

ного колеса сеялки

$$n_k = v / 60\pi D_c = 7200 / 60 \cdot 3,14 \cdot 1,2 = 44,5 \text{ мин}^{-1}, \quad (10)$$

тогда передаточное отношение

$$i = n_k / n_c = 44,5 / 11,5 = 3,87. \quad (11)$$

Анализ уравнения (5) и результаты исследования [1] показывают, что подача СВВА семян  $W$  имеет прямую зависимость от частоты вращения спирали  $n$ , и соответственно при любой скорости движения посевного агрегата норма высева семян не изменяется.

С учетом угла укладки  $\beta$  частиц сыпучих материалов [3] получим:

$$h = d_0 \cos \beta = d_{\text{экв}} \cos \beta = 1,39 \text{ мм}; \quad (12)$$

где  $h$  - высота призмы укладки частиц, мм;  $d_0 = d_{\text{экв}}$  - эквивалентный диаметр семян проса;  $b$  - угол наклона частиц, град,  $b = 45^\circ$ .

С учетом угла укладки частиц в зазоре  $D_T = 4$  мм разместится  $D_T / h = 2,88$  слоя семян проса.

Определенные выше конструктивные параметры спирально-винтового высева-

ющего аппарата обеспечивают заданную норму высева мелкосеменных культур. При этом травмирование семян не превышает 2,5% вследствие круглой формы поперечного сечения проволоки спирали. Основные результаты расчетов подтверждены результатами проведенных экспериментальных исследований.

#### Библиографический список

1. Воронина М.В. Показатели работы высевающего аппарата для мелкосеменных культур // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. - № 7, с. 8 - 9.
2. Рычков В.А., Кулагин В.М. К расчету производительности комбинированного спирально-шнекового дозатора // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. - № 4, с. 10 – 12.
3. Несмеян А.Ю., Хижняк В.И., Шаповалов Д.Е. Определение угла укладки частиц сыпучих материалов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. - № 7, с. 19-20.

УДК 631.358.44

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПЛУГА-КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЯ

Граков Фёдор Николаевич, инженер

ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия»

454080, г. Челябинск, проспект Ленина, д.75.

Тел: 8(351)2666574, e-mail: gfn@74.ru

*Ключевые слова:* картофель, ротор, плуг-картофелекопатель, параметры, показатели выкапывания

*Выполнены теоретические исследования и расчеты по определению оптимальных конструктивных параметров (количество лопаток ротора, угол их наклона и установки) активного рабочего органа плуга-картофелекопателя с целью улучшения качественных (травмирование, потери) показателей выкапывания клубней картофеля.*

С переходом России на рыночную экономику широкое распространение получили фермерские хозяйства, которые взяли на себя значительную часть производства продукции сельского хозяйства, в том числе и картофеля [1]. При этом площадь половины

фермерских хозяйств составляет не более 20 га. Выращивание картофеля на малых площадях имеет ряд особенностей, одна из которых – нецелесообразность использования при уборке современных высокопроизводительных картофелеуборочных

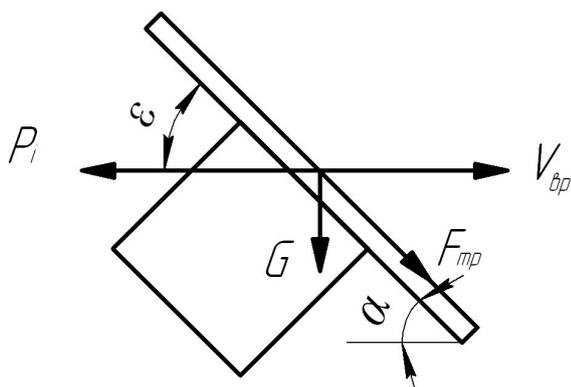


Рис. 1 – Схема сил действующих на клубень

комбайнов, применение которых значительно повышает себестоимость конечной продукции. Оставшиеся с советских времён картофелеуборочные машины за два десятка лет практически исчезли, да и они также не были приспособлены для возделывания картофеля на небольших площадях. В связи с этим возникла необходимость создания недорогой универсальной машины, способной с минимумом переналадок выполнять такие основные операции, как вспашка, удаление ботвы и выкапывание картофеля, и такая машина была создана на базе лемешно-роторного плуга (патент №2236771). В итоге получился картофелекопатель швыряльного типа, который при смене активного рабочего органа может выполнять вспашку и удаление ботвы.

Важнейшими показателями качества выполнения технологического процесса выкапывания картофеля копателями швыряльного типа являются: 1) минимум травмирования клубней; 2) минимум потерь клубней. Предварительно была обоснована частота вращения активного рабочего органа (ротора), при которой минимально травмирование картофеля и засыпание его землёй [2].

Для того чтобы исключить сгуживание клубненоносного пласта и обеспечить равномерность его распределения по поверхности поля, необходимо определить оптимальное количество лопаток ротора

$$z = v \cdot \cos \gamma / (L_n \cdot n) \quad (1)$$

где  $z$  - число лопаток ротора, шт.;  $v$  - рабочая скорость плуга-картофелекопателя, м/с ( $v = 3,33$  м/с);  $L_n$  - ширина лопатки, м ( $L_n = 0,12 \dots 0,14$  м);  $n$  - частота вращения ротора,

$\text{с}^{-1}$  ( $n = 5 \dots 5,33 \text{ с}^{-1}$ );  $\gamma$  - угол между направлением движения агрегата и направлением схода клубненоносного пласта с корпуса, град. ( $\gamma = 40^\circ$ ).

Решение уравнения 1 даёт число лопаток ротора  $z = 3,5 \dots 4,3$ , поэтому можно принять  $z = 4$ . При числе лопаток более 4 повышается вероятность травмирования клубней, а при  $z$  менее 4 клубненоносный пласт может сгуживаться, а равномерность его распределения по поверхности поля снижаться.

Конструктивное исполнение ротора позволяет изменять угол наклона его лопаток в вертикальной плоскости и угол установки лопаток в горизонтальной плоскости. Поэтому можно предположить, что изменение угла наклона и угла установки лопаток приведёт к изменению качественных показателей технологического процесса выкапывания картофеля.

Составим схему сил, действующих на клубень картофеля при соударении его с лопаткой ротора, имеющей направление вращения  $V_{вp}$ , при изменении угла наклона лопатки ротора  $\alpha$  (рис. 1).

При отсутствии скольжения клубня вверх по лопатке ротора траектория полета клубненоносного пласта аналогична траектории при вертикальном положении лопатки. При условии скольжения клубня вверх по наклонной лопатке траектория полета изменится. В этом случае [2]:

$$P_i \cos \varepsilon > G \sin \alpha + F_{тр}, \quad (2)$$

где  $P_i$  - сила инерции, Н;  $G$  - сила тяжести, Н;  $F_{тр}$  - сила трения, Н;  $\alpha$  - угол наклона лопатки ротора, град;  $\varepsilon$  - угол между лопаткой ротора и направлением вращения, град.

Подставляя в уравнение 2 значения сил, получим:

$$mj \cdot \cos \varepsilon > mg \cdot \sin \alpha + \text{tg} \varphi (mg \cdot \cos \alpha + mj \cdot \sin \varepsilon) \quad (3)$$

Из уравнения 3 можно получить условие скольжения клубня по лопатке ротора при определённых значениях угловой скорости и радиуса ротора:

$$\omega^2 r > g \frac{\sin(\varphi + \alpha)}{\cos(\varepsilon - \varphi)}, \quad (4)$$

где  $\phi$  – угол трения скольжения почвы о лопатку ротора, град.;  $\omega$  – угловая скорость,  $c^{-1}$ ;  $r$  – радиус ротора, м.

Подставляя в формулу 4 максимально возможное значение радиуса ротора  $r = 0,25$  м, получим зависимость изменения угла наклона лопаток ротора, при котором начинается проскальзывание клубня относительно лопатки, при различной частоте вращения ротора. При рекомендуемой частоте вращения ротора 300...320  $мин^{-1}$  скольжение клубня по лопатке ротора начинается при угле  $\alpha = 80^\circ$ . Это приведет к травмированию картофеля из-за сдирания кожуры. Поэтому для исключения травмирования клубней картофеля рекомендуется выбирать угол  $\alpha > 80^\circ$ .

Рассмотрим схему сил, действующих на клубень картофеля при изменении угла установки лопатки ротора (рисунок 2).

Для исследования влияния угла установки лопатки на качество технологического процесса выкапывания картофеля, изменим угол её установки  $\psi$  от  $-25^\circ$  (назад) до  $+25^\circ$  (вперёд) с интервалом  $5^\circ$ . Чтобы определить время нахождения на лопатке и угол разбрасывания частиц клубненосного пласта, составим уравнение проекции сил, действующих на частицу клубненосного пласта,двигающуюся по лопатке:

$$m(r_0 + \mu)\omega^2 - t\mu'' - 2t\omega\mu'f = 0, \quad (5)$$

где  $\mu$  – путь, пройденный частицей по лопатке, м;  $r_0$  – расстояние от оси ротора до начала лопатки, м;  $t$  – масса частицы, кг;  $f$  – коэффициент трения частицы о лопатку;  $\omega$  – угловая скорость ротора,  $c^{-1}$ .

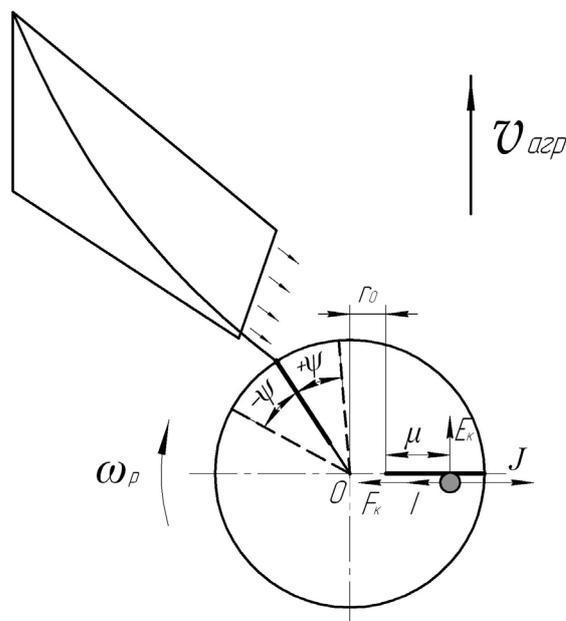


Рис. 2 – Схема сил, действующих на клубень картофеля при изменении угла установки  $\psi$  лопатки ротора

Результаты решения уравнения 5 представлены в таблице 1.

Для определения скорости соударения лопатки с клубнем картофеля при различных углах установки лопатки  $\psi$  воспользуемся графическим методом (рис. 3).

В расчетах принимается скорость схода пласта с пассивного корпуса  $v_n$  равной поступательной скорости агрегата  $v$  ( $v = 12$  км/ч). Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 1

Влияние угла установки  $\psi$  лопатки ротора на угол разбрасывания частиц клубненосного пласта

Поворот лопатки $\psi$ , град.	-5	-10	-15	-20	-25	5	10	15	20	25
угловая скорость $\omega$ , град./с	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
время пробега $t_{пр}$ , с	0,078	0,076	0,075	0,073	0,071	0,082	0,084	0,085	0,087	0,089
Угол разбрасывания $\Theta_{сх}$ , град.	140,7	137,6	134,4	131,1	127,8	147,3	150,4	153,7	156,9	160,3

Таблица 2

Влияние угла установки  $\psi$  лопатки ротора на скорость соударения с частицами клубне-носного пласта

Угол установки лопатки $\psi$ , град.	-5	-10	-15	-20	-25	5	10	15	20	25
Скорость $v''_y0$ , м/с	1,79	1,61	1,43	1,23	1,02	2,09	2,23	2,34	2,44	2,62
Скорость соударения пласта с лопаткой при $v_{окр} = 6,7$ м/с	4,91	5,09	5,27	5,47	5,68	4,61	4,47	4,36	4,26	4,08

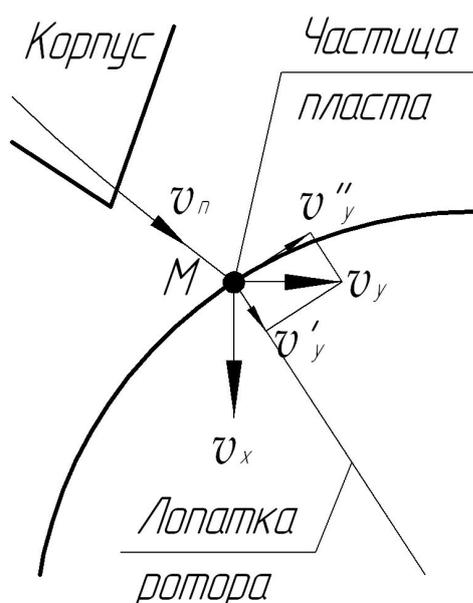


Рис. 3 – Схема для определения скорости соударения лопатки с клубнем картофеля

При установке лопаток ротора назад происходит увеличение скорости соударения лопатки с клубненосным пластом, что в случае отсутствия почвенной прослойки между клубнем и лопаткой приведёт к значительному повышению травмирования картофеля. При установке лопаток ротора вперёд уменьшается скорость соударения, но при этом увеличивается угол разбрасывания, и клубненосный пласт будет распределяться за рабочим органом, что приведет к

засыпанию клубней и частичному поступлению почвы на необработанное поле. Следовательно, наиболее оптимальным будет радиальное положение лопатки роторного рабочего органа при вертикальной её установке.

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что оптимальными конструктивными параметрами активного рабочего органа плуга-картофелекопателя будет радиальное и вертикальное положение лопатки ротора, и их количество должно быть четыре.

#### Библиографический список

1. Статистический сборник «Российский статистический ежегодник» [Текст]: – М.: Росстат, 2008. –444 с. – ISBN 978-5-89476-260-9.
2. Граков, Н.Ф. Обоснование режима работы швыряльного ротора плуга-картофелекопателя при возделывании картофеля по гребневой технологии [Текст] / Граков, Н.Ф., Граков, Ф.Н. // Материалы XLVII международной научно-технической конференции/ ЧГАУ. – Челябинск, 2008. –Ч. 3 –С. 278.
3. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин [Текст]: учебник для вузов с.-х. машиностроения/Е.С. Босой [и др.]; под ред. Е.С. Босого.–2-е изд., перераб. и доп.–М.: Машиностроение, 1978.–568 с.: ил.