

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ РОЛИКОВЫХ СОРТИРОВАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Ю.М. Урамовский, канд. техн. наук, Ю.С. Биза, канд. техн. наук, В.Н. Еднач, ст. преподаватель (БГАТУ); Д.И. Комлач, зав. лабораторией (РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации с. х.»)

Аннотация

Послеуборочная обработка является завершающей операцией технологического процесса производства картофеля, во многом определяющей количественные и качественные характеристики конечного продукта. Целью операции является очистка картофельного вороха от примесей, больных и поврежденных клубней, сортировка по фракциям в зависимости от размерно-весовых характеристик. Опыт показывает, что такой подход обеспечивает наибольшую сохранность клубней и существенно сокращает число операций по отгрузке картофеля потребителю.

Post-harvest handling is the final operation of the process of potatoes production that determines the quantitative and qualitative characteristics of the final product. The goal of the operation is to clean the potato heap of impurities, the sick and damaged tubers, sorting by fractions depending on the size and weight characteristics. Experience shows that such an approach provides the greatest safety tubers and reduces the number of operations for the shipment of potatoes to the consumer significantly.

Введение

Важным компонентом пунктов послеуборочной обработки являются сортировальные машины с различными типами рабочих поверхностей. Наиболее распространенными в мировой и отечественной практике являются роликовые сортирующие поверхности с цилиндрическими или фигурными роликами.

Основная часть

Установлено [1], что важным преимуществом роликовых сортировок является высокая точность разделения клубней по фракциям. Анализ сравнительных характеристик процесса сортирования, на наиболее эффективных с точки зрения точности калибровки поверхностях (табл. 1), показал, что недостатком роликовых поверхностей является значительная повреждаемость клубней, на порядок превышающая аналогичный показатель транспортных классификаторов.

Если по показателю точности сортирования роликовая рабочая поверхность практически соответствует действующим стандартам [2-3], повреждаемость клубней не может быть признана удовлетворительной и диктует необходимость проведения дальнейших исследований с целью минимизации данного показателя.

Изучение работы роликовых сортировальных поверхностей показывает, что основные повреждения наносятся клубням при защемлении или протаскивании их сквозь калибрующие щели или отверстия (при фигурных роликах).

Защемление клубней отсутствует, если окружные скорости клубней относительно разнонаправленных роликов равны. Это возможно, когда клубень имеет форму шара. Однако в реальности поверхность клубня имеет сложную форму, что приводит к проскальзыванию и защемлению клубней.

Клубень при движении по роликовой поверхности ориентируется своей наибольшей длиной параллельно оси роликов. На основании этого можно рассматривать клубень, как эллипс, со сторонами, равными толщине и ширине клубня.

Предположим, что защемление происходит, в случае, если по ролику, движущему его вниз (первый ролик), клубень проходит большее расстояние, чем

Таблица 1. Качественные показатели процесса сортирования

Наименование показателей	Тип рабочей поверхности					
	Ременная			Роликовая		
	м	т	u	м	т	u
Производительность	16,6 т/ч	5,25 т/ч	0,325	13,9 т/ч	3,3 т/ч	0,237
Точность сортировки по фракциям, %						
Крупная	82,4	21,7	0,264	89,2	12,6	0,142
Средняя	42,2	10,2	0,242	48,9	9,9	0,211
Повреждение клубней по фракциям, %	0,04...03,2*			10,2...45,0		
Крупная	1,5...3,2			6,9...32,9		
Средняя	0,2...2,5			3,7...36,8		
Мелкая	0,07...1,9 0,06...3,6			0,53...24,1 0,9...36,7		
	1,0			0,6...32,9		
Примечание* . В числителе приведены значения слабых повреждений, в знаменателе – сильных, т – среднее значение; т – среднеквадратичное отклонение; u – коэффициент вариации.						

по ролику, движущему его вверх (второй ролик). При этом окружные скорости клубня относительно поверхности роликов будут разные. Это очевидно, если рассматривать фигуры эллипса и круга (рис. 1).

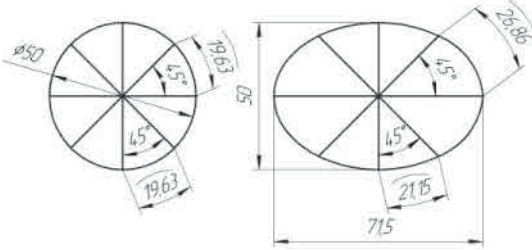


Рисунок 1. Расчетная схема поперечного сечения клубня

Возьмем две фигуры произвольных размеров, круг и эллипс. При повороте круга и эллипса на угол ψ , к примеру, равный 45° , круг любыми двумя точками на своей окружности пройдет одинаковое расстояние, а эллипс разными своими частями пройдет разное расстояние (не учитывая полный оборот). Эта закономерность показывает причину повреждения клубней на роликовых поверхностях.

Рассматривая эллипс с учетом данной закономерности, делаем вывод, что окружная скорость эллипса в различных частях разная и зависит от радиуса качения (расстояния от центра до точки измерения). Наибольшее отличие будут иметь точки, лежащие на наименьшем r_c (толщине) и наибольшем r_b (ширине) радиусах. Скорости в этих точках выразим как

$$V_c = \omega \cdot r_c, \quad V_b = \omega \cdot r_b, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость клубня, мин^{-1} .

Предположим, что система «ролик первый, клубень, ролик второй» – это фрикционный механизм, в котором вращение передается от первого ролика через клубень на второй ролик, при этом пренебрегаем силами трения и буксованием.

Окружная скорость, передаваемая от первого ролика V_1 , задающего движение системе к клубню V_{KC} , определяется по формуле

$$V_1 = \frac{\pi \cdot n_1 \cdot r_{p1}}{30} = V_{KC} = \frac{\pi \cdot n_K \cdot r_C}{30}, \quad (2)$$

где n_1 – частота вращения ролика, мин^{-1} ;

r_{p1} – радиус ролика, м;

n_K – частота вращения клубня, мин^{-1}

r_C – радиус клубня по толщине, м.

Окружную скорость, передаваемую второму ролику V_2 от клубня, определим как

$$V_{Kb} = \frac{\pi \cdot n_K \cdot r_b}{30} = V_2 = \frac{\pi \cdot n_2 \cdot r_{p2}}{30}, \quad (2)$$

где n_2 – частота вращения второго ролика, мин^{-1} ;

r_{p2} – радиус второго ролика, м.

Таким образом, если разность скоростей от размеров клубня компенсировать разностью скоростей от вращения роликов, то защемления можно избежать. Разность скоростей обозначим как $V_{ВЫХ}$ и определим по формуле

$$V_{ВЫХ} = V_{Kb} - V_{KC} = \frac{\pi \cdot n_K \cdot (r_b - r_C)}{30}. \quad (3)$$

Таким образом, определим скорость роликов как

$$V_2 = V_1 + V_{ВЫХ}, \quad (4)$$

$$\frac{\pi \cdot n_2 \cdot r_{p2}}{30} = \frac{\pi(n_1 \cdot r_{p1} + n_K \cdot (r_b - r_C))}{30}. \quad (5)$$

После сокращения получим

$$n_2 \cdot r_{p2} = n_1 \cdot r_{p1} + n_K \cdot (r_b - r_C). \quad (6)$$

Из выражения 2 выразим частоту вращения клубня

$$n_1 \cdot r_{p1} = n_K \cdot r_C,$$

$$n_K = \frac{n_1 \cdot r_{p1}}{r_C}. \quad (7)$$

Подставляя полученное значение в выражение 6, определим частоту вращения второго ролика

$$\begin{aligned} n_2 \cdot r_{p2} &= n_1 \cdot r_{p1} + \frac{n_1 \cdot r_{p1}}{r_C} \cdot (r_b - r_C) = \\ &= n_1 \cdot r_{p1} \cdot \left(1 + \frac{(r_b - r_C)}{r_C}\right), \\ n_2 &= \frac{n_1 \cdot r_{p1}}{r_{p2}} \cdot \left(1 + \frac{(r_b - r_C)}{r_C}\right). \end{aligned} \quad (8)$$

Определение частоты вращения роликов из условия максимально допустимой скорости $V_{\text{max}} = 1 \text{ м/с}$ и количества роликов N при всех роликах разного диаметра [1]

$$n_N = \frac{n_1 \cdot r_{p1}}{r_{p2} \cdot r_{p3} \cdot \dots \cdot r_{pN}} \cdot \left(1 + \frac{(r_b - r_C)}{r_C}\right). \quad (9)$$

Если ролики одинакового диаметра, то выражение может быть упрощено

$$n_N = \frac{n_1}{r_{p1}^{(N-2)}} \cdot \left(1 + \frac{(r_b - r_C)}{r_C}\right). \quad (10)$$

Скорость, позволяющую клубням не защемляться роликами, определим подставляя выражение 6 в выражение 3

$$\begin{aligned} V_{ВЫХ} &= \frac{\pi \cdot n_K \cdot (r_b - r_C)}{30} = \frac{\pi \cdot n_1 \cdot r_{p1} \cdot (r_b - r_C)}{30 \cdot r_C}, \\ V_{ВЫХ} &= \frac{\pi \cdot n_1 \cdot r_{p1} \cdot (r_b - r_C)}{30 \cdot r_C}. \end{aligned} \quad (11)$$

Анализируя предоставленные выражения, можно сделать вывод о целесообразности использования в конструкции роликовых калибрующих поверхностей индивидуального привода рабочих органов с возможностью бесступенчатой регулировки скорости вращения. В зависимости от преобладающей формы клубней, задается установленный по средним значениям диапазон оборотов роликов калибровочного устройства.

Свойства клубней зависят от условий возделывания и сорта. Клубни характеризуют размерными параметрами: длиной, шириной, толщиной. Многие авторы характеризуют форму клубней как соотношение размеров друг к другу, к примеру, А.А. Герасимов [1] выделил пять основных форм по коэффициенту, учитывающему отношение длины клубня к корню квадратному произведению толщины и ширины. Данный коэффициент довольно точно характеризует форму клубня. Однако в процессе калибрования на различных типах поверхностей используют разные параметры клубней, и следовало бы учитывать соответствующие размеры и коэффициенты, отражающие форму клубней.

В процессе сортирования на роликовых поверхностях вращающиеся ролики ориентируют клубни картофеля таким образом, что их наибольший поперечный диаметр – длина ориентируется параллельно вальцам. Таким образом, непосредственное влияние на скорость вращения клубня оказывают толщина и ширина. Отношение толщины клубня к его ширине может характеризовать форму клубня с точки зрения скоростных режимов движения клубней по роликовым поверхностям

$$K_p = c/b, \quad (12)$$

где c – толщина клубня, мм;
 b – ширина клубня, мм.

Проанализировав соотношение размеров клубней различных сортов, таких как «Скарб», «Ласунак», «Адрета» и др., выделим пять основных форм (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициент формы клубня в поперечном сечении

Форма клубня	Коэффициент формы K_p
Округлая	Более 0,9
Округлая – овальная	0,89...0,8
овальная	0,79...0,7
Удлиненно-овальная (плоско-овальная)	0,7...0,61
Удлиненная (плоская)	Менее 0,6

Анализируя все вышеизложенное, приходим к выводу о целесообразности использования в качестве критерия передаточного отношения между роликами коэффициента формы. Приняв максимальную допустимую скорость роликов 1 м/с, можем определить скорость роликов калибрующей поверхности. Полученные расчеты сведем в табл. 3.

Регулировка скоростей роликов проще всего осуществима при использовании гидропривода, путем установки дроселей и шайб, позволяющих изменять подачу масла на гидромоторы привода вальцов (рис. 2).

Проверка данных теоретических исследований осуществлялась на сортировочном модуле ПБВ-40 (рис. 3).

Заключение

Экспериментальная проверка роликовой сортирующей поверхности с регулируемым передаточным

Таблица 3 Зависимость изменения окружной скорости роликов от передаточного числа

Переда- точное число	Номер ролика				
	1	2	3	4	5
0,9	0,6561	0,729	0,81	0,9	1
0,85	0,522006	0,614125	0,7225	0,85	1
0,8	0,4096	0,512	0,64	0,8	1
0,75	0,316406	0,421875	0,5625	0,75	1
0,7	0,2401	0,343	0,49	0,7	1
0,65	0,178506	0,274625	0,4225	0,65	1
0,6	0,1296	0,216	0,36	0,6	1



Рисунок 2. Индивидуальный гидравлический привод роликов



Рисунок 3. Роликовая поверхность ПБВ-40

отношением показала существенное снижение повреждаемости клубней в среднем на 15-45%.

Учитывая разность скоростей роликов и особенность формы сорта картофеля можно достичь высокого качества сортирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колчин, Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей / Н.Н. Колчин. – М.: Машиностроение, 1982. – 268 с.
2. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для уборки и послеуборочной обработки картофеля: СТО АИСТ 8.5-2006.
3. Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы измерения конструктивных параметров: ГОСТ 26025-83.