

Д. И. Комлач¹, А. С. Воробей¹, Ф. М. Матмуродов², М. И. Курилович¹, А. А. Игнатчик¹

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: labpotato@mail.ru

²Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

г. Ташкент, Республика Узбекистан

E-mail: matmurodov@yahoo.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ОТ КАМНЕЙ

Аннотация. В статье определены показатели работы машины для отделения клубней картофеля от камней на основе различия их упругих свойств.

Ключевые слова: эффективность, клубни картофеля, камни, сортировальная установка, упругие свойства.

D. I. Komlach¹, A. S. Verabei¹, F. M. Matmurodov², M. I. Kurilovich¹, A. A. Ignatchik¹

¹RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: labpotato@mail.ru

²Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers

Tashkent, Republic of Uzbekistan

E-mail: matmurodov@yahoo.com

THE DETERMINE CRITERIES EFFECTIVE OF WORKING THE DEVICE FOR SEPARATION TUBERS FROM STONES

Abstract. In article were determined the indicators to working the device for separation tubers from stones for based deferens of elastic features.

Keywords: effective, tubers of potatoes, stones, the device of sorting, elastic features.

Введение

Широкое применение средств механизации в картофелеводстве ставит задачи снижения и предупреждения повреждений клубней. С увеличением повреждений снижается качество клубней и растут их суммарные потери. Существенно снижают качество клубней каменистость поля и образование комьев земли за счет наносимых ими повреждений при уборке и послеуборочной доработке. Так, наличие 1 кг камней в массе клубней приводит к повреждению 50 кг последних.

Кроме того, каменистость поля повышает износ техники и затраты при уборке и переработке. Посадка поврежденными клубнями может снизить урожайность картофеля на 30 %. В Республике Беларусь среди пахотных земель сельскохозяйственных предприятий каменистые почвы занимают 506 тыс. га, что составляет 9,9 % от общей площади пашни.

Мелкие примеси выделяют из основного вороха на уборочной технике с помощью пальчатых горок. Сложнее обстоит дело с камнями, размер и масса которых сопоставимы с размерами клубней [1].

Основная часть

Исследования, связанные с изысканием способа отделения камней из картофельного вороха, являются актуальными и своевременными, а их выполнение имеет важное народнохозяйственное значение для агропромышленного комплекса страны.

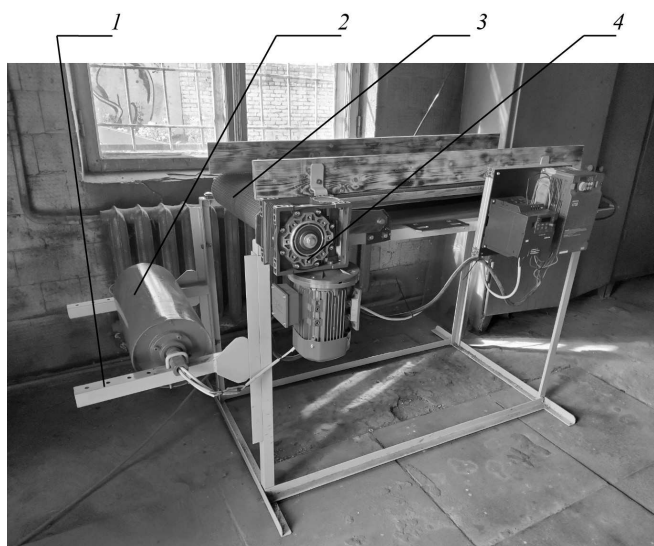


Рис. 1. Экспериментальная установка для отделения клубней картофеля от камней:
1 – рама; 2 – отражательный барабан; 3 – подающий конвейер; 4 – электропривод

В рамках совместного проекта фундаментальных исследований с Ташкентским институтом инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства выполнялись работы по определению эффективности установки для отделения клубней от камней. С этой целью были разработаны программа и методика экспериментальных исследований.

Принцип работы установки основан на разных траекториях полета камней и клубней после их удара об отражательную поверхность.

С целью оценки эффективности процесса разделения компонентов картофельного вороха на отражательном барабане изготовлена экспериментальная установка, внешний вид которой представлен на рис. 1.

Установка состоит из рамы, ленточного подающего конвейера, непосредственно самого отражающего барабана, элементов привода и электрооборудования.

Показатели установки зависят от многих геометрических, кинематических и динамических параметров [2, 3], но во время эксперимента изменялись только: скорость конвейера v , м/с; частота вращения отражательного барабана ω , об/мин; высота падения продукции от оси подающего конвейера до центра отражательного барабана H , см.

Исследования проведены по плану Бокса – Бенкена, с интервалами варьирования, указанными в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Факторы и интервалы их варьирования

Уровень варьирования	Управляемый фактор		
	ω , об/мин	v , м/с	H , см
Верхний	30	0,6	20
Нулевой	15	0,4	15
Нижний	0	0,2	10

Эффективность работы установки оценена по трем критериям [4]:

– доле клубней в контейнере для примесей

$$\delta_{\text{кл}} = \frac{N''_{\text{кл}}}{N'_{\text{пр}} - N_{\text{кл}}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $N''_{\text{кл}}$ – количество клубней в емкости для примесей, шт.; $N'_{\text{пр}}$ – количество примесей в емкости для камней, шт.; $N_{\text{кл}}$ – количество клубней в пробе, шт.

– доле примесей в контейнере для клубней

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{N'_{\text{пр}}}{N''_{\text{кл}} - N_{\text{пр}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $N'_{\text{пр}}$ – количество примесей в емкости для камней, шт; $N''_{\text{кл}}$ – количество примесей в емкости для клубней, шт; $N_{\text{пр}}$ – количество камней в пробе, шт.

– обобщенному критерию разделяемости

$$\varepsilon = 100 - \left(\delta_{\text{кл}} + \frac{\delta_{\text{пр}}}{\lambda} \right), \text{ при } \lambda > 1; \quad \varepsilon = 100 - (\lambda \delta_{\text{кл}} + \delta_{\text{пр}}), \text{ при } \lambda < 1; \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{N_{\text{пр}}}{N_{\text{кл}}}. \quad (4)$$

В экспериментальных исследованиях использована смесь, состоящая из 60 компонентов картофельного вороха, 30 клубней и 30 камней.

Каждый опыт сопровождается с трехкратной повторностью [5].

Для обобщенного критерия разделяемости получены экспериментальные данные, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2. Расчетные значения для обобщенного критерия разделяемости

Номер точки плана	Количество клубней в емкости для примесей						Количество камней в емкости для клубней						Средние значения критериев разделяемости		
	$N''_{\text{пр}_1}$	$N''_{\text{кл}_1}$	$N''_{\text{пр}_2}$	$N''_{\text{кл}_2}$	$N''_{\text{пр}_3}$	$N''_{\text{кл}_3}$	$N'_{\text{кл}_1}$	$N'_{\text{пр}_1}$	$N'_{\text{кл}_2}$	$N'_{\text{пр}_2}$	$N'_{\text{кл}_3}$	$N'_{\text{пр}_3}$	$\delta_{\text{клср}}$	$\delta_{\text{прср}}$	$\varepsilon_{\text{ср}}$
1	4	26	3	27	1	29	30	0	30	0	30	0	8,8	0	92,4
2	2	28	0	30	1	29	28	2	29	1	27	3	7,2	4,3	97,2
3	3	27	1	29	1	29	30	0	30	0	30	0	5,5	0	94,5
4	3	27	4	26	2	28	30	0	27	3	27	3	8,9	3,2	86,4
5	8	22	9	21	7	23	23	7	25	5	24	6	39,7	17,2	61,6
6	9	21	7	23	8	22	30	0	30	0	30	0	36,2	0	70,8
7	13	17	12	18	11	19	28	2	27	3	28	2	42,8	4,3	68,8
8	12	18	14	16	16	14	30	0	30	0	30	0	47,0	0	53,8
9	4	26	2	28	1	29	28	2	26	4	29	1	8,2	8,6	91,8
10	3	27	6	24	4	26	30	0	27	3	30	0	15,5	2,8	77,6
11	6	24	4	26	3	27	29	1	27	3	28	2	17,4	5,7	85,0
12	10	20	8	22	11	19	26	4	23	7	22	8	33,3	14,8	72,3
13	3	27	2	28	2	28	27	3	28	2	24	6	9,4	6,3	90,9
14	2	28	1	29	3	27	28	2	28	2	29	1	5,4	2,1	92,9
15	1	29	3	27	1	29	26	4	27	3	27	3	3,3	8,4	93,4
16	4	26	3	27	3	27	25	5	26	4	26	4	16,6	8,4	83,8

Данные этой таблицы позволяют построить для обобщенного критерия разделяемости уравнение регрессии функции $\varepsilon = f(H, \vartheta)$:

$$\varepsilon = -105,3869 + 254,33x + 22,6251y - 194,0568x^2 + 0,99xy + 0,7713y^2. \quad (5)$$

Графическая интерпретация уравнения регрессии представляет собой поверхность отклика (рис. 2, а).

Для определения оптимальных параметров установки возьмем частную производную от уравнения регрессии (5):

$$\begin{cases} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} = 254,33 - 388,114x + 0,99y, \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} = 22,6251 + 0,99x - 1,5426y. \end{cases} \quad (6)$$

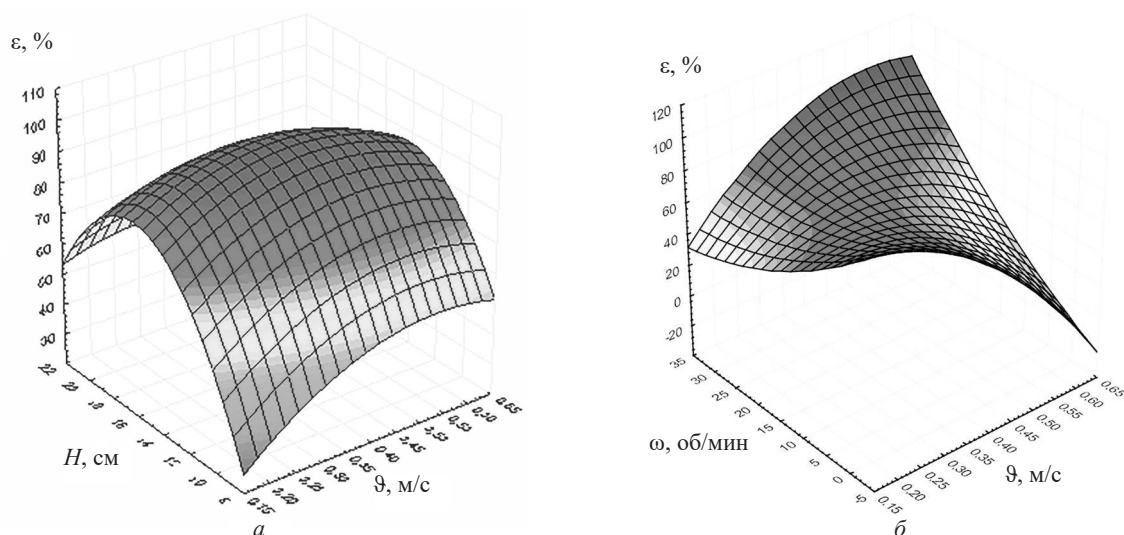


Рис. 2. Поверхность отклика обобщенного критерия разделяемости: а – $\varepsilon = f(H, \vartheta)$; б – $\varepsilon = f(\omega, \vartheta)$

Приравняв к нулю и решив систему уравнений, получим:

$$\begin{cases} 254,33 - 388,114x + 0,99y = 0, \\ 22,6251 + 0,99x - 1,5426y = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,3270, \\ y = 14,8767. \end{cases}$$

Подставив полученные значения в уравнение регрессии (5), получим максимальное значение для обобщенного критерия разделяемости, равное 81 %, что соответствует факторам $\vartheta = 0,4$ м/с и $H = 15$ см.

Построим для обобщенного критерия разделяемости уравнение регрессии функции $\varepsilon = f(\omega, \vartheta)$:

$$\varepsilon = 82,5819 + 112,8393x - 4,1287y - 402,4583x^2 + 9,5037xy + 0,0291y^2. \quad (7)$$

Графическая интерпретация уравнения регрессии представляет собой поверхность отклика (рис. 2, б).

Для определения оптимальных параметров установки возьмем частную производную от уравнения регрессии (7):

$$\begin{cases} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} = 112,1791 - 804,9166x + 9,5037y, \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} = -4,1287 + 9,5037x + 0,582y. \end{cases}$$

Приравняв к нулю и решив систему уравнений, получим:

$$\begin{cases} 112,8393 - 804,9166x + 9,5037y = 0, \\ -4,1287 + 9,5037x + 0,0582y = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,3339, \\ y = 0,64098. \end{cases}$$

Подставив полученные значения в уравнение регрессии (7), получим максимальное значение для обобщенного критерия разделяемости, равное 97 %, что соответствует факторам $\omega = 30$ об/мин и $\vartheta = 0,6$ м/с.

При этом обобщенный критерий разделения напрямую зависит от показателей количества клубней в емкости для примесей $\delta_{\text{кл}}$ и количества примесей в емкости для клубней $\delta_{\text{пр}}$.

Заклучение

Агротехническими требованиями для отделителей клубней картофеля от камней и комков почвы допускается наличие примесей не более 5 %. Если на установках после отделения примеси достигают более 5 %, то им требуется вторичная сепарация.

В ходе экспериментальных исследований определено, что наилучший результат для доли клубней в емкости для примесей и для доли примесей в емкости для клубней достигается при значениях скоростного режима при $v = 0,6$ м/с, частоте вращения отражательного барабана $\omega = 30$ об/мин и обобщенном критерии разделяемости $\varepsilon = 97$ %, что полностью удовлетворяет процессу отделения клубней картофеля от камней и комков почвы.

При факторах скорости подающего конвейера $v = 0,4$ м/с и высоте падения продукции от оси подающего конвейера до центра отражательного барабана $H = 15$ см обобщенный критерий разделяемости достигает наибольшего значения – $\varepsilon = 81$ %, что не удовлетворяет агротехническим требованиям, поэтому впоследствии возникает необходимость во вторичной сепарации.

Список использованных источников

1. Белевич, П. К. Исследование процесса разрушения почвенных комков в условиях статического и динамического нагружения картофельной грядки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / П. К. Белевич. – Минск, 1967. – 26 с.
2. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов : учеб. пособие / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л. : Колос, 1972. – 199 с.
3. Хайлис, Г. А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев. – М. : Колос, 1994. – 169 с.
4. Ишпек, С. Механоматематичен модел на отражателно-фрикционен сепаратор за картофокомбайн / С. Ишпек, Б. Бахнев // Сельскостопанска техника. – 2001. – Вып. 1. – С. 30–35.
5. Жарский, И. М. Планирование и организация эксперимента : учеб. пособие / И. М. Жарский, Б. А. Каледин, И. Ф. Кузьмицкий. – Минск : БГТУ, 2003. – 184 с.