

Аналитическое обоснование параметров рабочих органов измельчителя длинностебельных кормов

А.С. Голицын, аспирант, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ

Рабочие органы предлагаемого измельчителя длинностебельных кормов представляют собой валцы, снабжённые приводом для вращения и состоящие из дисков, имеющих выступы [1].

Академик В.П. Горячкин [2] впервые выполнил теоретический анализ работы валцовых рабочих органов, которые использовались для подачи соломы к нолам силосорезки. В.П. Горячкин исходил из условий прокатки растительной массы, которая имеет пластические свойства, с помощью валцов. Он сформулировал условие захвата и определил связь между сжатием растительной массы Δh , коэффициентом трения f и диаметром используемых валцов D . Им определено, что сумма горизонтальных составляющих сил, действующих в точке контакта, направленная в сторону вращения валцов и определяемая начальным углом α_0 , влияет на захват некоторого условного слоя материала, толщиной h (рис. 1).

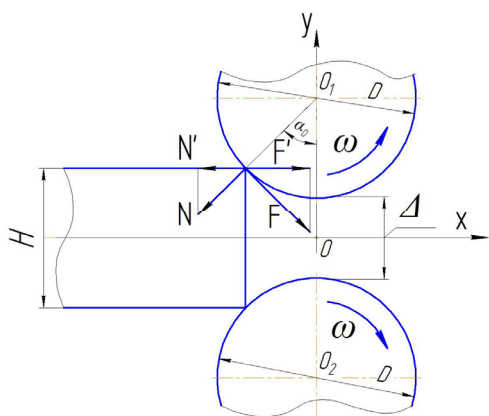


Рис. 1 – Силы, действующие на растительный материал в момент захвата гладкими валцами

На рисунке 1 валцы расположены горизонтально, параллельно друг другу, а стебель растения подаётся в зазор между валцами перпендикулярно им [3]. При этом сила N' является горизонтальной составляющей силы нормального давления N , которая вызывает действие силы трения F . Сила трения F численно равна произведению силы нормального давления N и коэффициента трения скольжения материала о поверхность валца. Сила трения F также имеет горизонтальную составляющую F' . Тогда случай затягивания стебля в рабочий зазор определит неравенство:

$$\operatorname{tg}\varphi \geq \operatorname{tg}\alpha_0, \quad (1)$$

где φ – угол трения материала о поверхность валца;
 α_0 – начальный угол контакта.

Материал и методы исследования. Цель исследования – анализ конструкции измельчителей,

разработанных в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (по патентам РФ №144351, №172239) [4, 5], для определения возможных недостатков как конструктивных, так и технологических, оказывающих негативное воздействие на работу измельчителя. Для обеспечения надёжной работы необходимо определить конструктивные размеры измельчителя в зависимости от параметров, характеризующих затягивающую способность его рабочей поверхности. Следует получить уравнение для определения взаимосвязи угловой скорости валцов и поступательной скорости измельчителя. Также надо определить зависимость изменения максимальной и минимальной величины зазора между выступом диска и смежным валцом в горизонтальной плоскости.

Результаты исследования. Работа измельчителя совмещает две операции: захват и измельчение [6].

Если рассмотреть эти операции отдельно, то исходя из анализа рисунка 1, логично предположить, что для увеличения захватывающей способности можно использовать выступы [7], которые установлены таким образом, что раствор сжимающей поверхностей, образованный выступами, совпадает с направлением вращения дисков (рис. 2).

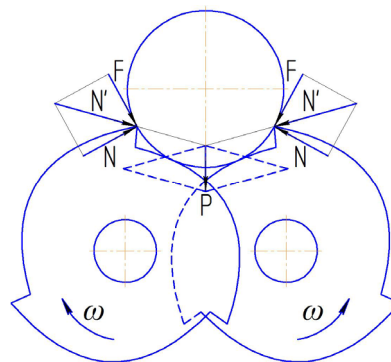


Рис. 2 – Силы, действующие на растительный материал в момент захвата валцами

Была рассмотрена вторая часть, операция измельчения стебля, и определены параметры смежной пары дисков, а также взаимосвязь поступательной скорости измельчителя и угловой скорости валцов.

При заданном расположении валцов, затягивание стебля в рабочий зазор обеспечивают силы N' (рис. 2), а выступы дисков своими поверхностями ab и $a'b'$ создают локальную деформацию стебля. При вращении дисков валцов навстречу друг другу осуществляется срез части стебля кромками дисков bc и cb' , находящейся в зоне рабочего зазора aca' (рис. 3). Воздействие на стебель происходит на элементарном участке. Измельчение стебля осуществляется за счёт суммарного воздействия элементарных участков.

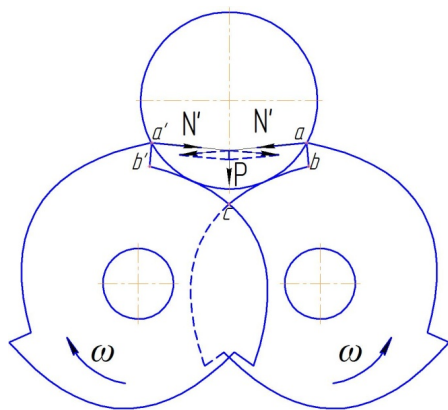


Рис. 3 – Силы, действующие на растительный материал в момент захвата вальцами

Были рассмотрены геометрические параметры смежной пары дисков, которые образуют элементарный рабочий зазор измельчителя (рис. 4).

Межосевое расстояние между вальцами определяется как алгебраическая сумма радиуса диска по краям выступов R_{max} , половины диаметра промежуточного кольца d_K и технологического зазора между краем выступа смежного диска и промежуточным кольцом Z_T . Высота выступа h является разностью радиуса диска по краям выступов R_{max} и радиуса диска по впадинам выступов R_{min} .

Для случая поворота дисков на угол α относительно вертикальной оси [1] в пределах, когда справедливо условие $0 < \alpha < 180$, определяли зазоры в горизонтальной плоскости Z_{min}^α и Z_{max}^α (рис. 5),

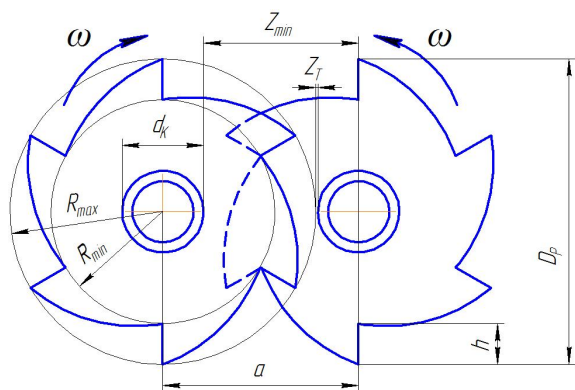


Рис. 5 – Пара дисков с выступами на смежных вальцах, повернутых на 40 градусов от вертикального расположения выступов

Получили следующие выражения для определения зазоров:

$$Z_{min}^\alpha = a - \frac{d_K}{2} - R_{max} \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

$$Z_{max}^\alpha = a - \frac{d_K}{2} - R_{min} \cdot \sin \alpha. \quad (3)$$

Полученные выражения (2) и (3) позволили построить график изменения величины элементарного рабочего зазора в горизонтальной плоскости от поворота диска (рис. 6).

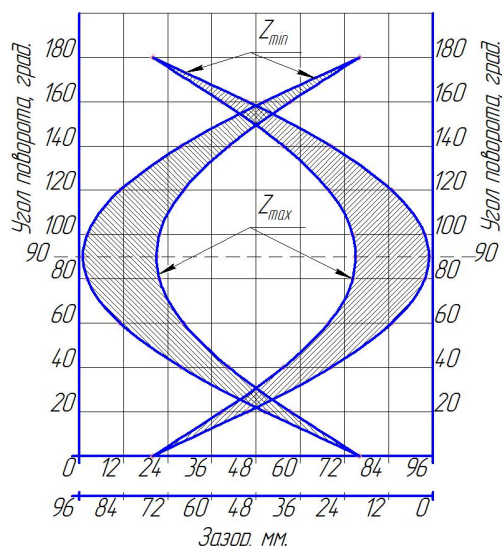


Рис. 6 – График изменения величины зазоров, спроецированных на горизонтальную плоскость от поворота двух смежных дисков измельчителя

Для определения режимных параметров рабочих органов измельчителя приняли условие, что для качественного выполнения работы с предотвращением выдергивания растений из почвы во время работы измельчителя необходимо срезать и измельчить растение за время t прохождения измельчителем расстояния l , численно равного диаметру d этого стебля. Тогда время на перемещение $t_{пер}$ определится как отношение расстояния l к поступательной скорости V .

Угол ϕ между соседними выступами на диске является отношением 2π к количеству выступов n на диске (рис. 7).

На рисунке 7 представлены вальцы с дисками. При этом каждый следующий диск на валу установлен с поворотом на угол γ относительно предыдущего диска. Винтовая поверхность, образованная дисками, формируется в зависимости от величины угла γ . В результате была получена винтовая дискретная рабочая поверхность пары вальцов [8].

Количество резов стебля определили как отношение диаметра d стебля к высоте h выступа. Определив угол поворота диска β для среза одного растения как произведение количества резов k стебля и угла ϕ между соседними выступами, выразили время среза стебля $t_{ср}$ как отношение угла поворота диска β к угловой скорости диска ω .

Согласно принятому условию равенства времени перемещения $t_{пер}$ измельчителя и времени среза $t_{ср}$ стебля в итоге получили выражение для определения угловой скорости вальцов от поступающей скорости измельчителя и параметров диска:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot V}{h \cdot n}. \quad (4)$$

Качество работы измельчителя существенно зависит от взаимосвязи угловой скорости вальцов с поступательной скоростью измельчителя.

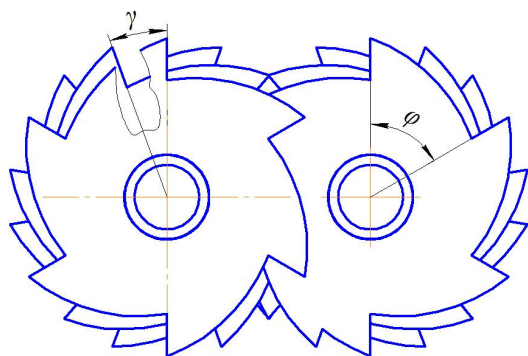


Рис. 7 – Взаимное расположение дисков на смежных вальцах

Выводы

1. Параметры, характеризующие затягивающую способность рабочей поверхности измельчителя, такие как межосевое расстояние a и рабочие зазоры Z_{\min} , Z_{\max} , позволяют определить конструктивные размеры измельчителя длинностебельных кормов.

2. Определена зависимость изменения максимальной и минимальной величины горизонтального зазора между выступом диска и смежным вальцом:

$$Z_{\min}^{\alpha} = a - \frac{d_K}{2} - R_{\max} \cdot \sin \alpha \text{ и } Z_{\max}^{\alpha} = a - \frac{d_K}{2} - R_{\min} \cdot \sin \alpha.$$

3. Получена зависимость угловой скорости вальцов от поступательной скорости агрегата:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot V}{h \cdot n}.$$

Литература

1. Курасов В.С. Механика: детали машин: учебное пособие / В.С. Курасов, В.В. Куцеев, С.Г. Руднев [и др.]. Краснодар, 2013. 196 с.
2. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3-х томах. М.: Колос, 1965. Т. 3. 384 с.
3. Сабликов М.В. Зашемление и затягивание тел // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1968. № 3. 96 с.
4. Пат. 144351 Российская Федерация, МПК В02С 4/02. Шредер / В.В. Куцеев, А.А. Титученко, А.С. Голицын; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». №2014108270/15; заявл. 04.03.2014; опубл. 20.08.2014; бюл. № 23.
5. Пат. 172239 Российская Федерация, МПК А01F 29/00. Измельчитель кормов / В.М. Короткин, В.В. Куцеев, Е.Е. Самурганов, А.С. Голицын, А.В. Короткин; заявитель и патентообладатель Сбытовой сельскохозяйственный потребительский кооператив кукурузокалибровочный завод «Кубань». № 2016133448; заявл. 15.08.2016; опубл. 03.07.2017; бюл. №19.
6. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчёта режущих аппаратов. М.: Машиностроение, 1975. 311 с.
7. Куцеев В.В. К вопросу о свойствах геометрической формы рабочих органов сельскохозяйственных машин // Зелёная революция П.П. Лукьяненко: матер. науч.-практич. конф. Краснодар: «Советская Кубань», 2001. С. 261–269.
8. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1988. 640 с.