

ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ ДИФFUЗОРА ДВУХШНЕКОВОГО УПЛОТНИТЕЛЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЯЕМОГО В НЕМ ДАВЛЕНИЯ

Дмитрий Милько

*Таврический государственный агротехнологический университет
Проспект Б. Хмельницкого 18, Мелитополь, Украина. E-mail: milko_dmitry@mail.ru*

Dmitry Milko

*Tavria State Agrotechnological University
B. Khmelnytsky avenue, 18, Melitopol, Ukraine. E-mail: milko_dmitry@mail.ru*

Аннотация. В работе представлены результаты теоретических исследований изменения давления в диффузоре сложного профиля для двухшнекового уплотнителя растительного сырья. Автором предлагается разделить диффузор на две части, а именно на начальную рабочую зону и рабочую зону диффузора. Далее в каждой из частей анализируются возникающие усилия и противодействия. Начальная зона представляет собой форму из двух совмещенных цилиндров. Непосредственно в начальной зоне завершается процесс скручивания и осуществляется процесс транспортировки ко второй рабочей зоне. Поэтому в начальной зоне учитываются только усилия на трение о внешнюю поверхность головки. Тогда как вторая зона представляет собой совмещение двух усеченных конусов. Именно во второй части и происходит уплотнение растительного сырья. Во второй части диффузора учитываются уже и усилия затрачиваемые на преодоление не только внешнего, но и внутреннего трения. Внутреннее трение также во многом будет зависеть и от вида растительного сырья, закладываемого на хранение, и от влажности растительной массы, обусловленной стадией уборки культуры. Полученные данные позволят оценить уровень затрат энергии на уплотнение растительного сырья способом скручивания. В свою очередь, энергетическая оценка процесса уплотнения позволяет произвести расчеты удельных затрат на производство консервированных кормов с выходом на себестоимость определенной продукции животноводства, например, молока. Именно эти показатели дадут оценку целесообразности предложенной разработки и дальнейшего внедрения данной технологии при закладке растительного сырья на хранение.

Ключевые слова: двухшнековый уплотнитель, растительное сырье, диффузор, сложный профиль, скручивание.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Важным условием качественного сохранения растительного сырья является избежание развития патогенной микрофлоры. Этой цели можно достичь путем предотвращения контактов растительного сырья с воздухом (кислородом) и добавлением консервантов разного происхождения [1-4]. На современном этапе зафиксировано очень много попыток создания условий для предотвра-

щения порчи растительного сырья во время хранения [5-7]. К этим условиям следует отнести как химические способы, так и механические. Очевидно, что одним из важных факторов, которые влияют на качество хранения, является наличие повышенного содержания влаги. С одной стороны, высвобожденную влагу после измельчения можно отвести абсорбентами, с другой стороны, уровень влаги должен остаться на определенном уровне. То есть, взглянув на упрощенную проблему, следует заметить, что необходимо максимально увеличить объемный вес монолита для вытеснения воздуха (как можно плотнее уложить растительные частички), причем усилия уплотнения не должны превышать давление тургора клеток растения. Для этих целей использовали различные приспособления, такие как гидравлические прессы, штампы, рулонные и тюковые прессподборщики и тому подобное [8]. Однако наиболее целесообразным с точки зрения энергоемкости и металлоемкости все же считаются винтовые приспособления в разнообразных их проявлениях [9-11]. При использовании в качестве прессующего органа шнеков или винтов возникает проблема согласования геометрических параметров формы прессы и диффузора [12]. Исходя из того, что планируется применять двухшнековый уплотнитель, диффузор должен иметь форму, приближенную к конусу, но расширенную в горизонтальной плоскости. Именно эта форма диффузора сможет обеспечить процесс медленного выхода из шнеков растительного сырья и дальнейшего постепенного уплотнения при уменьшении поперечного пересечения диффузора рис.1.



Рис. 1. Уплотнение растительного сырья в двухшнековом уплотнителе

Fig. 1. Plant material compaction in twinscrew compactor

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

При применении прессующих устройств уже известны исследования, где имело место обоснование формы формирующего элемента [12-]. В этих работах обоснованы разные формы, а именно цилиндрическая, коническая, пирамидальная и формы сложного профиля. Однако применение этих формирующих элементов при закладывании уплотняемого сырья на хранение с помощью двухшнекового уплотнителя нецелесообразно. Это связано с необходимостью постепенного уменьшения площади поперечного сечения исходного отверстия со всех сторон с одинаковой интенсивностью.

Ниже предложен формирующий элемент, который позволит, постепенно уменьшая площадь поперечного сечения исходного отверстия, равномерно сжимать растительное сырье, постепенно вытесняя воздух, который остался в растительном сырье во время скручивания в двухшнековом уплотнителе [16-18].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель работы – обосновать форму диффузора для двухшнекового уплотнителя растительного сырья и теоретически исследовать характер изменения давления в канале сложного профиля.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Важной составляющей определения мощности двухшнекового уплотнителя, кроме расходов энергии на транспортировку растительного сырья, есть определение давления в рабочем канале формирующего элемента. Кроме того, от равномерности распределения давления в рабочем канале зависит и качество полученного в результате хранения растительного сырья.

Как свидетельствуют предыдущие исследования, значения коэффициентов внутреннего (f_v) и

внешнего (f) трения растительного сырья в определенной степени являются функциями давления [12]. Поэтому целесообразно отдельно рассматривать каждый участок, принимая средние значения коэффициентов внутреннего (f_v) и внешнего (f) трения, учитывая, что они изменяются в зависимости от давления. Система усилий, которые действуют на выделенные элементарные объемы этих участков, приведена в таблице 1 и таблице 2.

Начальная зона головки двухшнекового прессы принимает форму двух совмещенных цилиндров, соединенных прямоугольниками для плавного перехода растительного сырья из шнековой части в формирующий элемент. Обычно этот участок имеет сугубо "накопительный" и "транспортирующий" характер. Это происходит благодаря тому, что растительное сырье попадает сюда уже структурированным и в некоторой степени уплотненным [19, 20].

На этом участке можно считать, что энергия, которая передается растительному сырию, тратится только на преодоление внешнего трения по поверхности головки. При этом на объем растительного сырья, которое находится в середине, действуют усилия, представленные на рис. 2 в табл. 1.

Поскольку сумма усилий, которые действуют по оси x , равняется нулю, после математических преобразований получим выражение, которое выглядит как:

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{4f(H + \pi D)}{\pi D + 4HD} \cdot \Delta L, \quad (1)$$

где p – усилия, которые действуют на определенном участке, H – расстояния между осями цилиндров (рис. 1), D – диаметр цилиндра.

Проинтегрировав зависимость (1) от $-L/2$, где $p = p_1$, до $+L/2$, где $p = p_2$, получим, что величина давления в конце участка со стороны шнека можно представить в виде выражения:

$$P_2 = P_1 e^{\frac{fL(H + \pi D)}{\pi D^2 + 4HD}} \quad (2)$$

Таблица 1. Схема усилий, которые действуют на элементарные объемы растительного сырья уплотняемого в рабочей зоне головки

Table 1. Scheme efforts acting on the elementary volume of plant material that is compacted in the working area of the head

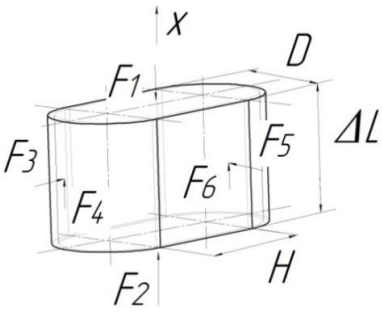
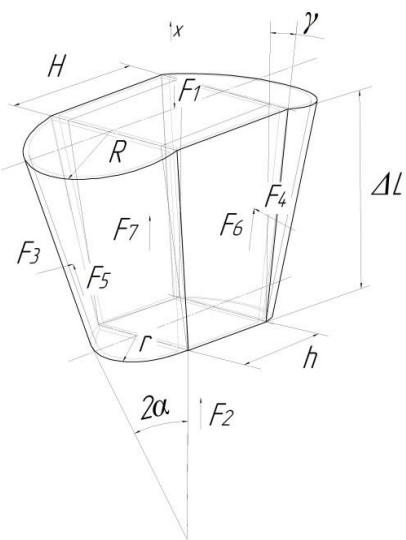
| Форма канала | Усилия | Площадь |
|---|---|---|
|  <p>Рис. 2. Схема усилий, которые действуют в головке</p> <p>Fig. 2. Scheme efforts acting in the head</p> | $F_1 = \left(p + \frac{\Delta p}{2} \right) A_1;$ $F_2 = \left(p - \frac{\Delta p}{2} \right) A_2;$ $F_3 = A_3 p;$ $F_4 = F_{\text{мер.1}} = A_4 f p;$ $F_5 = A_5 p;$ $F_6 = F_{\text{мер.2}} = A_6 f p.$ | $A_1 = A_2 = \frac{\pi D^2}{4} + HD;$ $A_3 = A_4 = \pi D \cdot \Delta L;$ $A_5 = A_6 = H \cdot \Delta L.$ |

Таблица 2. Схема усилий, которые действуют на элементарные объемы растительного сырья уплотняемого в рабочей зоне диффузора

Table 2. Scheme efforts acting on the elementary volume of plant material that is compacted in the working area of the diffuser

| Форма канала | Усилия | Площадь |
|--|---|---|
|  <p>Рис. 2. Схема усилий, которые действуют в диффузоре Fig. 2. Scheme efforts acting in the diffuser</p> | $F_1 = A_1 \left(p + \frac{\Delta p}{2} \right);$ $F_2 = A_2 \left(p - \frac{\Delta p}{2} \right);$ $F_3 = A_3 p;$ $F_4 = A_3 p;$ $F_5 = F_{\text{тер}} = A_5 f p;$ $F_6 = F_{\text{тер}} = A_6 f p;$ $F_7 = F_{\text{тер. вн.}} = \frac{\Delta V \cdot \Delta L}{A_7} f_{\text{вн.}} p.$ | $A_1 = DH + \frac{\pi D^2}{4};$ $A_2 = dh + \frac{\pi d^2}{4};$ $A_3 = A_5 = \frac{\pi(D+d) \cdot \Delta L}{2 \cos \alpha};$ $A_4 = A_6 = \frac{\Delta L(H+h)}{2 \cos \gamma};$ $A_7 = 2\Delta L(b+h) + \pi d \Delta L;$ $\Delta V = \frac{BH + \sqrt{BHb} - 2bh}{3} \cdot \Delta L + \frac{\pi(D^2 + Dd - 2d^2)}{12}.$ |

$$P_2 = P_1 \frac{L(6\pi D^2 b - 3\pi^2 d^3 - 24dh^2 + 6\pi D^2 h - 24bdh - 6\pi bd^2 - 18\pi d^2 h + 3\pi^2 D^2 d + 2\pi f_{\text{тер. вн.}} d + 24DHb + 24DhH - \pi D^2 f_{\text{тер. вн.}} + \pi D f_{\text{тер. вн.}} d + 12\pi DHd)}{6(\pi D^2 + 2HD + 2dh)(2b + 2h + \pi d)}. \quad (3)$$

Обычно профилирующий участок приближенно напоминает собой цилиндр, который с двух сторон под определенным углом осесимметрично усечен наклонными плоскостями, однако в нашем случае профилирующий или формирующий участок (диффузор) выглядит, как усеченный конус, который разделили пополам, и между этими частями установили две пластины под углом наклона конуса (рис. 3 в табл. 2). В нашем случае, действующие усилия в этой части тратятся как на преодоление внешнего трения растительного сырья по стенкам диффузора, так и на внутреннее трение растительного сырья, которое образует пластическую деформацию в массе.

Таким же образом, анализируя сумму действующих усилий по оси x, которые будут равняться нулю, после математических превращений и интегрирования получим выражение, которое будет выглядеть как (3). Получив выражение для определения усилий сопротивления в диффузоре и имея коэффициенты внутреннего сопротивления и трения по металлической поверхности материалов растительного происхождения, не сложно рассчитать мощность привода оборудования для уплотнения растительного сырья.

ВЫВОДЫ

1. На основе проведенных аналитических исследований можно отметить, что принятый метод

равновесия усилий позволил получить зависимости для определения основных технических и технологических параметров двухшнекового пресса.

2. Обоснована форма диффузора, обеспечивающая минимизацию затрат энергии с учетом физико-механических, реологических свойств растительного сырья и геометрических параметров рабочего канала оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Особов В.И. 2009.** Механическая технология кормов. М.: Колос, 344.
2. **Пестис В.К. 2009.** Кормление сельскохозяйственных животных: учебное пособие для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальностям «Ветеринарная медицина», «Зоотехния» / под ред. В.К. Пестиса. Минск: ИВЦ Минфина, 540.
3. **Александров С.Н. 2003.** Технология производства кормов. М.: ООО «Издательство АСТ», 235.
4. **Новак Я., Приступа В., Мисерке О. 2003.** Трудоемкость подготовки силоса. Мотрол, Механизация и электрификация растениеводства. Люблин. Том 5. 129-134. (Польша).
5. **Смурыгин М.А. 1977.** Корма. Справочная книга. / Под ред. М. А. Смурыгина. М.: Колос, 368.

6. **Дубовской И.И. 2008.** Формирование и развитие эффективной системы кормопроизводства: теория, методология, практика: Автореф. докт. эконом. наук: 08.00.05. Курск: АПК ФГОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки», 49.
7. **Тен А.Г. 1982.** Кормопроизводство. М.: Колос, 463.
8. **Гусаков В.Г. 2007.** Организационно-технологические нормативы производства продукции животноводства и заготовки кормов: сборник отраслевых регламентов. Минск: Белорус. наука, 283.
9. **Геррман Х. 1975.** Шнековые машины в технологии. / Под ред. Л. М. Фридмана. Л.: Химия, 232.
10. **Груздев И.Э., Мирзоев Р.Г., Янков В.И. 1978.** Теория шнековых устройств. Л.: Издательство Ленинградского университета, 144.
11. **Гевко Б.М. 1986.** Технология изготовления спиралей шнеков. Львов: Высшая школа. Издательство при Львовском университете, 128.
12. **Гемзе А.Л. 1985.** Выбор основных параметров шнековых прессов для формования строительных изделий из асбестоцементных масс: Дис. канд. техн. наук: 05.02.16. – М.: РГБ, 244.
13. **Генералов М.Б. 2002.** Механика твердых дисперсных пород в процессах химической технологии. Калуга: Издательство Н.Бочкаревой, 592.
14. **Кокорин В.Н. 2012.** Теория и практика процесса прессования гетерофазных увлажненных механических смесей на основе железа. Ульяновск: УлГТУ, 236.
15. **Жданович Г.М. 1969.** Теория прессования металлических порошков. М.: Металлургия, 264.
16. **Вегржин А. 2003.** Проблемы исследования качества работы уборочной техники растительных материалов. Мотрол, Механизация и электрификация растениеводства. – Люблин. Том 5. 227-233. (Польша).
17. **Новак Я., Вегржин А, Гах С. 2005.** Потребление энергии при заготовке силоса в тюках. Мотрол, Механизация и электрификация растениеводства. Люблин. Том 7. 143-147. (Польша)
18. **Милько Д.А. 2014.** Теоретические исследования продуктивности двухшнекового уплотнителя с односторонним вращением шнеков. Вестник Украинского отделения международной академии аграрного образования - Вип. 2. 146 – 154. (Украина).
19. **Милько Д.А. 2015.** Методика экспериментальных исследований двухшнекового уплотнителя. Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. Петра Василенко Вып. 157. 2015. 113-119. (Украина).
20. **Милько Д.А. 2012.** Анализ теоретических исследований процесса уплотнения кормовой массы. Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. Петра Василенко Вып. 120. 240-244. (Украина).

GROUNDING OF DIFFUSER FORM OF THE TWINSCREW COMPACTOR AND THEORETICAL RESEARCH OF PRESSURE CHANGING

Summary. The results of theoretical research of changing pressure in the complex profile diffuser for twin-screw compactor of plant materials are presented at the paper.

The author proposes to separate the diffuser in two parts, in particular for the primary working zone and the diffuser working zone. Further, emerging efforts and counteractions and are analyzed in each of the parts. The primary zone is the form combined of two cylinders. The process of twisting is completed directly at the primary zone and the process of transporting to the second work area is performed. Therefore, in the primary zone the efforts on friction to the head outer surface only are taken into account. The second zone is a combination of two truncated cones. The plant materials are compacted exactly at the second part of the diffuser. The efforts spending to overcome not only external but also internal friction is already taken into account at the second part of the diffuser. Internal friction will largely depend on the type of settable for store plant material and the humidity of plant matter caused by harvesting stage of crops.

The obtained data will allow estimating the energy consumption for compaction of plant materials by twisting. For own turn, the energy estimation of the compaction process enables the calculation of unit costs for preserved feed production with access to the cost calculation of certain livestock products for example milk. Exactly these indicators will evaluate the expediency of proposed development and the further introduction of this technology for setting the plant material to storage.

Key words: twin screw compactor, plant material, diffuser, complex profile, twisting.