

Разработка устройств для измельчения корнеплодов

О.А. Камышева, инженер, ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА

В связи с постоянным требованием повышения качества животноводческой продукции всё более остро встаёт вопрос о полноценности растительных кормов. Помимо сбалансированности по пищевой ценности огромное значение имеет соотношение размеров входящих в исходную смесь компонентов.

Так как перерабатываемые сочные корма значительно отличаются по физико-механическим свойствам и величине, то возникает необходимость доводить их до определённого размера соответственно зоотехническим требованиям [1].

В настоящее время находят применение различные устройства по доведению кормов до необходимого размера, в т.ч. на основе шнековых

конструкций [2–5]. Из них наиболее совершенными можно считать такие устройства, которые позволяют выполнять технологический процесс непрерывно.

Целью работы является разработка устройства для измельчения корнеклубнеплодов.

Задачи исследования:

- разработать шнековое устройство, выполняющее одновременно резание и перемещение перерабатываемого продукта;
- обосновать форму лезвия;
- представить и обосновать модель процесса резания данным устройством.

Предлагается шнековое устройство, в котором гребни шнека разделены на несколько частей, каждая из которых будет выполнять роль резания и перемещения перерабатываемого продукта (рис. 1).

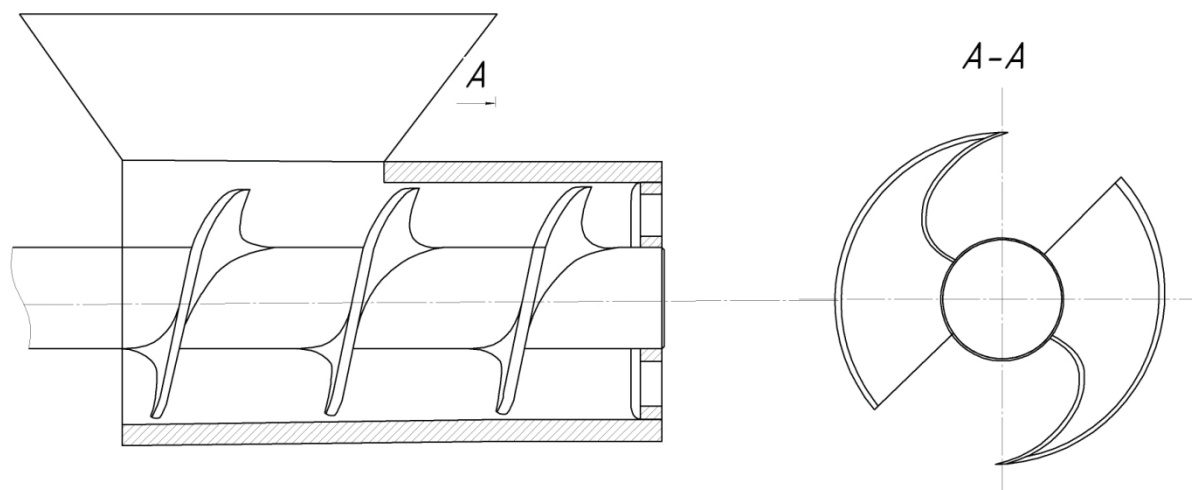


Рис. 1 – Шнековое устройство

Особое значение будут иметь те части шнека, которые предназначены для измельчения.

Условно весь процесс резания можно разделить на следующие этапы:

- вхождение режущей кромки в тело клубня;
- отделение части клубня от основной его массы;
- перемещение отдельной части в межвитковый канал.

Так как клубень при выпадении из загрузочного бункера совершает беспорядочное движение (по случайному закону), а режущие части шнека с чередующейся частотой вступают в контакт с ним, то встаёт вопрос о форме режущей части витка шнека.

Режущая часть шнека будет определяться тремя параметрами: длиной, высотой лезвия и длиной режущей кромки.

Длина режущей кромки зависит от формы лезвия, которая может быть криволинейно-выпуклой, прямолинейной и криволинейно-вогнутой.

Выпуклая форма невыгодна тем, что не обеспечивает необходимого усилия резания. Прямолинейная форма увеличивает длину лезвия и сопротивление резанию [6]. Этих недостатков в значительной мере лишена вогнутая форма лезвия.

Вогнутость режущей кромки предполагает множество вариантов конфигурации, которые могут быть представлены различными математическими выражениями.

При первичном анализе был сделан выбор в пользу трёх наиболее рациональных вариантов: парабола, эллипсоида и экспонента.

Модель лезвия ножа в декартовой системе координат (x , y) показана на рисунке 2.

Линии витка шнека условно повернуты и спрямлены, что не влияет на логичность рассуждений.

Уравнение параболы в осях x , y выглядит:

$$X = a \cdot y^2, \quad (1)$$

где a – положительная константа, м^{-1} .

Длина дуги в этой же системе координат выражается интегралом:

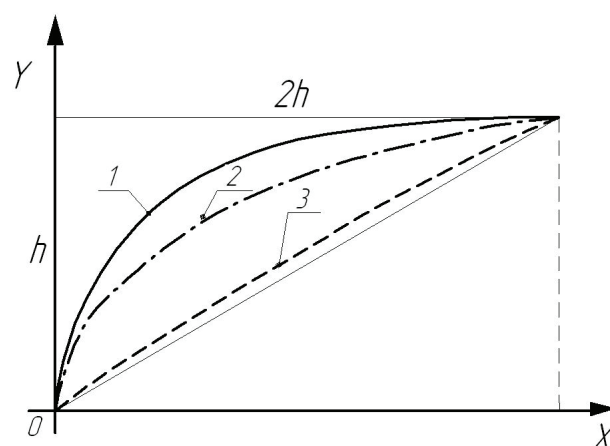


Рис. 2 – Формы лезвия:

1 – форма эллипса; 2 – форма параболы; 3 – форма экспоненты

$$l = \int_0^n \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2} dy. \quad (2)$$

Тогда:

$$\frac{dx}{dy} = 2ay \Rightarrow \left(\frac{dx}{dy}\right)^2 = 4a^2 y^2 \Rightarrow l = \int_0^n \sqrt{1 + 4a^2 y^2} dy,$$

где $h = \text{const}$ – высота гребня шнека, м.

Вычисление длины участка параболы, вписанной в прямоугольник $2hxh$, даёт длину дуги $l \approx 2,325h$ (в относительных единицах), т.е. длина дуги превосходит абсциссу (лезвие ножа) в 2,325.

Уравнение эллипса в осях x , y выглядит:

$$\frac{(x-2h)^2}{(2h)^2} + \frac{y^2}{h^2} = 1. \quad (3)$$

Искомой правой будет левая верхняя четвертинка эллипса. Приближенная формула [7] даёт следующее значение длины кривой $l \approx 2,429h$.

Уравнение экспоненты, проходящей через $(0; 0)$, $(2h; h)$ можно представить следующим выражением:

$$y = a(l - e^{-x}). \quad (4)$$

Длина её участка, заключённого в вышеуказанный прямоугольник, в точном виде вычислена быть не может. Применение степенных рядов с использованием первых двух членов разложения даёт длину кривой, практически равную длине диагонали вышеуказанного прямоугольника, т.е.:

$$l = \sqrt{(2h)^2 + h^2} = \sqrt{5h} \approx 2,236h. \quad (5)$$

Таким образом, из ряда (2,325; 2,422; 2,236) явным преимуществом с учётом исходных рассуждений обладает форма кривой, полученная из уравнения эллипса.

На основании изложенного можно сделать вывод, что при вхождении лезвия в тело корнеплода работа разрушения будет максимально возможной, особенно если верхнюю кромку лезвия также сделать режущей.

Модель процесса резания можно представить следующим образом: остриё лезвия входит в материал, обе режущие кромки (верхняя и нижняя) будут производить работу разрушения и в силу конструктивных особенностей шнека отделять нижние соприкасающиеся части клубня, тем самым уменьшая его первоначальные размеры.

Уменьшенный клубень вступает в контакт со следующим ножом, и процесс повторяется до поступления его в шнековый канал.

Основной сложностью расчёта характеристик процесса для обеспечения стабильной работы измельчения является наличие угла между направлением вектора окружной скорости точек гребня и наклона витка шнека.

Возникает потребность поиска рационального угла между указанными направлениями, который обеспечивал бы минимальный расход энергии на процесс измельчения при максимальной производительности установки.

Литература

1. Сборник требований на машины и оборудование для механизации и электрификации животноводства. М.: АгроНИИТЭНИТО, 1989. 237 с.
2. Горюшинский В. С. Совершенствование резания корнеплодов с обоснованием параметров измельчителя: дисс. ... канд. техн. наук. Пенза, 2004. 136 с.
3. Пат. РФ № 2369082. МПК A01F29/00. Измельчитель корнеклубнеплодов / Курдюмов В.И., Аюгин Н.П., Лешаева М.Н. Заявитель и патентообладатель Ульяновская ГСХА. Заявл. 24.12.2007.
4. Аюгин Н.П., Павлушин Н.В., Курдюмов В.И. Разработка энергосберегающего измельчителя корнеклубнеплодов // Ползуновский альманах. 2011. № 4/2. С. 9–13.
5. Пат. РФ № 2130740. МПК A23 №15/00. Линия обработки корнеклубнеплодов / Сысуев В.А., Савиных П.А., Остальцев В.П.; заявитель и патентообладатель НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого. Заявл. 11.02.1998; опубл. 27.05.1999.
6. Горячкин В.П. Собрание сочинений в трёх томах. Т. 3. М.: Колос, 1965. 384 с.
7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и студентов вузов. М.: Наука, 1981. 720 с.