

дя между штифтами измельчителя. Гранулы перги и восковое сырье попадают в аспирационный канал 6. Под действием воздушного потока частицы воска и мелкие частицы перги, скорость витания которых меньше скорости воздушного потока, устремляются в циклон 7, а гранулы перги под действием силы тяжести падают в емкость для перги. Воздух, засасываемый вентилятором 8, выходит через пылеуловитель 4, в котором оседают мелкие частицы воска.

В этой технологии ручными операциями остаются подача сотов и воско-перговой массы, отделение воско-перговой массы от рамок. Отделению воско-перговой массы от рамок мешает натянутая в них проволока.

При использовании предлагаемой технологии и средств механизации извлечения перги путем хронометража установлено, что на обработку 100 сотов затрачивается человеко-часов:

- скарификация перги в сотах – 1,3;
- сушка – 16,48;
- отделение воско-перговой массы от рамок – 4,17;
- охлаждение воско-перговой массы – 1,2;
- измельчение и разделение массы на пергу и восковое сырье – 4,95;
- перемещение сотов и воскового сырья – 1,4.

Таким образом, общие затраты труда составляют 29,5 чел.-ч на 100 сотов. В среднем, по нашим данным, в одном соте содержится 330 г перги, следовательно, затраты

труда на извлечение 1 кг перги составят около 1 чел.-ч.

При использовании данной технологии извлекается не менее 98% перги, которая содержит менее 5% примесей в виде донышек ячеек перговых сотов. Целых гранул перги в полученном продукте содержится более 90 % от общей массы. Полученная перга полностью соответствует требованиям ТУ 10 РСФСР 505-92.

Экономические расчеты показывают, что в Рязанской области, в которой насчитывается около 60 тысяч пчелиных семей, можно заготовить около 120 тонн перги на сумму приблизительно 200 миллионов рублей.

Технология извлечения перги и комплект оборудования для ее осуществления отмечены на Московском международном салоне инноваций и инвестиций бронзовой (2003 г.) и золотой (2006 г.) медалями, на международном форуме по пчеловодству «Апимодия 2007» в г. Мельбурн (Австралия) – серебряной медалью, а сам продукт «Перга сушеная» – золотой медалью Российской агропромышленной выставки «Золотая осень» в 2005 году.

Библиографический список

1. Некрашевич В.Ф., Кирьянов Ю.Н. Механизация пчеловодства. – Рязань, 2005. – 291 с.
2. Туников Г.М., Кривцов Н.И., Лебедев В.И., Кирьянов Ю.Н. Технология производства и переработки продукции пчеловодства. – М.: Колос, 2001. – 176 с.

УДК 631.356.46.02

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ РЕЗАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ПОДКАПЫВАЮЩЕГО ЛЕМЕХА КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЯ

Угланов Михаил Борисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Сельскохозяйственные, дорожные и специальные машины» ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1, тел.: 8(4912) 35-37-22 e-mail: mbu34@mail.ru

Иванкина Ольга Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная механика» ФГБОУ ВПО «Московский государственный открытый университет» (филиал), 390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, д.26/53, тел.: 8(4912) 25-41-48РИ (Ф) МГОУ.

Пашуков Сергей Алесандрович, кандидат технических наук, декан факультета «Дневное обучение» ФГБОУ ВПО «Московский государственный открытый университет» (филиал), 390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, д. 26/53, тел.: 8(4912) 25-41-48РИ (Ф) МГОУ

Воронкин Николай Михайлович, аспирант кафедры «Сельскохозяйственные, дорожные и специальные машины» ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1, тел.: 8(4912) 35-37-22

Чхетиани Артем Александрович, соискатель кафедры «Сельскохозяйственные, дорожные и специальные машины» ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1, тел.: 8(4912) 35-37-22

Ключевые слова: картофелекопатель, самоколеблющийся лемех, динамика пласта, параметры лемеха.

В статье дано описание самоколеблющегося лемеха картофелекопателя. Рассмотрена динамика почвенного пласта на лемехе и определена аналитическая зависимость усилия подкопа от состояния почвы и параметров лемеха.

Широко распространенные пассивные лемеха, которые применяют на картофелекопателях, имеют недостатки: часто происходит сгруживание почвенного пласта из-за неудовлетворительного продвижения по поверхности лемеха, наблюдается зависание ботвы. С целью устранения отмеченных недостатков и с учетом циклического характера сопротивления движению клина [1, 2, 3] мы предлагаем улучшенную схему картофелекопателя, имеющего подпружиненный лемех (рис. 1).

На рисунке 2 показан самоколеблющийся лемех. Лемех 1 подвешен на раме 4 через кронштейн 2 с цилиндрической пружиной 3. Во время работы лемех совершает колебательные движения, вызываемые циклическим сопротивлением почвы.

Колебательное движение лемеха обе-

спечивает хороший подкоч пласта, его крошение, стабильное продвижение к элеватору и устраняет сгруживание и зависание ботвы и растительных остатков.

Определим общее усилие подрезания пласта и исследуем характер изменения этого усилия.

Общее усилие резания пласта складывается из усилия сдвига P_c и усилия режущей кромки лемеха $P_{B'}$, т.е.

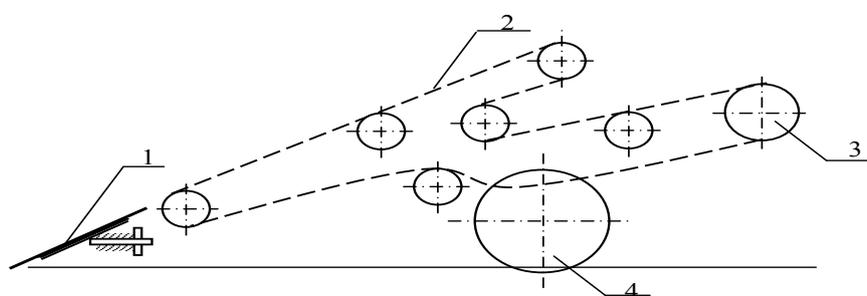
$$P = P_c + P_{B'}$$

где P_c – усилие сдвига элемента пласта; $P_{B'}$ – усилие вдавливания режущей кромки.

Усилие вдавливания режущей кромки $P_{B'}$ носит стационарный характер и зависит от физико-механических свойств почвы.

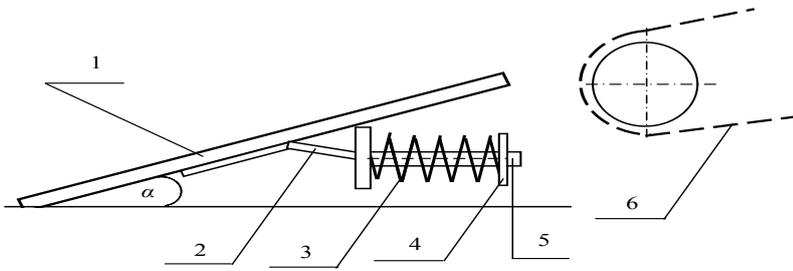
Усилие сдвига P_c имеет циклический характер. Вначале вдавливания клина в почву это усилие равно нулю, а затем, по мере углубления лемеха, оно

начинает постепенно возрастать. Затем сопротивление сдвига возрастает до того предела, которого достаточно для скалывания элемента почвы по некоторому косому направлению (под углом φ к горизонту). После скалывания этот элемент начинает одновременно сходиться на плоскость скалывания и двигаться по



1 – подпружиненный лемех; 2 – элеватор; 3 – ведущий вал; 4 – колесо

Рис. 1 – Конструктивно-технологическая схема копателя КТН – 2У



1 – лемех; 2 – кронштейн; 3 – пружина; 4 – рама; 5 – стопорный болт; 6 – основной элеватор

Рис. 2 – Подпружиненный лемех

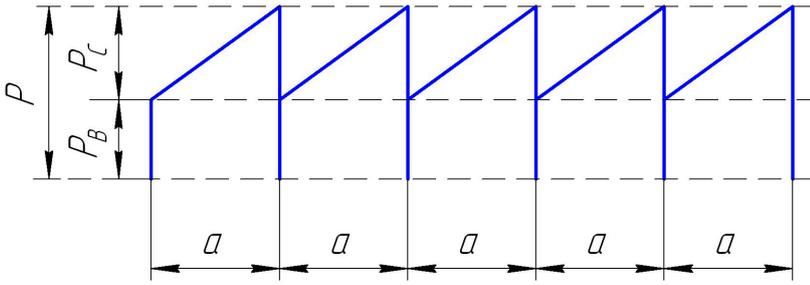


Рис. 3 – Характер изменения общего усилия

рабочей поверхности лемеха. За это время лемех продвинется на величину a , где a ход лемеха, а усилие P_C изменится от 0 до максимума. После этого данный периодический процесс повторяется. Таким образом, усилие сдвига носит пилообразный характер, и при движении клина оно возрастает от нуля до некоторого максимального значения P_C (рис. 3).

Максимальное значение усилия сдвига [1]

$$P_C = \frac{k_2 b e \cdot \sin(\alpha + 2\varphi) \cdot \sin^2[0,5(90^\circ - \varphi_1)]}{\cos \varphi \cdot \cos^2[0,5(\alpha + \varphi + \varphi_1)]}, \quad (1)$$

где: k_2 – напряжение сжатия, $k_2 = 50$ кПа; b – ширина лемеха, $b = 0,6$ м; e – толщина пласта, $e = 0,15$ м; φ – угол трения почвы о лемех, $\varphi = 30^\circ$; φ_1 – угол трения почвы о почву, $\varphi_1 = 50^\circ$; α – угол наклона лемеха, $\alpha = 27^\circ$.

Подставив в формулу данные, найдем, что $P_C = 1070$ Н.

Путь a , на котором происходит увеличение усилия сдвига, найдем по формуле [1]:

$$a = \frac{e \cdot \cos \varphi \cdot \sin^2[0,5(90^\circ - \varphi_1)] \cdot \cos[0,5(\varphi + \varphi_1 - \alpha)]}{\cos^3[0,5(\alpha + \varphi + \varphi)]}. \quad (2)$$

Подставив необходимые данные,

найдем: $a = 0,04$ м.

Обозначим $a = 2l$, где l – условная величина. Выразим усилие сдвига в виде периодической функции с периодом $T = 2l$, т.е. $P_C(x) = P_C(x + 2l)$, которая на отрезке $[0; 2l]$ оси абсцисс задается уравнением

$$P_C(x) = \frac{P_C}{2l} x. \quad (3)$$

На рисунке 4 показан периодический характер данной функции.

Разложение функции в ряд Фурье имеет следующий вид [4]:

$$P_C(x) = \frac{a_0}{2} + \sum \left(a_n \cos \frac{\pi n x}{l} + b_n \sin \frac{\pi n x}{l} \right). \quad (4)$$

Найдем коэффициенты ряда Фурье:

$$a_0 = \frac{1}{l} \int_0^{2l} \frac{P_C}{2l} x dx = \frac{1}{l} \cdot \frac{P_C}{4l} x^2 \Big|_0^{2l} = \frac{1}{l} \cdot \frac{P_C}{4l} \cdot (2l)^2 = P_C$$

Коэффициент a_n определим по формуле:

$$a_n = \frac{1}{l} \int_0^{2l} f(x) \cos \frac{\pi n x}{l} dx, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

В нашем случае

$$a_n = \frac{1}{l} \int_0^{2l} \frac{P_C \cdot x}{2l} \cos \frac{\pi n x}{l} dx$$

или

$$a_n = \frac{P_C}{2l^2} \int_0^{2l} x \cos \frac{\pi n x}{l} dx.$$

Интеграл вычислим по частям:

$$\int u dv = uv - \int v du,$$

т.е.

$$u = x, \quad du = dx, \quad dv = \cos \frac{\pi n x}{l} dx,$$

$$v = \int \cos \frac{\pi n}{l} x dx = \frac{l}{\pi n} \sin \frac{\pi n}{l} x + C_1.$$

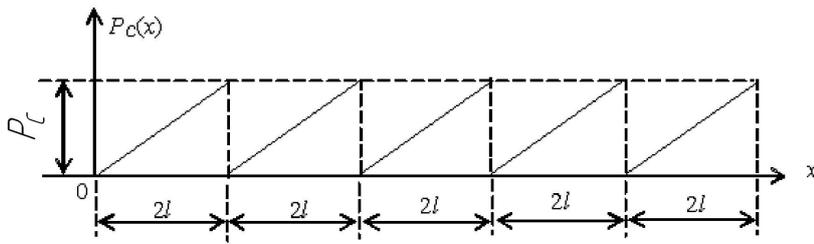


Рис. 4 – График функции усилия сдвига

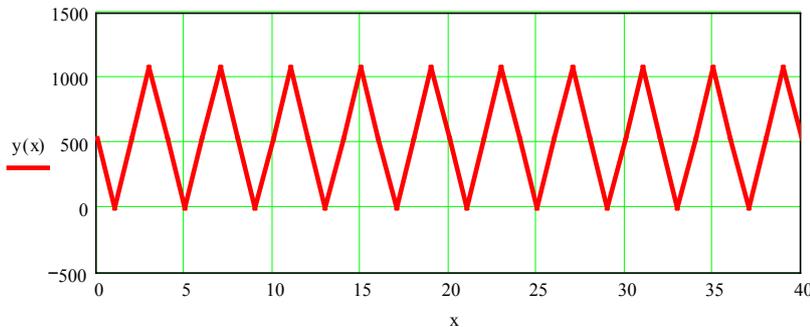


Рис. 5 – Разложение усилия сдвига в ряд Фурье

Примем $C_1 = 0$.

Тогда

$$\begin{aligned}
 a_n &= \frac{P_c}{2l^2} \int_0^{2l} x \cdot \cos \frac{\pi n x}{l} dx = \frac{P_c}{2l^2} \left(x \cdot \frac{l}{\pi n} \sin \left(\frac{\pi n}{l} x \right) \Big|_0^{2l} - \int_0^{2l} \frac{l}{\pi n} \sin \left(\frac{\pi n}{l} x \right) dx \right) = \\
 &= \frac{P_c}{2l^2} \cdot 2l \cdot \frac{l}{\pi n} \sin \left(\frac{\pi n}{l} \cdot 2l \right) + \frac{l}{\pi n} \cdot \frac{P_c}{2l^2} \cdot \frac{l}{\pi n} \cos \left(\frac{\pi n}{l} x \right) \Big|_0^{2l} = \\
 &= \frac{P_c}{\pi n} \sin(2\pi n) + \frac{P_c}{2(\pi n)^2} \cos \left(\frac{\pi n}{l} \cdot 2l \right) - \frac{P_c}{2(\pi n)^2} \cos \left(\frac{\pi n}{l} \cdot 0 \right) = \\
 &= 0 + \frac{P_c}{2(\pi n)^2} - \frac{P_c}{2(\pi n)^2} = 0.
 \end{aligned}$$

Следовательно,

$$a_0 = P_c, a_n = 0. \quad (5)$$

Коэффициент b_n найдем по формуле:

$$b_n = \frac{1}{l} \int_0^{2l} f(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

В нашем случае

$$b_n = \frac{1}{l} \int_0^{2l} \frac{P_c \cdot x}{2l} \sin \frac{\pi n x}{l} dx$$

или

$$b_n = \frac{P_c}{2l^2} \int_0^{2l} x \cdot \sin \frac{\pi n x}{l} dx.$$

Вычисляя интеграл по частям, аналогично предыдущему случаю, получим:

$$b_n = -\frac{P_c}{\pi n}. \quad (6)$$

Подставляя (5) и (6) в (4) получим разложение функции (3) в ряд Фурье:

$$b_n = -\frac{P_c}{\pi n}.$$

или

$$\begin{aligned}
 P_c(x) &= \frac{P_c}{2} - \frac{P_c}{\pi} \left(\sin \frac{\pi}{l} x + \right. \\
 &+ \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{l} x + \frac{1}{3} \sin \frac{3\pi}{l} x + \dots \\
 &\left. \dots + \frac{1}{n} \sin \frac{n\pi}{l} x \right) \quad (7)
 \end{aligned}$$

Этот ряд определяет заданную функцию во всех точках, кроме точек разрыва (т.е. кроме точек $x = 0, 2l, 4l \dots$). В

этих точках сумма ряда равна полусумме предельных значений функции $P_c(x)$ справа и слева, т.е. в данном случае $0,5 P_c$.

График полученного разложения для $n = 4$, $P_c = 1070 \text{ Н}$, $l = 2 \text{ см}$ показан на рисунке 5.

Общее усилие резания

$$\begin{aligned}
 P(x) &= P_B + \frac{P_c}{2} - \frac{P_c}{\pi} \left(\sin \frac{\pi}{l} x + \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{l} x \right. \\
 &+ \frac{1}{3} \sin \frac{3\pi}{l} x + \dots + \frac{1}{n} \sin \frac{n\pi}{l} x \left. \right) \quad (8)
 \end{aligned}$$

Таким образом, использование самоколеблющегося лемеха значительно улучшит работу приемной части копателя и снизит энергозатраты на подкорм клубненосного пласта, а полученное усилие сдвига в виде аналитической зависимости позволит провести исследование динамики пласта на колеблющемся лемехе.

Библиографический список

1. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3 томах. Т 1. – М.: Колос, 1968, с. 547 - 553.
2. Энциклопедия в сорока томах. Том IV. Расчет и конструирование машин. – М.: Машиностроение, 1988, с. 117 - 121.
3. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Колос, 1994, с. 29 - 36.
4. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. Т 2. – М.: Наука, 1978 – 575 с.