

УДК 631.356.4.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ПОДКАПЫВАЮЩИХ ОРГАНОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН.

Танась В. (Люблинская с.х. академия),

Буяшов В.П., Клавсуть П.В., Сашко К.В., Ладыш Ю.П. (БГАТУ)

В статье обоснованы параметры активного лемеха с эллипсовидной формы лезвия с колебаниями в поперечном направлении который реализован в картофелекопатель-погрузчике КМБ-2-02, разработанном в БГАТУ. Он обеспечил снижение тягового сопротивления машины по сравнению с аналогами в 2 раза и уменьшает поступление технологической массы в машину на 175 тонн на каждом гектаре.

### Введение

Уборку картофеля в Республике Беларусь осуществляют в основном картофелекопателями КТН-2Б и КСТ-1,4А производства ОАО "Лидсельмаш", ККУ-2А, КПК-2-01 и КПК-3, произведенных ОАО "Рязсельмаш".

В сельское хозяйство начали поступать комбайны ППК-2-02 и ППК-2 производства ПО "Гомсельмаш" и комбайны Л - 601\651, Л-605 производства ОАО "Лидсельмаш".

В БГАТУ разработан и прошел испытания на БелМИС модульный картофелеуборочный комбайн КМБ-2 [1].

Эффективность работы подкапывающие органы характеризуются видом основного лемеха (пассивный или активный) и исполнением лезвия (V-образный, ножеобразный), направлением колебаний основного лемеха(вдоль оси машины или иное).

Таблица 1 – Характеристики подкапывающих органов.

Тип	Марка машины	Вид основного лемеха + исполнение лезвия + направление колебаний
1	КПК-2, КПК-3	Пассивный плоский лемех+ V-образное лезвие
	Л-601\651	
	Л-605	
	ППК-2	
2	КСТ-1,4	Активный плоский лемех + V-образное лезвие + вдоль оси
	КМБ-2	
3	ККУ-2А	Активный плоский лемех + ножеобразное лезвие + вдоль оси

Для подкапывающих органов первого типа присущи высокое тяговое сопротивление и слабая транспортирующая способность. Это приводит к росту энергозатрат на уборку, к сгуживанию технологической массы на лемехах и в результате к повреждению клубней и нарушению технологического процесса.

Этих недостатков в определенной степени лишены подкапывающие органы второго и третьего типа. Активные лемехи, совершающие колебательные движения вдоль оси машины обеспечивают принудительное перемещение технологической массы.

Существенным их недостатком является то, что в процессе колебаний лезвие лемеха движется по пилообразной траектории. С целью предотвращения подрезания нижних клубней требуется заглублять подкапывающие органы дополнительно не менее чем на 2,5 см по сравнению с пассивным [2]. Это приводит к увеличению поступления технологической массы на каждом гектаре поля в картофелеуборочную машину. Соответственно растет тяговое сопротивление машины и ухудшаются энергетические и качественные показатели машины.

Свободны от перечисленных недостатков подкапывающие органы в виде активных лемехов с режущей кромкой в виде полуэллипса и с возможностью колебания лемехов в

Секция 1: Сельскохозяйственные машины и тракторы:  
расчет, проектирование и производство

боковом направлении относительно оси, проходящей через точку  $O$  и перпендикулярную плоскости лемеха (рисунок 1).

Геометрические размеры лемеха (его форму и длину) определяются из условия обеспечения лезвием резания почвы и растительных корневищ со скольжением при колебании лемеха.

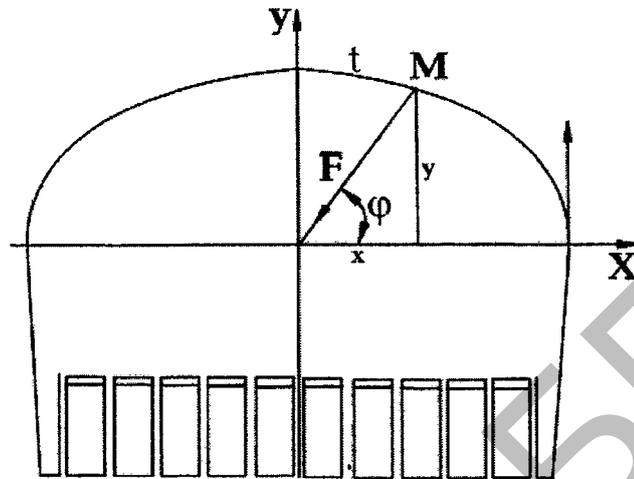


Рисунок 1 – Схема к определению геометрических параметров лемеха.

В связи с этим рассмотрим движение стебля сорной растительности, представленной в виде материальной точки  $M$  массой  $m$ , которая движется по плоскости под действием силы притяжения  $F$  к неподвижной точке  $O$ .

Сила притяжения (сила упругости стебля) изменяется по закону

$$F = -m \cdot k_1^2 \cdot r,$$

где  $r$  - радиус-вектор движущейся точки, проведенный из точки  $O$ ;

$k_1$  - постоянный коэффициент.

В начальный момент  $t=0$ ,  $x=1$ ,  $y=0$ ,  $V_x=0$ ,  $V_y=V_0$ , если начало координат выбрано в неподвижной точке  $O$ .

Определим уравнение движения точки и уравнение её траектории в координатной форме.

Пусть в момент времени  $t$  движущаяся точка имеет координаты  $x$  и  $y$ . Прикладываем к точке силу  $F$  и составляем дифференциальные уравнения её движения в проекциях на оси координат. Имеем

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= F_x; & m \frac{d^2 y}{dt^2} &= F_y; \\ F_x &= -m k_1^2 r \cos \varphi; & F_y &= -m k_1^2 r \sin \varphi; \end{aligned}$$

Учитывая, что  $r \cos \varphi = x$ ;  $r \sin \varphi = y$ ; дифференциальные уравнения принимают вид:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -k_1^2 x; \quad \frac{d^2 y}{dt^2} = -k_1^2 y;$$

Для интегрирования этих уравнений можно применить подстановки

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = V_x(dV_x)/(dx); \quad \frac{d^2 y}{dt^2} = V_y(dV_y)/(dy)$$

или интегрировать их как линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Выполним интегрирование уравнений, используя подстановки.

Имеем

$$\int_0^V V_x \cdot d_x = -k_1^2 \cdot \int_1^x x \cdot dx;$$

Или

$$\frac{V_x^2}{2} = \frac{k_1^2}{2} \cdot (1^2 - x^2).$$

Аналогично для  $V_y$  получаем  $\frac{V_y^2}{2} - \frac{V_0^2}{2} = -\frac{k^2}{2} \cdot y^2$ .

Учитывая, что  $V_x = dx/dt$  и  $V_y = dy/dt$  имеем

$$\frac{dx}{dt} = k_1 \cdot \sqrt{l^2 - x^2}; \quad \frac{dy}{dt} = k_1 \cdot \sqrt{\frac{V_0^2}{k_1^2} - y^2}.$$

Эти дифференциальные уравнения интегрируем путём разделения переменных.

Получаем 
$$\int_l^x \frac{dx}{\sqrt{l^2 - x^2}} = k_1 \cdot \int_0^t dt; \quad \int_0^y \frac{dy}{\sqrt{\frac{V_0^2}{k_1^2} - y^2}} = k_1 \cdot \int_0^t dt.$$

Выполняя интегрирование и подставляя пределы, имеем

$$\arcsin(x/l) - \arcsin(l) = k_1 t;$$

$$\arcsin(y/V_0/k_1) - \arcsin(0) = k_1 t \text{ или}$$

$$x/l = \sin(kt + \pi/2) = \cos(kt); \quad y/V_0/k_1 = \sin(kt).$$

Уравнения движения точки принимают вид

$$x = l \cos(kt); \quad y = (V_0/k_1) \sin(kt).$$

Возводя в квадрат  $\cos(kt)$  и  $\sin(kt)$ , получаем уравнение траектории точки в координатной форме.

Таким образом, траекторией точки или форма лезвия лемеха является эллипс с положительным значением у полуосями  $l$  и  $l_0/k_1$ .

$$\frac{x^2}{l^2} + \frac{k_1^2 \cdot y^2}{V_0^2} = 1. \quad (1)$$

Проведены исследования по характеру размещения крайних клубней в гнездах относительно осевой линии грядки вправо  $l_n$  и влево  $l_n$  и получены их оценки для сорта "Темп": средние арифметические значения  $l_{cp(n)}=11,71$  см и  $l_{cp(n)}=11,65$  см; средние квадратические отклонения  $\sigma_n=2,99$  см и  $\sigma_n=2,82$  см расстояний  $l_n$  и  $l_n$  от их средних значений  $l_{cp(n)}$  и  $l_{cp(n)}$ .

Отклонение крайних клубней от оси грядки влево и вправо подчиняется закону нормального распределения (рассчитанные значения критерия проверки Пирсона для отклонений влево равны 7,5, для отклонений вправо – 9,06 и не превышают табличных значений 9,5 при вероятности 0,98 [3]).

Отклонения размещения клубней вправо и влево являются выборками из одной генеральной совокупности и их можно объединить [4]. Гарантированное поле допуска при надежности 0,99 и вероятности 0,975 обеспечивается при коэффициенте  $k = 2,35$ . Тогда максимальное отклонение крайних клубней от оси грядки будет  $l_{max} = l_{l(n)} + \varepsilon \sigma$ .

Агротехническим допуском наложено ограничение на отклонение лемеха от траектории картофельной грядки  $\Delta_{лем}$ . Тогда ширина лемеха должна быть не менее

$$l = 2 \cdot (l_{l(n)} + \varepsilon \cdot \sigma + \Delta_{лем}) \quad (2)$$

При найденных оценках  $l_{l(n)}$  и значениях  $\varepsilon$  и  $\sigma$ , допуске  $\Delta_{лем}=2,0$  см принятое  $l=0,3$  м будет удовлетворять условию (2). При  $V_0 = 2,5$  м/с и  $k = 0,5$  уравнение (1) получает окончательный вид.

$$\frac{x^2}{0,09} + \frac{y^2}{0,04} = 1. \quad (3)$$

В соответствии с (3) строим профиль подкапывающего рабочего органа.

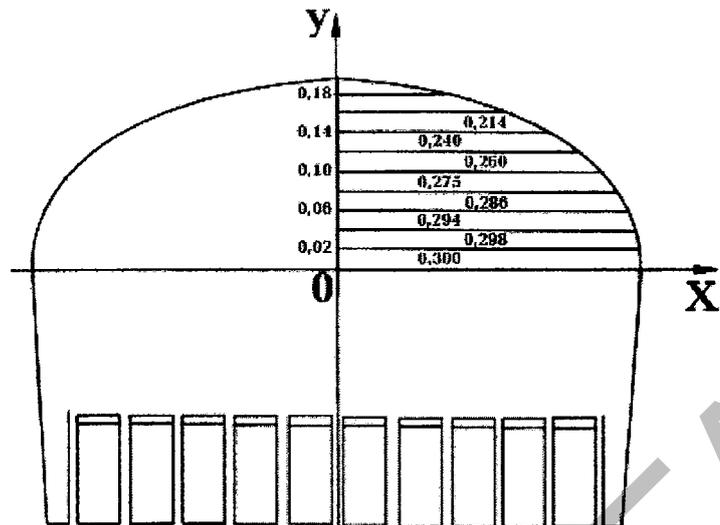


Рисунок 2 – Профиль колеблющегося плоского лемеха

Активный лемех с эллипсовидной формой лезвия с колебаниями в поперечном направлении реализован в картофелекопателе - погрузчике КМБ-2-02, разработанном в БГАТУ. Он обеспечил снижение тягового сопротивления по сравнению с аналогами в 2 раза и уменьшает поступление технологической массы в машину на 175 тонн на каждом гектаре [1].

Данная машина рекомендована Министерством сельского хозяйства и продовольствия к выпуску опытной партией [1].

#### **Заключение**

В силу существующих недостатков пассивных плоских подкапывающих лемехов (разваливание пласта по сторонам, неизбежность подкапывания излишней почвы для предотвращения потерь, высокое тяговое сопротивление) их следует считать менее перспективными в сравнении с активными

Среди активных лемехов больше положительных качеств имеет плоский лемех эллипсовидной формы, совершающий колебания лемехов в боковом направлении относительно оси, проходящей через точку О и перпендикулярную плоскости лемеха.

Рациональной формой лезвия лемеха является кривая, описанная выражением (3).

На такой лемех на каждом гектаре, поступает на 175 тонн меньше технологической массы, по сравнению с активным лемехом, колеблющемся в вертикальной плоскости. Это значительно упрощает процесс сепарации массы, повышает производительность картофелеуборочной машины.

#### **Литература**

1. Экономическая оценка унифицированных модульных картофелеуборочных машин / В.П. Буяшов, И. П. Бусел, Н. Н. Кугач, И.З. Синкуть // Агропанорама. - 2004. - №1.-С.24-25.
2. Танась В. Повышение эффективности производства картофеля на малокаменистых почвах на основе разработки универсальной модульной машины для предпосадочной подготовки поля и уборки / Автореф. докт. техн. наук / Танась В.; БГАТУ.-2004.- с.39.
3. ГОСТ 11.006-74 (СТ СЭВ 1190-78). Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. -введ. 1976-01-01; М.: Из-во стандартов, сор. 1981. -32 с.
4. РТМ 44-62. Методика статистической обработки эмпирических данных. - М.: Наука.-1966. -100с.