

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ ПЕРЕРЕЗАЕМОГО СЛОЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ НА УДЕЛЬНУЮ РАБОТУ РЕЗАНИЯ

Д. Н. Павлович

Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь

Научный руководитель В. Б. Попов

Целью данной работы является проведение анализа влияния толщины перерезаемого слоя растительной массы на удельную работу резания с помощью специального прибора – копра-динамографа.

Постановка задачи. Исследование проводим при следующих условиях: кукуруза влажностью 60 %; толщина ножа $b = 4$ мм; угол заточки $\beta = 20^0$; острота лезвия $\mu = 50$ мкм; угол наклона лезвия $\tau = 0^0$; толщина слоя растительной массы $h = 25-120$ мм.

С целью выявления влияния величины h слоя растительной массы на процесс резания было произведено резание растительной массы (РМ) слоем различной толщины на универсальном копре-динамографе (рисунок 1). Во всех проведенных опытах ширина слоя массы была одинаковой.

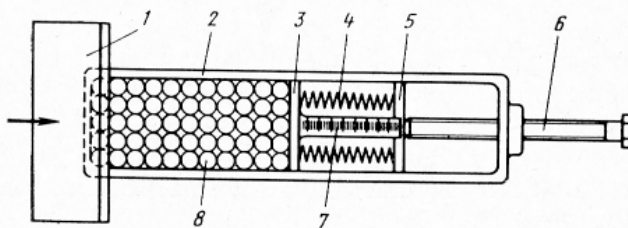


Рис. 1. Державка копра-динамографа: 1 – нож; 2 – направляющие; 3 – противорежущая пластина; 4 – пружины; 5 – опорная пластинка; 6 – болт; 7 – циферблат; 8 – стебли

В качестве энергетической оценки процесса резания, характеризующей его энергоёмкость, был избран наиболее важный и легко сопоставляемый для различных условий эксперимента показатель – удельная работа резания $A_{уд}$. Она представляет собой отношение всей работы A резания к площади F сечения перерезаемого слоя:

$$A_{уд} = \frac{A}{F} = \frac{A}{bh}, \quad (1)$$

где

$$A = A_{сж} + A_{рез} \quad (2)$$

Диаграмму резания (рис. 2) можно разделить на два характерных участка, соответствующих различным стадиям процесса:

- 1) сжатие слоя массы лезвием до давления, достаточного для проникновения лезвия в массу (предварительное сжатие);
- 2) движение лезвия сквозь слой массы (резание).

Работа, затрачиваемая на каждую из указанных стадий, характеризуется соответствующей площадью $A_{сж}$ и $A_{рез}$ диаграммы резания. При этом с точки зрения необходимого эффекта полезной следует считать только ту работу, которая затрачивается непосредственно на резание, и бесполезной, хотя и неизбежной, – работу предварительного сжатия.

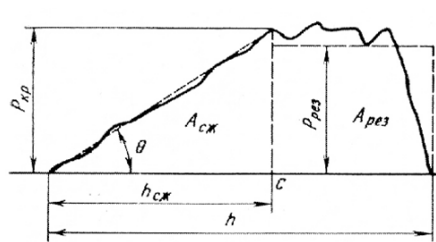


Рис. 2. Диаграмма статического резания слоев растительной массы

На рис. 3 представлены характерные диаграммы резания слоев массы различной толщины ($h = 25\text{--}120$ мм), на которых участки работы предварительного сжатия не заштрихованы, участки же работы резания заштрихованы. На диаграммах видно, что участок сжатия с увеличением толщины слоя растет относительно общей площади диаграммы.

В диаграммах резания ординаты на участке предварительного сжатия выражают величину давления ножа на массу, на участке резания – величину усилия резания. Точка c абсциссы характеризует момент конца сжатия и начала резания слоя. Она делит абсциссу на две части: $h_{сж}$, представляющую собой величину линейного сжатия слоя первоначальной толщины h , и $h - h_{сж}$, представляющую собой толщину уплотненного лезвием слоя в момент начала резания.

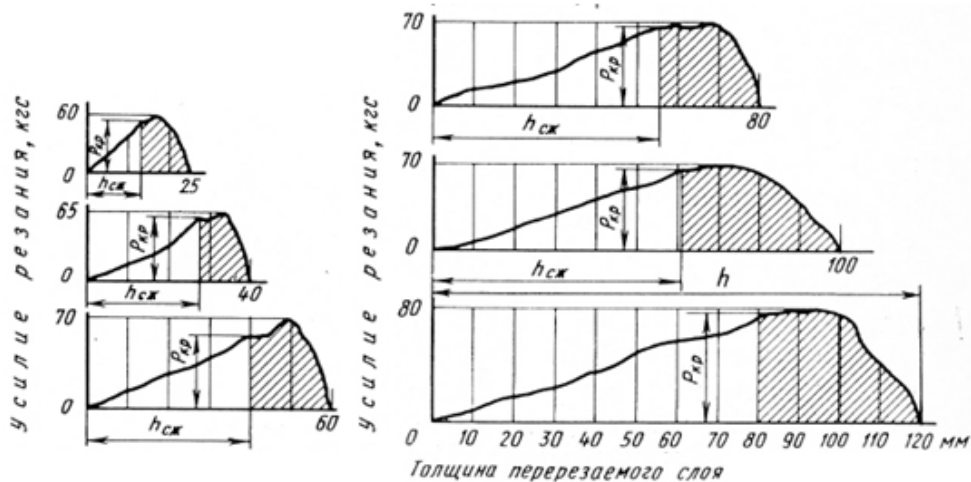


Рис. 3. Диаграммы статического резания слоев растительной массы различной толщины

Работу предварительного сжатия слоя можно выразить зависимостью:

$$A_{сж} = \mathcal{E} \frac{h_{сж}}{h}, \quad (3)$$

где \mathcal{E} – модуль сжатия массы лезвием, имеющий размерность работы.

Работа $A_{сж}$ также может быть определена как площадь первого участка диаграммы резания. С незначительной погрешностью она равна площади треугольника с основанием $h_{сж}$ и высотой $P_{кр}$.

Таким образом,

$$A_{сж} = \frac{P_{кр}}{2} h_{сж}. \quad (4)$$

Величину сжимающей силы, при которой заканчивается сжатие массы лезвием и начинается его внедрение в массу, назовем критической сжимающей силой лезвия.

Сравнивая выражения (3) и (4), можно определить значение критической сжимающей силы, при которой начинается резание,

$$P_{кр} = \frac{2\mathcal{E}}{h}. \quad (5)$$

и значение модуля сжатия массы лезвием

$$\mathcal{E} = h \frac{P_{кр}}{2}. \quad (6)$$

Согласно данной формуле и диаграмме, представленной на рисунке 2, модуль сжатия массы лезвием равен площади треугольника, основанием которого является толщина слоя массы, а высотой – критическая сила сжатия. Выражение (6) позволяет экспериментально определять, модуль сжатия \mathcal{E} массы лезвием.

Работу $A_{рез}$ с несущественной погрешностью можно определить из диаграммы резания (рисунок 2) как площадь прямоугольника с основанием $h - h_{сж}$ и высотой $P_{рез}$, представляющей собой среднее усилие на участке резания:

$$A_{рез} = P_{рез} (h - h_{сж}). \quad (7)$$

Отношение полезной работы резания $A_{рез}$, т.е. работы, необходимой непосредственно для резания, ко всей работе, затрачиваемой при резании, т.е. с учетом работы $A_{сж}$, может характеризовать рациональность резания и именоваться *коэффициентом полезной работы лезвия*:

$$\lambda = \frac{A_{рез}}{A_{рез} + A_{сж}}. \quad (8)$$

Подставляя значения $A_{сж}$ из формулы (4) и $A_{рез}$ из формулы (7) в выражение (8), получим:

$$\lambda = \frac{P_{рез}(h-h_{сж})}{\frac{P_{кр}}{2}h_{сж} + P_{рез}(h-h_{сж})} . \quad (9)$$

Так как при резании толстого слоя всегда имеет место некоторое предварительное сжатие его лезвием, то коэффициент λ меньше единицы. Увеличение этого коэффициента характеризует улучшение процесса резания, так как суммарная работа A , затрачиваемая на процесс предварительного сжатия и резания, на основании выражения (8) с увеличением λ уменьшается.

Условия и осредненные результаты опытов сведены в таблицу.

Экспериментальные данные по статическому резанию слоя листостебельной массы кукурузы

| Показатель | Номер опыта | | | | | |
|---|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Толщина слоя реальная в мм | 25 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| Величина сжатия $h_{сж}$ в мм | 12,3 | 27,2 | 38,4 | 53,0 | 60,0 | 80,7 |
| $P_{кр}$ в кгс | 43,7 | 52,0 | 57,1 | 63,7 | 68,7 | 86,1 |
| Работа в кгс·м: | | | | | | |
| сжатия $A_{сж}$ | 0,276 | 0,48 | 0,98 | 1,83 | 2,05 | 3,16 |
| резания $A_{рез}$ | 0,52 | 0,56 | 0,92 | 1,505 | 1,62 | 2,17 |
| общая A | 0,796 | 1,04 | 1,90 | 3,335 | 3,67 | 5,33 |
| Коэффициент λ полезной работы резания | 0,66 | 0,54 | 0,47 | 0,46 | 0,44 | 0,41 |
| Модуль сжатия \mathcal{E} | 54,0 | 104,0 | 171,3 | 254,8 | 343,5 | 516 |
| Площадь F сечения слоя в см ² | 15 | 24 | 36 | 48 | 60 | 72 |
| Удельная работа в кгс× м/см ² : | | | | | | |
| общая $A_{уд}$ | 0,052 | 0,043 | 0,053 | 0,069 | 0,061 | 0,074 |
| резания $A_{рез. уд}$ | 0,034 | 0,023 | 0,025 | 0,031 | 0,027 | 0,030 |
| сжатия $A_{сж· уд}$ | 0,018 | 0,020 | 0,027 | 0,038 | 0,034 | 0,044 |

Выводы: из таблицы видно, что при увеличении площади перерезаемого слоя растительной массы с 15 см² до 72 см², т. е. в 4,8 раза общая удельная работа растет с 0,052 до 0,074 кгс · м/см², т. е. всего лишь в 1,423 раза. Это свидетельствует о том, что более целесообразно вести резание слоев растительной массы большей толщины. Этим достигается значительное повышение производительности при малом увеличении энергозатрат.

Литература

162. Резник, Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н. Е. Резник. – Москва : Машиностроение, 1975. – 311 с.

163. Ивашко, А. А. Вопросы теории резания органических материалов лезвием // *Тракторы и сельхозмашины*. – 1958. – № 2. – С. 34–37.
164. Рейнер, М. Реология / М. Рейнер ; пер. с англ. – Москва : Наука, 1965. – 223 с.