

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО УСИЛИЯ РЕЗАНИЯ В РОТОРНОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

Проведены теоретические исследования и сделан анализ геометрических параметров лезвия ножей измельчителя корнеклубнеплодов в плоскости, перпендикулярной к плоскости резания, что позволило определить их наиболее рациональные значения.

Ключевые слова: *измельчитель, усилия сжатия, угол защемления, процесс деформации, блок ножей, угол заточки, угол скольжения, скорость резания.*

V.S. Ananyev

ANALYTICAL DETERMINATION OF CUTTING GENERAL EFFORT IN THE ROOT-TUBER CROP ROTOR GRINDER

Theoretical research is conducted and the analysis of knives edge geometrical parameters of the root-tuber grinder in the plane perpendicular to the cutting plane that allowed to define their most rational values is done.

Key words: *grinder, compression force, binding angle, deformation process, a block of knives, sharpening angle, slip angle, cutting speed.*

Введение. В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем является обеспечение населения продуктами животноводства. Для успешного удовлетворения потребностей в мясо-молочных продуктах необходимо развивать скотоводство, что в свою очередь связано с созданием прочной кормовой базы. Обеспечение животных полноценными кормами, сбалансированными по питательности в соответствии с запланированной потребностью, – одно из решающих условий увеличения продуктивности животных.

Основной задачей кормопроизводства является получение качественного корма с минимальными затратами энергии. Поэтому совершенствование рабочих органов измельчителей корнеклубнеплодов, обеспечивающих высокое качество измельчения при минимальных удельных затратах энергии и максимальной производительности, является актуальной и имеет большое значение для экономики.

Целью исследования является определение влияния угла защемления к скорости резания на энергоёмкость процесса измельчения корнеплодов.

Методы и результаты исследования. В результате научного поиска [1,2] была предложена конструкция измельчителя (рис. 1) с блоками горизонтальных и вертикальных ножей, которая была изготовлена в условиях ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина», состоящая из установленного на раме 8 корпуса 2, загрузочного окна 1 и привода. Внутри расположен ротор 3, на котором закреплены горизонтальные 7 и вертикальные ножи 12, выгрузные лопасти 9. Привод измельчителя осуществляется от электродвигателя мощностью 3,5 кВт посредством клиноременной передачи 6.

При подаче крутящего момента на вал измельчителя начинает вращаться ротор с расположенными на нем ножами. Вращающийся ротор затягивает корнеклубнеплоды между ножами и противорежущими пластинами 5. Корнеклубнеплоды защемляются между ними и силой нормального давления нарезаются блоком ножей 7 на пластинки заданной толщины. Полученные пластинки, надрезанные ножами 7, измельчаются вертикальными ножами 12, и под действием центробежной силы выводятся во внутреннюю полость между ротором и корпусом, где захватываются выгрузными лопатками 9 и подаются к выгрузному окну.

Проведенные теоретические исследования и анализ геометрических параметров лезвия ножей в плоскости, перпендикулярной к плоскости резания, позволили определить наиболее рациональные их значения [2]. Одним из способов снижения энергозатрат является различное расположение ножей. При котором каждый нож блока повернут относительно предыдущего. Ножи располагаются по винтовой линии на равном смещении относительно друг друга (рис. 2). При этом снижается путь блокированного резания.

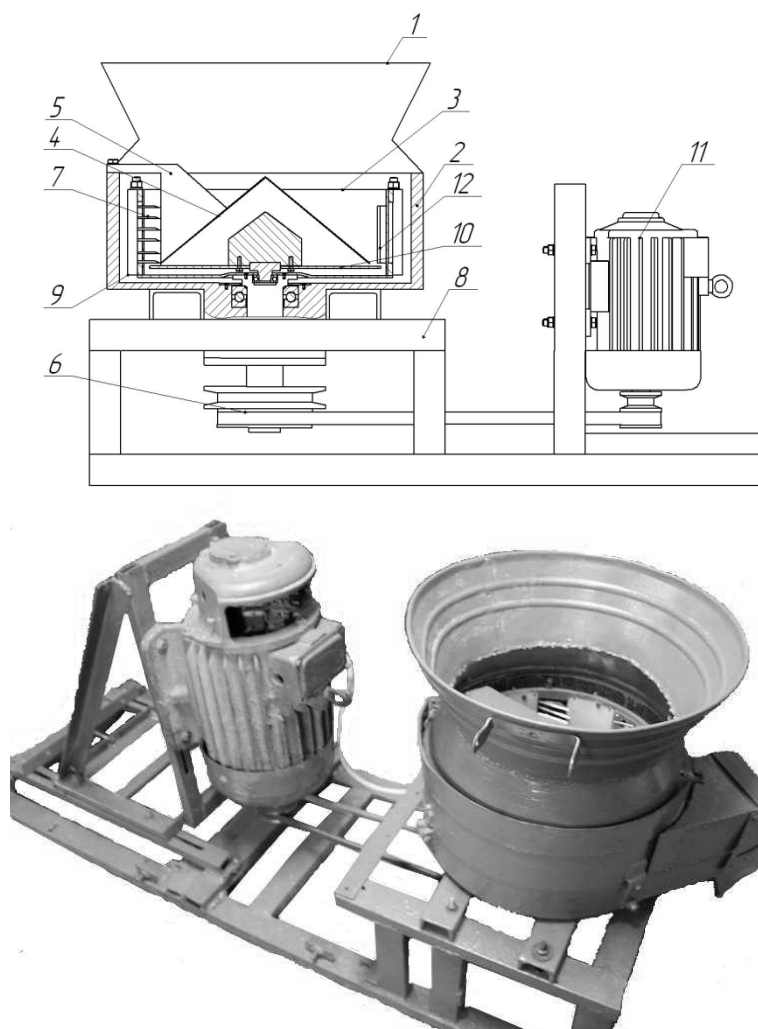


Рис. 1. Схема и общий вид измельчителя: 1 – загрузочное окно; 2 – корпус; 3 – ротор; 4 – направляющий конус; 5 – противорежущая пластина; 6 – клиноременная передача; 7 – горизонтальные ножи; 8 – рама; 9 – выгрузные лопатки; 10 – основание; 11 – электродвигатель мощностью 3,5 кВт; 12 – вертикальные ножи

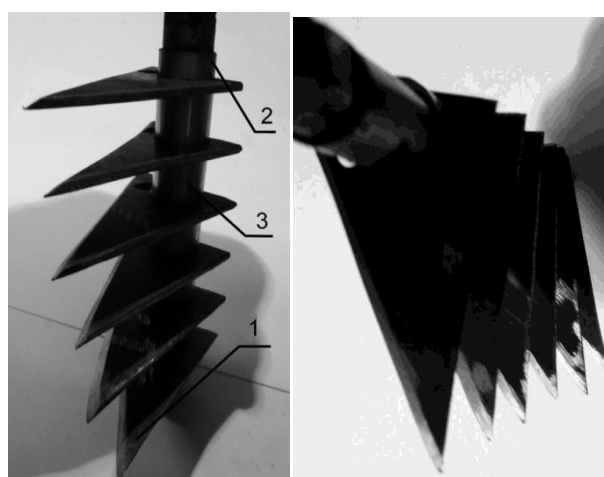


Рис. 2. Схема расположения ножей в блоке: 1 – нож; 2 – ось блока ножей; 3 – шайба

Согласно исследованиям В.П. Горячкина, общее сопротивление резанию находится [3] по формуле

$$P = P_{рез} + P_g + P_v, \quad (1)$$

где $P_{рез}$ – сопротивление резанию лезвием;
 P_g – сопротивление деформации отрезаемого слоя;
 P_v – отражает влияние скорости резания на силу резания.

По результатам теоретических исследований [4], сопротивление резания лезвием $P_{рез}$ в нашем случае определяется (рис. 3) по следующей формуле:

$$P_{рез} = \sigma_p \left(\frac{AB}{\cos(i\beta)} \cdot \frac{1}{\cos\alpha} \right) (\delta K_l + h_{сжс} K), \quad (2)$$

где $h_{сжс}$ – путь сжатия материала до разрушения, м;
 K – размерный и численный коэффициент;
 δ – ширина лезвия, м;
 σ_p – разрушающее напряжение, Н/м²;
 K_l – коэффициент трансформации режущей способности лезвия, $K_l = \delta_1 / \delta = \delta \cos\tau / \delta = \cos\tau$.

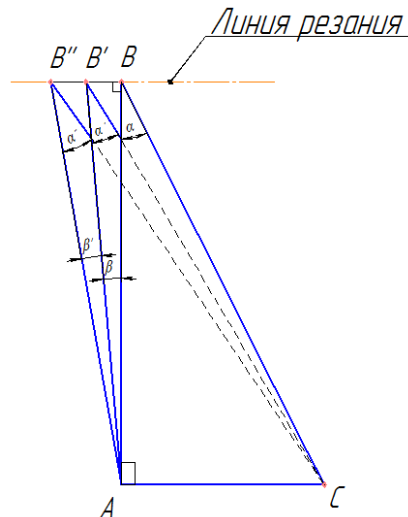


Рис. 3. К определению длины лезвия, участвующего в работе

При прохождении измельчаемого материала происходит его сжатие и проталкивание между скошенными и прямолинейными элементами ножей (см. рис. 2).

Воспользуемся формулой [5] для определения усилия сжатия и проталкивания материала P_g в случае непараллельного расположения ножей (рис. 4):

$$P_g = P_0 \exp \left(\frac{x \left(\epsilon_2 + \cos^2 \beta K_l \right) + \epsilon_2 \operatorname{tg} \beta K_l - \cos \beta K_l}{\epsilon_2 b \cdot \left(\frac{BD + AB \cdot \operatorname{tg}(\beta i)}{AB} \cdot (\cos(\beta i) \cdot \cos \alpha) \right)} \right), \quad (3)$$

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_n – коэффициент трансформации режущей способности лезвия, $K_n = \delta_1 / \delta = \delta \cos \tau / \delta = \cos \tau$;

τ – угол скольжения, град;

δ_1 – трансформированное сечение кромки лезвия, м;

δ – сечение кромки лезвия, м.

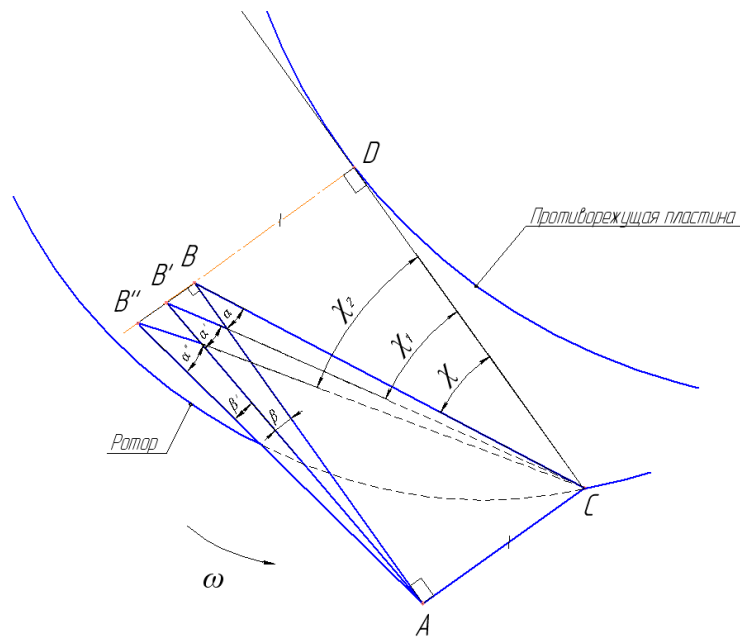


Рис. 4. Схема к определению угла защемления

Для определения P_v воспользуемся основным законом механики, записанным в форме $P_v \cdot t = m \cdot V_{рез}$, который позволяет определить силу P_v , требуемую для выгрузки кормовой стружки:

$$P_v = mV_{рез}/t, \quad (4)$$

где m – масса корнеплодов, м;

t – время резания, с;

$V_{рез}$ – скорость резания, м/с.

Принимая во внимание, что производительность установки W есть отношение перерабатываемой массы корма ко времени работы, и что одна из зон защемления расположена непосредственно у выгрузной горловины, получаем величину усилия выгрузки, равную [6]

$$P_v = \frac{W}{2} \cdot V_{рез}. \quad (5)$$

В развернутом виде эмпирическая формула для определения общего сопротивления резания корнеплодов имеет вид

$$P = \sigma_p \left(\frac{AB}{\cos(i\beta)} \cdot \frac{1}{\cos\alpha} \right) (\delta K_n + h_{сжс} K) + P_0 \exp \left(\frac{x \left[\epsilon_2 \left(\cos^2 \beta K_n + \frac{BD + AB \cdot \operatorname{tg}(i\beta)}{AB} \cdot (\cos(i\beta) \cdot \cos\alpha) \right) \right]}{\epsilon_2 b} \right) + \frac{W}{2} V_{рез} \cdot (6)$$

Выводы

Исследователями установлено, что на энергоёмкость процесса измельчения наибольшее влияние оказывают угол заземления и скорость резания. Общее сопротивление резания корнеплодов изменяется при различном расположении ножей. В том случае, когда ножи смещены относительно друг друга и имеют различные углы заземления, общее сопротивление резания корнеплодов меньше, чем в том случае, когда ножи расположены параллельно и имеют одинаковый угол заземления. Разница составляет 10%. Пропускная способность измельчителя прямо пропорциональна скорости резания. При скорости резания менее 9 м/с происходит не резание, а дробление клубня на крупные частицы. На скоростях более 13,5 м/с наблюдается переизмельчение.

Таким образом, оптимальными параметрами являются: угол заземления 34...35°, скорость резания 10...12 м/с.

Литература

1. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины – М.: Колос, 1994. – 751 с.
2. Хабарова В.В., Исаев Ю.М., Богатов В.А. Процесс измельчения корнеплодов консольными ножами // Механизации и электрификации с.х. – 2008. – №1. – С. 14–15.
3. Горячкин В.П. Собрание сочинений. – Т. 2, 3. – М.: Колос, 1968.
4. Ананьев В.С., Богатов В.А., Хабарова В.В. Аналитическое определение усилия резания корнеплодов блоком горизонтальных ножей // Естественные и технические науки. – 2011. – №5. – С. 395–399.
5. Ананьев В.С., Богатов В.А. Аналитическое определение усилия сжатия и проталкивания материала между режущими элементами блока горизонтальных ножей // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2012. – №4(90). – С. 82–84.
6. Ананьев В.С., Богатов В.А. Аналитическое определение влияния скорости резания на усилие выгрузки материала // Современные направления научных исследований: мат-лы VI междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2012. – С. 36–38.

