

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ МОЛОТКА ГОРИЗОНТАЛЬНО-РОТОРНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КУСТОВ

Кравченко В.В. к.т.н.,

Войтик А.В. к.т.н.,

Дидур, В.В. к.т.н.

Уманский национальный университет садоводства

Тел. (04744) 3-92-37

Аннотация – проанализировано время подъема ветки после ее перерубывания молотком у основы куста в горизонтальное положение. Определена минимальная скорость молотка, которая обеспечит качественное измельчение ветвей кустов.

Ключевые слова – ветка, время, скорость молотка.

Постановка проблемы. Для одновременного срезания и измельчения надземной части кустов используются кусторезы-измельчители с активными рабочими органами в виде горизонтально-роторного молоткового барабана. Молотковый рабочий орган представляет собой ротор с шарнирно закрепленными на нем молотками. Разрушение древесины происходит за счет свободного удара молотка.

При обосновании рабочих параметров таких кусторезов одним из определяющих параметров является рабочая скорость молотков, она влияет на динамические и энергетические показатели работы машины и непосредственно на способность рабочих органов отсоединять от основы куста ветви с последующим их измельчением. Основное измельчение ветвей происходит молотками возле противорежущего бруса. Скорость молотков должна быть такой, чтобы обеспечить измельчение ветвей возле противорежущего бруса к тому моменту как ветка упадет на почву после ее отсоединения от основы куста.

Формулировка целей статьи. Целью данной работы является исследование движения ветки и молотка после отсоединения ветки от основы куста и определение минимальной скорости молотка, которая обеспечит качественное измельчение ветвей кустов возле противорежущего бруса.

Основная часть. Процесс отсоединения и измельчения ветвей происходит следующим образом. В исходном положении противорежущий брус 3 прикасается к ветке куста, которая занимает положение MN (рис.1) и во время движения машины наклоняет ее к положению M_0N , в котором становится возможным прикосновение в т. K_0 (а в дальнейшем и пересечение) траекторией движения концов молотков согнутой ветки [1].

Во время работы молоткового барабана встреча молотка с веткой и ее измельчение будет происходить в следующих случаях (рис.1): молоток 1 перерубит ветку сначала в т. K_0 , потом молоток 2 выполнит повторное

срубывание ветки у основы куста т. K_1 и в т. D возле противорезающего бруса образующая частички длиной l_1 и l_2 .

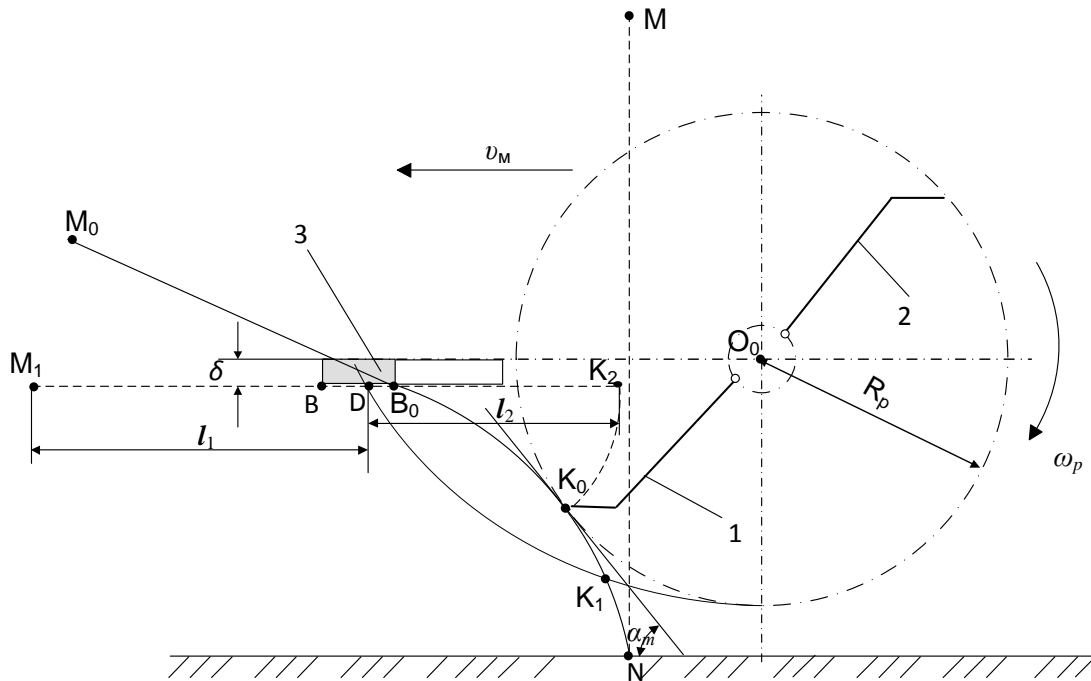


Рис.1. Схема взаимодействия горизонтально-роторного измельчающего аппарата с веткой куста.

Для того чтобы молоток 2 перерубил ветку в точке D , необходимо чтобы он достиг этой точки раньше чем ветка займет свое горизонтальное положение после ее перерубывания в т. K_0 и начнет движение вниз, то есть:

$$t_{nz} \leq t_m, \quad (1)$$

где: t_{nz} – время подъема ветки с т. K_0 к т. K_2 ;
 t_m – время движения молотка 2 к т. D ;

Проанализируем, за какое время ветка поднимется из положения K_0 у положения K_2 (рис.2)

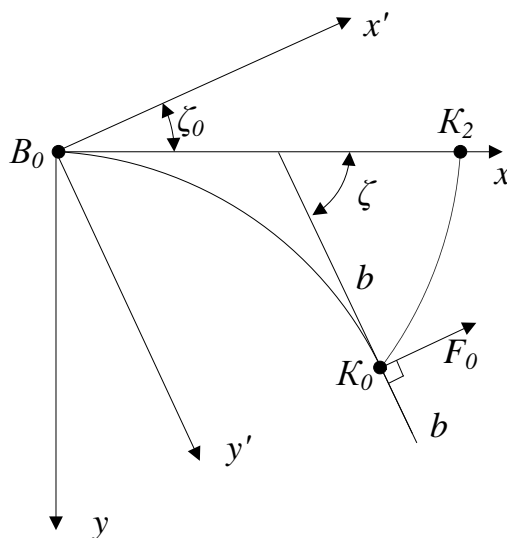


Рис.2. Схема для расчета времени подъема ветки в горизонтальное положение.

Сделаем предположение, что часть ветки K_0B_0 , после перерубывания в точке K_0 , представляет собой жестко закрепленную в точке B_0 упругую балку, которая осуществляет колебательное движение.

Период колебаний этой балки определяется следующим образом [2]:

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega_2}, \quad (2)$$

где ω_2 – частота собственных колебаний ветки:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{c_2}{m_{2np}}}, \quad (3)$$

где c_2 – эффективный коэффициент жесткости ветки;

m_{2np} – приведенная масса ветки.

Эффективный коэффициент жесткости определяется по формуле [3]:

$$c_2 = \frac{F_0}{f_2}, \quad (4)$$

где F_0 – сила, которая удерживает ветку в согнутом положении;

f_2 – прогиб конца ветки.

Рассмотрим дифференциальное уравнение упругой линии, которая совпадает с осью ветки [3]:

$$l_2^2 \frac{d^2 \zeta}{ds_\delta^2} = -\beta_c^2 \sin \zeta, \quad (5)$$

где: ζ – угол между касательной $b-b$ в точке контакта с молотком и осью недеформированной ветки;

s_δ – длина дуги ветки от точки B_0 к любой точке на ее упругой линии (в нашем случае длина дуги s_δ будет равная полной длине частички ветки l_2);

β_c – силовой коэффициент подобия, который характеризует степень прогиба упругой линии согласно величины силы F_0 .

Значение силы F_0 согласно методики [3] имеет следующий вид:

$$F_0 = \left(\int_{\psi_0}^{\pi/2} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k_n^2 \sin^2 \psi}} \right)^2 \frac{EJ}{l_2^2}, \quad (6)$$

где ψ – амплитуда эллиптического интеграла Лежандра;

k_n – модуль эллиптического интеграла Лежандра;

EJ – жесткость ветки.

$$k_n = \sin \frac{\zeta}{2},$$

$$\psi_0 = \arcsin \left(\frac{1}{k_n} \sin \left(\frac{\zeta_0}{2} \right) \right),$$

где ζ_0 – угол между направлением действия силы F_0 и осью x :

$$\xi_0 = \frac{\pi}{2} - \xi.$$

Величина угла ζ равна величине угла α_m (рис.2).

Определим прогиб конца ветви f_2 . Он будет равен проекции ветки на ось x .

Изобразим еще одну систему координат $x'B_0y'$ (рис.2.) таким образом, чтобы ось x' была параллельной направлению действия силы F_0 .

Уравнение упругой линии имеют следующий вид [3]:

$$x = x' \cdot \cos \zeta_0 + y' \cdot \sin \zeta_0, \quad (7)$$

$$y = y' \cdot \cos \zeta_0 - x' \cdot \sin \zeta_0, \quad (8)$$

где y' и x' – координаты конца ветки по осям, которые отцентрованы по направлению действия силы F_0 :

$$\frac{y'}{l_2} = \frac{2}{\beta_c} \left(\int_{\psi_0}^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k_n^2 \sin^2 \psi} \cdot d\psi - 1 \right), \quad (9)$$

$$\frac{x'}{l_2} = \frac{2}{\beta_c} k_n (\cos \psi_0 - \cos \psi). \quad (10)$$

Тогда координата x_{K0} конца ветки определится из следующей формулы [3]:

$$x_{K0} = \left(\left(\frac{2}{\beta_c} \int_{\psi_0}^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k_n^2 \sin^2 \psi} \cdot d\psi - 1 \right) \cos \zeta_0 + \frac{2}{\beta_c} k_n \cos \psi_0 \sin \zeta_0 \right) \cdot l_2. \quad (11)$$

Так как время подъема конца ветки, отсоединенной от основы куста, в горизонтальное положение составляет одну четвертую периода колебаний ветки, его можно найти из уравнения (2) в следующем виде:

$$t_{nc} = \frac{1}{4}T = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{\left(\int_{\psi_0}^{\pi/2} \frac{d\psi}{\sqrt{1-k_n^2 \sin^2 \psi}} \right)^2 \frac{EJ}{l_2^2}}{\left(\frac{2}{\beta_c} k_n \cos \psi_0 \sin \zeta_0 + \left(\frac{2}{\beta_c} \int_{\psi_0}^{\pi/2} \sqrt{1-k_n^2 \sin^2 \psi} \cdot d\psi - 1 \right) \cos \zeta_0 \right) \cdot l_2}}}} \cdot m_{znp}} \quad (12)$$

Подставив соответствующие значения переменных в вышеприведенную формулу можно определить время подъема ветки в горизонтальное положение.

Время движения молотка 2 в точку перерубывания ветки возле противорежущего бруса можно найти из следующей формулы [4]:

$$t_m = \frac{R_p}{v} \left(\alpha + \arccos \frac{\delta}{R_p} \right), \quad (13)$$

где: α – центральный угол между двумя соприкасающимися молотками, которые двигаются по одному следу;

δ – высота установки противорежущего бруса относительно оси ротора;

v – скорость движения молотка;

R_p – радиус молоткового барабана по концам молотков.

При обосновании рабочей скорости молотков горизонтально-роторного измельчителя кустов необходимо чтобы выполнялось условие (1), используя уравнение (13) и (14) найдем:

$$v \geq \frac{2R_p \cdot \left(\alpha + \arccos \frac{\delta}{R_p} \right) \cdot \sqrt{\frac{\left(\int_{\psi_0}^{\pi/2} \frac{d\psi}{\sqrt{1-k_n^2 \sin^2 \psi}} \right)^2 \frac{EJ}{l_2^2}}{\left(\frac{2}{\beta_c} k_n \cos \psi_0 \sin \zeta_0 + \left(\frac{2}{\beta_c} \int_{\psi_0}^{\pi/2} \sqrt{1-k_n^2 \sin^2 \psi} \cdot d\psi - 1 \right) \cos \zeta_0 \right) \cdot l_2 \cdot m_{znp}}}}{\pi} \quad (14)$$

Графическое отображение уравнения (14) представлено на рис.3.

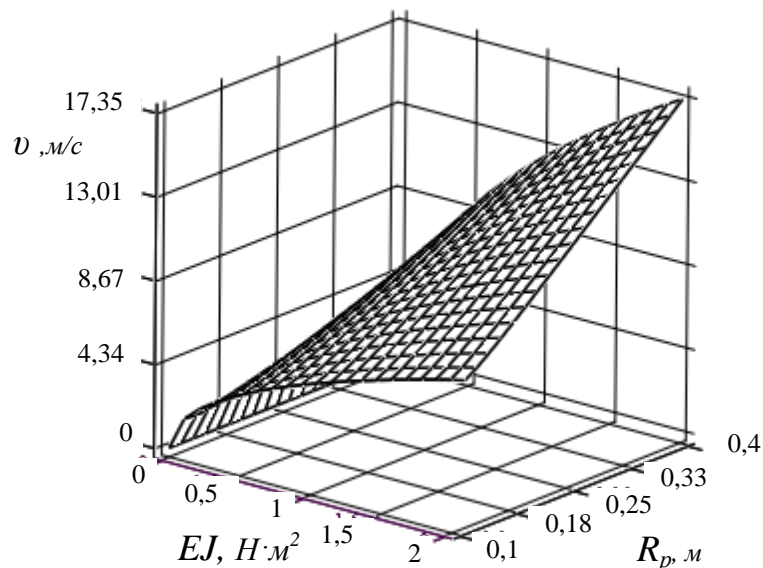


Рис.3. Зависимость скорости движения молотка v от жесткости ветки EJ и радиуса молоткового барабана R_p .

Выводы:

1. Исследовано движение ветки после ее отсоединения от основы куста и найдена формула для определения времени подъема ветки в горизонтальное положение.

2. Получено условие к определению минимальной скорости молотка, которая обеспечит качественное измельчение ветвей кустов возле противорежущего бруса.

Литература

1. Фришев С.Г. Аналіз параметрів подрібнювача кущових ягідників / С.Г. Фришев, В.В. Кравченко // Науковий вісник НАУ. – 2007. – Вип. 107, Ч. 1. – С. 285-294.
2. Писаренко Г.С. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища школа, 2004. – 655 с.
3. Попов Е.П. Теория и расчёт гибких и упругих стержней / Е.П. Попов. – М.: Наука, 1986. – 264 с.
4. Заїка Л.М. Теорія сільськогосподарських машин : Навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл. тех. / П.М.Заїка; М-во освіти і науки України. Харківський держ. техн. ун-т сільського господарства. – Х.: Око, 2003. – Т. 2. Частина 1. Машини для заготівлі кормів. – 360 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ МОЛОТКА ГОРИЗОНТАЛЬНО-РОТОРНОГО ПОДРІБНЮВАЧА КУЩІВ

В.В. КРАВЧЕНКО, А.В. ВОЙТІК, В.В. ДІДУР

Анотація – проаналізовано час підйому гілки після її перерубування молотком у основи куща до горизонтального положення. Визначено мінімальну швидкість молотка, яка забезпечить якісне подрібнення гілок кущів.

THE RESEARCH OF THE SPEED OF THE HAMMER'S MOVEMENT OF THE HORIZONTALLY-ROTOR CRUSHER OF BUSHES.

V. Kravchenko, A. Voytik, , V. Didur

Summary

It is analysed the time of lifting of a branch after it chopping by a hammer at the bush basis before horizontal situation. The minimum speed of a hammer which will provide qualitative crushing of branches of bushes is defined.