

УДК 631.362.333:635.21

А. Л. РАПИНЧУК<sup>1</sup>, А. С. ВОРОБЕЙ<sup>1</sup>, А. А. БРЕНЧ<sup>2</sup>, Г.И. БЕЛОХВОСТОВ<sup>2</sup>

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУХОЙ ОЧИСТКИ КАРТОФЕЛЯ

<sup>1</sup> Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства,

<sup>2</sup> Белорусский государственный аграрный технический университет

(Поступила в редакцию 24.12.2009)

**Введение.** По валовому сбору картофеля Республика Беларусь занимает восьмое место в мире по производству, а в расчете на одного человека – первое место. Рыночные отношения предъявляют повышенные требования к качеству продаваемого картофеля, его товарному виду, упаковке. Отсортированный картофель с чистой кожурой без следов повреждений, уложенный в современные упаковочные материалы, покупается по высокой цене, принося дополнительный доход производителю.

В комплексе предреализационной подготовки наиболее целесообразно выполнение операции по сухой очистке картофеля, в результате которой картофель лучше хранится и имеет более низкую повреждаемость клубней.

Решение данной проблемы содержит в себе источник большой экономии в сельском хозяйстве страны и может быть обеспечено за счет совершенствования существующих или создания новых машин. В связи с этим имеет место необходимость разработки нового эффективного устройства, лишенного вышеперечисленных недостатков и имеющего более широкие технологические возможности, особенно в отношении картофеля. Поэтому в последнее время ученые обращаются к сухой очистке корнеплодов, в том числе и картофеля.

**Выбор основных исследуемых параметров процесса сухой очистки картофеля.** Для обоснования параметров и режимов работы машины по сухой очистке картофеля необходимо определить режимно-конструктивные факторы, влияющие на процесс сухой очистки (входные регулируемые параметры) и оценочные показатели машины и обрабатываемого картофеля (выходные независимые параметры).

Комплексные исследования научно-технической литературы в области технических средств для сухой очистки корнеплодов [1–3] позволили определить в качестве выходных независимых параметров, характеризующих работу машины: производительность ( $\Pi$ , кг/ч), удельную энергоёмкость ( $n_{уд}$ , Вт·ч/кг), повреждаемость клубней ( $e$ , %) и эффективность очистки  $\delta$ .

Конструктивными и режимными входными регулируемыми параметрами машины для сухой очистки картофеля выбраны угол наклона машины ( $\alpha$ , рад), статическая нагрузка на картофель ( $P$ , Н), частота вращения щеток ( $n$ , об/мин) и длина машины ( $L$ , м).

Угол наклона машины ( $\alpha$ , рад) изменялся в пределах от 1 до 10° и равен на четырех уровнях:  $\alpha_1 = 0,02$  рад (1°),  $\alpha_2 = 0,05$  рад (3°),  $\alpha_3 = 0,09$  рад (5°),  $\alpha_4 = 0,17$  рад (10°).

Одним из определяющих факторов, характеризующих работу машины, является статическая нагрузка на картофель ( $P$ , Н), вызванная силой тяжести прорезиненного покрытия. Статическая нагрузка варьировалась в пределах от 20 до 25 Н ( $P_1 = 20$  Н,  $P_2 = 22$  Н,  $P_3 = 24$  Н,  $P_4 = 25$  Н).

Для определения оптимальных режимных параметров работы очистительной машины в эксперименте задавали частоту вращения щеток в диапазоне от 80 до 210 об/мин ( $n_1 = 80$  об/мин,  $n_2 = 130$  об/мин,  $n_3 = 160$  об/мин,  $n_4 = 210$  об/мин).

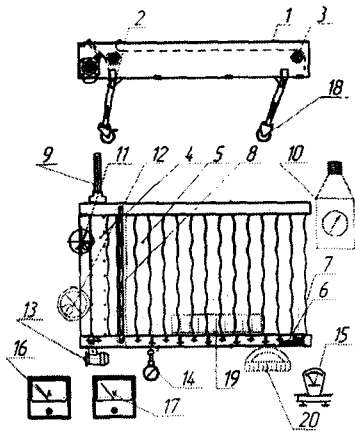


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 – рама; 2 – стойка; 3 – звездочка; 4 – загрузочный бункер; 5 – щеточный валец; 6 – цепь; 7 – выгрузной лоток; 8 – прорезиненное покрытие; 9 – термометр; 10 – шумомер; 11 – барометр; 12 – секундомер; 13 – электродвигатель; 14 – тахометр; 15 – стационарные весы; 16 – амперметр; 17 – ваттметр; 18 – колесо; 19 – измерительная линейка; 20 – транспортер

Для определения рациональных конструктивных параметров очистительной машины в эксперименте изменяли длину пройденного картофелем пути (количество щеток) в пределах от 1,05 до 2,25 м:  $L_1 = 1,05$  м (6 щеток),  $L_2 = 1,35$  м (8 щеток),  $L_3 = 1,65$  м (10 щеток),  $L_4 = 2,25$  м (14 щеток).

Таким образом, для экспериментальных исследований процесса сухой очистки картофеля выбраны следующие характеристики: угол наклона машины ( $\alpha$ , рад); статическая нагрузка на картофель ( $P$ , Н); частота вращения щеток ( $n$ , об/мин); длина машины ( $L$ , м); производительность ( $\Pi$ , кг/ч); удельная энергоёмкость ( $n_{уд}$ , Вт·ч/кг); повреждаемость клубней ( $e$ , %); эффективность очистки ( $\delta$ ).

**Разработка и изготовление экспериментального стенда для исследования процесса сухой очистки картофеля.** Для проведения исследований разработан и изготовлен экспериментальный стенд, состоящий из щеточной машины для сухой очистки картофеля и контрольно-измерительных приборов. Схема экспериментального стенда представлена на рис. 1. Для каждого опыта устанавливаются требуемые режимно-конструктивные параметры машины для сухой очистки картофеля.

На весах взвешивается необходимое количество картофеля (50 кг). С помощью секундомера определяется общее время прохождения картофеля в очистительной машине. Производительность машины ( $\Pi$ , кг/ч) определяется по формуле

$$\Pi = \frac{m}{3600T},$$

где  $m$  – масса перерабатываемого картофеля, кг;  $T$  – время обработки, с.

Удельная энергоёмкость машины определяется отношением потребляемой мощности к производительности машины.

Повреждаемость клубней ( $e$ ) определялась визуально таким образом:

$$e = \frac{100x_1}{x},$$

где  $x$  – исследуемое количество обработанных клубней ( $x = 50$ );  $x_1$  – количество поврежденных клубней.

Эффективность очистки определялась следующим образом:

$$\delta = 100 - \frac{100y_1}{y},$$

где  $y$  – исследуемое количество обработанных клубней ( $y = 50$ );  $y_1$  – количество не полностью очищенных клубней.

**Обработка, обобщение и анализ результатов экспериментальных исследований.** В таблице представлены результаты экспериментальных исследований процесса сухой очистки корнеплодов, соответствующие многофакторному плану эксперимента греко-латинского квадрата  $4 \times 4$  [4–6]. После их обработки получена графическая зависимость производительности от управляемых переменных: угла наклона машины; статической нагрузки, частоты вращения валцов и длины машины (рис. 2, а). Полученный график позволяет наглядно оценить степень влияния режимно-конструктивных параметров машины на производительность в процессе очистки картофеля.

### Результаты экспериментальных исследований

$\alpha$ , рад	$P$ , Н	$n$ , об/мин	$L$ , м	$\Pi$ , кг/ч	$n_{уд}$ , Вт·ч/кг	$\epsilon$ , %	$\delta$ , %
0,02	20	80	1,05	5057	0,07	1,3	91
0,05	20	130	1,65	4906	0,19	1,5	93
0,09	20	160	2,25	5173	0,32	2,05	98
0,17	20	210	1,35	5700	0,46	1,95	98
0,02	22	210	2,25	5533	0,1	2	97
0,05	22	160	1,35	5325	0,19	1,65	96
0,09	22	130	1,05	5078	0,26	1,55	91
0,17	22	80	1,65	4920	0,4	1,65	95
0,02	24	130	1,35	5325	0,11	1,45	91
0,05	24	80	2,25	4754	0,19	1,65	95
0,09	24	210	1,65	4843	0,29	1,95	99
0,17	24	160	1,05	5400	0,46	1,9	95
0,02	25	160	1,65	5259	0,1	1,95	95
0,05	25	210	1,05	6095	0,22	1,95	97
0,09	25	130	1,35	4906	0,26	1,85	95
0,17	25	80	2,25	4800	0,44	2,1	99

Для прогнозирования и расчетов основных технических характеристик машины после обработки экспериментальных данных получено уравнение, позволяющее определять ее производительность:

$$\Pi = 3162,8P^{-0,12}n^{0,16}.$$

Для графического отражения влияния режимно-конструктивных параметров машины на удельную энергоемкость процесса очистки картофеля построена зависимость, представленная на рис. 2, б. При обработке экспериментальных данных получена зависимость удельной энергоемкости процесса очистки от режимно-конструктивных параметров машины

$$n_{уд} = 0,15\alpha^{0,74}P^{0,48}n^{0,19}.$$

Комплексные исследования технических характеристик позволили научно обоснованно подойти к прогнозированию и расчету этого процесса с целью создания высокоэффективной конструкции машины для очистки корнеплодов.

На рис. 2, в показана зависимость эффективности очистки картофеля ( $\delta$ , %), выбранная одним из основных технологических параметров, характеризующих работу машины, от управляемых переменных  $\alpha$ ,  $P$ ,  $n$ ,  $L$ . Уравнение для определения эффективности процесса очистки картофеля имеет вид

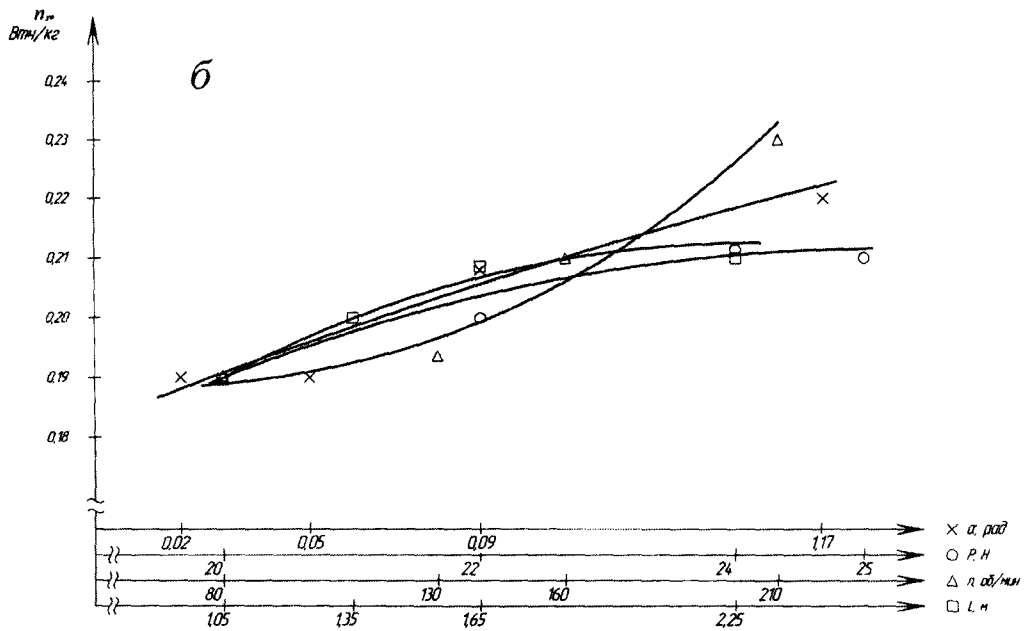
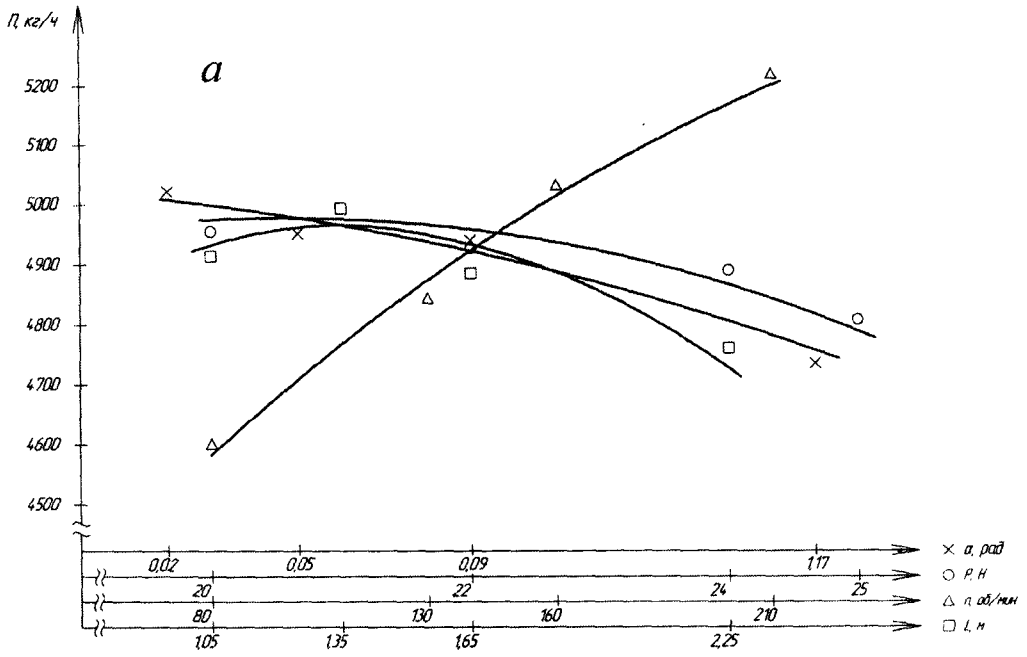
$$\delta = 0,66P^{0,08}L^{0,04}.$$

Другим технологическим параметром является повреждаемость клубней во время очистки (е). Зависимость повреждаемости клубней от управляемых переменных  $\alpha$ ,  $P$ ,  $n$ ,  $L$  представлена на рис. 2, г.

Уравнение для определения повреждаемости клубней, во время очистки имеет вид

$$e = 0,12P^{0,58}n^{0,19}L^{0,21}.$$

**Заключение.** При анализе полученных графических и математических зависимостей можно отметить, что наибольшее влияние на производительность оказывает частота вращения щеток, а с увеличением угла наклона, статической нагрузки на картофель и длины машины (количества щеток) производительность уменьшается; определяющими параметрами, влияющими на удельную энергоемкость процесса очистки, являются угол наклона, статическая нагрузка на картофель и частота вращения щеток; главными параметрами, влияющими на качественные параметры машины (эффективность и повреждаемость клубней), являются статическая нагрузка, длина пройденного картофелем пути и частота вращения щеток.



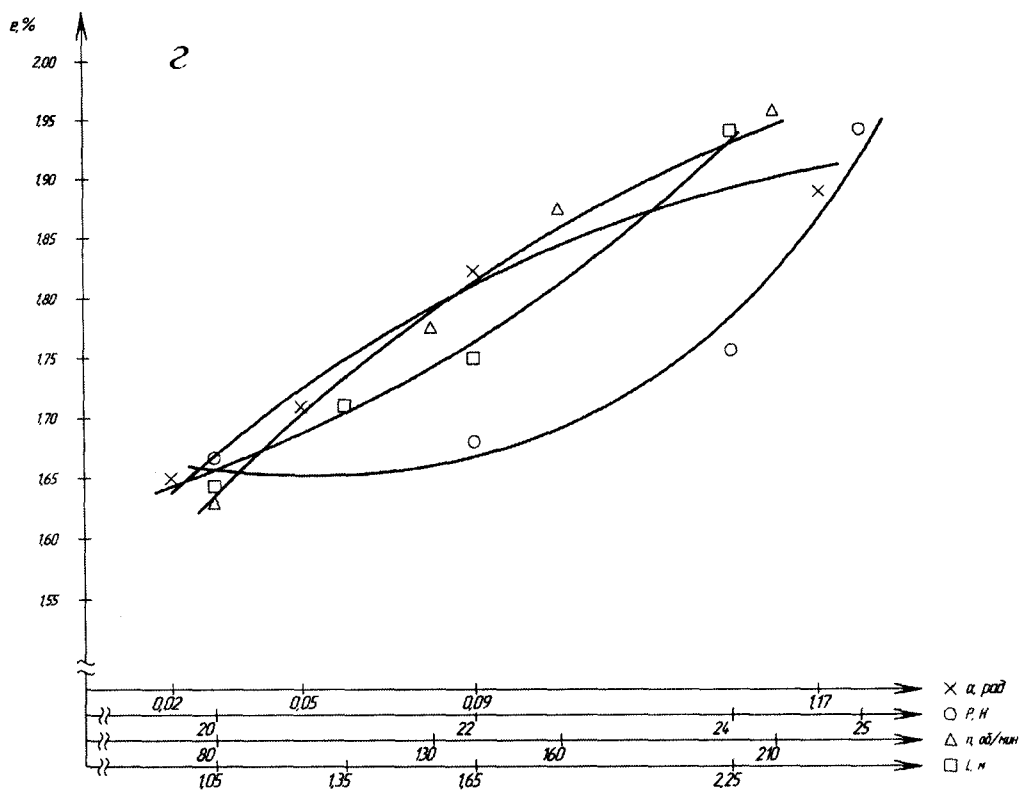
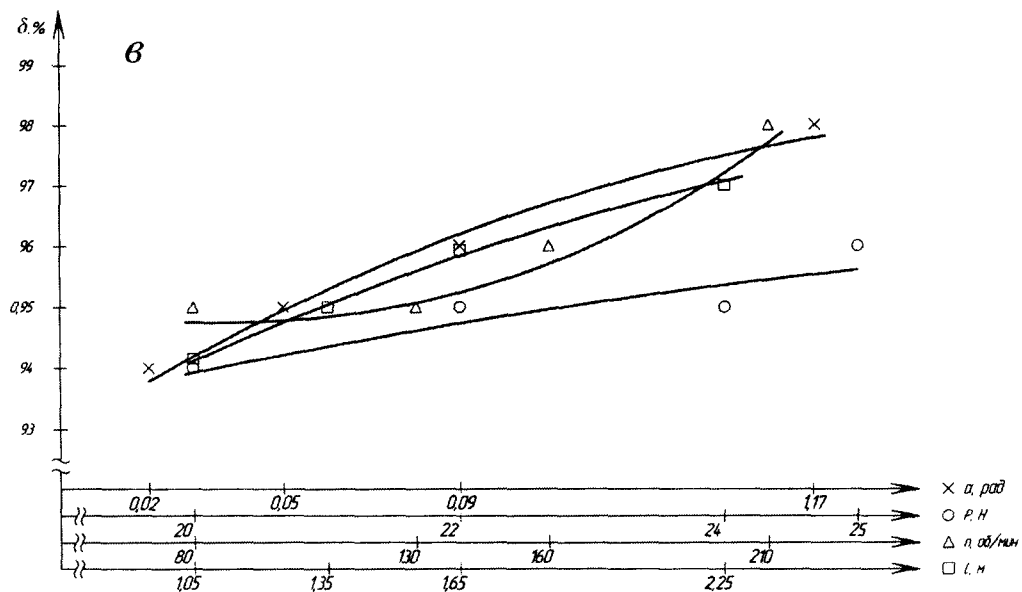


Рис. 2. Зависимость производительности (а), удельной энергоёмкости (б), эффективности очистки (в), повреждаемости клубней (г) от управляемых переменных

Полученные экспериментальные зависимости удельной энергоемкости процесса, производительности, эффективности очистки картофеля и повреждаемости клубней от режимных и конструктивных параметров машины наглядно доказывают целесообразность использования разработанной конструкции машины для сухой очистки картофеля.

### Литература

1. Найданов С. А. // Экспериментальные исследования щеточных очистителей: Сб. науч. тр. МИИСП. М., 1983. С.76-80.
2. Гринберг В. Л., Свиридовский Б. Г., Лахрименко А. Л. // Исследование и конструирование машин для животноводства и кормопроизводства: Сб. науч. тр. ВНИИживмаш. Киев, 1984. С. 37-47.
3. Колчин Н. Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей. М., 1982.
4. Грачев Ю. П. Математические планирования экспериментов. М., 1979.
5. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М., 1972.
6. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем. Мн., 1997.

*A. L. RAPINCHUK, A. S. VOROBAY, A. A. BRENCH, G. I. BELOHVOSTOV*

### EXPERIMENTAL RESEARCH OF PROCESS OF DRY CLEARING OF POTATO

#### Summary

A stand for research of a machine for dry clearing of potato is developed and made. Obtained experimental dependencies of specific power consumption of the process, its productivity, efficiency of potato clearing and damageability of tubers on parameters of the machine regimes and construction clearly demonstrate the expediency of use of the developed construction of a machine for dry clearing of potato.