

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ СЖАТИЯ И ПРОТАЛКИВАНИЯ МАТЕРИАЛА МЕЖДУ РЕЖУЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ БЛОКА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НОЖЕЙ

Ключевые слова: усилия сжатия, проталкивание материала, угол защемления, угол заточки, процесс деформации.

Введение

В увеличении и ускорении производства животноводческой продукции определяющая роль принадлежит кормам, на долю которых приходится более половины себестоимости продукции животноводства. Очевидно, что подготовка кормов к скармливанию в соответствии с зоотехническими требованиями приобретает приоритетное значение. Наиболее энергоемкий и вместе с тем распространённый процесс подготовки кормов – измельчение [1].

Постановка задачи

Учитывая многие положительные характеристики существующих измельчителей корнеклубнеплодов, всегда есть перспектива улучшения их технико-экономических показателей. Основное направление в развитии конструкций – это совершенствование рабочих органов измельчителей и снижение их энергоёмкости.

Перед современным кормопроизводством стоит задача:

– производить корма с минимальным соотношением «цена – качество». Это такие корма, доля затрат на которые в себестоимости продукции минимальна, или корма, позволяющие снизить период откорма и таким образом ускорить оборот денежных средств. Указанного выше можно достигнуть в том случае, если снизить энергоёмкость процесса измельчения при соблюдении зоотехнических требований, предъявляемых к измельченному корму.

Методика эксперимента

При прохождении измельчаемого материала происходят сжатие и проталкивание между скошенными и прямолинейными элементами ножей [2] (рисунок 1). Воспользуемся формулой для определения усилия сжатия и проталкивания материала в случае параллельного расположения ножей [3]:

$$P_g = P_0 \exp\left(\frac{x[f(1 + \cos^2 \beta K_x) + (\varepsilon_2 \operatorname{tg} \beta K_x - \cos \beta K_x)]}{\varepsilon_2 b \cdot \sin \chi}\right), \quad (1)$$

где β – угол заточки лезвия ножа, град.;

f – коэффициент Пуассона;

ε_2 – коэффициент бокового расширения;

x – расстояние от лезвия, м;

χ – угол защемления, град.;

b – расстояние между ножами, м;

P_0 – атмосферное давление, Па;

K_x – коэффициент трансформации режущей способности лезвия,

$$K_x = \delta_1 / \delta = \delta \cos \tau / \delta = \cos \tau;$$

τ – угол скольжения, град.;

δ_1 – трансформированное сечение кромки лезвия, м;

δ – сечение кромки лезвия, м.

Угол защемления χ в многоножевом блоке находим как отношение сторон треугольников (рис. 1).

Зададимся параметрами, что $AC = BD$, $AB = CD$, $\alpha = \alpha' = \alpha''$, $\beta = \beta'$.

Из $\triangle BCD$ находим:

$$\sin \chi = \frac{BD}{BC}. \quad (2)$$

Из $\triangle ABB'$ находим:

$$BB' = AB' \cdot \sin \beta, \quad (3)$$

$$AB' = \frac{AB}{\cos \beta}. \quad (4)$$

Тогда из $\triangle B'CD$ находим:

$$B'D = BD + BB' = BD + (AB \cdot \operatorname{tg} \beta). \quad (5)$$

$$\sin \chi_1 = \frac{B'D}{B'C} = \frac{BD + (AB \cdot \operatorname{tg} \beta)}{B'C}, \quad (6)$$

$$B'C = \frac{AB'}{\cos \alpha'} = \frac{AB}{\cos \beta} \cdot \frac{1}{\cos \alpha'}.$$

Подставляя значения $B'C$ в (6), получим:

$$\sin \chi_1 = \frac{B'D}{B'C} = \frac{BD + (AB \cdot \operatorname{tg} \beta)}{AB} \cdot (\cos \beta \cdot \cos \alpha). \quad (7)$$

Из $\triangle ABB''$ находим:

$$BB'' = AB'' \cdot \sin 2\beta, \quad (8)$$

$$AB'' = \frac{AB}{\cos 2\beta}.$$

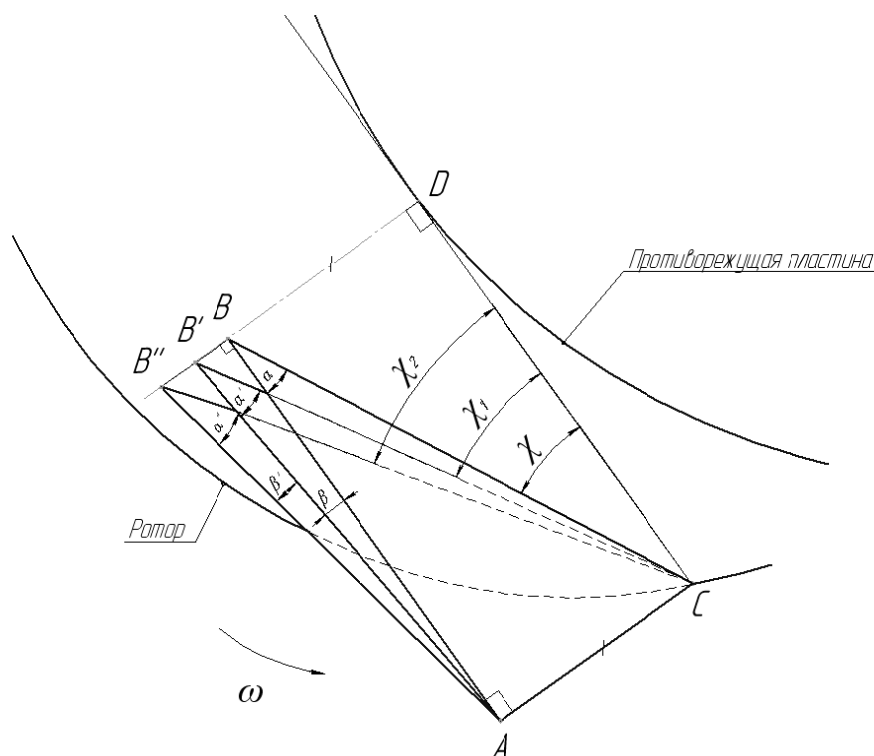


Рис. 1. Схема к определению угла защемления

Подставляя значения AB'' в (8), получим:

$$BB'' = \frac{AB}{\cos 2\beta} \cdot \sin 2\beta \Rightarrow AB \cdot \operatorname{tg} 2\beta = BB' \cdot (9)$$

Тогда из $\Delta B''CD$ находим:

$$B''D = BD + BB'' = BD + (AB \cdot \operatorname{tg} 2\beta) \cdot (10)$$

$$\sin \chi_2 = \frac{B''D}{B''C} = \frac{BD + (AB \cdot \operatorname{tg} 2\beta)}{B''C}, \quad (11)$$

$$B''C = \frac{AB''}{\cos \alpha''} = \frac{AB}{\cos 2\beta} \cdot \frac{1}{\cos \alpha''}.$$

Подставляя значения $B''C$ в (11) получим:

$$\sin \chi_2 = \frac{B''D}{B''C} = \frac{BD + (AB \cdot \operatorname{tg} 2\beta)}{AB} \cdot (\cos 2\beta \cdot \cos \alpha) \cdot (12)$$

Тогда формула для определения угла защемления χ имеет вид:

$$\sin \chi_i = \frac{BD + AB \cdot \operatorname{tg}(i\beta)}{AB} \cdot (\cos \beta i \cdot \cos \alpha). \quad (13)$$

Подставляем (13) в (1), получаем формулу для определения усилия сжатия и проталкивания корнеплодов для нашего случая:

$$P_g = P_0 \exp \left(\frac{x \left[f(1 + \cos^2 \beta K_s) + (\varepsilon_2 \operatorname{tg} \beta K_s - \cos \beta K_s) \right]}{\varepsilon_2 b \cdot \left(\frac{BD + AB \cdot \operatorname{tg}(\beta i)}{AB} \cdot (\cos(\beta i) \cdot \cos \alpha) \right)} \right). \quad (14)$$

Результаты исследований

По результатам теоретических исследований получили графическую зависимость усилия сжатия и проталкивания корнеплодов P_g от угла заточки лезвия β и угла защемления χ (рис. 2).

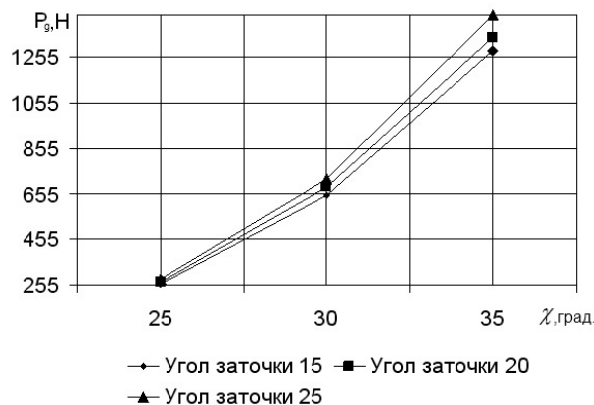


Рис. 2. Теоретическая зависимость усилия сжатия и проталкивания корнеплодов от угла заточки лезвия и угла защемления

Усилия сжатия и проталкивания материала незначительно увеличиваются при изменении углов заточки (рис. 2). При изменении же угла защемления происходит заметное изменение усилия резания.

Подставим теоретические данные в формулы (1) и (14), в результате чего получим усилия сжатия и проталкивания материала предлагаемого блока ножей и блока, в котором ножи располагаются параллельно друг другу и имеют одинаковый угол защемления (таб.).

Сравним полученные теоретические данные усилия сжатия и проталкивания материала.

Теоретическое значение величины усилия сжатия материала от расположения ножей в блоке

Угол защемления, град.	25	30	35
Предлагаемый блок ножей			
Усилие сжатия и проталкивания материала, Н	257	650	1284
Стандартный блок ножей			
Усилие сжатия и проталкивания материала, Н	280	720	1440

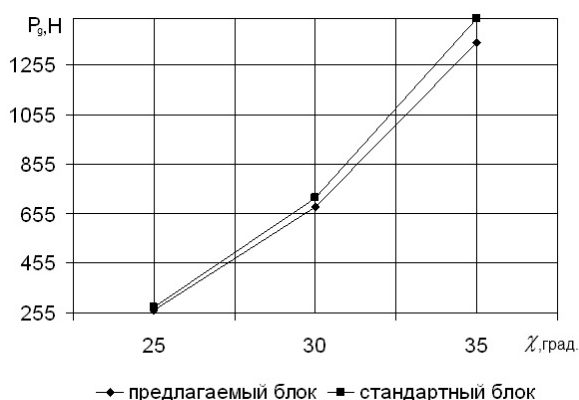


Рис. 3. Теоретическая зависимость усилия сжатия и проталкивания материала от расположения ножей в блоке

Анализ рисунка 3 показал, что усилие сжатия и проталкивания материала изменяется при различном расположении ножей. В том случае, когда ножи смещены относительно друг друга и имеют различные углы защемления, усилие сжатия и проталкивания материала меньше, чем в том случае, когда ножи расположены параллельно и име-

ют одинаковый угол защемления. Разница составляет 10%.

Заключение

Проанализировав зависимости усилия сжатия и проталкивания корнеплодов от значимых факторов процесса измельчения, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на усилие сжатия и проталкивания материала оказывает угол защемления.

Библиографический список

1. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Колос, 1994. – 751 с.
2. Ивашко А.А. Вопросы теории резания органических материалов лезвием // Тракторы и сельхозмашины. – 1968. – № 1. – С. 34-37.
3. Хабарова В.В., Исаев Ю.М., Богатов В.А. Процесс измельчения корнеплодов консольными ножами // МЭСХ. – 2008. – № 1. – С. 14-15.

