

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЧЕСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ ТОПИНАМБУРА**

**Н.Н. Романюк,**

*ректор БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**К.В. Сашко,**

*доцент каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**П.Н. Логвинович,**

*доцент каф. физики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**В.А. Агейчик,**

*доцент каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**А.В. Горный,**

*доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. с.-х. наук, доцент*

**Д.Н. Грищенко,**

*ст. преподаватель каф. инженерной графики БГАТУ*

*В статье предложена оригинальная конструкция машины для уборки клубней топинамбура, позволяющая интенсифицировать процесс разрушения почвенного пласта и корневой части топинамбура и снизить потери клубней при уборке. Рассмотрена кинематика движения стебля топинамбура между прижимными ремнями и определены величины возможных расстояний между валами очесывающего устройства и угловые скорости вращения пальцев очесывающего устройства.*

*Ключевые слова: топинамбур, клубень, стolon, механизация уборки, оригинальная конструкция, конструктивные параметры, очесывающее устройство, прижимные ремни.*

*The article proposes the original design of artichoke harvesting machine, which makes it possible to intensify the process of soil layer and artichoke roots destruction and reduce the loss of tubers. The kinematics of the movement of artichoke stems between the pressure belts is considered and the values of possible distances between ripple shafts are determined. The angular velocity of stripper fingers rotation have been measured.*

*Key words: artichoke, tuber, stolon, harvesting mechanization, original design, design factors, ripple shafts, pressure belts.*

### **Введение**

Топинамбур или, как его еще называют, земляная груша, долго рассматривался как культура для скормливания животным, однако результаты последних исследований показывают, что данная культура может использоваться как биологическая добавка в продуктах питания, а также сырье для производства биоэтанола.

Употребление клубней земляной груши животными увеличивает надой коров, повышая жирность молока, и продуктивность свиноматок, а использование топинамбура как корма для кур повышает яйценоскость. В качестве корма топинамбур особенно ценится ранней весной [1].

В последнее время весьма актуальным вопросом является разработка технологий возделывания земляной груши на грядах и в гребнях, а также средств механизации для ее осуществления. Наиболее трудоем-

кой является операция уборки клубней топинамбура, когда необходимо разрушить почвенный пласт и корневую часть, отсепарировать почву, отделить клубни от столонов и удалить стебли.

Целью данных исследований является разработка машины для уборки клубней топинамбура с обоснованием ее конструктивных параметров, позволяющей интенсифицировать процесс разрушения почвенного пласта и корневой части топинамбура, снизить потери клубней при уборке.

### **Основная часть**

Технология по возделыванию топинамбура включает раздельную его уборку. Вначале убирается надземная масса, а затем клубни [2, 3].

На уборку топинамбура приходится 60...70 % всех трудозатрат при возделывании этой культуры [4].

Во время уборки топинамбура серийно выпускаемыми копателями потери клубней составляют до 40 % [5]. Использование копателей при ручной уборке клубней допускается при крайне неблагоприятных погодных условиях или на полях, где невозможно применить комбайновую уборку, на склонах, когда из-за малых размеров или расположения полей применение техники неэффективно, или когда из-за неблагоприятных почвенных и погодных условий, средства механизации работать в поле не могут.

Комбайновая уборка земляной груши в России осуществляется в основном импортной картофелеуборочной техникой, конструкция которой позволяет проводить качественную уборку клубней на различных по механическому составу почвах.

В зависимости от модификации комбайна ширина захвата подкапывающего устройства имеет разные размеры, что позволяет проводить машинную уборку топинамбура при разной ширине междурядий и на различных схемах посадки на гребнях и грядах.

Анализ технологий и средств механизации уборки топинамбура показывает, что основными требованиями, предъявляемыми к конструктивному и технологическим параметрам комбайна, являются:

- автоматизация технологической операции подкапа клубненосного слоя;
- автоматизация колебаний сепарирующих элеваторов;
- автоматическое регулирование параметров рабочих органов по глубине хода, наклону к горизонту;
- улучшение проходимости ходовых систем комбайна с учетом различных почвенных и климатических условий;
- синхронизация процесса уборки и транспортировки собранного урожая [6].

Однако для хозяйств с небольшими площадями топинамбура закупка такой техники является экономически нецелесообразной. В вопросе технического обеспечения уборочных работ при использовании грядковых технологий, необходимо отметить, что картофелеуборочные комбайны, предназначенные для уборки картофеля на гребневых посадках, могут применяться и на уборке клубней топинамбура на грядковых посадках, при условии внесения некоторых изменений в конструкцию, обеспечивающих надежность отрыва клубней от столонов и удаления остатков стеблей топинамбура из комбайна.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана специальная опция для уборки клубней топинамбура, в которой применен активный метод отделения клубней от столонов [7] (рис. 1).

Машина для уборки клубней топинамбура содержит копирующий механизм 1, состоящий из двух катков, закрепленных на одной оси, подкапывающий лемех 2, комкоразрушающее устройство, установленное над передней частью первого сепарирующего элеватора 3, состоящее из зажимных ремней 4, приводных 5, натяжных 6 и прижимных 7 роликов, очесывающего устрой-

ства, выполненного в виде вращающихся валов 8, с закрепленными на них пальцами 9, поперечный транспортер 10, бункер 11 для сбора клубней топинамбура и второй сепарирующий элеватор 12.

При уборке клубней топинамбура копирующий механизм 1 копирует профиль грядки. Подкапывающий лемех 2 подкапывает почвенный пласт, включающий гнезда топинамбура, который подается на первый элеватор 3, где почвенный пласт крошится, а гнезда топинамбура, состоящие из стеблей 13 растения и соединенных с ними столонами клубней топинамбура, направляются к комкоразрушающему устройству. Стебли 13 захватываются зажимными ремнями 4, у которых скорость движения одного ремня на 10 % больше, а второго – на 10 % меньше скорости движения первого сепарирующего элеватора, удерживаются ими с помощью приводных 5, натяжных 6 и прижимных 7 роликов, приподнимаются над первым элеватором 3 за счет угла  $\beta$ , равного 25-30° и очесывающим устройством, выполненным в виде вращающихся валов 8 с закрепленными на них пальцами 9, происходит отрыв клубней топинамбура от столонов. За счет разной скорости движения зажимных ремней 4 гнезда топинамбура во время движения поворачиваются, обеспечивая обрыв клубней со всех сторон стеблей 13.

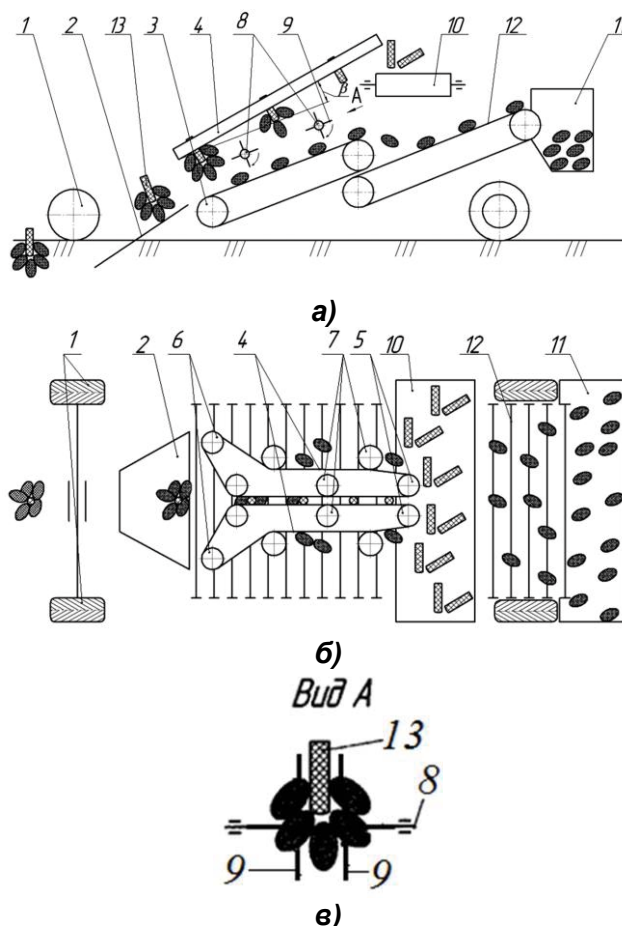


Рисунок 1. Машина для уборки клубней топинамбура: а – вид сбоку; б – вид сверху; в – вид по стрелке А.

Далее стебли 13 топинамбура поступают на поперечный транспортер 10 и выносятся им за пределы машины.

На втором элеваторе 12 происходит дальнейшее разрушение комков и сепарация почвы, а клубни топинамбура направляются в бункер для сбора клубней 11.

За счет захватывания стеблей растения зажимными ремнями и приподнимания их над первым элеватором происходит разрушение почвенного пласта, что облегчает работу очесывающего устройства и интенсифицирует процесс сепарации почвы и отделения клубней топинамбура от столонов.

Для повышения эффективности работы машины необходимо определить величину расстояния между валами очесывающего устройства, скорость вращения валов, а также количество пальцев на валу.

На рисунке 2 представлена расчетная схема для определения величин возможных расстояний между валами очесывающего устройства.

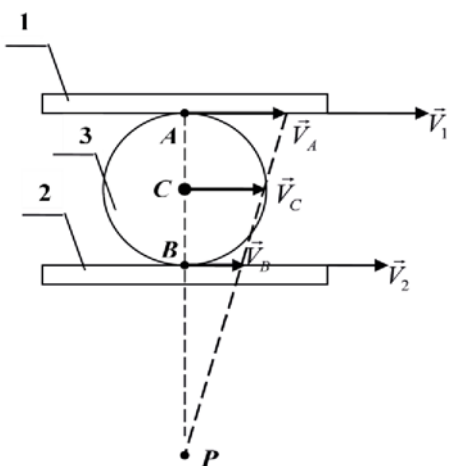


Рисунок 2. Расчетная схема для определения величин возможных расстояний между валами очесывающего устройства

Рассмотрим кинематику движения стебля топинамбура 3 между зажимными ремнями 1 и 2, движущимися со скоростями, соответственно,  $\vec{V}_1$  (м/с) и  $\vec{V}_2$  (м/с). Если  $\vec{V}_1 > \vec{V}_2$ , то стебель под действием сил трения со стороны зажимных ремней совершает плоское движение плоскости, параллельной ребрам зажимных ремней. Скорость поступательного движения стебля равна  $\vec{V}_C$  (м/с), угловая скорость вращательного движения –  $\Omega$  (с<sup>-1</sup>).

Для определения  $\vec{V}_C$  и  $\Omega$  построим мгновенный центр скоростей стебля – точку P. Используя формулу Эйлера, получим:

$$\begin{aligned} V_A = V_1 = \Omega \cdot PA; \quad V_B = V_2 = \Omega \cdot PB; \quad V_C = \Omega \cdot PC; \\ V_1 - V_2 = \Omega(PA - PB) = 2\Omega R; \\ V_1 - V_C = \Omega(PA - PC) = \Omega R, \end{aligned} \quad (1)$$

где PA, PB, PC – расстояния от мгновенного центра скоростей до точек A, B, C, соответственно, м;

R – радиус стебля, м.

Из формулы 1 выразим скорость поступательного движения стебля  $\vec{V}_C$  и угловую скорость вращательного движения стебля  $\Omega$

$$\Omega = \frac{V_1 - V_2}{2R}; \quad V_C = \frac{V_1 + V_2}{2}. \quad (2)$$

Для более эффективного действия очесывающего устройства необходимо, чтобы стебель топинамбура вместе с гнездами при своем движении от первого вала очесывающего устройства до его второго вала повернулся на угол  $\varphi = (2n + 1) \frac{\pi}{2}$ , где  $n = 0, 1, 2, \dots$

Поэтому расстояние между валами 8 (рис. 1) очесывающего устройства  $l_b$  (м) должно быть равным

$$l_b = V \frac{\varphi}{\Omega}, \quad (3)$$

где V – скорость движения стебля, равная скорости движения первого сепарирующего элеватора 3, м/с (рис. 1)

Для устранения сгуживания подкапываемого пласта, скорость элеватора должна быть в 1,3 ÷ 1,6 раза больше скорости комбайна.

Оценим величины возможных расстояний между валами очесывающего устройства. Примем скорость движения комбайна равной 1 м/с, скорость движения элеватора  $V = V_C = 1,5$  м/с, радиус стебля топинамбура  $R = 0,02$  м.

Тогда, исходя из конструкции (рис. 1, позиция 4) и из формулы (2), скорости движения прижимных ремней 1 и 2 (рис. 2) равны

$$V_1 = 1,65 \text{ м/с}, \quad V_2 = 1,35 \text{ м/с},$$

угловая скорость вращательного движения стебля  $\Omega$

$$\Omega = \frac{V_1 - V_2}{2R} = \frac{1,65 - 1,35}{2 \cdot 0,02} = 7,5 \text{ с}^{-1}.$$

Расстояние между валами 8 (рис. 1) очесывающего устройства найдем, используя формулу (3):

$$l_b = (2n + 1) \frac{\pi V_C}{2\Omega}. \quad (4)$$

Из формулы (4) получаем ряд возможных значений  $l_b$  при  $n = 0, 1, 2$ :  $l_b = 0,31; 0,94; 1,57$  м.

Исходя из конструкции машины, наиболее приемлемым следует считать расстояние между валами 8 (рис. 1) очесывающего устройства равным  $l_b = 0,31$  м, а длину пальцев  $l = 0,15$  м.

При расстоянии между клубненосными гнездами в почве 0,2 м и скорости движения первого элеватора 1,5 м/с соседние клубненосные комки при движении стебля между прижимными ремнями будут находиться приблизительно на таком же расстоянии.

Для определения угловой скорости вращения пальцев очесывающего устройства рассмотрим сна-

чала центральный удар двух упругих тел: пальца, скорость центра масс которого равна  $\bar{v}_n$  (м/с) и клубеносного комка топинамбура, скорость центра масс которого равна  $\bar{v}_{кл}$  (м/с) (рис. 3).

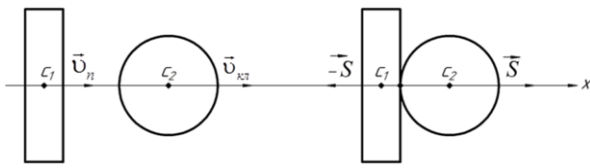


Рисунок 3. Расчетная схема для определения скоростей пальца и клубеносного комка

На первой стадии удара под действием ударных сил  $\bar{F}(H)$  деформация ударяющихся тел увеличивается до тех пор, пока их скорости не уравниваются и станут равными  $\bar{u}$  (м/с). Согласно основному закону динамики поступательного движения, изменение импульса  $\bar{S}$  (Н/с) этих тел равно импульсу ударной силы  $\bar{S} = \bar{F}t$ , где  $t$  – время действия ударной силы,  $s$ .

На основании закона динамики поступательного движения для этой стадии удара имеем два уравнения

$$\left. \begin{aligned} m(u - v_n) &= -S_1 \\ M(u - v_{кл}) &= S_1 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где  $m$  – масса пальца, приведенная к точке удара, кг;  $M$  – масса клубеносного комка, кг;

$S_1$  – величина импульса  $S$  взаимных реакций тел для первой стадии удара, Н/с.

На второй стадии удара за счет упругости материала клубеносного комка начнется восстановление формы тел, их скорости будут изменяться до тех пор, пока тела не отделятся друг от друга. На этой стадии имеем два уравнения

$$\left. \begin{aligned} m(u_1 - u) &= -S_2 \\ M(u_2 - u) &= S_2 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где  $S_2$  – величина импульса  $S$  взаимных реакций тел для второй стадии удара, Н/с;

$u_1$  – скорость пальца после удара, м/с;

$u_2$  – скорость клубеносного комка после удара, м/с.

Решая уравнение (5), получим

$$u = \frac{mv_n + Mv_{кл}}{m + M}; \quad S_1 = \frac{mM}{m + M}(v_n - v_{кл}). \quad (7)$$

В уравнениях (6) три неизвестных величины –  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $S_2$ . Поэтому для их решения необходимо третье уравнение, характеризующее физические свойства этих тел. Предположим, что отношение импульсов сил на второй и первой стадиях удара равны  $S_2/S_1 = k$ .

Решая уравнения (5) и (6), получим скорости пальца и клубеносного комка после удара

$$u_1 = u + k(u - v_n); \quad u_2 = u + k(u - v_{кл}). \quad (8)$$

Как видно из выражения (8), коэффициент  $k$  является коэффициентом восстановления скорости и зависит от упругих свойств ударяющихся тел.

Кинетическая энергия тел до удара

$$T_1 = \frac{mv_n^2}{2} + \frac{Mv_{кл}^2}{2}, \quad (9)$$

после удара

$$T_2 = \frac{mu_1^2}{2} + \frac{Mu_2^2}{2}. \quad (10)$$

Потеря кинетической энергии при ударе

$$\begin{aligned} T_1 - T_2 &= \frac{1}{2}m(v_n^2 - u_1^2) + \frac{1}{2}M(v_{кл}^2 - u_2^2) = \\ &= \frac{1}{2}m(v_n - u_1)(v_n + u_1) + \frac{1}{2}M(v_{кл} - u_2) \times \\ &\times (v_{кл} + u_2). \end{aligned} \quad (11)$$

Учитывая выражения (5) и (7), получим:

$$T_1 - T_2 = \frac{1}{2}S_1(v_n + u_1) - \frac{1}{2}S_1(v_{кл} + u_2). \quad (12)$$

С учетом выражений (8) уравнение (12) примет вид:

$$T_1 - T_2 = \frac{1}{2}S_1(v_n - v_{кл})(1 - k^2). \quad (13)$$

Подставив в уравнение (13) значение импульса  $S_1$  из выражения (7), получим:

$$T_1 - T_2 = \frac{1}{2} \frac{mM}{m + M} (v_n - v_{кл})^2 (1 - k^2). \quad (14)$$

При абсолютно неупругом ударе ( $k = 0$ ) кинетическая энергия расходуется на работу отрыва клубенной. Эту работу можно считать равной работе по деформации почвенного комка  $A$  (Дж) с соответствующим пределом прочности  $\sigma$  (Па) и модулем упругости  $E$  (Па), которая согласно источнику [8], равна

$$A = \frac{\pi\sigma^2 D^3 \ln \xi}{12E}, \quad (15)$$

где  $\xi = \frac{D}{d}$  – степень дробления первоначального

почвенного комка диаметром  $D$  (м) до конечного размера  $d$  (м) в результате удара пальцем.

Приравняв выражения (14) и (15), получаем скорость удара пальца о клубеносный комок

$$v_{уд} = v_n - v_{кл} = \sqrt{\frac{\left(\frac{m}{M} + 1\right) \pi\sigma^2 D^3 \ln \xi}{mE(1 - k^2)}}. \quad (16)$$

Однако палец совершает вращательное движение с угловой скоростью  $\omega$  (с<sup>-1</sup>). Поэтому рассмотрим удар пальца, вращающегося вокруг оси вала, проходящей через точку  $O$  перпендикулярно плоскости (рис. 4), о неподвижный комок ( $v_{кл} = 0$ ).

Определим ударные импульсы сил  $S_x$  и  $S_y$ , возникающих в оси вала, и на основании этого определим, на каком расстоянии от оси вращения пальца  $l_{уд}$  должен находиться центр удара.

По закону об изменении количества движения в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  получим два уравнения



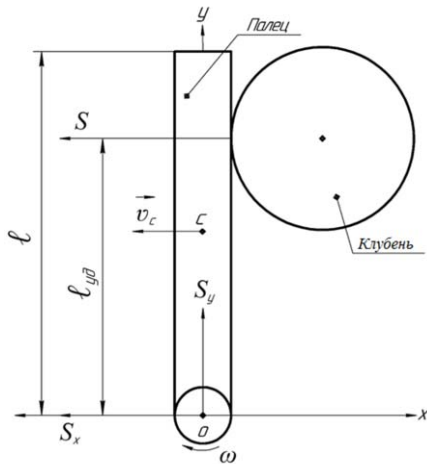


Рисунок 4. Расчетная схема для определения угловой скорости вращения пальца

$$\left. \begin{aligned} m(v_n - u_1) &= S + S_x \\ 0 &= S_y \end{aligned} \right\}, \quad (17)$$

где скорости центра масс пальца  $C$  в начале и в конце удара  $v_n = \frac{l}{2}\omega_1$ ,  $u_1 = \frac{l}{2}\omega_2$  ( $\omega_1$  и  $\omega_2$  – угловые скорости вращения пальца в начале и в конце удара соответственно,  $c^{-1}$ ).

Поэтому первое уравнение в системе уравнений (17) примет вид:

$$m \frac{l}{2} (\omega_2 - \omega_1) = S + S_x. \quad (18)$$

Третье уравнение для системы уравнений (17) в соответствии с основным законом динамики вращательного движения получим в виде:

$$J_z (\omega_2 - \omega_1) = S l_{уд}, \quad (19)$$

где  $J_z$  – момент инерции стержня относительно оси вращения,  $кг \cdot м^2$ .

Из уравнения (19)

$$S = \frac{J_z}{l_{уд}} (\omega_2 - \omega_1). \quad (20)$$

Так как коэффициент восстановления

$$k = \frac{u}{v_n} = \frac{\omega_2}{\omega_1}, \quad (21)$$

то из уравнения (17), используя выражения (18), (20) и (21), находим импульсы сил реакции оси

$$\left. \begin{aligned} S_x &= -m \frac{l}{2} (1-k) \omega_1 + \frac{J_z}{l_{уд}} (1-k) \omega_1 = \\ &= \left( \frac{J_z}{l_{уд}} - \frac{ml}{2} \right) (1-k) \omega_1 \\ S_y &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (22)$$

Как видно из выражения (22), ударные импульсы в оси вращения будут равны нулю при  $\frac{J_z}{l_{уд}} - \frac{ml}{2} = 0$ .

Так как  $J_z = \frac{1}{3} ml^2$ , то из последнего получаем

$$l_{уд} = \frac{2ml^2}{3ml} = \frac{2}{3} l.$$

Определим для среднестатистических параметров почвы [8, 9] угловую скорость вращения пальца. Примем  $m = 1 \text{ кг}$ ,  $m/M = 0,4$ ;  $D = 0,15 \text{ м}$ ;  $\zeta = 5$ ;  $\sigma = 10^4 \text{ Н/м}^2$ ;  $E = 2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ , получим  $v_{уд} = 1,1 \text{ м/с}$ .

При скорости движения клубненосного комка  $v_{кд} = 1,5 \text{ м/с}$  скорость движения пальца в точке удара согласно выражению (16), будет равна  $v_n = 2,6 \text{ м/с}$ . При длине пальца  $l = 0,15 \text{ м}$  угловая скорость вращения

$$\text{пальца составит } \omega = \frac{3 v_n}{2 l} = 26 \text{ с}^{-1}.$$

Таким образом, оптимальным следует считать число пальцев на валу очесывающего устройства равным 4, т.к. клубненосный комок за время между ударами соседними пальцами пройдет расстояние 0,1 м и выйдет из зоны повторного удара.

### Закключение

1. Особенности уборки клубней топинамбура вытекают из биологических отличий топинамбура от картофеля. При уборке клубней топинамбура можно использовать средства механизации, которые используются при уборке картофеля, при условии внесения некоторых изменений в их конструкцию, обеспечивающих надежность отрыва клубней от столонов и удаления остатков стеблей топинамбура из комбайна.

2. Предложенная конструкции машины для уборки клубней топинамбура позволяет интенсифицировать процесс разрушения почвенного пласта и корневой части топинамбура и снизить потери клубней при уборке.

3. Рассмотрена кинематика движения стебля топинамбура между прижимными ремнями. В результате проведенных теоретических исследований определены: расстояние между валами очесывающего устройства –  $l_0 = 0,31 \text{ м}$ ; длина пальцев очесывающего устройства –  $l = 0,15 \text{ м}$ ; количество пальцев – 4.

4. Определена угловая скорость вращения пальцев очесывающего устройства. Например, при скорости движения клубненосного комка  $v_{кд} = 1,5 \text{ м/с}$  скорость движения пальца в точке удара должна быть равна 2,6 м/с, что при длине пальца 0,15 м соответствует угловой скорости его вращения, равной 26 рад/с.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Топинамбур [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki> – Дата доступа: 25.01.2021.

2. Технология и комплекс машин для производства топинамбура / Э.С. Рейнгарт [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – № 11. – С. 30-31.

3. Манохина, А.А. Разработка и освоение научно обоснованной технологии механизированного возделывания топинамбура: автореф. дис. докт. с.-х. наук: 05.20.01 / А.А. Манохина; Российский государственный аграрный университет. – МСХА им. К.А. Тимирязева. – М., 2017. – 43 с.

4. Старовойтов, В.И. Технология и механизация возделывания топинамбура / В.И. Старовойтов // Материалы I междунар. науч.-практич. конф. «Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг)», 23-27 сентября 2002 г. – М., Сергиев-Пасад, 2002. – С. 435-439.

5. Старовойтов, В.И. Особенности технологии и машины для возделывания топинамбура / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, А.А. Манохина // Сельский механизатор. – 2015. – №11. – С. 4-5.

6. Яковчик, Н. Перспективный и многофункциональный топинамбур / Н. Яковчик, С. Яковчик // Белорусское сельское хозяйство. – 2018. – № 2 (190). – С.104-106.

7. Машина для уборки клубней топинамбура: патент 22746 С1 Респ. Беларусь, МПК А 01D 17/00, А 01D 33/00 / Н.Н. Романюк, К.В. Сашко, А.В. Горный, Д.Н. Грищенко, С.Ф. Лойко; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № а 20180232; заявл. 05.06.2018; опубл. 30.10.2019 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 5. – С. 43.

8. Синеоков, Г.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.М. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение. – 1976. – 328 с.

9. Кушнарев, А.С. Механико-технологические основы обработки почвы / А.С. Кушнарев, В.И. Кочев. – Киев: Урожай, 1989. – 140 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.06.2021

УДК 631.3

## РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ СБОРА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА

**В.А. Бурдейко,**

*ст. преподаватель каф. технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии БарГУ*

**В.Б. Ловкис,**

*декан агромеханического факультета БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

*Приведен расчет мощности привода машины для сбора колорадского жука. Предложена конструкция рабочего органа машины для сбора колорадского жука при выращивании экологически чистого картофеля.*

*Ключевые слова: картофель, колорадский жук, рабочие органы, машина, конструкция, расчет мощности.*

*The power calculation of the machine drive for collecting the Colorado potato beetle is given. The machine design for collecting the Colorado potato beetle when growing environmentally friendly potatoes is proposed.*

*Key words: potato, Colorado potato beetle, working bodies, machine, design, power calculation.*

### Введение

Зеленая экономика уже давно стала центральной темой в глобальной повестке дня производства сельскохозяйственных продуктов. Беларусь не отстает от мирового тренда. 9 ноября 2018 года Президент подписал Закон Республики Беларусь № 144-З «О производстве и обращении органической продукции». В главе 1 «Общие положения» (статья 4) говорится, что «объектами отношений в области производства и обращения органической продукции являются семена и процессы производства и обращение органической продукции» [1].

При выращивании экологически чистого картофеля для сбора колорадского жука применяются следующие технические средства и приемы: сельскохозяйственные машины, орудия, приспособления, приборы ультразвуковых колебаний, агротехнические

приемы, а также птицы, микроорганизмы, насекомые-энтомофаги, растения, водные растворы, настои.

Перспективными методами сбора и уничтожения колорадского жука при выращивании экологически чистого картофеля являются механический и комбинированный (комплексный) методы. Для этого используются специальные комбинированные машины, которые в будущем будут оснащены соответствующими рабочими органами для выполнения таких операций, как рыхление междурядий картофеля, механическое уничтожение сорных растений, окучивание растений картофеля, распределение водных растворов для борьбы с колорадским жуком, а также внесение минеральных удобрений при подкормке растений [2; 5-8].

Исследованием технологической операции сбора и утилизации колорадского жука занимались ученые П.П. Казакевич, В.К. Пестис, Э.В. Заяц, П.В. Заяц,