

В.А. Смирнов //Псковский регионологический журнал. – 2010. – № 9. – С. 51-55.

3. Рудобашта, С.П. Теплотехника /В.П. Рудобашта. – М.: КолосС, 2010. – 599 с.

**Abstract**

*Unsteady temperature oscillations inside polymer film packed haylage rolls and the influence of such on the quality of fodders are discussed in the work.*

**УДК 631. 363**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА  
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДВУХСТАДИЙНОГО УПЛОТНЕНИЯ  
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**Д.А. Милько, к.т.н, доцент**

*Таврический государственный агротехнологический университет,  
г. Мелитополь, Украина*

*В статье представлены теоретические аспекты процесса последовательного двухстадийного уплотнения, а именно теоретические исследования уплотнения в клиноподобном горизонтальном канале с последующим процессом подачи на вторую стадию уплотнения – в двушнековый уплотнитель.*

**Введение**

Исследованиями влияния конструктивных и режимных параметров уплотнителей на показатели качества и энергоемкости их работы занимались ученые с давних времен. В этом направлении работали такие ученые, как И.И. Вольф, А.А. Чапкевич, М.А. Пустигин, А.А. Тулинов, С.А. Алфёров, В.Д. Дутов, Е.И. Храпач и др. Причем практически все исследователи пришли к заключению, что основным показателем, который характеризует качество прессования кормов, является плотность полученных тюков, брикетов, гранул и тому подобное. Однако исследованию подлежали материалы с незначительной влажностью, а именно люцерна (16%), клевер (16%), сено степное (16%), тимофеевка (9,35%), солома (10,34%), сенная мука (14,7%).

В свете современных тенденций заготовки и хранения кормового сырья, в частности хранение сенажа и силоса в полимерных рукавах, уплотнению подлежат и материалы с большей влажностью. Для полувлажных и

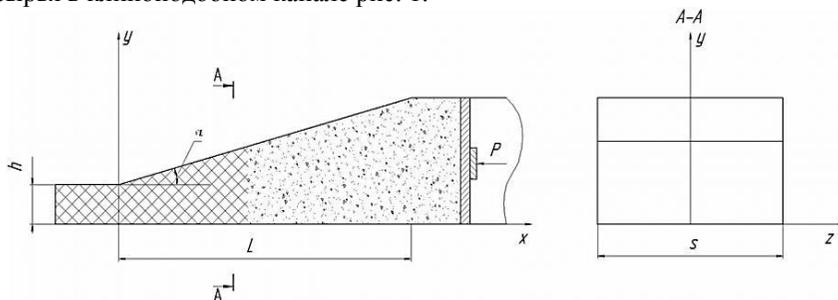
влажных материалов применение вышеприведенных принципов требует дополнительной теоретической и экспериментальной проверки.

### Основная часть

Для уменьшения воздействия кислорода на растительное сырье во время процесса закладки на хранение мы предлагаем разделить процесс прессования на две стадии - подготовительную и основную, после которой уже непосредственно происходит закладывание растительного сырья в хранилища. К подготовительной операции мы отнесем предварительное прессование до уровня достижения "предкритического состояния", то есть такого состояния, при котором растительное сырье еще не достигает своей окончательной плотности, но остатков воздуха в общей массе в несколько раз меньше. Причем для исключения процессов релаксации, которые наблюдаются в уплотняющей массе, мы вводим основную операцию - структуризацию частиц растительного сырья. Эта операция позволит избежать засасывания воздуха, которое происходит во время процессов релаксации.

Однако тематика данной статьи касается лишь предварительной стадии прессования и перехода на вторую стадию, теоретические аспекты которой и будут рассмотрены ниже.

Для описания подготовительной фазы, приведем схему прессования сырья в клиноподобном канале рис. 1.



Рассмотрим, какие возникают напряжения в клиноподобном канале под воздействием поршня на растительное сырье. Для этого нам необходимо сделать некоторые предположения, а именно: высота слоя, который уплотняется, меньше длины канала, изменения плотности по высоте не происходит, перемещение уплотняющего материала происходит лишь в плоскости ху. Тогда, учитывая эти предположения, мы получим уравнение равновесия элементарного объема в зоне прессования[1, 2]:

$$\frac{d\sigma}{dx} + \frac{d\tau}{dy} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{d\tau}{dx} + \frac{d\sigma}{dy} = 0 \quad (2)$$

где  $\sigma_x, \sigma_y$  - нормальные напряжения, которые возникают в частях уплотняющего материала;

$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \tau$  - касательные напряжения, которые возникают в частях уплотняющего материала.

При активной нагрузке сыпучих материалов, реологические уравнения, которые указывают на взаимосвязь между компонентами тензора напряжений и тензора деформаций, будут выглядеть следующим образом [1]:

$$\sigma = \sigma + 2G \left( \frac{dU}{dx} - \frac{\varepsilon V}{3} \right), \quad (3)$$

$$\sigma = \sigma + 2G \left( \frac{dU}{dy} - \frac{\varepsilon V}{3} \right), \quad (4)$$

$$\tau = \tau = \tau = G \left( \frac{dU}{dx} - \frac{dU}{dy} \right), \quad (5)$$

где  $G$  - переменный модуль сдвига [2];

$\sigma_{cp}$  - среднее нормальное напряжение;

$\varepsilon V$  - относительное изменение объема.

Принимая к сведению совместимое решение уравнений (1-5), при применении их для процесса уплотнения сыпучего растительного сырья в тонком слое при  $h/L < 1$  (смотри рис. 1), при  $dUx/dx$  значительно больше, чем  $dUy/dx$ , при  $dUx/dy$  значительно больше, чем  $dUx/dx$ , когда  $dp/dy$  будет равняться нулю, уравнение примет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\sigma}{dx} + \frac{d\tau}{dy} = 0 \\ \frac{d\sigma}{dy} = 0 \end{array} \right. , \quad (6)$$

где  $\tau = G$  .

После подстановки значений и некоторых преобразований среднее нормальное напряжение можно определить из выражения:

$$\sigma = \sigma \left\{ \frac{2n(f-f)}{\theta c(1+c)tg\alpha} \left[ \left( \frac{h+Ltg\alpha}{h+xtg\alpha} \right) - 1 - \frac{L-x}{h+Ltg\alpha} \right] \right\}, \quad (7)$$

где  $\sigma_0$  - начальное напряжение в сырье, которое вызвано атмосферным давлением,  $\sigma_0 = 0,1 \text{ МПа}$ ;

$\theta, n$  - безразмерные коэффициенты, которые характеризуют свойства сырья и представляют собой функции модулей объемного сдвига и сжатия [1];

$L$  - длина уплотняющей части;

$h$  - высота исходного отверстия;

$\alpha$  - угол наклона уплотняющей части.

Принимая к сведению все напряжения и усилия, которые возникают в уплотняющем сырье, общее давление на уплотняющую пластину составит:

$$P_{\text{общ}} > F_{\text{рез}} + F_m. \quad (8)$$

где  $F_{\text{рез}}$  - результирующая сила трения в верхней части клина из учета суммарного действия контактных удельных усилий;

$F_m$  - сила трения, которая возникает в нижней части клина.

Результирующая сила трения в верхней части клинообразного канала из учета суммарного действия контактных удельных усилий запишется следующим образом:

$$F = S \cos \alpha f \sigma, \quad (9)$$

где  $S$  - ширина клинового канала.

Подставив значение  $F_{\text{рез}}$  и  $\sigma_e$  в выражение (8) и сделав некоторые преобразования, получим:

$$P > \frac{Sf \cos \alpha \left[ (1 - \lambda) \sigma + 2 \frac{\sigma}{\theta} \left( \frac{\sigma}{\sigma} \right) \frac{(L - x) \operatorname{tg} \alpha}{h + L \operatorname{tg} \alpha} \right] dx}{(1 - \sin \alpha)}. \quad (10)$$

Определив необходимые усилия для прессования в горизонтальном клиноподобном канале, следует исследовать процесс взаимодействия уплотненного растительного сырья со шнековым уплотнителем. Рассмотрев поперечное сечение взаимодействия шнека с растительным сырьем при боковой подаче, можно заметить некоторое сходство во взаимодействии фрезерных рабочих органов с обрабатываемым материалом. Поэтому определенные характеристики процесса будут подобны, но некоторые, например, транспортирование отделенной массы, следует рассматривать отдельно.

Скорость любой точки лопасти фрезерного рабочего органа представляет собой сумму окружной скорости  $V_o$  и скорости подачи  $V_n$ . Проекция скоростей точки на оси координат можно выразить параметрическими уравнениями [3]

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= V \cos \alpha + V; \\ \frac{dy}{dt} &= V \sin \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где  $\alpha$  - угол поворота точки лопасти фрезерного рабочего органа;

$V_k$  - окружная скорость на концах режущих элементов, м/с.

После подстановки значений  $\alpha$  и  $\omega$  в выражение (1) получим

$$\left. \begin{aligned} dx &= \left( \frac{\omega D}{2} \cos \omega t + V \right) dt; \\ dy &= \frac{\omega D}{2} \sin \omega t dt. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Проинтегрируем выражение (2) и определим постоянные интегрирования для начальных условий, а именно  $t = 0$ ,  $x = 0$ ,  $y = 0$ . При этих условиях постоянные интегрирования составят  $C = 0$  и

$C_1 = R$ , а параметрические уравнения примут следующий вид

$$\left. \begin{aligned} x &= R \sin \omega t + Vt; \\ y &= R(1 - \cos \omega t). \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Для определения производительности работы фрезерного рабочего органа также важно значение сечения стружки, которая срезается одним рабочим элементом в соответствующий момент времени [3]

$$F = b s', \quad (14)$$

где  $b$  - ширина захвата одной лопасти, м;

$s'$  - толщина исследуемой стружки в зависимости от положения лопасти, г.

Подставив все значения и приняв во внимание тот факт, что в работе одновременно принимают участие несколько лопастей, получим полное выражение для определения суммарного сечения стружки:

$$F = b i \frac{\pi D V}{V_z} \sin \alpha, \quad (15)$$

где  $i$  - количество одновременно работающих лопастей.

Определив суммарное сечение стружки отделяемого слоя растительного материала, представляется возможным определение производительности всего агрегата для двухстадийного уплотнения.

### Заключение

Полученные выражения позволяют определить необходимое усилие при предварительном уплотнении растительного сырья. Также представлены выражения, позволяющие обозначить условия перехода с первой ста-

дии уплотнения на вторую и возможность определения производительности агрегата для двухстадийного уплотнения посредством вычисления суммарного сечения стружки отделяемого растительного сырья.

### Литература

1. Генералов М. Б. Механика твердых дисперсных пород в процессах химической технологии / М. Б. Генералов. - Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. - 592 с.
2. Кокорин В.Н. Теория и практика процесса прессования гетерофазных увлажненных механических смесей на основе железа / В.Н. Кокорин, А.И. Рудской, В.И. Филимонов, Е.М. Булыжев, С.Ю. Кондратьев. - Ульяновск: УлГТУ, 2012. - 236 с.
3. Панов И.М. Механико-технологические основы расчета и проектирования почвообрабатывающих машин с ротационными рабочими органами / И.М. Панов [Электронный ресурс]: Дис. д-ра технических наук: 05.20.01. - М.: РГБ, 2007.

### **Abstract**

*The paper presents mathematical aspects of two-stage plant raw material sequential seals and determining forces that occur during pressing plant material in a horizontal wedge - shaped channel. Results are presented for determining parameters of the supplying on the second stage seal in a twin-screw compactor.*

УДК 631.348

## МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИНАМИКИ СОШНИКА

**В.И. Мельник, д.т.н., Р.В. Антощенко, к.т.н.,**

**Аль-Фтиххат Моусаб Абдулвахид Моххамед, аспирант**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
им. П. Василенко, г. Харьков, Украина*

*Предлагается методика обработки экспериментальных данных по измерению параметров движения сошника с целью реконструкции его траектории и выработки критерия степени сглаживания при аппроксимации результатов измерений методами Фурье.*

### Введение

Математическое моделирование – важная и общепризнанная часть многих исследований. Великий физик Роберту Кирхгофу писал: «Нет ничего