

УДК 633.49

**З.В. Ловкис, А.А. Шепшелев, Д.А. Зайченко,
С.А. Арнаут, 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 МАШИНЫ МОЕЧНОЙ БАРАБАННОЙ

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты исследований, испытаний и построения рабочих характеристик машины моечной барабанной.

Исследования проводились в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».

Ключевые слова: картофель, топинамбур, мойка, машина моечная барабанная, производительность, потребляемая мощность.

ВВЕДЕНИЕ

В пищевой промышленности для проведения процессов мойки корнеклубнеплодов применяются машины, рабочим органом которых является медленно вращающийся барабан, располагаемый горизонтально либо слегка наклонно. Сырье подается в барабан и при его вращении перемещается в осевом направлении, одновременно омываясь в воде.

Барабанная моечная машина предназначена для мойки твердых плодов и овощей (корнеплодов). Мойка предусматривает удаление с поверхности сырья остатков земли, песка, посторонних тяжелых и легких примесей (камни, листья, ветки, солома). Для каждого вида сырья требуется свой способ и режим мойки.

Мойка в барабанных моечных машинах осуществляется при вращении барабана путем интенсивного перемешивания сырья и за счет ударов падающего сырья о поверхность воды. Эффективность процесса мойки определяется соотношением сил, действующих на сырье, находящееся в барабане.

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 чистовая мойка 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 и др.);
- обеспечение поточности процесса [1–4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

С целью реализации процесса первой стадии мойки и очистки клубней специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» разработана машина моечная барабанная Ш12-ММТ, которая предназначена для первичной очистки (мойки) клубней картофеля и топинамбура с одновременным удалением камней и других тяжелых примесей (рис. 1, 2).

Машина работает следующим образом: сырье через лоток (поз. 1) подается в барабан (поз. 5), установленный в ванне предварительной мойки. При вращении барабана сырье трется друг о друга и о поверхность обечайки и одновременно перемещается вдоль барабана. При помощи лопастей сырье перегружается в камнеотборник. В камнеотборнике снизу подается водопроводная вода.

При работе насосной установки (поз. 14) в камнеотборнике создается восходящий поток воды, который удерживает сырье во взвешенном состоянии. Камни благодаря большому удельному весу тонут и через воронку попадают на конвейер (поз. 13), которым удаляются из машины. Сырье с потоками воды че-



Рисунок 1 – Машина моечная барабанная Ш12-ММТ

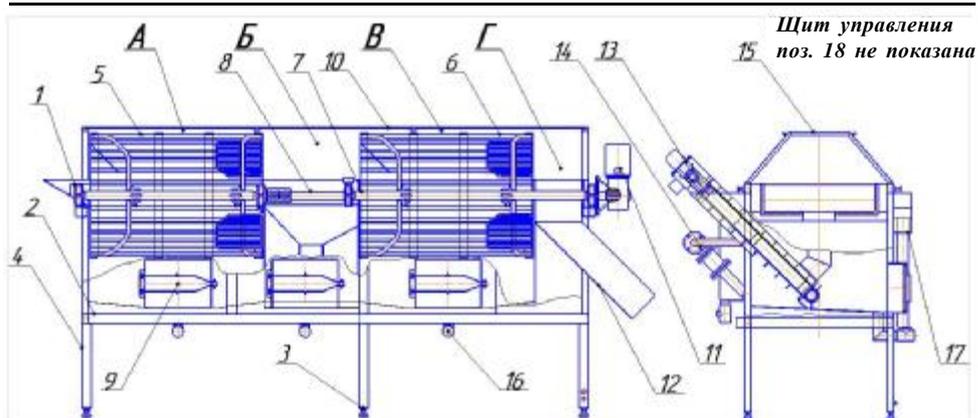


Рисунок 2 – Принципиальная схема машины моечной барабанной Ш12-ММТ: 1 – загрузочный лоток; 2 – корпус; 3 – опора; 4 – рама; 5, 6 – барабаны; 7 – вал; 8 – камнеотборник; 9 – люки; 10, 15 – крышки; 11 – привод; 12 – разгрузочный лоток; 13 – конвейер; 14 – насосная установка; 16 – устройство сливное; 17 – труба сливная.
 А – камера предварительной мойки; Б – камнеотборник;
 В – камера чистой мойки; Г – камера выгрузки

рез окно в поперечной перегородке попадает в барабан (поз. 6), установленный в ванне чистой мойки, где происходит окончательная мойка сырья. Вымытое сырье лопастями выгружается на разгрузочный лоток (поз. 12), по которому транспортируется из машины. Отделившиеся от сырья в процессе мойки примеси оседают на днищах ванн, откуда периодически удаляются через сливные устройства (поз. 16).

Производительность теоретическую Q (кг/ч) барабанной моечной машины можно определить по уравнению непрерывности потока

$$Q = 60 \cdot n \cdot z \cdot V \cdot g \cdot j,$$

где n – частота вращения барабана, мин⁻¹;
 z – число лопастей, выгружающих продукт, шт.;
 V – вместимость лопасти, м³;
 g – объемная масса продукта, кг/м³;
 j – коэффициент заполнения лопасти.

Потребляемая мощность электродвигателя N (кВт) определяется по следующей формуле:

$$N = \frac{M \cdot n_э}{975 \cdot \eta_{м.р.} \cdot u_{м.р.}},$$

где $n_э$ – частота вращения вала электродвигателя, мин⁻¹;
 $\eta_{м.р.}$ – КПД мотор-редуктора;
 $u_{м.р.}$ – передаточное число мотор-редуктора;

$M = M_1 + M_2$ – крутящий момент на валу барабана, Н·м, где $M_1 = G \cdot D_0 / 2$ – момент, необходимый для перемещения сырья в барабане, где D_0 – диаметр барабана, м; G – сила тяжести сырья, одновременно перемещаемого барабаном (сила тяжести сырья, перекатывающегося в верхних слоях и находящегося в воде, ввиду малых значений коэффициента трения качения и объемной массы не учитывается), Н;

$M_2 = (G_0 + G) \cdot \mu \cdot D_0 / 2$ – момент на преодоление сопротивления сил трения в подшипниках, Н·м, где G_0 – сила тяжести барабана, Н; D_0 – средний диаметр подшипника, м; μ – коэффициент трения в подшипнике [5].

С целью определения фактических значений технических показателей были проведены испытания.

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

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

Качество очистки сырья в моечной машине зависит от различных параметров: времени нахождения сырья в ванне машины, частоты вращения барабана, степени заполнения ванны сырьем и т. д. В то же время достижение высокого качества мойки связано с ростом частоты вращения барабана, 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 барабана) 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 представлены в таблице 1.

С целью проведения исследований использовали современные измерительные приборы, основные параметры которых представлены в таблице 2, а общий вид – на рисунке 3.

Показатель производительности машины, время нахождения сырья в ван-

Таблица 1 – Контролируемые показатели

№ п/п	Показатели	Обозначение	Ед. изм.	Метод контроля
1	Производительность	Q	кг/ч	Весы, секундомер
2	Частота вала барабана	n	мин ⁻¹	Тахометр, векторный преобразователь частоты
3	Затраты мощности	N	Вт	Ваттметр
4	Угол наклона машины	α	градус	Угломер

Таблица 2– Параметры 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	30 000 мин ⁻¹	10 мин ⁻¹
Векторный преобразователь частоты	E2-8300	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



Рисунок 3 – 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

не и его скорость определяли серией контрольных опытов на машине путем определения времени прохождения единичного клубня от момента его попадания в загрузочный лоток до выхода из выгрузного. Опыты проводились при варьировании частоты тока, подаваемого на электродвигатель привода барабана, в пределах 30...55 Гц (при частоте вращения вала $n = 10,2 \text{ мин}^{-1}$; $n = 11,8 \text{ мин}^{-1}$; $n = 13,6 \text{ мин}^{-1}$; $n = 15,4 \text{ мин}^{-1}$; $n = 18 \text{ мин}^{-1}$; $n = 19,8 \text{ мин}^{-1}$) с интервалом 5 Гц с изменением угла наклона машины ($\alpha = 0^\circ$, $\alpha = 2^\circ$, $\alpha = 4^\circ$). При проведении эксперимента производительность определялась на различных режимах работы машины.

Затраты мощности на валу барабана (N) в зависимости от частоты вра-

щения самого барабана (n), угла наклона машины (a) и уровня заполнения моечной ванны сырьем (e) определили с помощью ваттметра на различных режимах. Опыты проводились при варьировании частоты тока, подаваемого на электродвигатель привода барабана, в пределах 30...55 Гц (при частоте вращения вала $n = 10,2 \text{ мин}^{-1}$; $n = 11,8 \text{ мин}^{-1}$; $n = 13,6 \text{ мин}^{-1}$; $n = 15,4 \text{ мин}^{-1}$; $n = 18 \text{ мин}^{-1}$; $n = 19,8 \text{ мин}^{-1}$) с интервалом 5 Гц с изменением угла наклона машины ($a = 0^\circ$, $a = 2^\circ$, $a = 4^\circ$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По результатам экспериментов построены зависимости (рис. 4, 5).

Как видно из графика, изображенного на рисунке 4, наибольшая производительность машины моечной барабанной Ш12-ММТ наблюдается при следующем режиме работы: частота вращения барабана $n = 19,8 \text{ мин}^{-1}$, угол наклона моечной машины $a = 4^\circ$.

Наибольшие затраты мощности машины моечной барабанной Ш12-ММТ наблюдаются при следующем режиме работы: частота вращения барабана $n = 19,8 \text{ мин}^{-1}$; угол наклона моечной машины $a = -5^\circ$ (см. рис. 5).

В результате проведенных исследований установлен режим максимальной производительности машины моечной барабанной Ш12-ММТ, выбран оптимальный режим работы по картофелю и топинамбуру, учитывающий

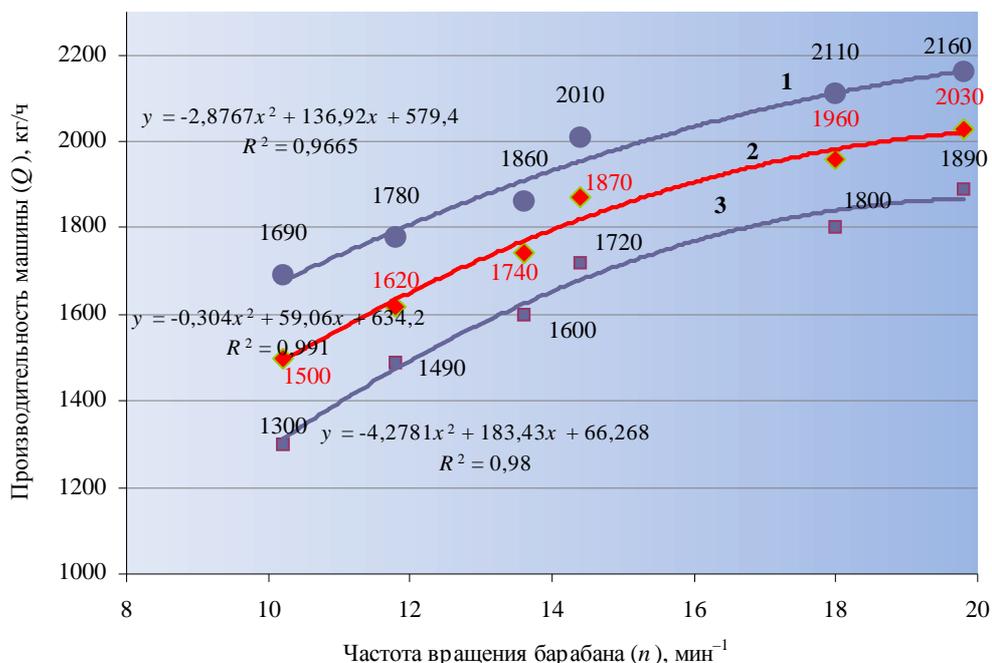


Рисунок 4 – Экспериментальная характеристика моечной машины Ш12-ММТ по производительности:

- 1 – угол наклона машины $a = 4^\circ$; 2 – угол наклона машины $a = 2^\circ$;
3 – угол наклона машины $a = 0^\circ$

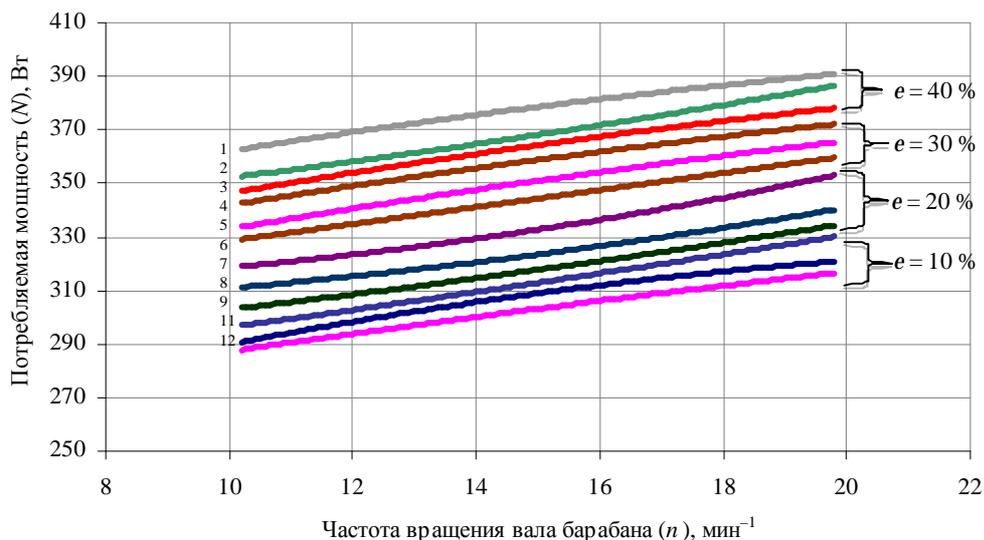


Рисунок 5 – Зависимость потребляемой мощности машины от степени заполнения клубнями:

1, 4, 7, 10 – угол наклона машины $a = 0^\circ$; 2, 5, 8, 11 – угол наклона машины $a = 2^\circ$;
3, 6, 9, 12 – угол наклона машины $a = 4^\circ$

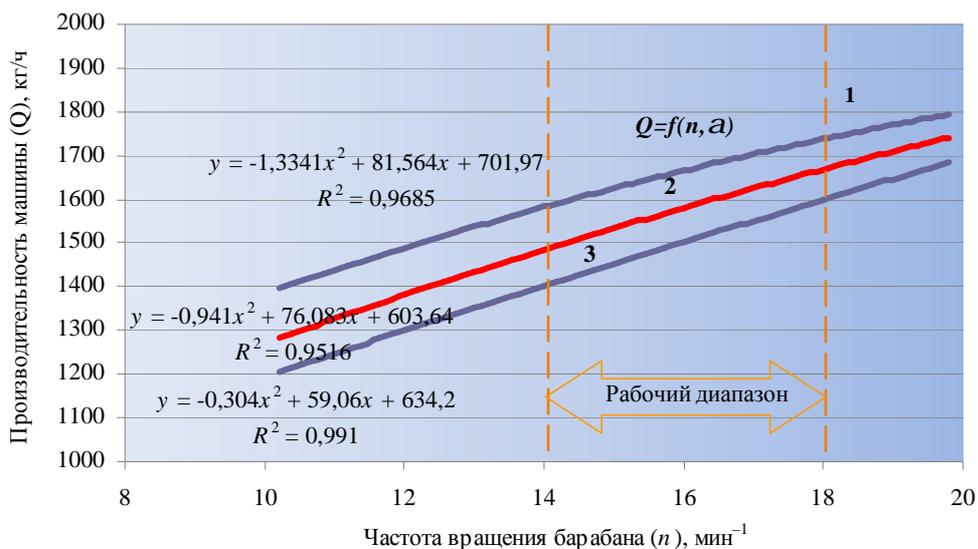


Рисунок 6 – Оптимальный режим работы барабанной моечной машины Ш12-ММТ:

1 – угол наклона машины $a = 4^\circ$; 2 – угол наклона машины $a = 2^\circ$;
3 – угол наклона машины $a = 0^\circ$

минимальную повреждаемость и высокое качество мойки (рис. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенных исследований получен режим максимальной производительности барабанной моечной машины Ш12-ММТ, выбран оптимальный режим работы по картофелю, учитывающий минимальную повреждаемость и высокую степень очистки.

Установлено, что определяющими параметрами, влияющими на производительность машины по клубням картофеля, являются угол наклона машины и частота вращения барабана.

Полученные результаты будут использованы в дальнейшей работе по изучению теории мойки клубней картофеля в потоке барабанными моечными машинами, 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. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк. – М.: Мир, 1972. – 151 с.
5. Шаршунов, В.А. Технологическое оборудование плодоовощеперерабатывающих предприятий: учеб. пособие: в 2 ч. / В.А. Шаршунов. – Минск: Мисанта, 2013. – Ч. 1. – 951с.

Поступила в редакцию 22.11.2016 г.

Z.V. LOVKIS, A.A. SHEPSHELEV, D.A. ZAYCHENKO,
S.A. ARNAUT, A.S. DANILYUK

RESEARCH AND CONSTRUCTION OF PERFORMANCE WASHING DRUM MACHINE

SUMMARY

The article presents the research results of testing and construction of washing drum machine performance. The studies were conducted in RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus».

Key words: potatoes, topinambour, wash, washing drum machine, performance, power consumption.