

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ КОРНЕПЛОДОВ

**В.В. Хабарова**, кандидат технических наук, доцент

Тел. - 89278027248; e-mail: habarova@land.ru

**В.И. Ермолаева**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры

Тел. - 89374572649; e-mail: ermvi73@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

**Ключевые слова:** *измельчение, движение тел, энергозатраты, дифференциальные уравнения, деформация.*

*Работа посвящена определению взаимосвязи между силами, возникающими в процессе деформации при измельчении материала консольными ножами и влиянию расположения ножей в условиях деформации тел.*

Стремительное развитие пищевых технологий, основанных на измельчении материалов, приводит к совершенствованию науки о процессах, в которых обосновываются механические взаимодействия тел. В связи с этим на современном этапе развития проектирования и конструирования измельчителей различных материалов, в том числе и для животноводства, необходимо обладать знаниями из областей различных наук [1,2].

Измельчение материала всегда происходит при движении либо самого измельчаемого материала, либо измельчающей поверхности. Движение тел происходит под действием различных побуждающих сил, оно также зависит от случайных факторов, например, формы и размера, физических свойств, положение измельчаемого материала относительно измельчающей поверхности и т.д. Поэтому чтобы использовать измельчающие аппараты для животноводства, нужно разработать такое измельчающее устройство, которое обеспечит и низкие энергозатраты, и соответствие измельченного корма зоотехническим требованиям.

При выборе рационального режима измельчения продукта удобно воспользоваться дифференциальными уравнениями, описывающими сложный характер взаимодействия тел при измельчении. На движущееся тело в процессе измельчения действуют такие силы, как сила тяжести, сила реакции опоры, сила тяги транспортирующей поверхности, сила трения, силы проталкивания, силы действия измельчающего аппарата, силы деформации и другие. Такой многофакторный анализ очень сложен в описании, поэтому первоначально необходимо провести исследования по определению наиболее важных составляющих сил процесса измельчения в зависимости от рабочего органа измельчающего аппарата.

На начальном этапе проектирования измельчающих аппаратов многофакторный анализ разбивается

на несколько групп, в каждой из которых выбирается наиболее значимый фактор. Затем из выбранных факторов выбирается 2 или 3 наиболее значимых.

Рассмотрим применение дифференциальных уравнений к расчёту оптимальных параметров измельчителя транспортерно-ножевого типа с консольными ножами. При измельчении тела участвующие в данном процессе претерпевают деформацию. Для определения взаимосвязи между силами, возникающими в процессе деформации, выделим напряженный слой измельчаемого материала [3,4,5].

Уравнение равновесия деформированного

элементарного слоя на участке  $S_{сж}$  имеет вид:

$$F_1 - F_2 + F_3 - F_4 = 0. \quad (1)$$

Силы, действующие на элементарный слой, можно расписать как:

$$F_1 = \frac{P_x}{\sin \chi} b l; \quad (2)$$

$$F_2 = \frac{(P_x - dP_x)}{\sin \chi} \left( b + \operatorname{tg}(\beta K) \frac{dx}{\sin \chi} \right) l; \quad (3)$$

$$F_3 = \frac{P_x}{\varepsilon_2 \cdot \sin \chi} l \cos^2(\beta K) \frac{dx}{\sin \chi}; \quad (4)$$

$$F_4 = \frac{P_x f}{\varepsilon_2 \sin \chi} l \frac{dx}{\sin \chi} + \frac{P_x f}{\varepsilon_2 \sin \chi} \frac{h}{\sin \chi} \cos^2(\beta K) \frac{dx}{\sin \chi}, \quad (5)$$

где  $l = h/\sin \chi$ ;  $F_1$  – сила трения корнеплода о поверхность транспортера, Н;

$P$  – сила тяжести, Н;  $F_2$  – сила трения корнеплода о лезвие ножа, Н;  $\chi$  – угол защемления, град.;  $\varepsilon_2$  – коэффициент бокового расширения;  $\alpha$  – угол наклона ножа к транспортирующей поверхности, град.;  $\sigma_p$  – разрушающее напряжение, Н/м<sup>2</sup>;  $b$  – зазор между ножами, м;  $h$  – высота разрушаемого материала, м;  $\varepsilon_1$  – коэффициент относительного сжатия;  $E$  – модуль предельной упругости;  $h_{сж}$  – путь сжатия материала до разрушения, м;  $l$  – длина лезвия, м;  $\delta$  – ширина лезвия, мкм;

$$K = [tg\beta + f \sin^2 \beta + \mu(f + \cos^2 \beta)],$$

$\beta$  – угол заточки лезвия ножа, град.;  $f$  – коэффициент

трения материала о нож;  $\mu$  – коэффициент Пуассона.

Подставляя в выражение (3) значения сил (2 – 4), преобразовывая и решая дифференциальное уравнение относительно переменных  $P$  и  $X$ , получаем формулу для определения усилия сжатия деформации и проталкивания измельчённого материала при произвольном сечении на расстоянии  $X$  от лез-

вия (в случае параллельного расположения ножей):

$$P_{сж} = P_0 \exp\left(\frac{x(f(1 + \cos^2 \beta K) + (\varepsilon_1 tg \beta K - \cos \beta K))}{\varepsilon_1 b \sin \chi}\right) \quad (6)$$

В случае непараллельного расположения ножей, когда  $\alpha \neq \beta$ , дифференциальное уравнение принимает вид:

$$\overline{P}_2 = \frac{P_0 \int_0^l \exp(\alpha x(y)) dy}{l} \quad (7)$$

Решая полученное дифференциальное уравнение (7):

$$\overline{P}_2 = \overline{P}_1 \frac{(1 - \exp(-al \cdot tg(\alpha - \beta)))}{l \cdot a \cdot tg(\alpha - \beta)} \quad (8)$$

Получаем, что  $\overline{P}_2 < \overline{P}_1$ .

$P_{сж}$  – усилие сжатия и проталкивания материала, Н. Анализируя полученное решение дифференциального уравнения, описывающее силы, действующие на измельчаемый материал, при измельчении консольными ножами, делаем вывод, что на усилие сжатия и проталкивания в большей мере влияет расположение ножей [6,7].

### Библиографический список:

1. Хабарова, В.В. Оптимальные усилия резания корнеплодов / Ю.М. Исаев, Е.И. Зотов, В.В. Хабарова, Е.В. Гришина // Успехи современного естествознания. - № 5. – 2009. С. 23.
2. Хабарова, В.В. Процесс измельчения корнеплодов консольными ножами / Ю.М. Исаев, В.В. Хабарова, В.А. Богатов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. - № 1. - С. 14 – 16.
3. Хабарова, В.В. Аналитическое определение усилия резания корнеплодов блоком горизонтальных ножей / Ананьев В.С., В.А. Богатов, В.В. Хабарова // Естественные и технические науки. – № 5(55). – 2011. С. 395-399.
4. Аюгин, Н.П. Анализ факторов, влияющих на энергоёмкость резания/ В.И. Курдюмов, Н.П. Аюгин, П.Н. Аюгин// Нива Поволжья.-2008.- № 3. С. 57-59.
5. Аюгин, Н.П. Разработка энергосберегающего измельчителя корнеклубнеплодов/ Ползуновский альманах// В.И. Курдюмов, Н.В. Павлушин, Н.П. Аюгин.-2011.-№ 4-2. С. 9-13.
6. Хабарова, Виктория Валерьевна. Разработка измельчителя корнеплодов с обоснованием его параметров и режимов работы: автореферат дис. ... канд. технич. наук / Хабарова В.В. – Уфа, 2011.- 20 с.
7. Хабарова, В.В. Расположение ножей при измельчении корнеплодов/ Хабарова В.В., Исаев Ю.М., Богатов В.А.// Современные наукоёмкие технологии. 2008, № 2, с. 83.

## MATHEMATICAL GROUND OF PROCESS OF DEFORMATION AT GROWING OF ROOT CROPS SHALLOW

Habarova V.V., Yermolayeva V.

**Keywords:** growing, motion of bodies, энергозатраты, differential equalizations, deformation shallow.

Work is sanctified to determination of intercommunication between forces arising up in the process of deformation at growing of material by cantilever knives shallow and to influence of location of knives in the conditions of deformation of tel.