

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПАРЫ
«ДАВИЛЬНЫЙ БАРАБАН-РЕШЕТНАЯ ДЕКА»****А.С. Пастушенко**, ассистент*Николаевский государственный аграрный университет,
г.Николаев, Украина.*

На рынке производства семенного материала овощебахчевых культур в Украине в 2008-2010 г.г. сохраняется общая тенденция повышения спроса не только на продукцию, но и на семенной материал. Наиболее критическая ситуация наблюдается в таких овощебахчевых культурах как дыня и огурец, так как производство данной продукции в хозяйствах основывается преимущественно на ручном труде, что существенно влияет на ее себестоимость. Одной из главных причин уменьшения объемов данного производства продукции в хозяйствах является отсутствие качественного семенного материала по доступной цене.

На сегодня количество семян, ввозимого из-за границы достигает 70-80% от общей потребности Юга Украины. Проблема остается нерешенной и сегодня. Потребность в семенном материале дыни и огурца мелкие хозяйства решают приобретением гибридных сортов из Голландии и других стран зарубежья. Производство собственного семенного материала вручную требует большого количества затрат труда до 20 чел.-час. Поэтому данный вопрос является актуальным для юга Украины и требует срочного решения.

Создание современных семен выделительных машин и линий как сложных технических систем требует глубокого теоретического изучения состояния данного вопроса.

Область исследования реологической теории находится между идеально упругими телами и идеально вязкими жидкостями [1], а поэтому соответствует нашему случаю.

Исследуя технологический процесс разрушения семенных плодов и поведение продукции в технологической зоне машины с точки зрения реологических теории [2], оставляем неизменным условие захвата семенного плода (1).

$$D \geq 2 \cdot \frac{\delta_1 - \delta_2}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + f^2}}} \quad (1)$$

где D – диаметр давилного барабана; δ_1, δ_2 – расстояние от центра семенника до точки захвата; f – коэффициент трения плода.

Для дальнейшего реологического анализа нам необходимо выяснить, действиям какого закона соответствует прохождения технологического процесса измельчения семенников.

После выполнения условия захвата плода и его разрушения рабочая масса находясь в технологической зоне представляет собой пластично-вязкое тело (тело Бенгама) [3], "философия" поведения которого заключается в том, что под действием критического напряжения тело мгновенно и полностью разрушается

(превращаясь в жидкость), а при уменьшении напряжения возвращается к новому (деформированного) твердого состояния (остатки рабочего тела, которые выводятся из технологической зоны).

Модель тела Бенгама соответствует структурной формуле:

$$B = N - St.V \quad (2)$$

де N – тело Ньютона; $St.V$ – тело Сен-Венана

Рассмотрим перемещение технологической массы семенных плодов в рабочей зоне низкоинерционного давяльно-сепарирующего устройства, между двумя коаксиальными цилиндрами, один из которых вращается (рис. 1, а), которые расположены друг к другу с эксцентриситетом e . При этом принимаем что: деформация (течение) рабочей массы соответствует поведению Бенгамова тела, модель и реологическая кривая которого приведены соответственно на рис. 1, б, в; поток измельченной массы ламинарный в пределах элементарно тонкого слоя на любом радиусе $R+dr$; смена параметров реологии в элементарно тонком слое не происходит.

Выбираем цилиндрические координаты (R, φ, z) в которых ось z направлена перпендикулярно к плоскости рисунка 1, а. Измельченная масса перемещается и одновременно деформируется в зазоре, образованном цилиндрической поверхностью барабана 1 радиусом $r = D/2$ и деки 2 условно внешнего цилиндра 3, радиусом R .

Максимальная и минимальная величина зазора в технологической зоне равна:

$$\begin{cases} \Delta_{\max} = R - D/2 \\ \Delta_{\min} = R - D/2 - e \end{cases} \quad (3)$$

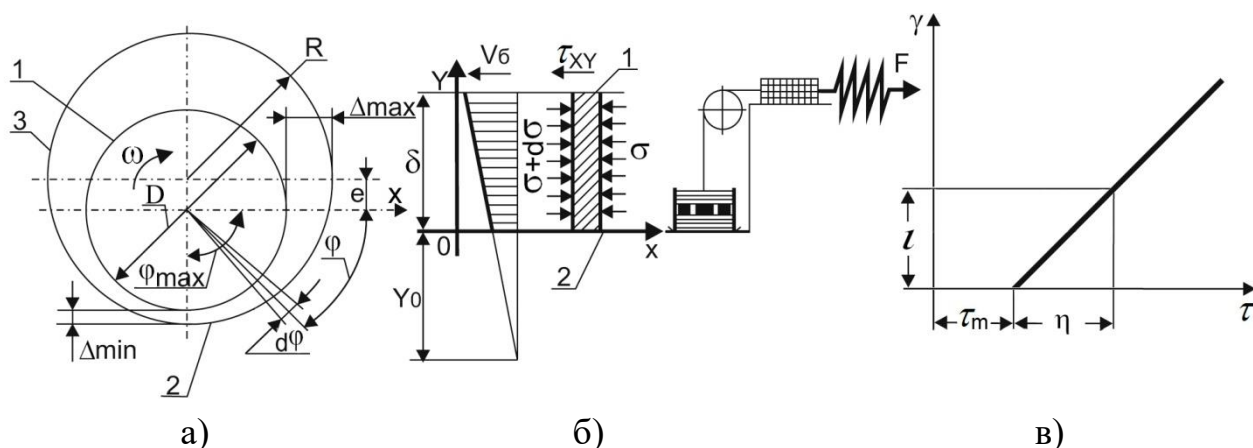


Рис. 1. Расчетная схема давяльно-сепарирующего устройства

В режиме постоянного движения потока при условии его ламинарности, составляющие скорости соответственно равны $v_r = 0$; $v_\varphi = F(R)$; $v_z = 0$.

Для Бенгамова тела было постулировано реологическое уравнение которое содержит два коэффициента: предел текучести τ_m (Н/м^2) и пластическую вязкость η_{nl} ($\text{Н}\cdot\text{с/м}^2$) [3]:

$$\tau = \tau_m + \eta_{nl} \dot{\gamma}. \quad (4)$$

Для цилиндра который вращается применяем уравнение тела Ньютона

$$\tau = \eta \dot{\gamma}, \quad (5)$$

где $\dot{\gamma}$ - скорость смещения измельченной массы, рад / с.

Учитывая то что

$$\dot{\gamma} = r \frac{d\omega}{dr} \quad (6)$$

и применяя уравнение равновесия $\Sigma M = 0$ для тел вращения получим напряжение сдвига, в слое рабочего тела, которое соприкасается к поверхности барабана

$$\tau = \frac{M}{2r^2 \pi l}. \quad (7)$$

Путем дальнейшего интегрирования находим угловую скорость вращения давяльного барабана при условии неизменной температуры и отсутствия проскальзывания в его стенки рабочего тела вязкостью η

$$\omega = \frac{M}{4\pi\eta l} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \right) \quad (8)$$

где l - длина барабана, м; M - крутящий момент, который возникает за счет перемещения материала и эксцентриситета между барабаном и декой, Н · м.

$$\text{Причем } M = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{\Delta_{\max} - \Delta_{\min}} \cdot l, \quad (9)$$

где M_{\max} и M_{\min} - моменты, которые возникают соответственно на входе и на выходе продукции из рабочей зоны машины.

Уравнение (8) описывает поведение Бенгамового тела (семенной массы) в технологической зоне машины независимо от свойств рабочего материала. Подставляя уравнение (6) и (7), которые справедливы к установленному крутящему ламинарному потоку в (4), и комбинируя эти уравнения, получаем:

$$\eta_{nl} r \frac{d\omega}{dr} = \frac{M}{2\pi r^2 l} - \tau_m. \quad (10)$$

Уравнение (7) констатирует, что касательные напряжения в среде изменяются обратно пропорционально квадрату радиуса, соответственно касательные напряжения будут максимальными, когда радиус минимальный. Это справедливо для давяльного барабана с радиусом $r = r_0$. Поэтому

$$\max \tau = \frac{M}{2r_0^2 \pi l}. \quad (11)$$

$$\text{Если } \frac{M}{2\pi l r_0^2} < \tau_m, \quad (12)$$

материал не будет течь. В случае когда M превышает значение M_0 , материал начнет течь там, где напряжение больше, т.е. на поверхности давяльного барабана. До тех пор, пока напряжение на деке остаются ниже чем τ_m , будет существовать слой «твердого материала», который соприкасается к деке [2]. Так как в нашем случае дека неподвижна, то материал будет оказывать

сопротивление перемещению, которое происходит за счет захвата вращающимся барабаном. То есть напряжение на деке будут:

$$\max \tau = \frac{M}{2R^2 \pi l}. \quad (13)$$

Учитывая то, что степень неоднородности напряжений в рабочей массе может быть определено из (11) и (13), как отношение радиусов цилиндров, имеем с [4] желаемые рамки обеспечения однородности при условии достаточной пропускной способности зазора между давящим барабаном и решетной декой, относительно перемещению семенной массы при выполнении технологического процесса

$$\tau(R) = 0,85 \dots 0,9 \tau(r). \quad (14)$$

Когда M увеличивается и достигает значения $M > 2\pi l R^2 \tau_m = M_1$, весь материал между барабаном и декой начинает течь.

Интегрируя уравнение (10), получаем:

$$\eta_{nl} \omega = -\frac{M}{4\pi l^2} - \tau_m \ln r + C. \quad (15)$$

Рассматривая взаимодействие двух коаксиальных цилиндров, в нашем случае давящего барабан и дека, имеем предельное кинематическое условия «проскальзывания»:

$$C = -\frac{M}{4\pi l^2} + \tau_m \ln r. \quad (16)$$

Тогда при $M > M_1$ (условие течения материала) получаем:

$$\eta_{nl} \omega = \frac{M}{4\pi l} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \right) - \tau_m \ln \frac{r}{R}. \quad (17)$$

Вводя в (17) коэффициенты $K_1 = \frac{1}{4\pi l} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \right)$ и $K_2 = \ln \frac{r}{R}$ получаем:

$$\omega = \frac{K_1}{\eta_{nl}} M - K_2 \frac{\tau_m}{\eta_{nl}}. \quad (18)$$

Уравнение для получения угловой скорости внутреннего цилиндра (18) является уравнением Рейнера-Ривлина, которое адаптировано для данного измельчителя.

С учетом формулы (3), уравнение (9) будет иметь вид:

$$M = \frac{2\pi l \tau_m (R^2 - r^2)}{e} \cdot l. \quad (19)$$

При исследовании движения рабочей массы в зазоре "давящий барабан-решетная дека" необходимо ввести безразмерный технологический коэффициент $k = \omega \cdot \eta / \tau_m$, который учитывает характеристику исследуемого материала, а именно то, что жидкость не является ньютоновской, а твердое тело является пластичным, тогда уравнение (18):

$$\omega = k \left(\frac{K_1}{\eta_{nl}} M - K_2 \frac{\tau_m}{\eta_{nl}} \right). \quad (20)$$

Уравнение (20) определяет угловую скорость рабочей массы вместе с давящих барабаном, необходимую для выполнения технологического процесса, с учетом ее параметров.

Вывод: Путем изучения реологии поведения рабочей массы представляет собой пластично-вязкое тело (тело Бенгама), в технологическом зазоре машины образованном двумя цилиндрами, определены касательные напряжения, которые в наибольшей степени влияют на степень деформирования (разрушения) фрагментов семенных плодов и изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния от оси вращения барабана. При этом, величина скорости сдвига рабочей массы меняется от невысокой на стенке наружного неподвижного цилиндра до максимальной, на стенке внутреннего барабана который вращается.

Литература

1. Рейнер М. Деформация и течение / М. Рейнер // Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. – Москва, 1963. – С. 47–147.
2. Реология. Теория и приложения. Под ред. Ф. Эриха. – М. : Издательство иностранной литературы, 1962. – 824 с.
3. Косой В. Д. Инженерная реология биотехнологических сред / В. Д. Косой, Я. И. Виноградов, А. Д. Малышев. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 648 с.
4. Малкин А. Я. Реология: концепция, методы, приложения / А. Я. Малкин, А. И. Исаев Пер. с англ. – СПб. : Профессия, 2007. – 560 с.