

уборки высокостебельных культур достигает 0,3 м. Кроме того, чтобы растительные остатки высокостебельных культур прижать к почве, необходимо обеспечить наименьшую высоту приложения к стеблю и наибольшее усилие.

Заключение

1. Для качественного измельчения растительных остатков высокостебельных культур спирально-ножевидным катком необходимо обеспечить резание их с подпором. Для этого впереди катка закрепляют нормализатор, представляющий собой трубу, с возможностью регулирования по высоте относительно почвы. Это обеспечивает наименьшее усилие элементов катка на перерезание стеблей за счет подпора, в качестве которого выступает почва.

2. Анализ теоретических исследований показал, что для прижатия растительных остатков к почве необходимо выбирать минимальную высоту точки приложения нормализатора к стеблю и максимальное усилие. Так, для послеуборочного измельчения стеблей кукурузы спирально-ножевидным катком минимальная высота приложения составляет 5 см, а усилие – не менее 15 Н.

Литература

1. Кравчук, В. И. Функциональные испытания тяжелой дисковой бороны с лыжным устройством для сваливания и предварительной деформации растений / В. И. Кравчук, В. П. Давыдюк // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 1. – С. 30–33.

2. Резник, Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н. Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 311.

УДК 631.171:633/635

Поступила в редакцию 10.08.2017
Received 10.08.2017

Н. С. Козлов¹, В. П. Чеботарев²

*¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: kozlov_nikolay@tut.by*

*²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ СПИРАЛЬНО-НОЖЕВИДНЫМ КАТКОМ ПОСЛЕ УБОРКИ ВЫСОКОСТЕБЕЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В статье приведено теоретическое исследование влияния конструктивных параметров спирально-ножевидного катка на его тяговое сопротивление в процессе работы.

Ключевые слова: каток, сопротивление, растительные остатки, количество ножей, диаметр катка, измельчать, угол установки, коэффициент сопротивления, длина ножа, ширина захвата, вес катка.

N. S. Kozlov¹, V. P. Chebotaryov²

*¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: kozlov_nikolay@tut.by;*

*²Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university»
Minsk, Republic of Belarus*

ENERGYESTIMATION OF THE PROCESS OF GRINDING OF VEGETABLE RESIDUES SPIRAL-KNIFE ROLLER HIGH-STEM AGRICULTURAL CROPS

The article presents of theoretical studies of the influence of parameters of spiral-knife roller on its traction resistance in during work.

Keywords: roller, strength, vegetable residues, number of knives, diameter of the roller, grind up, angle of installation, coefficient of resistance, length of knife, working width, roller weight.

Введение

После уборки высокостебельных сельскохозяйственных культур возникает необходимость измельчения их растительных остатков [1, с. 5]. Для решения этой проблемы был разработан и изготовлен спирально-ножевидный каток [2, с. 61]. Кроме того, чтобы обеспечить качественное измельчение, а именно перед проходом катка прижать растительные остатки к почве, он оснащен нормализатором растительных остатков. Нормализатор выполнен в виде трубы с возможностью регулировки по высоте относительно почвы [3, с. 1].

В процессе работы сельскохозяйственного агрегата возникает тяговое сопротивление его рабочих органов. Оно оказывает существенное влияние на энергозатраты входе выполнения технологической операции. Поэтому тяговое сопротивление рабочих органов необходимо учитывать при разработке новых почвообрабатывающих агрегатов.

Тяговое сопротивление спирально-ножевидного катка, предназначенного для послеуборочного измельчения растительных остатков высокостебельных культур, можно разделить на сопротивление, вызванное конструкцией катка, и сопротивление растительных остатков измельчению. Поэтому необходимо провести теоретическое исследование с целью определения влияния физико-механических свойств растительных остатков и конструктивных параметров спирально-ножевидного катка на его тяговое сопротивление.

Результаты исследований

Для определения тягового сопротивления гладких катков была выведена формула Грандуане – Горячкина [4, с. 280]:

$$F_K = 0,863 \sqrt{\frac{G^4}{q \cdot b \cdot D_K^2}}, \quad (1)$$

где $G = m_K g$ – сила тяжести катка, H ;

m_K – масса катка, $кг$;

g – ускорение свободного падения, $м/с^2$;

q – коэффициент объемного смятия почвы, $Н/м^3$;

b – ширина захвата катка, $м$;

D_K – диаметр катка, $м$.

Так как зависимость (1) определяет тяговое сопротивление гладких катков, то для спирально-ножевидных катков необходимо дополнить ее поправочным коэффициентом K_C :

$$F_K = 0,863 \sqrt{\frac{G^4}{q \cdot b \cdot D_K^2}} \cdot K_C,$$

где $K_C = K_K + K_{II}$ – поправочный коэффициент;

K_K – коэффициент, характеризующий сопротивление, вызванное конструкцией катка;

K_{II} – коэффициент, характеризующий сопротивление перерезания растительных остатков.

Тогда

$$F_K = 0,863 \sqrt{\frac{G^4}{q \cdot b \cdot D_K^2}} \cdot (K_K + K_{II}).$$

Коэффициент K_K зависит от конструктивных параметров катка. В первую очередь оказывает влияние количество ножей и количество фактически участвующих в резании ножей. Тогда коэффициент K_K можно представить выражением:

$$K_K = f \cdot \frac{z_{ф.р.}}{z}, \quad (2)$$

где f – коэффициент скольжения ножа по почве;

$z_{ф.р.}$ – количество фактически режущих ножей катка, $шт.$;

z – количество ножей катка, $шт.$

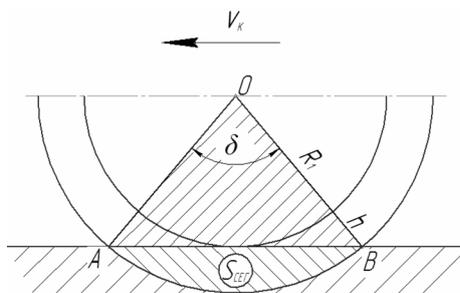


Рисунок 1. – Схема к определению количества фактически режущих ножей

Процесс резки растительных остатков спирально-ножевидным катком будет происходить с момента прижатия к почве ножом и до момента выглубления его из почвы. Количество ножей катка, участвующих в процессе резания на данном отрезке, будет определять количество фактически режущих ножей $z_{ф.р.}$. На рисунке 1 точка А показывает начало резания с одновременным вхождением в почву, а точка В – окончание резания и выглубление.

Анализ схемы на рисунке 1 показывает, что количество фактически режущих ножей катка $z_{ф.р.}$ будет ограничиваться площадью сегмента $S_{СЕГ}$. Тогда количество фактически режущих ножей катка $z_{ф.р.}$ определим по формуле:

$$z_{ф.р.} = \frac{S_{СЕГ}}{l_{р.н.} \cdot b_{ножа}},$$

где $l_{р.н.}$ – расстояние между концами ножей, м;

$b_{ножа}$ – толщина ножей катка, м.

Площадь сегмента будет равна разности площади сектора и площади треугольника OAB (рисунок 1), образованного между ножами радиусами R (равными сумме радиуса катка R_1 и высоты ножа h) и углом δ :

$$S_{СЕГ} = S_{СЕК} - S_{OAB} = \frac{\pi R^2 \delta}{360} - \frac{R^2 \sin \delta}{2} = \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi \delta}{180} - \sin \delta \right).$$

Расстояние между концами ножей $l_{р.н.}$ определяется дугой АВ между двумя соседними ножами. Тогда

$$l_{р.н.} = \frac{\pi R \delta}{180}.$$

Тогда количество фактически режущих ножей катка $z_{ф.р.}$ будет равно:

$$z_{ф.р.} = \frac{\frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi \delta}{180} - \sin \delta \right)}{\frac{\pi R \delta}{180} \cdot b_{ножа}} = \frac{R \left(\frac{\pi \delta}{2} - 90 \cdot \sin \delta \right)}{\pi \cdot \delta \cdot b_{ножа}}. \quad (3)$$

После подстановки зависимости (3) в уравнение (2) коэффициент K_K будет представлен следующим виде:

$$K_K = \frac{f \cdot R \left(\frac{\pi \delta}{2} - 90 \cdot \sin \delta \right)}{\pi \cdot \delta \cdot b_{ножа} \cdot z}.$$

На тяговое сопротивление спирально-ножевидного катка во время работы оказывают влияние не только конструктивные особенности, но и сопротивление обрабатываемого материала, вызванное в процессе его измельчения. Так, при встрече ножа с растительными остатками возникает сопротивление перерезания, которое происходит на одновременно работающих ножах. Исходя из того, что ножи установлены под углом относительно продольной оси катка и имеют форму спирали, резание будет осуществляться только на активной длине лезвия ножа.

Тогда коэффициент K_{II} будет равен:

$$K_{II} = \frac{P_{PEЗ} \cdot S_{АКТ}}{F_{ИН} \cdot b_{МП}}, \quad (4)$$

где $P_{PEЗ}$ – сила сопротивления резанию, Н;

$S_{АКТ}$ – активная длина ножа, м;

$F_{ИН}$ – сила инерции, создаваемая ножом спирально-ножевидного катка, H ;

b_{MP} – ширина междурядий, m .

Активную длину ножа, участвующую в процессе резания, найдем из выражения:

$$S_{АКТ} = \frac{b / \cos \alpha}{n_{РЯД}} = \frac{b}{\cos \alpha \cdot n_{РЯД}}, \quad (5)$$

где $n_{РЯД}$ – количество обрабатываемых рядков, *шт.*

Подставив формулу (5) в выражение (4) и проведя соответствующие преобразования, получим следующее выражение:

$$K_{П} = \frac{b \cdot P_{РЕЗ}}{F_{ИН} \cdot b_{MP} \cdot n_{РЯД} \cdot \cos \alpha}.$$

В конечном виде тяговое сопротивление спирально-ножевидных катков будет выглядеть:

$$F_K = 0,863 \sqrt[3]{\frac{G^4}{q \cdot b \cdot D^2}} \cdot \left(\frac{f \cdot R \left(\frac{\pi \delta}{2} - 90 \cdot \sin \delta \right)}{\pi \cdot \delta \cdot b_{ножа} \cdot n} + \frac{b \cdot P_{РЕЗ}}{F_{ИН} \cdot b_{MP} \cdot n_{РЯД} \cdot \cos \alpha} \right). \quad (6)$$

Из полученного выражения (6) для определения тягового сопротивления спирально-ножевидного катка можно сделать вывод, что наибольшее влияние оказывают конструктивные параметры – радиус катка, количество ножей и их угол установки на катке, толщина и длина ножа, ширина захвата катка, а также его вес, при увеличении которого увеличивается тяговое сопротивление катка.

Заключение

Анализ проведенного теоретического исследования показал, что на энергозатраты при работе спирально-ножевидного катка существенное влияние оказывает тяговое сопротивление. Полученная зависимость для определения тягового сопротивления спирально-ножевидного катка показала, что на тяговое сопротивление влияют конструктивные параметры катка, а также сила сопротивления перерезанию растительных остатков.

Литература

1. Спирин, А. П. Мульчирующая обработка почвы / А. П. Спирин. – М.: ВИМ, 2001. – 134 с.
2. Козлов, Н. С. Новые возможности повышения качества послеуборочной обработки агрофонов высокостебельных культур / Н. С. Козлов, Н. Д. Лепешкин // Перспективная техника и технологии в АПК: докл. междунар. науч. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Минск, 20–22 мая 2015 г. / УО «Белорусский государственный аграрный технический университет». – Минск, 2015. – С. 61–63.
3. Каток-измельчитель растительных остатков: пат. 11297 Респ. Беларусь, МПК А 01 В 29 / 04 / Н. Д. Лепешкин, В. П. Чеботарев, Н. С. Козлов; заявитель РУП «НПЦНАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № u20160237; заявл. 27.07.2016.; опубл. 02.11.2016 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 1. – С. 136.
4. Горячкин, В. П. Собрание сочинений в трех томах / В. П. Горячкин. – М.: Колос, 1968. – Т. 1. – 720 с.