

УДК 631.356.46

UDC 631.356.46

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ  
УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО  
КОМКОРАЗРУШАЮЩЕГО РАБОЧЕГО  
ОРГАНА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ  
МАШИНЫ****THEORETICAL AND LABORATORY  
INVESTIGATIONS OF THE IMPROVED LUMP  
DESTROYING OPERATING ELEMENT OF  
THE POTATO HARVESTER**

Ищук Денис Николаевич  
аспирант, ассистент  
*Рязанский Государственный агротехнологический  
университет имени П.А.Костычева, г. Рязань,  
Россия*

Ishuk Denis Nikolayevich  
postgraduate student, assistant  
*Ryazan State Agrotechnological University named  
after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

В статье изложены результаты теоретического и лабораторного исследования усовершенствованного комкоразрушающего рабочего органа, по определению оптимального параметра рабочего зазора, при котором достигается наибольшая эффективность работы устройства

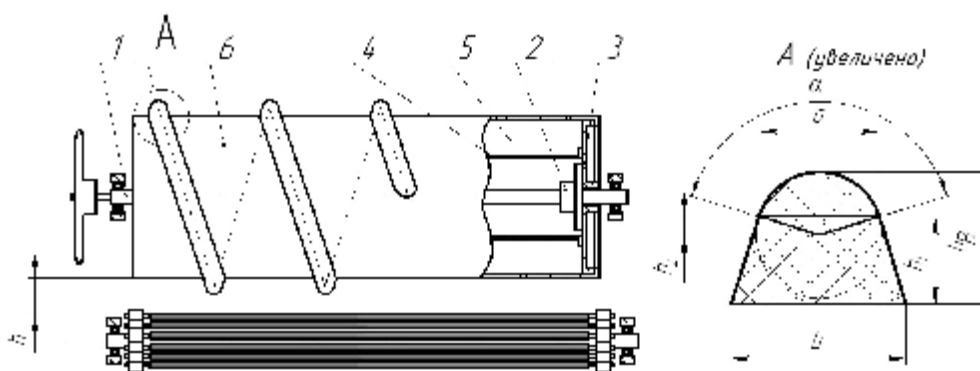
The article gives the results of the theoretical and laboratory investigation of the improved lump destroying operating element in order to find the optimal parameter of the machining gap when the highest effectiveness of the device work is achieved

Ключевые слова: УБОРКА, КАРТОФЕЛЬ,  
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНАЯ МАШИНА,  
КОМКОРАЗРУШАЮЩИЙ РАБОЧИЙ ОРГАН

Keywords: HARVEST, POTATO, POTATO  
HARVESTER, LUMP DESTROYING OPERATING  
ELEMENT

При механизированной уборке картофеля на тяжелых почвах с пониженной влажностью образуются почвенные комки соизмеримые с размерами клубней. Такие комки не отсеиваются во время сепарации, далее попадают на переборочные столы, затрудняя работу переборщикам и затем в бункер, снижая чистоту картофеля в бункере. Разрушение и отсеивание почвенных комков актуально при уборке комбайнами, получая уже в бункере картофель, не требующий дополнительной доочистки и готовый к закладке на хранение.

Для повышения эффективности разрушения почвенных комков нами разработан комкоразрушающий рабочий орган [1], имеющий эластичную спиральную навивку на  $2/3$  своей длины, состоящий из приводного вала 1, на котором находятся установочные диски 2, к ним крепятся торцевые диски 3. Между дисками 3 закреплена цилиндрическая жестяная труба 4. Сверху жестяной трубы 4, уложена пневматическая камера 5. Пневматическую камеру от проколов защищает цилиндрическая эластичная крышка со спиральной навивкой 6 (рис.1).



1 – вал; 2 – установочный диск; 3 – торцевой диск; 4 – жестяная труба;  
5 – пневматическая камера; 6 – эластичная покрывка со спиральной навивкой.

Рисунок 1 – Схема комкодавителя и полотна транспортера.

При установке данного комкоразрушающего рабочего органа на картофелеуборочную машину важным параметром является величина рабочего зазора  $h$  (рис.1) между полотном транспортера и поверхностью комкодавителя, поскольку от её правильного выбора зависит возможная максимальная производительности устройства при условии допустимого повреждения клубней.

Загрузка зависит от многих факторов, таких как скорость движения и ширины захвата комбайна, глубины подкапывания и формы грядок, урожайности клубней и ботвы.

Расчеты нами проводилось при следующих основных допущениях и исходных данных: скорость движения картофелеуборочного комбайна  $v_{КОМ}=0,8$  м/с; ширины захвата комбайна  $B=1,4$ м; глубины подкапывания -  $0,018$  м; урожайность клубней  $G_{КЛ}=20$  т/га; урожайность ботвы  $G_B=2,2$  т/га; объемный вес: почвы  $\gamma_{П}=1500$  кг/см<sup>3</sup>, клубней  $\gamma_{КЛ}=648$  кг/см<sup>3</sup>, ботвы и растительных остатков  $\gamma_B=135$  кг/см<sup>3</sup>.

Общая загрузка комкоразрушающего рабочего органа составляет:

$$П = S \cdot u_{КОМ} \cdot g_{П} \cdot k_{П} + 0,1 \cdot B \cdot u_{КОМ} \cdot (G_{КЛ} + G_B), \quad (1)$$

где  $S$  – площадь подкапывающего пласта,  $m^2$  ( $S=0,13 m^2$  среднестатистическое значение для  $B=1,4m$  и глубины подкапывания  $-18 mm$ [2]);

$v_{КОМ}$  – скорость комбайна, м/сек;

$\gamma_{П}$  – объемный вес почвы,  $kg/m^3$ ;

$\kappa_{П}$  – коэффициент учитывающий просеивание почвы от подкапывающего до комкоразрушающего рабочего органа ( $\kappa_{П} = 0,7$  [2]);

$B$  – ширина захвата комбайна, м;

$G_{КЛ}$  – урожайность клубней, т/га.

$G_{Б}$  – урожайность ботвы, т/га.

Из выражения (1) в программе Mathcad получен график для нахождения загрузки комкоразрушающего устройства картофельным ворохом в зависимости от скорости движения комбайна и площади сечения подкапываемого пласта (рис.2).

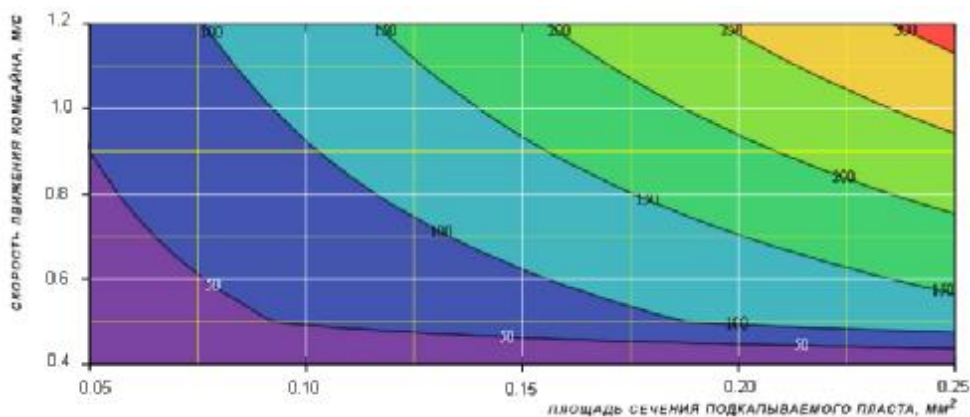


Рисунок 2 – Зависимость загрузки комкоразрушающего устройства картофельным ворохом от скорости движения комбайна и площади сечения подкапываемого пласта.

По графику (рис.2) и расчету при заданных параметрах получаем  $P=112 kg/s$ . Состав картофельного вороха  $98,4:1,4:0,2$  соответственно почвы, клубней, ботвы. Откуда объемный вес картофельного вороха:

$$g_{\Pi+КЛ+Б} = \frac{1}{\frac{98,4}{100 \cdot g_{\Pi}} + \frac{1,4}{100 \cdot g_{КЛ}} + \frac{0,2}{100 \cdot g_{Б}}} = 1444 \text{ кг/см}^3, \quad (2)$$

где  $\gamma_{Б}, \gamma_{КЛ}, \gamma_{\Pi}$  – объемный вес почвы, картофеля, ботвы, кг/см<sup>3</sup>;

Для выполнения условия работы устройства необходимо, чтобы загрузка устройства была меньше или равна максимальной производительности комкодавителя:

$$\Pi \leq g_{Б+П+К} \cdot u_{ТР} \cdot F_{П.С.}, \quad (3)$$

где  $g_{Б+П+К}$  – объемный вес картофельного вороха, кг/см<sup>3</sup>;

$v_{ТР}$  – скорость полотна транспортера (1,5 м/с), м/с;

$S_{П.С.}$  – площадь проходного сечения устройства, м<sup>2</sup>.

Площадь проходного сечения устройства находилась из выражения

(рис.1):

$$F_{П.С.} = \left( L \cdot h - \left( \left( \frac{1}{2} \cdot (a+b) \cdot h_1 \right) + \frac{p \cdot r^2}{360^\circ} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot a \cdot h_2 \right) \cdot n \cdot h_B \right), \quad (4)$$

где  $L$  – ширина полотна транспортера, м;

$h$  – расстояние между полотном транспортера и поверхностью комкодавителя, м;

$a$  – основание треугольника, м;

$b$  – основание трапеции, м;

$h_1$  – высота трапеции, м;

$h_2$  – высота треугольника, м;

$r$  – радиус окружности поверхности сечения выступа, м;

$\alpha$  – центральный угол, град;

$n$  – количество выступов в сечении, шт;

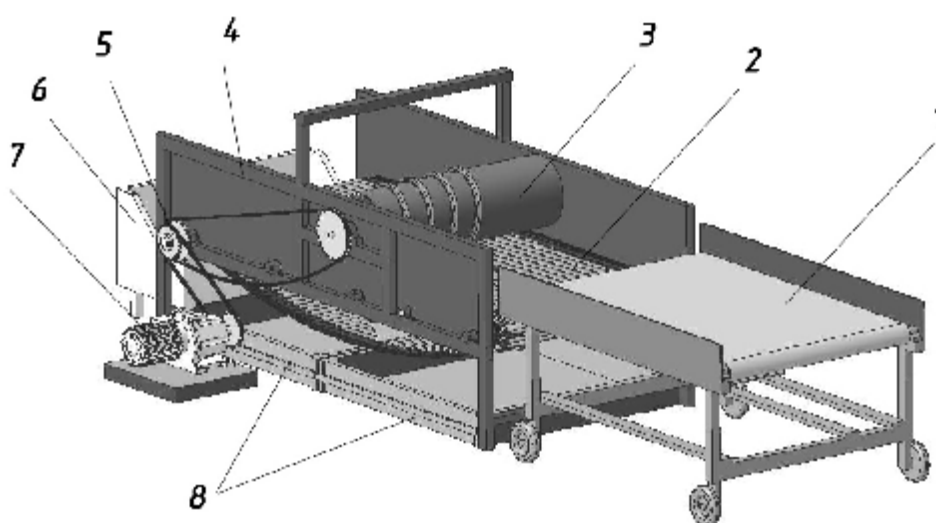
$h_B$  – высота навивки, м;

Подставим формулу 4 в 3 и выразим  $h$ , получим:

$$h \geq \left( \frac{\Pi}{g_{\Pi+КЛ+Б} \cdot u_{ТР}} + \left( \left( \frac{1}{2} \cdot (a+b) \cdot h_1 \right) + \frac{p \cdot r^2}{360^\circ} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot a \cdot h_2 \right) \cdot n \cdot h_B \right) \cdot \frac{1}{L}, \quad (5)$$

Минимально допустимое расстояние между полотном транспортера и поверхностью комкодавителя  $h \geq 39$  мм.

Далее было проведено лабораторное исследование. Для этого была смонтирована установка (рис.3) состоящая из ленточного транспортера 1, рамы 4 в виде приемной части комбайна, пруткового транспортера 2 от комбайна КПК-2-01 ККА.01.03.020, комкодавителя 3, цепного привода 6, тары для картофельного вороха 6, электродвигателя 7 и тары для сбора почвенных и растительных примесей 8.



1 – ленточный транспортер; 2 – прутковый транспортер ККА.01.03.020; 3 – усовершенствованный комкодавитель; 4 – рама; 5 – цепной привод; 6 – ящик для картофельного вороха; 7 – электродвигатель; 8 – ящики для сбора почвенных и растительных примесей.

Рисунок 3 – Лабораторная установка с усовершенствованным комкодавителем.

Нами был определен коэффициент  $k_{Д}$  просеивания от подкапывания картофельного вороха до комкоразрушающего устройства, который составил 0,60-0,70, проведен полнофакторный эксперимента  $2^3$  повреждаемости клубней и полноты сепарации картофельного вороха в зависимости от величины рабочего зазора между просеивающим транспортом и комкодавителем.

При оптимизации рабочего зазора, переменными факторами выступали:  $x_1$  – подача вороха, кг/с;  $x_2$  – рабочий зазор, мм;  $x_3$  – количество почвенных комков, %.

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов при исследовании усовершенствованного комкодавителя.

Уровни факторов	Обозначение	Факторы		
		$x_1$ , кг/с	$x_2$ , мм	$x_3$ , %
Основной	0	110	50	30
Интервал варьирования		25	15	15
Нижний	-1	85	35	15
Верхний	+1	135	65	45

По результатам лабораторных исследований получены уравнения регрессии:

Полнота сепарации почвенных и растительных примесей:

$$58,35 - 3,98 \cdot x_1 - 2,92 \cdot x_2 + 0,99 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,72 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (6)$$

Повреждении клубней:

$$2,65 - 0,3 \cdot x_1 - 0,56 \cdot x_2 + 0,12 \cdot x_3 + 0,04 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,03 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,03 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (7)$$

Проверку значимости коэффициентов регрессии осуществили по критерию Стьюдента, воспроизводимость модели оценена по критерию Кохрена, для оценки адекватности модели использовался критерий Фишера. Расчеты подтвердили адекватность и воспроизводимость полученных моделей с 95% вероятностью.

Для нахождения рабочего зазора, рассмотрим самый неблагоприятный случай для полноты удаления почвенных и растительных остатков, когда подача и количество комков максимальны, а для повреждения клубней, подача минимальная, количество комков максимальное. При условии, что полнота удаления почвенных и растительных остатков не ниже 60%, а повреждения не выше 3%.

Полнота сепарации почвенных и растительных примесей:

$$x_2 \geq -1,275 \text{ переходя к натуральному значению } x_2 \geq 31 \text{ мм}$$

Повреждении клубней:

$x_2 \leq 0,155$  переходя к натуральному значению  $x_2 \leq 52$  мм

Теоретическое значение рабочего зазора  $h \geq 39$  мм лежит в полученном интервале  $31 \leq x_2 \leq 52$ . Следовательно, при полученных параметрах устройства повысится эффективность отделения почвенных комков при возможной максимальной производительности и допустимых повреждениях клубней.

Библиографический список:

1. Патент на изобретение № 2373680, RU, МПК А01D 33/08. Валкообразователь корнеклубнеплодов/ Ищук Д.Н., Борычев С.Н., Бойко А.И., и др. – Оpubл. 27.11.2009, бюл. № 33.
2. Петров, Г. Д. Картофелеуборочные машины / Г. Д. Петров. М.: Машиностроение, 1984. – 320 с