 – Чистота отмыва клубней при разной частоте вращения щеток (при $\alpha = -5^\circ$):
 1 – частота вращения щеток $n = 378 \text{ мин}^{-1}$;
 2 – частота вращения щеток $n = 340 \text{ мин}^{-1}$;
 3 – частота вращения щеток $n = 300 \text{ мин}^{-1}$

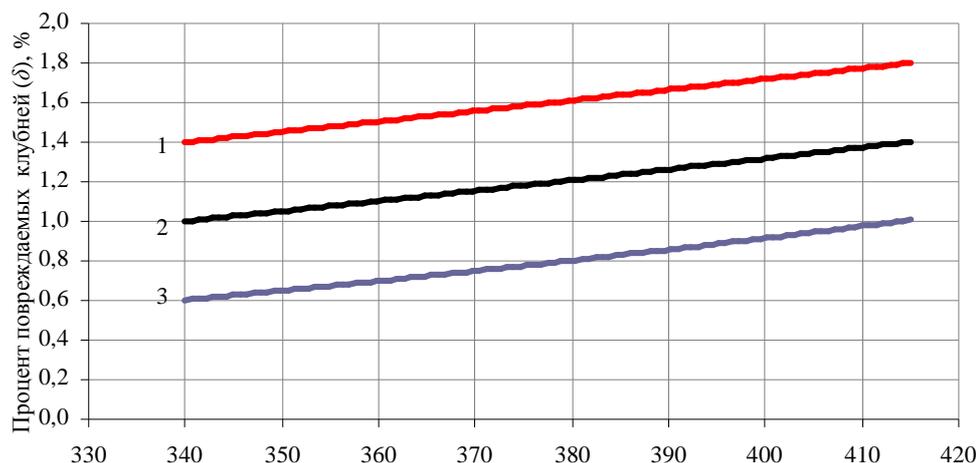


Рисунок 8 – Процент повреждаемости клубней при разной частоте вращения щеток (при $\alpha = -5^\circ$):
 1 – частота вращения щеток $n = 415 \text{ мин}^{-1}$;
 2 – частота вращения щеток $n = 378 \text{ мин}^{-1}$;
 3 – частота вращения щеток $n = 340 \text{ мин}^{-1}$

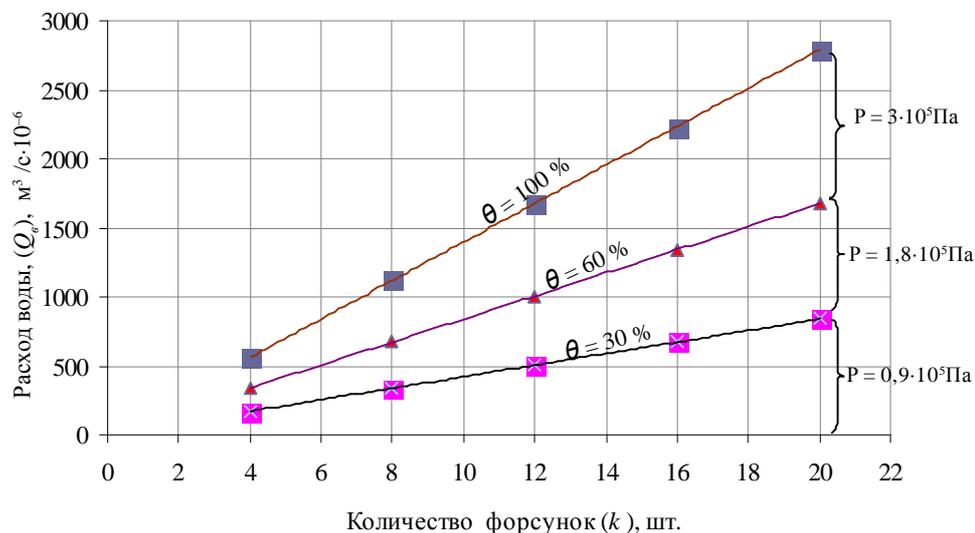


Рисунок 9 – Зависимость расхода воды от количества форсунок и степени открытия вентиля

По результатам исследований выбран оптимальный рабочий режим машины моечной щеточного типа Ш12-МШТ, учитывающий требования по чистоте отмыва клубней товарного картофеля (топинамбура) и оптимальную производительность (рис. 10).

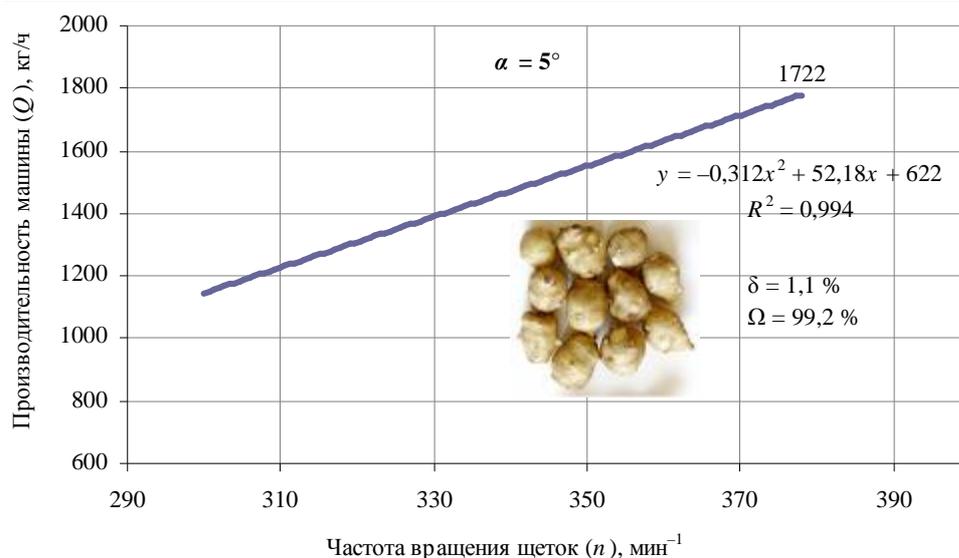


Рисунок 10 – Оптимальный режим работы машины моечной щеточного типа Ш12-МШТ (при $\alpha = 5^\circ$)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенных исследований получены рациональные параметры работы, обеспечивающие максимальную производительность моечной машины щеточного типа Ш12-МШТ с учетом вида сырья (клубни картофеля и топинамбура), минимальной повреждаемости и высокой степени очистки.

Установлено, что определяющими параметрами, влияющими на степень очистки клубней картофеля (топинамбура), для машины моечной щеточного типа являются степень открытия заслонки, угол наклона машины и частота вращения щеточного вала.

Полученные результаты будут использованы в дальнейшей работе по развитию теории мойки клубней картофеля (топинамбура) в потоке машинами щеточного типа, а также в совершенствовании конструкции моечных машин для корнеклубнеплодов.

Список литературы

1. Волкинд, И.Л. Промышленная технология хранения картофеля, овощей и плодов / И.Л. Волкинд. – 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. Картофель. Возделывание, уборка, хранение / Д. Шпаар [и др.]. – Торжок: ООО «Вариант», 2004. – 466 с.

4. Шаршунов, В.А. Технологическое оборудование – плодоовощеперерабатывающих предприятий: учеб. пособие: в 2 ч. / В.А. Шаршунов. – Минск: Мисанта, 2013. – Ч. 1. – 951 с.

5. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк. – М.: Мир, 1972. – 151 с.

Поступила в редакцию 22.11.2016 г.

Z.V. LOVKIS, A.A. SHEPSHELEV, S.A. ARNAUT, A.A. LITVINCHUK,
A.S. DANILYUK

RESEARCH AND CONSTRUCTION OF WASHING MACHINE PERFORMANCE OF BRUSH TYPE

SUMMARY

The research results were conducted, testing and performance building of washing machine of brush type in RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus».

Key words: potatoes, topinambour, wash, wash machine of brush type, performance, power consumption, washing cleanliness, water consumption, percentage of damaged tubers.