

Анализ построенного графика зависимости показал, что при увеличении расстояния между ножами снижается вероятность измельчения растительных остатков спирально-ножевидным катком, причем максимальная вероятность, при которой происходит измельчение стеблей на отрезки до 15 см, будет равна 63,7 %.

24.06.2016

### Литература

1. Козлов, Н.С. Анализ почвообрабатывающих машин для послеуборочного измельчения высокостебельных культур / Н.С. Козлов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 160–165.
2. Кендалл, М. Геометрические вероятности / М. Кендалл, П. Моран – М.: Наука, 1972. – 101 с.
3. Спирин, А.П. Мульчирующая обработка почвы / А.П. Спирин – М.: ВИМ, 2001. – 135 с.

УДК 631.314

**Н.Д. Лепешкин, В.П. Чеботарев,  
Н.С. Козлов**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

### АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СПИРАЛЬНО- НОЖЕВИДНОГО КАТКА ПО ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ

#### Введение

Анализ исследований процесса послеуборочного измельчения растительных остатков высокостебельных культур [1] показал, что для этой цели наиболее эффективно применение спирально-ножевидных катков. Их достоинствами по сравнению с другими типами рабочих органов являются более высокая производительность, обеспечиваемая за счет существенного повышения рабочих скоростей и ширины захвата, простая и компактная конструкция, а также низкое тяговое сопротивление при работе на различных агрофонах.

Одним из значимых параметров спирально-ножевидных катков является рабочая скорость движения, от которой зависит сила перерезания растительных остатков.

#### Основная часть

Движение катка можно рассматривать по аналогии с движением колеса. Как отмечают в своих исследованиях В.А. Новичихин [2] и В.П. Мармалюков [3], которые исследовали процесс взаимодействия катка с почвой, движение катка представляет собой движение ведомого колеса с цилиндрическим ободом и горизонтальной осью вращения. Рассмотрим движение точки  $A$ , расположенной на конце ножа катящегося спирально-ножевидного катка (рисунок 1).

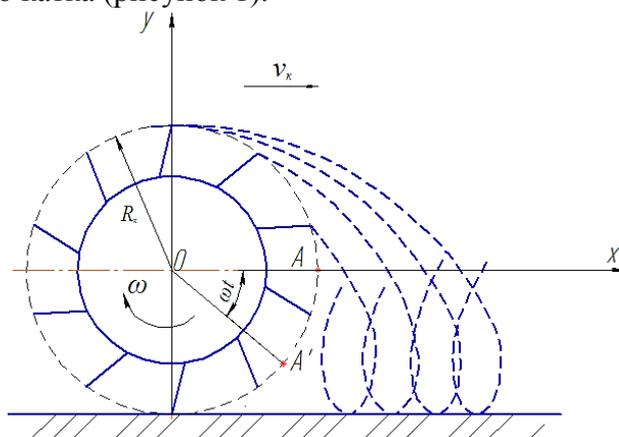


Рисунок 1. – Траектории движения точки  $A$  лезвий ножей спирально-ножевидного катка

Точка  $A$  совершает поступательно-вращательное движение. При этом она смещается в положение точки  $A'$  при угле поворота катка  $\omega t$ . При движении катка точка  $A$  описывает в пространстве циклоиду, уравнение которой имеет вид [4]:

по оси  $x$ :

$$x = v_K \cdot t - (R - R \cdot \cos(\omega \cdot t)) = v_K \cdot t - R + R \cdot \cos(\omega \cdot t);$$

по оси  $y$ :

$$y = -R \cdot \sin(\omega \cdot t),$$

где  $R$  – радиус катка,  $m$ ;

$\omega$  – угловая скорость вращения катка,  $c^{-1}$ ;

$t$  – время поворота катка,  $c$ ;

$\omega \cdot t$  – угол поворота катка из начального положения,  $rad.$ ;

$v_K$  – поступательная скорость движения центра спирально-ножевидного катка,  $m/c$ .

Проекция абсолютной скорости конца ножа на оси  $Ox$  и  $Oy$  будут равны:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = v_K - \omega R \sin(\omega t);$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \omega R \cos(\omega t).$$

Абсолютная скорость конца ножа спирально-ножевидного катка равна:

$$\begin{aligned} v_A &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(v_K - \omega R \sin(\omega t))^2 + (\omega R \cos(\omega t))^2} = \\ &= \sqrt{v_K^2 - 2v_K \omega R \sin(\omega t) + \omega^2 R^2 \sin^2(\omega t) + \omega^2 R^2 \cos^2(\omega t)} = \\ &= \sqrt{v_K^2 - 2v_K \omega R \sin(\omega t) + \omega^2 R^2 (\sin^2(\omega t) + \cos^2(\omega t))} = \\ &= \sqrt{v_K^2 - 2v_K \omega R \sin(\omega t) + v^2} = \sqrt{2v_K^2 - 2v_K \omega R \sin(\omega t)}. \end{aligned} \tag{1}$$

Так как  $v_K = \omega R$ , то тогда

$$\omega = \frac{v_K}{R}.$$

После подстановки значения  $\omega$  в уравнение (1) абсолютной скорости конца ножа уравнение примет вид:

$$v_A = \sqrt{2v_K^2 - 2v_K \frac{v_K}{R} R \sin(\omega t)} = v_K \sqrt{2(1 - \sin \omega t)}.$$

Теорию процесса резания разрабатывали такие известные ученые, как В.П. Горячкин, В.А. Желиговский, Е.С. Босой, Н.Е. Резник и другие. Как отмечает в своей работе Н.Е. Резник [5], скорость кромки ножа является важнейшим параметром процесса резания. Зависимость силы, необходимой для перерезания растительных остатков, от скорости определяется тем, что сопротивление упруговязкого материала динамическому воздействию связано со скоростью распространения в нем напряжений и деформаций.

Для среза необходимо создание режущим элементом рабочего органа на растительных остатках напряжений, равных разрушающим [6], то есть режущий нож должен преодолеть силу сопротивления перерезанию растительных остатков  $F_{c.n.}$ :

$$F_{c.n.} < F_{и.н} = m_k \cdot a_{ц},$$

где  $F_{и.н.}$  – сила инерции, создаваемая ножом спирально-ножевидного катка, Н;  
 $m_k$  – масса катка, кг;

$a_{ц}$  – центробежное ускорение кромки лезвия ножа спирально-ножевидного катка,  $m/c^2$ .

Центробежное ускорение кромки лезвия ножа будет равно:

$$a_{ц} = \frac{v_A^2}{R}. \quad (2)$$

Подставив значение скорости движения кромки лезвия ножа из формулы (1) в формулу (2), получим окончательную формулу центробежного ускорения:

$$a_A = \frac{(v_k \sqrt{2 \cdot (1 - \sin \omega t)})^2}{R} = \frac{2v_k^2 \cdot (1 - \sin \omega t)}{R}.$$

Сила, создаваемая на лезвии катка в момент перерезания стебля, будет равна:

$$F_{c.n.} = m_k \cdot \frac{2v_k^2 \cdot (1 - \sin \omega t)}{R}.$$

Минимальная скорость движения катка, обеспечивающая перерезание растительных остатков высокостебельных культур, будет равна:

$$v_{k \min} = \sqrt{\frac{F_{c.n.} \cdot R}{2(1 - \sin \omega t) \cdot m_k}}.$$

Анализ полученных зависимостей показывает, что величина усилия, создающаяся ножом катка, пропорциональна его массе, квадрату скорости и обратно пропорциональна радиусу катка.

### Заключение

Проведенное аналитическое исследование движения спирально-ножевидного катка по поверхности почвы позволило определить его минимальную скорость  $v_{k \min}$ , необходимую для перерезания растительных остатков высокостебельных культур.

Анализ полученной формулы определения минимальной скорости движения спирально-ножевидного катка, необходимой для обеспечения перерезания растительных остатков, показал, что скорость зависит не только от конструктивных параметров катка, но и от физико-механических свойств растительных остатков высокостебельных культур.

06.06.2016

### Литература

1. Козлов, Н.С. Анализ почвообрабатывающих машин для послеуборочного измельчения высокостебельных культур / Н.С. Козлов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 160–165.
2. Новичихин, В.А. Исследование процесса работы сельскохозяйственных катков на торфяных почвах: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.А. Новичихин. – Минск, 1958.
3. Мармалюков, В.П. Исследование процесса механизации предпосевной обработки почвы катком-выравнивателем в условиях нечерноземной зоны: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.П. Мармалюков. – Минск, 1980.
4. Справочник по физике. Формулы, таблицы, схемы / Х. Штекер [и др.]; под ред. Х. Штекера; перевод Т.Н. Зазаевой. – М.: Техносфера, 2009. – 567 с.
5. Резник, Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.
6. Кацыгин, В.В. Вопросы технологии механизированного сельскохозяйственного производства / В.В. Кацыгин. – Минск: Гос. издат. сельск-ной лит-ры БССР, 1963. – Ч. 1 – 64 с.