

**ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ  
КОНСТРУКТИВНЫХ  
ПАРАМЕТРОВ ВСТРЯХИВАТЕ-  
ЛЯ КУЛАЧКОВОГО ТИПА  
МАШИНЫ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ  
КАРТОФЕЛЯ МК-15**

**Введение**

Картофель в настоящее время и в перспективе – одна из основных культур, возделываемых в Республике Беларусь для продовольственных и технических целей.

Послеуборочная доработка картофеля – завершающий этап общего процесса его производства. Она включает взаимосвязанные операции: прием и транспортирование массы от уборочного агрегата, очистку от примесей, калибрование, отделение дефектных клубней, закладку на хранение. Количество и очередность указанных операций определяют в зависимости от способа уборки, метеорологических условий, биологического состояния и назначения картофеля. От того, насколько качественно проведена послеуборочная доработка клубней картофеля, зависит их сохранность и товарность.

На всех этапах развития конструкций машин для послеуборочной доработки картофеля всегда стоял вопрос дальнейшего и эффективного улучшения работы калибрующих рабочих органов. Несмотря на то, что и в нашей стране, и за рубежом созданы работоспособные картофеле-сортировальные комплексы и линии, тем не менее проблему сепарации примесей и калибрования картофеля на фракции нельзя считать окончательно решенной.

Вопросам сепарации почвы и калибрования картофеля на картофеле-сортировальных машинах посвящены работы В.П. Горячкина, Н.Н. Колчина, Н.И. Верещагина, А.А. Сорокина и других ученых. В частности, исследования Я.И. Верменка, Б.П. Шабельника, Н.В. Шабурова указывают на преимущества ротационных и кулачковых сепараторов.

В результате анализа конструкций и процессов существующих картофелесортировальных машин (роликовых, вальцовых и дисковых) выявлено, что, обладая простотой конструкции и высокой удельной производительностью, они не обеспечивают существенного снижения повреждений картофеля вследствие интенсивного динамического взаимодействия клубней с рабочими органами.

Установлено, что для повышения эффективности процесса калибрования клубней, сепарации почвы и снижения повреждений картофеля одним из перспективных направлений является применение вибрирующих роторно-пальцевых рабочих органов, обеспечивающих более быстрое направленное ориентирование клубней в калибрующие отверстия

при отсутствии повреждений. В связи с вышесказанным необходимо исследовать и обосновать параметры и режимы работы встряхивателя машины для калибровки картофеля.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разрабатывается машина для калибровки картофеля, которая позволит производить калибровку клубней картофеля до трех фракций без повреждения и с высокой точностью.

### Основная часть

Ширину поверхности ячеистого конвейера определим по формуле:

$$B = (b \cdot n) + q(n + 1),$$

где  $b$  – ширина ячейки конвейера,  $м$ ;

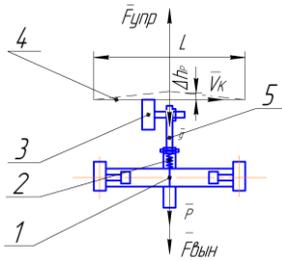
$n$  – количество ячеек конвейера,  $шт.$ ;

$q$  – расстояние между ячейками конвейера,  $м$ .

$$B = (0,06 \cdot 12) + 0,014(12 + 1) = 0,902 \text{ м.}$$

Длину машины  $L$  принимаем  $1,0 \text{ м}$ .

Опытным путем установлено, что скорость ячеистого конвейера принимается  $V_K = 0,4 \dots 0,6, \text{ м/с}$  [1].



- 1 – основной вал; 2 – пружина;
- 3 – ролик; 4 – ячеистый конвейер;
- 5 – стойка

Рисунок 90 – Силы, возникающие при работе встряхивателя

Чтобы клубни лучше проходили сквозь ячейки, необходимо изменить их положение относительно перепонок. Этого можно достичь колебанием рабочей поверхности ячеистого конвейера при помощи встряхивателя (рисунок 90).

Для улучшения прочностных свойств ролика встряхивателя применено полиуретановое покрытие. Наряду с высокой прочностью, полиуретановые волокна характеризуются устойчивостью к истиранию при действии многократной деформации изгиба. Особенно важно, что полиуретановые волокна не впитывают влагу и не теряют прочности во влажном состоянии.

Ячеистый конвейер машины для калибровки картофеля совершает вынужденные колебания. За вынужденную силу  $F_{вбн}$  принимаем переменный вес картофеля, который изменяется по линейному закону. Запишем уравнение вынужденных колебаний ячеистого конвейера:

$$m \cdot \ddot{x} + k \cdot x = F_{вбн},$$

где  $F_{вбн} = m_n \cdot g + m_o \cdot g \cdot \sin(pt)$ ;

$m_n \cdot g$  – средний вес картофеля до калибровки,  $H$ ;

$m_0 \cdot g$  – средний вес картофеля после калибровки,  $H$ ;  
 $p = 1/20 = 0,05$  – частота колебаний ячеистого конвейера,  $\text{мин}^{-1}$ ;  
 $x$  – смещение;  
 $\ddot{x}$  – ускорение;  
 $m = m_{\text{л}} + m_{\text{р}} + m_{\text{ст}}$ ;  
 $m_{\text{л}}$  – масса ячеистого конвейера,  $\text{кг}$ ;  
 $m_{\text{р}}$  – масса ролика,  $\text{кг}$ ;  
 $m_{\text{ст}}$  – масса стойки встряхивателя,  $\text{кг}$ ;  
 $k$  – коэффициент жесткости пружины встряхивателя, который определим по формуле:

$$k = \frac{G \cdot d_1^4}{8 \cdot d_2^3 \cdot n},$$

где  $d_1$  – диаметр проволоки,  $\text{мм}$ ;  
 $d_2$  – диаметр намотки,  $\text{мм}$ ;  
 $n$  – число витков,  $\text{шт.}$ ;  
 $G$  – модуль Юнга, для обычной стали  $G = 80 \text{ ГПа}$ .  
 После вычисления получаем:

$$k = \frac{80 \cdot 0,03^4}{8 \cdot 0,006^3 \cdot 18,5} = 2,03, \text{ Н/м.}$$

В предлагаемом образце машины используются два встряхивателя, поэтому коэффициент жесткости при параллельном соединении определится следующим образом:

$$k = k_1 + k_2 = 2,03 + 2,03 = 4,06 \text{ Н/м.}$$

Рабочий процесс встряхивателя (см. рисунок 90) кулачного типа протекает следующим образом: ролики 3, расположенные по краям вала, находятся в одной плоскости, центральные располагаются под углом  $90^\circ$  относительно крайних. При вращении основного вала 1 ролики 3 попеременно поднимают ячеистый конвейер 4. При сжатии пружины 2 происходит контакт роликов 3 с ячеистым конвейером. Этим достигается плавность работы калибратора.

При таком колебательном процессе работы встряхивателя кулачкового типа образуется амплитуда колебаний ячеистого конвейера. В результате волнового эффекта клубни картофеля распределяются по всему периметру рабочей ширины ячеистого конвейера, что позволяет повысить качество, точность калибруемого материала и снизить травмируемость клубней.

Принимая  $m_{\text{н}} \cdot g = 490 \text{ Н}$ ,  $m_0 \cdot g = 410 \text{ Н}$  и  $m = 32 \text{ кг}$ , запишем уравнение вынужденных колебаний ячеистого конвейера в виде:

$$32 \cdot \ddot{x} + 4,06 \cdot x = 490 + 410 \sin 0,05t. \quad (1)$$

Решение уравнения (1):

$$x = c_1 \sin\left(\sqrt{\frac{4,06}{32}}t\right) + c_2 \cos\left(\sqrt{\frac{4,06}{32}}t\right) + \frac{490}{4,06} + \frac{410}{4,06 - 32 \cdot 0,05^2} \sin(0,05t). \quad (2)$$

Используя начальные условия:  $x_0 = 0$ ,  $\mathcal{V}_0 = \dot{x} = 0$ ,  $t_0 = 0$ , найдем постоянные интегрирования:

$$c_1 = 14,46; c_2 = -120,69.$$

Подставив  $c_1$  и  $c_2$  в уравнение (2), получим закон колебания ячеистого конвейера:

$$x = 120,69 - 120,7 \cos(0,356t) + 103,015 \sin(0,05t) + 14,46 \sin(0,356t). \quad (3)$$

Согласно уравнению (3), график вынужденных колебаний  $X(t)$  имеет следующий вид (рисунок 91):

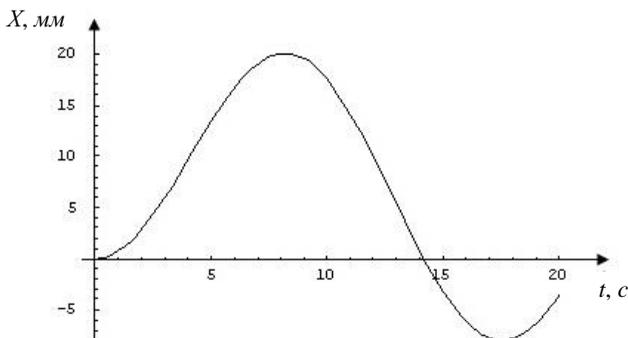


Рисунок 91 – Вынужденные колебания встряхивателя

Анализируя график вынужденных колебаний, видим, что в момент времени  $t = 8$  с амплитуда  $\Delta h = 200$  мм.

Встряхиватель обычно устанавливают в средней части калибрующей поверхности. При его работе ячейки в этой части поднимаются, образуя уклоны. Зная амплитуду колебаний и длину поверхности ячеистого конвейера, определим угол наклона из соотношений:

$$\frac{\Delta h}{0,5L} = \frac{0,2}{0,75} = 0,26; \quad \alpha = 14^\circ.$$

Все обоснованные выше параметры легли в основу создания машины для калибровки картофеля МК-15 (рисунок 92).

Рабочий процесс машины (рисунок 92) протекает следующим образом: поступающие с загрузочного транспортера клубни картофеля подаются в верхнюю часть рабочего полотна ячеистого калибрующего конвейера 2 под воздействием встряхивателя 3, частота которого регулируется пультом управления 8, и при помощи очистителя 4 застрявшие клубни вытесняются из ячеек калибрующего конвейера 2 эластичными пластинами; клубни, размеры которых меньше размера калибрующих ячеек, проваливаются через ячейки и попадают на выносной конвейер 6.

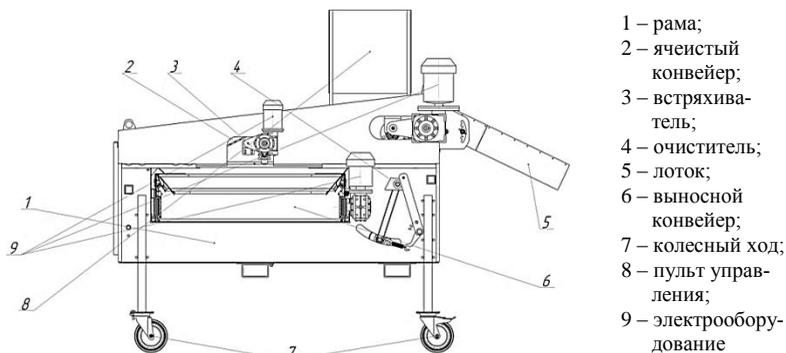


Рисунок 92 – Схема машины МК-15 для калибровки картофеля

Откалиброванный картофель большей фракции, не провалившийся через ячеистый конвейер, попадает в лоток 5, где его затаривают в контейнеры или картофельные сетки.

### Заключение

Встряхиватели кулачкового типа планируется освоить в производстве машин для калибровки и сортировки картофеля. Это обеспечит получение качественного семенного материала различных фракций, позволит осуществлять точную посадку клубней картофеля, без пропусков и «двоек», что в конечном итоге повысит урожайность картофеля до 25 % и снизит расход посадочного материала.

Что касается продовольственного картофеля, то применение встряхивателей кулачкового типа даст возможность получать клубни одинаковой фракции и в итоге повысить качество и товарный вид клубней.

Также использование встряхивателей кулачкового типа приведет к повышению точности калибруемого материала на 5–7 % за счет плавности колебаний амплитуды и распределения клубней по всему периметру машины, что в дальнейшем уменьшит повреждаемость клубней картофеля на 10–15 % и увеличит производительность до 20 %.

Освоение производства машин для калибровки картофеля, оборудованных встряхивателями кулачкового типа, позволит исключить ввоз подобной дорогостоящей техники из-за рубежа и обеспечить экономию валютных средств.

10.06.2014

### Литература

1. Колчин, Н.Н. Машины для сортирования и послеуборочной обработки картофеля / Н.Н. Колчин, В.П. Трусов. – Москва: Машиностроение, 1966. – С. 59–61.