

Разработка схемы и определение режимов работы мини-измельчителя Каримов Р. Р.¹, Абдуллаев И. Э.²

¹Каримов Рустам Рузимахматович / Karimov Rustam Ruzimakhmatovich - доцент,
кафедра транспортных сооружений и автомобильных дорог;

²Абдуллаев Илхом Эшкурбанович / Abdullaev Ilkhom Eshkurbanovich - старший преподаватель,
кафедра химической технологии, технический факультет,
Термезский государственный университет, г. Термез, Республика Узбекистан

Аннотация: в статье приведены результаты теоретические и экспериментальные исследования мини-измельчителя в процессе резания, т.е. изучены скорость, усилия, работы и мощность резания грубых кормов

Ключевые слова: грубые корма, качество измельчения, измельчитель, конусообразный рабочий орган, ротор, нож, лезвия, стебель, резание, угол наклона, коэффициент трения стебля по лезвию, скорость, усилия, работа и мощность резания.

УДК 631.363.22

Животноводство в Узбекистане является одной из важных отраслей сельского хозяйства. Поэтому Правительством Республики большое внимание уделено развитию животноводства по государственной программе развития животноводства, основой которой является создание малых животноводческих фермерских и дехканских хозяйств с небольшим количеством животных. Сейчас в Республике существует большинство хозяйств с небольшим количеством крупного рогатого скота. В них, в основном, используются грубые корма.

Развитие малых животноводческих фермерских и дехканских хозяйств тесно связано с приготовлением качественного корма при меньших материальных затратах. Практика таких хозяйств показала, что неудовлетворительная обработка стеблей грубых кормов кормоприготовительными машинами приводит к снижению качества полученного корма и соответственно к увеличению его потерь (до 30 %).

Существенное снижение эксплуатационных затрат и повышение качества приготовления корма из грубых стеблей кормовых культур возможно при совмещении операций измельчения и резания в кормоприготовительных машинах, т.к. измельчение и срезание растений ведет к улучшению их кормовых качеств, уменьшению потерь и экономии материальных средств [1].

Поэтому исследования направлены на разработку схемы и определение угла наклона лезвия ножа конусообразного рабочего органа мини-измельчителя для грубых кормов (рис.1), а также изучение скорости, усилия, работы и мощности резания стеблей.

Измельчитель состоит из подающего лотка (1), кожуха (2), ротора (3) с дисками для закрепления ножей (4). К ножам устанавливаются грузики (5) для обеспечения балансирования ротора. Измельчитель имеет подставку (6), а также приведены схемы процесса резания стебля.

С целью обеспечения качественной работы измельчителя без вибрации необходимо определить некоторые параметры его рабочих органов.

При этом расчёты по определению периметров конусообразного рабочего органа мини-измельчителя приводились с использованием основных положений теоретической анализа [2,3].

Так как рабочий орган мини-измельчителя является конусообразным, тогда его диаметр будет определяться исходя из следующего соотношения

$$D_1 < D_2 < D_3 < \dots < D_i, \quad (1)$$

где $D_1, D_2, D_3 \dots D_i$ - диаметры рабочего органа, измеренные по конечной части ножа, вращающегося с балансировочными грузами, мм.

Для предотвращения дисбаланса рабочего органа должно соблюдаться условие

$$m_1 > m_2 > m_3 > \dots > m_i, \quad (2)$$

где $m_1, m_2, m_3 \dots m_i$ - массы грузов, балансирующих нож, г.

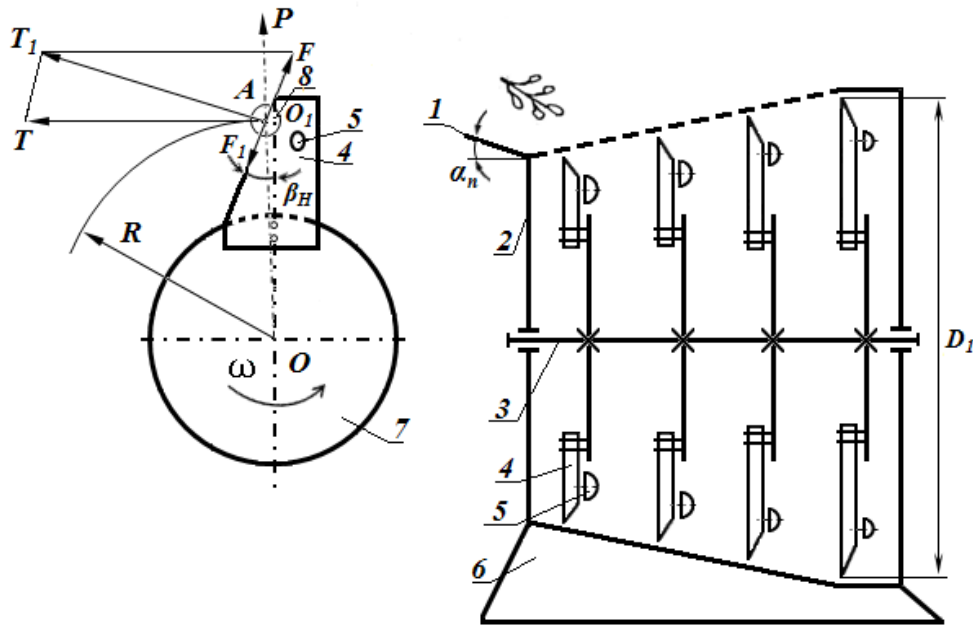


Рис. 1. Схема мини-измельчителя для грубых кормов:
1-лоток; 2-кожух; 3-вал с дисковым ротором; 4-нож; 5-грузок; 6-подставке; 7-ротор; 8-стебель

Как известно, скорость резания ножа, а следовательно и мощность, можно значительно уменьшить, обеспечив скользящее резание в момент срезания стеблей грубых кормов [4].

Поскольку скольжение стебля по лезвию в момент перерезания в значительной степени обуславливается углом (α_n) наклона стебля относительно лезвия ножа, который обеспечивается с помощью подающего лотка мини-измельчителя при подаче стеблей к ножам.

На стебель действуют центробежная сила

$$P = \frac{mV^2}{R}, \quad (3)$$

где m —масса срезаемой части стебля, приведенная к плоскости среза, г;

V —окружная скорость стебля в плоскости среза, м/с;

R — расстояние от оси стебля до оси вращения рабочего органа, мм;

Используя теорему косинусов, находим

$$R = \sqrt{R_p^2 + \frac{d_{cm}^2}{4} \cos^2 \alpha_n - R_p d_{cm} \cos \alpha_n \cos \beta_n}, \quad (4)$$

где R_p — радиус ротора, мм ; d_{cm} — диаметр стебля, мм ; β_n -угол наклона лезвия ножа, град.

Так и находим радиус ротора

$$R_p = 0,5 \cdot D_i - l_{H_i}, \quad (5)$$

где l_{H_i} - i - той длина ножа, мм .

После подстановки (4) к формулу (3) получим

$$P = \frac{mV^2}{\sqrt{R_p^2 + \frac{d_{cm}^2}{4} \cos^2 \alpha_n - R_p d_{cm} \cos \alpha_n \cos \beta_n}}. \quad (6)$$

Итак, сила инерции

$$T = ma, \quad (7)$$

где a - окружная составляющая ускорения стебля в плоскости среза, м/с² .

По принятому допущению

$$a = \frac{V}{\Delta t}, \quad (8)$$

где Δt - время, за которое стебель приобретает скорость V во время среза, с.
При этом скольжению стебля по лезвию ножа препятствует сила трения

$$F = fN, \quad (9)$$

где f – коэффициент трения стебля по лезвию; N – нормальное давление стебля на лезвие, Н.

Так как при больших окружных скоростях ножа отгиб стебля невелик, его упругое сопротивление также незначительно, и мы его учитывать не будем.

Тогда, согласно выше приведенному допущению, определим условие скольжения стебля вдоль лезвия ножа. При этом сумма проекций всех сил, осуществляющих перерезание стеблей, должна быть больше силы трения. Для лезвия с наклоном назад это условие описывается неравенством

$$\begin{aligned} & \frac{mV}{\Delta t} \sin \beta_H + \frac{2mV^2}{\sqrt{4R_p^2 + d_{cm}^2 \cos^2 \alpha_n - 4R_p d_{cm} \cos \alpha_n \cos \beta_H}} > \\ & > f \left(\frac{mV}{\Delta t} \cos \beta_H - \frac{2mV^2}{\sqrt{4R_p^2 + d_{cm}^2 \cos^2 \alpha_n - 4R_p d_{cm} \cos \alpha_n \cos \beta_H}} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

После преобразований получим

$$\frac{1}{4} d_{cm}^2 \cos^2 \alpha_n - R_p d_{cm} \cos \alpha_n \cos \beta_H + R_p^2 - \Delta t^2 V^2 \operatorname{ctg}(\beta_H - \varphi) < 0 \quad (11)$$

Обозначаем $x_1 = \Delta t V$ как перемещение стебля в процессе резания.

Тогда, решая неравенство (11) относительно β_H , получим:

$$\beta_H < \varphi - \operatorname{arcctg} \frac{\sqrt{d_{cm}^2 \cos \alpha_n - 4R_p d_{cm} \cos \beta_H \cos \alpha_n + 4R_p^2}}{2x_1} \quad (12)$$

На основании выше были проведены экспериментальных исследований (рис.2), что с увеличением скорости резания от 15 м/с до 19 м/с и диаметра стеблей от 4 мм до 16 мм при постоянной скорости подачи стеблей [5], усилия резания уменьшается гиперболическим видам от 89,4 Н до 82,5 Н, также работа резания увеличивается прямолинейным видам по скорости резания от 4,79 Н.м до 5,93 Н.м и по диаметра стеблей от 5,14 Н•м до 6,10 Н•м.

Это объясняется тем, что пересечения кривых определяют оптимальных значениях параметров, т.е. скорость резания 16,6 м/с, диаметра стеблей 7...10 мм, усилия резания 85,2 Н и работа 5,25 Н•м.

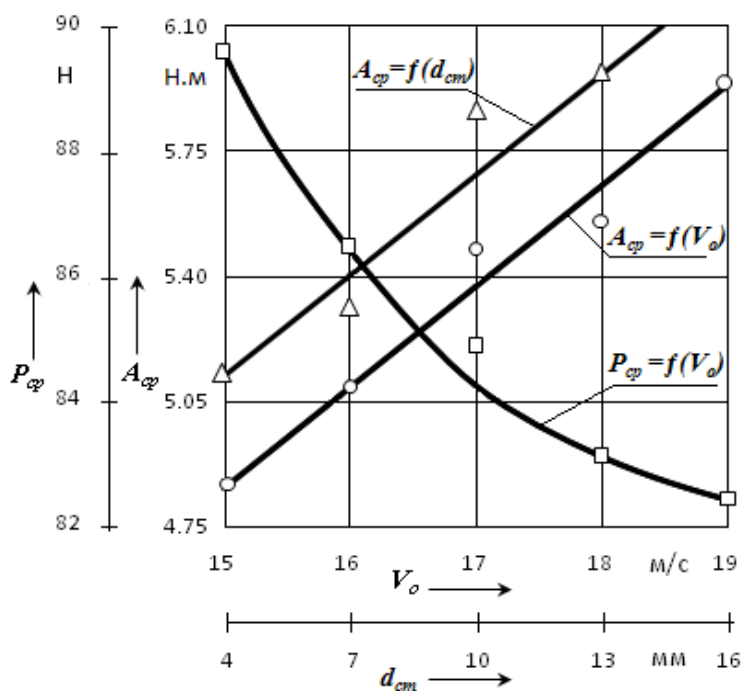


Рис. 2.Изменение усилия P_{cp} и работа A_{cp} резания в зависимости от окружной скорости V_o резания и диаметра d_{cm} стеблей

Также, работа резания ножа зависит от геометрии режущей кромки т.е. толщины угла заточки и остроты лезвия ножа. Результаты исследования определены путем тензометрирования (таблица).

Таблица. Зависимость работы резания ножа от его геометрии

Параметры	Работа резания, мм				
Толщина ножа, мм.	$\frac{2,69^*}{2}$	$\frac{3,03}{3}$	$\frac{3,27}{4}$	$\frac{3,52}{5}$	$\frac{4,27}{6}$
Угол заточки ножа, град.	$\frac{5,54}{11}$	$\frac{6,02}{13}$	$\frac{6,31}{15}$	$\frac{6,61}{17}$	$\frac{6,84}{19}$
Острота лезвия ножа, мкм.	$\frac{6,75}{25}$	$\frac{7,11}{75}$	$\frac{8,50}{125}$	$\frac{8,11}{175}$	$\frac{8,97}{225}$

*Примечание: в числителе - работа резания; в знаменателе - геометрия ножа

Из таблицы видно, что с увеличением толщины ножа от 2 мм до 6 мм, угла заточки ножа от 11^0 до 19^0 и остроты лезвия ножа от 25 мкм до 225 мкм увеличивается работа резания соответственно на 63,0%, 81,0% и 75,3%.

Итак, с увеличением значения параметров ножа увеличивается работа резания в среднем 73,1%.

Результаты исследований по определению потребляемой мощности мини-измельчителя на срез стебля в зависимости от длины ножа приведены на рис.3, что с увеличением длины ножа от 80 мм до 120 мм уменьшает потребляемую мощность на 11,3%, т.е. кривая зависимости их имеет гиперболический вид. Также, с увеличением угла наклона лезвия ножа от 22^0 до 54^0 увеличивается потребляемая мощность на 3,9%, т.е. зависимость их имеет линейный характер.

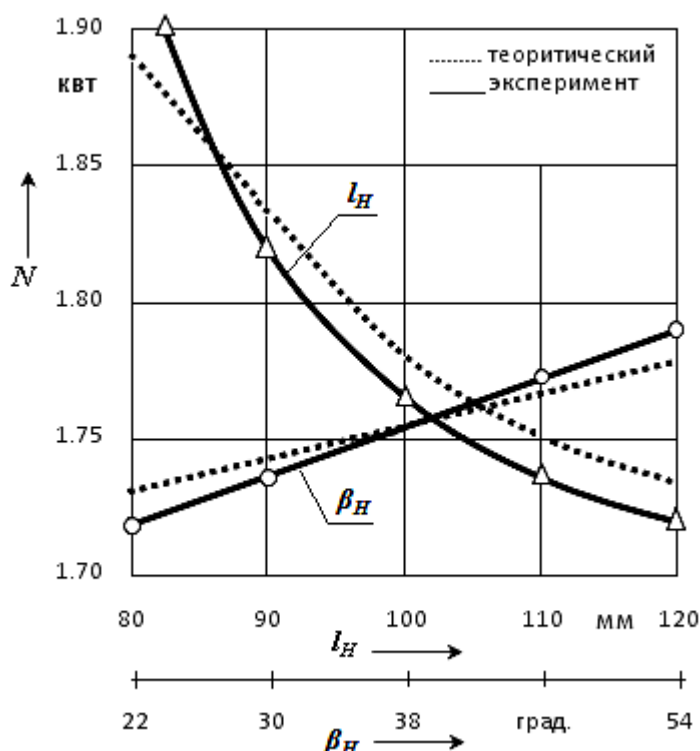


Рис. 3. Зависимость потребляемой N мощности мини-измельчителя по длине l_H ножа и углу β_H наклона лезвия

Итак, на основании выражений (5) и (12) теоретические данные сравнены с экспериментальными, и разница между ними не превышает 5 %.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- определена зависимость угла наклона лезвия ножа (β_H) от различных факторов процесса резания стеблей, т.е. при расчетах: $R_p = 130...190 \text{ мм}$, $x_1 = 0,5...2 \text{ мм}$, $\alpha_n = 0...20^\circ$, $\varphi = 24...30^\circ$, $d_{ст} = 4...16 \text{ мм}$ и $\beta_H = 0...48^\circ$;

- при окружной скорости до $18,8 \text{ м/с}$ наблюдается заметное уменьшение усилия резания, а дальнейшее увеличение ее приводит к сглаживанию разности усилия;

- с увеличением окружной скорости резания при постоянной скорости подачи стеблей активность режущей кромки ножа, а скользящее действие режущей кромки увеличивается, т.е. общая работа, расходуемая на срез, уменьшается за счет увеличения времени среза в пределах $1,7...4,7 \cdot 10^{-3} \text{ с}$, а оптимальная скорость резания ножа равна $17...19 \text{ м/с}$.

Литература

1. Каршиев Ф. У. Обоснование параметров рабочих органов мини дробилки-измельчителя грубых кормов: Автореферат дисс.... кант. техн. наук. Ташкент, 2007, 22 с.
2. Каримов Р. Р., Тураев Б. Б., Тулаганов А. А., Авазов Д. Ж. Определение усилия резания стебельчатых кормов. // «Проблемы механики». Журнал, Ташкент, № 4, 2010, стр. 42 - 44.
3. Каримов Р. Р., Холмуродов М. Х., Тошпулатов Т. М., Авазов Ж. Д. Исследование угла наклона лезвия ножа рабочего органа мини-измельчителя для грубых кормов. // «Доклады академии наук Республики Узбекистан». Журнал, Ташкент, № 5, 2011, стр. 51 - 53.
4. Каримов Р. Р., Иманов Б. Б., Каримов Ё. З., Абулов М. Р. К исследованию конусообразного рабочего органа мини-измельчителя грубых кормов. // «Вестник ТашГТУ». Журнал, № 3, 2013, стр. 123 - 126.
5. Каримов Р. Р., Иманов Б. Б., Каримов Ё. З., Чориев Г. Н. Разработки схемы и определения угла наклона лезвия ножа конусообразного рабочего органа мини-измельчителя. // Сборник материалов международной научно-технической конференции на тему: «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении», 19 - 20 апреля 2014 года, Андижанский машиностроительный институт, Андижан, стр. 247 - 250.