

УДК 631.356.24

**КИНЕМАТИКА ДВИЖЕНИЯ КОРНЕПЛОДА САХАРНОЙ
СВЕКЛЫ ПРИ ВЫКОПКЕ ВИБРАЦИОННЫМ КОПАЧОМ**

Сугак Артем Сергеевич

магистрант

Абросимов Александр Геннадьевич

кандидат технических наук, доцент

AlexAbr84@bk.ru

Соловьёв Сергей Владимирович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

sergsol6800@yandex.ru

Дробышев Игорь Анатольевич

кандидат технических наук, доцент

drobyshev1968@bk.ru

Алехин Алексей Викторович

кандидат технических наук, доцент

alekhinal@bk.ru

ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ,

г. Мичуринск, Россия

Аннотация: В данной статье представлена кинематика движения корнеплода сахарной свеклы при выкопке вибрационным копачом

Ключевые слова: рабочий орган, перемещение, скорость, высота подъема, кинематика.

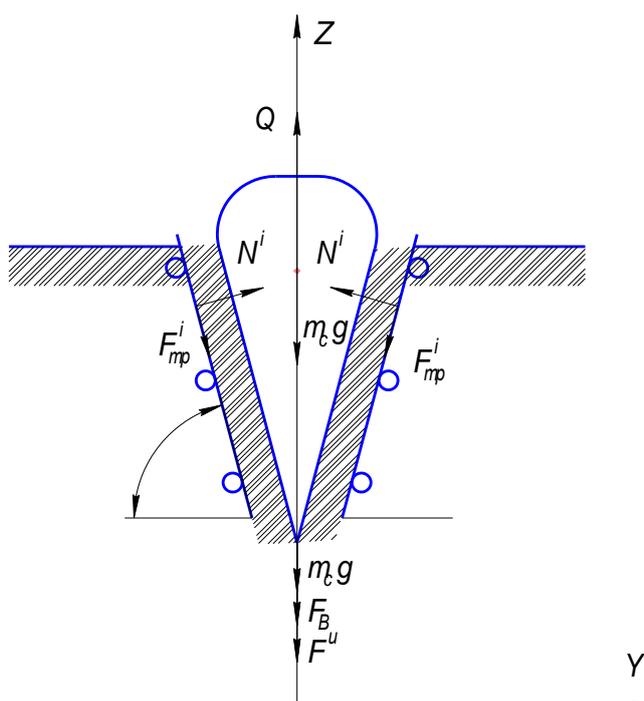
Уборка урожая является наиболее трудоемким процессом при возделывании сахарной свеклы. Производительность свеклоуборочных комбайнов напрямую зависит от скорости извлечения корнеплодов из почвы, однако существует опасность увеличения повреждения и потери корнеплодов [1]. Во избежание этого нами разработан вибрационный рабочий орган, состоящий из рыхлительной лапы с прикрепленными к нему прутками, расположенными параллельно поверхности поля. Рабочая часть копача в плоскости, перпендикулярной движению агрегата, располагается параллельно конусной части корнеплода. Рыхлительные лапы с прутками образуют русло копача, сужающееся по ходу прохождения через него корнеплода.

На корнеплод действуют следующие силы: возмущающая сила Q , сила трения почвы о копач $F_{тр}$, сила нормального давления копача на почву N , сила тяжести корнеплода $m_{кг}$, сила тяжести почвы, находящейся внутри копача $m_{п}g$, восстанавливающая сила, зависящая от свойств и состояния почвы $F_{в}$, и силы инерции $F^и$. Спроектируем эти силы на ось OZ .

Данная система будет уравновешена, и ее уравнение будет иметь вид:

$$\sum P = 0 \quad (1)$$

где $\sum P$ – сумма проекций сил на ось OZ ,



1 - корнеплод, 2 - почва, 3 - копач

Рисунок 1 – Схема для определения сил воздействия на корнеплод при движении копача

После подстановки значений сил инерции:

$$Q \cdot \sin \alpha + N \cdot \cos \alpha - m_k \cdot g - m_n \cdot g - F^n - F_{\text{тр}} \cdot \sin \alpha - F_b = 0 \quad (2)$$

где α – угол наклона рыхлительной лапы, град;

N – нормальная составляющая силы, кН;

m_k - масса корнеплода, кг;

m_n - масса почвы, кг;

Q - возмущающая сила, кН;

$F_{\text{тр}}$ - сила трения, кН;

F_b – восстанавливающая сила, кН.

Чтобы извлечь корнеплод из почвы, необходимо следующее условие: сумма всех сил, действующих на корнеплод, должна быть меньше восстанавливающей силы, то есть той силы, которая оказывает сопротивление выкопке корнеплода:

$$F_b < Q \cdot \sin \alpha + N \cdot \cos \alpha - m_k \cdot g - m_n \cdot g - F^n - F_{\text{тр}} \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

Освободившейся корнеплод можно представить как тело брошенное вертикально вверх[2]:

Перемещение корнеплода определяется выражением:

$$z(t) = A_z \cdot \cos \omega t - \frac{gt^2}{2} \quad (4)$$

ω - угловая скорость, рад/сек;

A_z – амплитуда.

Амплитуду в вертикальной плоскости, согласно рисунку 2 можно выразить следующей формулой:

$$A_z = c - b \cdot \cos \beta + (1 \cdot \cos(\alpha + \xi) + R \cdot \sin \alpha) \sin \beta \quad (5)$$

где c - расстояние от шарнира до прутков $c = K + r - L$, м;

R - расстояние между режущими кромками копача, м;

K - длинна шатуна, м

L – расстояние от центра узла вибрации до поворотной каретки шатуна,

м;

b - расстояние от шарнира до прутка при повороте вала на угол α , м;

α - угол наклона вала, м;

ξ - угол наклона прутков, град;

l - длина прутков $l=(R-T)/2\text{tg}\xi$, м;

T - зазор между прутками, м

β - угол наклона шатуна при повороте вала на угол α

$$\beta = \frac{\arccos(L-r \cdot \cos\alpha)}{\sqrt{(r \cdot \sin\alpha)^2 + (L-r \cdot \cos\alpha)^2}}, \text{ град.}$$

Скорость движения корнеплода определится:

$$Z\dot{(t)} = -A_z w \sin(wt) - gt \quad (6)$$

Для определения максимальной высоты подъема корнеплода приравняем выражение (4) нулю и определим t :

$$t = A_z w \sin(wt) / g \quad (7)$$

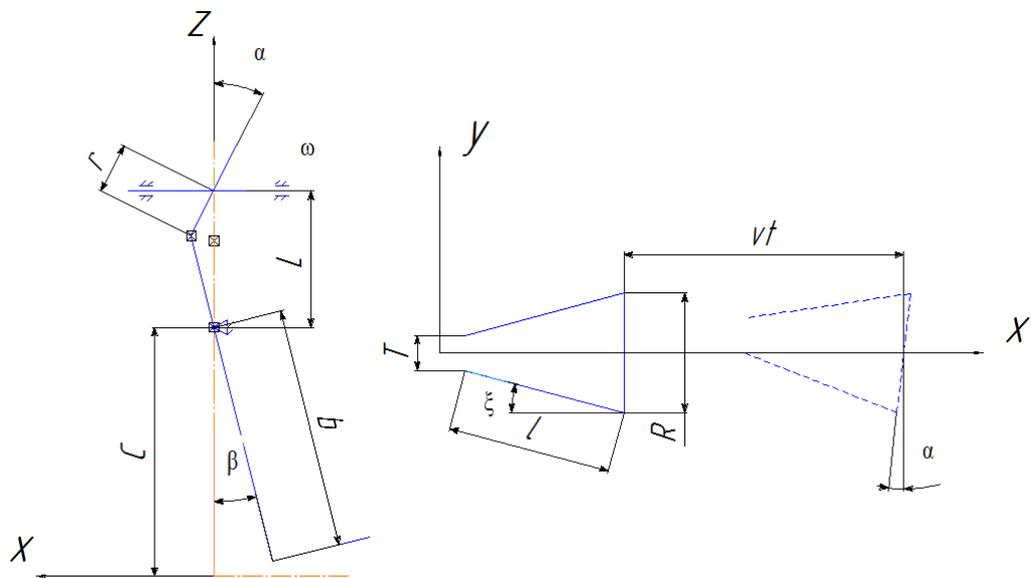


Рисунок 2 - Схема перемещения рабочего органа.

Подставляя значение t в выражение (6), определим максимальную высоту перемещения корнеплода:

$$Z = A_z^2 w^2 \sin^2(wt) / 2g \quad (8)$$

В связи с этим высота подъема корнеплода зависит от скорости движения рабочей части копача, а скорость движения зависит от углового ускорения качающейся шайбы узла вибрации (рис. 3).

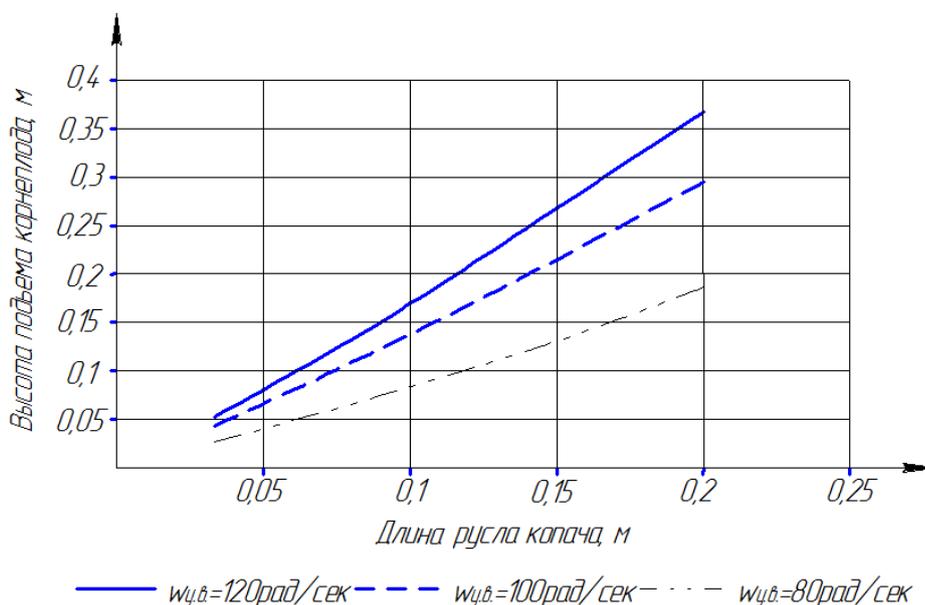


Рисунок 3 – Высота подъема корнеплода

Необходимая высота подъема корнеплода сахарной свеклы должна составлять не меньше максимальной его длины.

Таким образом, угловая скорость узла вибрации должна находиться в пределах $\omega_{y,\dot{\alpha}} = 110 \dots 90 \text{ рад/сек}$. В этом случае будет осуществляться более полная выкопка корнеплодов при минимальных повреждениях.

Результаты исследований, приведенные в научной статье, были получены в рамках реализации проекта №41-МУ-19 (02) областного конкурса «Гранты для поддержки прикладных исследований молодых учёных 2019 года»

Список литературы

1. Брей В.В. Исследование и разработка процесса извлечения из почвы корней сахарной свёклы. Автореф. дисс. канд. техн. наук 05.06.01.- Киев, 1972.-31с.

2. Эрдеди А.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов
[Текст] / А.А. Эрдеди, Н.А. Эрдеди, 2007г.

KINEMATICS OF SUGAR BEET ROOT CROP MOVEMENT WHEN DIGGING BY VIBRATING DIGGER

Sugak Artem Sergeevich

Master's Degree Student

Abrosimov Alexander Gennadievich

candidate of technical Sciences, associate Professor

AlexAbr84@bk.ru

Soloviev Sergey Vladimirovich

doctor of agricultural Sciences, Professor

sergsol6800@yandex.ru

Drobyshev Igor Anatolyevich

candidate of technical Sciences, associate Professor

drobyshev1968@bk.ru

Alekhin Alexey Viktorovich

candidate of technical Sciences, associate Professor

alekhinal@bk.ru

Michurinsk State Agrarian University,
Michurinsk, Russia

Abstract: This article presents the kinematics of the movement of the sugar beet root crop when digging with a vibrating digger

Keywords: working body, movement, speed, lifting height, kinematics.