

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛЯ

А.В. Поросятников, к.т.н., ассистент
Технологический институт – филиал ФГБОУ ВПО
«Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»
89021206595 E-mail: Antonio0408@mail.ru

Внутри ёмкости расположен рабочий орган в виде спирального винта, при его вращении внутри цилиндра создаётся турбулентный поток. Рассматриваем данный процесс вероятностным подходом.

Полагая случайное место нахождения инородной частицы (воздушного пузырька) в сечении цилиндра (установки) приходим к вероятностному описанию процесса [2].

Пусть расстояние от центра (оси) есть случайная величина ξ . Есть основание считать законом распределения ξ «нормальный» усечённый с двух сторон.

Рассмотрим воздушный пузырёк, всплывающий со дна установки, в частности некоторые аспекты его расположения в пространстве (рисунок 1).

Рассмотрим местонахождение объекта (воздушного пузырька) в горизонтальном сечении цилиндра установки (рисунок 2).

Воспользуемся полярной системой координат. Положение точки полностью описывается двумя координатами (ε, φ) в определённый момент времени t_i .

Предположим случайную природу расположения воздушного пузырька в сечении t_i (что вполне допустимо в связи с турбулентностью).

Полагая параметр φ равномерно распределёнными: $0 \leq \varphi \leq 2\pi$, найдём плотность вероятности:

$$f(\varphi) = \begin{cases} c; 0 \leq \varphi \leq 2\pi \\ 0; \varphi \notin [0, 2\pi] \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{Очевидно } C = f(\varphi) = f(\varphi) = \begin{cases} \frac{1}{2\pi}; \varphi \in [0, 2\pi] \\ 0; \varphi \notin [0, 2\pi] \end{cases}, (2)$$

а также функцию распределения:



Рисунок 1 – Распределение пузырьков в толще сливок при вращении рабочего органа

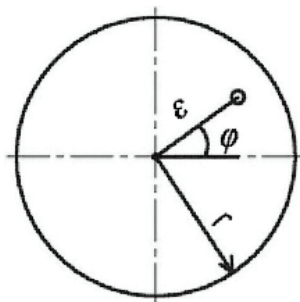


Рисунок 2 – Расстояние воздушного пузырька от центра (оси) под углом φ

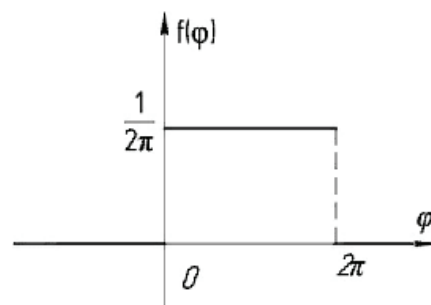


Рисунок 3 – Плотность вероятности распределения угла φ

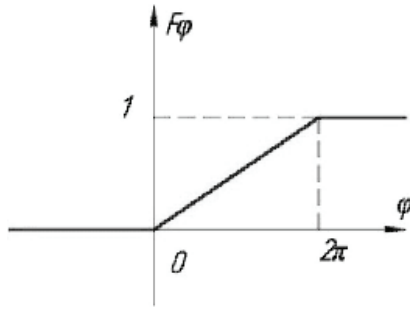


Рисунок 4 – Функция распределения угла φ

$$F(\varphi) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{x}{2\pi}, & 0 < x \leq 2\pi \\ 1, & x > 2\pi \end{cases} \quad (3)$$

Будем считать случайные величины ε, φ независимыми, то есть совместная функция плотности $f(\varepsilon, \varphi)$ будет связана с одномерными плотностями так:

$$f(\varepsilon, \varphi) = f_{\varepsilon, \varphi} = f(\varepsilon) \cdot f(\varphi) \quad (4)$$

Рассмотрим случайную величину ε , представляет собой расстояние от центра цилиндра до частицы (воздушный пузырёк).

На расположение воздушного пузырька, как показано на рисунке 5 в круглом сечении, влияет множество случайных факторов: частота вращения, диаметр проволоки, шаг и диаметр рабочего органа, сопло с диаметром отверстия, в связи с чем температура подаваемого воздуха и температура сливок. Исходя из центральной предельной теоремы, можно предположить закон распределения ε нормальным (Гаусса). Но ε – распределено на конечном интервале $[0, r]$, где r – радиус цилиндра. Поэтому здесь вполне подходит усечённое нормальное распределение с двухсторонним усечением.

Будем считать случайной величиной ξ – расстояние от пузырька до оси ёмкости, $\xi = \varepsilon$.

Пусть ξ имеет усечённое нормальное распределение:

$$f(\xi) = f_{\xi} = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\xi - m)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (5)$$

$$\alpha \leq \xi \leq \beta,$$

где α, β – границы области возможных значений случайной величины (левая и правая точки усечения);

m – параметр положения воздушного пузырька в определённый момент времени (математическое ожидание, если бы ξ не была усечённой);

σ – параметр масштаба (среднеквадратичное отклонение воздушного пузырька от возможного его местонахождения, если бы распределение не было усечённым, $\sigma > 0$).

$$\gamma = \Phi_0\left(\frac{\beta - m}{\sigma}\right) - \Phi_0\left(\frac{\alpha - m}{\sigma}\right). \quad (6)$$

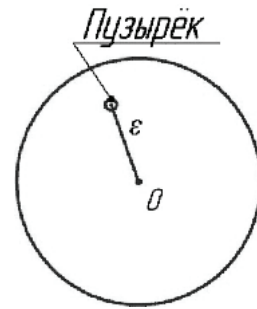


Рисунок 5 – Расстояние от центра до пузырька

Параметр γ должен удовлетворять этому соотношению в связи с сохранением условия нормировки после усечения.

Функция распределения случайной величины ξ имеет вид:

$$F(x) = \frac{1}{\gamma} \left[\Phi_0\left(\frac{x - m}{\sigma}\right) - \Phi_0\left(\frac{\alpha - m}{\sigma}\right) \right], \quad (7)$$

$$\alpha \leq x \leq \beta.$$

Характеристическая функция:

$$x(t) = \frac{1}{\gamma} \left[\Phi_0\left(\frac{\beta - m}{\sigma} - i\sigma t\right) - \Phi_0\left(\frac{\alpha - m}{\sigma} - i\sigma t\right) \right] \times \exp\left(imt - \frac{\sigma^2 t^2}{2}\right) \quad (8)$$

В рассматриваемой задаче случайная величина ξ определена на отрезке $[0, r]$, значит $\alpha = 0, \beta = r$, следовательно, плотность вероятности и функция распределения имеют вид:

$$f_{\xi} = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\xi - m)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (9)$$

$$F(x) = \frac{1}{\gamma} \left[\Phi_0\left(\frac{x - m}{\sigma}\right) + \Phi_0\left(\frac{m}{\sigma}\right) \right], \quad (10)$$

$$\alpha \leq x \leq r,$$

при $x < 0; F(x) = 0,$

при $x > r; F(x) = 1.$

Характеристическая функция:

$$x(t) = \frac{1}{\gamma} \left[\Phi_0\left(\frac{r - m}{\sigma} - i\sigma t\right) - \Phi_0\left(\frac{m}{\sigma} - i\sigma t\right) \right] \times \exp\left(imt - \frac{\sigma^2 t^2}{2}\right) \quad (11)$$

Математическое ожидание:

$$m_{\xi} = m + \frac{\sigma}{\gamma} [\varphi(u_1) - \varphi(u_2)] \quad (12)$$

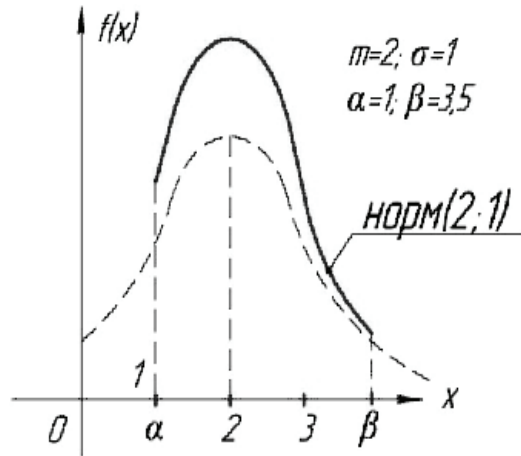


Рисунок 6 – Функция распределения воздушных пузырьков в толще сливок

где $\varphi(u)$ – плотность вероятности стандартного нормального распределения $u_1 = (2 - m/\sigma) = -m/\sigma$, и $u_2 = (\beta - m)/\sigma = r - m/\sigma$, – стандартизированные (центрированные, нормированные) точки усечения.

$$m_\xi = m + \frac{\sigma}{\gamma} \left[\varphi\left(\frac{m}{\sigma}\right) - \varphi\left(\frac{r-m}{\sigma}\right) \right] \quad (13)$$

Медиана есть корень уравнения:

$$\Phi_0\left(\frac{Me - m}{\sigma}\right) = \frac{1}{2} \left[\Phi_0\left(\frac{\alpha - m}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{\beta - m}{\sigma}\right) \right] \quad (14)$$

В нашем случае:

$$\Phi_0\left(\frac{Me - m}{\sigma}\right) = \frac{1}{2} \left[\Phi_0\left(\frac{-m}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{r-m}{\sigma}\right) \right] \quad (15)$$

Мода:

$$M_0 = \begin{cases} \alpha; \alpha \geq m \\ m; \alpha < m \leq \beta \\ \beta; \beta \leq m \end{cases} \quad (16)$$

Дисперсия:

$$D_\xi = \sigma^2 \left\{ 1 + \frac{1}{\gamma} \left[u_1 \varphi(u_1) - \frac{1}{\gamma^2} [\varphi(u_1) - \varphi(u_2)]^2 \right] \right\} = \sigma^2 \left\{ 1 + \frac{1}{\gamma} [u_1 \varphi(u_1) - u_2 \varphi(u_2)] \right\} - (m_\xi - m)^2 \quad (17)$$

Начальные моменты:

$$\alpha_2 = m^2 + \sigma^2 + \frac{\sigma}{\gamma} (2mk_0 + \sigma k_1) \quad (18)$$

$$\alpha_3 = m^3 - 3\sigma^2 m + \frac{\sigma}{\gamma} [(2\sigma^2 + 3m^2)k_0 + 3\sigma m k_1 + \sigma^2 k_2] \quad (19)$$

$$\alpha_4 = m^4 6\sigma^2 m^2 + 3\sigma^4 + \frac{\sigma}{\gamma} \left[4m(2\sigma^2 + m^2)k_0 + 3\sigma(\sigma^2 + 2m^2)k_1 + 4\sigma^2 m k_2 + \sigma^2 k_3 \right] \quad (20)$$

где $k_i = u_1^i \varphi(u_1) - u_2^i \varphi(u_2)$

где $i = 0, 1, 2, 3$.

Центральные моменты:

$$\mu_3 = \sigma^3 \left[\frac{1}{\gamma} (k_2 - k_0) - \frac{3}{\gamma^2} k_0 k_1 + \frac{2}{\gamma^3} k_0^3 \right] \quad (21)$$

$$\mu_4 = \sigma^4 \left[3 + \frac{1}{\gamma} (3k_1 - k_3) - \frac{2}{\gamma^2} (k_0^2 + 2k_0 k_2) + \frac{6}{\gamma^3} k_0^2 k_1 - \frac{3}{\gamma^4} k_0^4 \right] \quad (22)$$

При симметричном относительно рассмотрении точек усечения α и β , т.е. при:

$$m - \alpha = \beta - m \quad (23)$$

$$\gamma = 2\Phi_0(\delta) \quad (24)$$

$$m_\xi = Me = V_0 = m, D_\xi = \sigma^2 (1 - k) \quad (25)$$

$$m_2 = m^2 + \sigma^2 (1 - k) \quad (26)$$

$$m_3 = m^3 + 3\sigma^3 (1 - k) \quad (27)$$

$$m_4 = m^4 - \sigma^4 \delta^2 k + 3\sigma^2(\sigma^2 + 2m^2)(1-k) \quad (28)$$

$$M_3 = 0, M_4 = \sigma^4 [3(1-k) - \delta^2 k] \quad (29)$$

$$\text{где } k = \frac{\delta \varphi(\delta)}{\Phi_0(\delta)}$$

Оценивание параметров:

В нашем случае точки усечения известны $\alpha = 0$, $\beta = r$, для нахождения оценок максимального правдоподобия параметров m и σ можно использовать следующие соотношения:

$$u_{1i} = \frac{\alpha - m_i}{\sigma_i}, u_{2i} = \frac{\beta - m_i}{\sigma_i} \quad (30)$$

$$m_{i+1} = m_{\xi} + \sigma_i \frac{\varphi(u_{2i}) - \varphi(u_{1i})}{\Phi_0(u_1) - \Phi_0(u_2)} \quad (31)$$

$$\sigma_{i+1} = D_{\xi}^* + (m_{\xi}^* - m_{i+1})^2 - \sigma_i^2 \frac{u_{2i} \varphi(u_{2i}) - u_{1i} \varphi(u_{1i})}{\Phi_0(u_{2i}) - \Phi_0(u_{1i})} \quad (32)$$

где m_i и σ_i – i -е приближение оценок максимального правдоподобия параметров m и σ ; $\varphi(u)$ – плотность вероятности стандартного нормального распределения; $\Phi_0(u)$ – функция Лапласа;

m_{ξ}^* и D_{ξ}^* – выборочные математического

ожидания m_{ξ} и дисперсии D_{ξ} найденные по реали-

зациям усечённой нормальной случайной величины.

В качестве нулевых (начальных) приближений m_0 и можно использовать выборочные оценки m_{ξ}^* и D_{ξ}^* . Однако, учитывая эффект усечения, следует взять несколько больше D_{ξ}^* , а для получения m_0 необходимо немного подправить m_{ξ}^* в сторону большего, усечения.

На основании выражения (32) представлена функция распределения воздушных пузырьков в толще сливок (рисунок 6), которая позволяет увидеть зону нахождения воздушных пузырьков в объёмном пространстве в процессе работы пневмомеханического маслоизготовителя. Из рисунка 6 видно, что в момент вращения спирального винта частицы в большей степени дислоцируются в центральной зоне. Исследования показали, что в процессе вращения спирального винта механическому воздействию подвергаются жировые шарики, находящиеся в зоне образования вихрей по следу движения самого спирального винта, а центральная зона остаётся менее активной, и процесс разрушения жировых шариков незначительный.

Таким образом, проведённые исследования позволяют сделать вывод о необходимости подачи в мёртвую зону воздушных пузырьков через сопло расположенного в нижней части ёмкости, удалённого от центра к периферии, для активного взаимодействия и последующего их разрушения.

Библиографический список:

1. Пат. 97243 RU, МПК А01J 25/02. Маслоизготовитель периодического действия.
2. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для бакалавров / В.Е. Гмурман. – 12-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 479 с.
3. Поросятников, А.В. Классификация и анализ существующих конструкций для производства масла / А.В. Поросятников, Х.Х. Губейдуллин // Вестник научно - практической конференции, МСХТ Димитровград, 2009.
4. Поросятников, А.В. Пневмомеханический маслоизготовитель с автоматической выгрузкой продукта / А.В. Поросятников, Х.Х. Губейдуллин // Научный вестник научно – практическая конференция по ПФО. Институт радиотехники г. Ульяновск, 2009.
5. Поросятников, А.В. Классификация устройств для получения масла / А.В. Поросятников, Х.Х. Губейдуллин // Сборник аннотаций проектов молодёжного инновационного форума ПФО УлГТУ- Ульяновск, 2010.
6. Поросятников, А.В. Анализ теоретических предпосылок образования масла. / А.В. Поросятников, Х.Х. Губейдуллин // Вестник международной практической конференции филиала Ульяновской ГСХА. – Димитровград, 2011.
7. Поросятников, А.В. Результаты исследований пневмомеханического воздействия на сливки при производстве масла. / А.В. Поросятников, Х.Х. Губейдуллин // Научный вестник международной практической конференции филиала Ульяновской ГСХА. – Димитровград, 2012.
8. Поросятников, А.В. Экспериментальные исследования степени использования жира при производстве масла. / А.В. Поросятников // Вестник международной практической конференции филиала Ульяновской ГСХА. – Димитровград, 2012.
9. Поросятников, А.В. Экспериментальные исследования времени сбивания при производстве масла / А.В. Поросятников // Вестник международной практической конференции филиала Ульяновской ГСХА. – Димитровград, 2012.

10. Поросятников, А.В. Пневмомеханический маслоизготовитель /А.В. Поросятников, Х.Х. Губейдуллин // Сельский механизатор, выпуск №8. – Москва, 2012.
11. Поросятников, А.В. Экспериментальные исследования пневмомеханического маслоизготовителя /А.В. Поросятников, Х.Х. Губейдуллин, Ю.М. Исаев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, выпуск №3. – Самара, 2012.

THE ORETICAL RESEARCHES PNEUMOMECHANICAL MASLOIZGOTOVITEL.

Porosyatnikov A.V.

Keywords: *masloizgotovitel, air bubble, spiral screw, cream, butter.*

In this article the question of finding of an air bubble in the thickness of cream being in the cylindrical capacity of a masloizgotovitel is considered. In the course which was studied process by probabilistic approach. On the basis of theoretical researches function of distribution of air bubbles in the thickness of cream from which follows was presented that the main part of air mass is deployed in the central part of capacity.

УДК. 631.331

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ДИСКОВО-ШТИФТОВОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

Ю.А. Савельев, д.т.н., профессор,
А.Н. Крючин, аспирант, kryuchin@inbox.ru
ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Ключевые слова: *семена, высевающий аппарат, дозирование, производительность, норма высева.*

В статье описана лабораторная установка, применяемая для изучения процесса работы дисково-штифтового высевающего аппарата с активатором истечения семян. В ней для исследования производительности и устойчивости высева применена передвижная планка с установленными емкостями и весами для сбора семян. Дополнительно смонтирована цифровая камера, предназначенная для видеозаписи процесса работы аппарата и фотофиксации результатов взвешивания высеянного за каждый опыт семенного материала.

Для дозирования семян злаковых трав, в частности семян мятлика лугового и кормовых травосмесей, в состав которых они входят, был разработан дисково-штифтовый высевающий аппарат[1] с активатором истечения (рисунок 1) семенного материала из бункера. Роль активатора истечения выполняет сектор направляющей шайбы, на которую опираются подпружиненные относительно высевающего диска подвижные штифты. Копируя его форму в зоне загрузочного окна аппарата,

они поднимаются выше уровня козырька, разделяющего высевающий диск и бункер, внедряются верхними концами в семенной ворох, находящийся в бункере, и обрушивают его на поверхность диска. Таким образом, активируется процесс истечения трудносипучего семенного материала из бункера, происходит равномерное заполнение пространства на высевающем диске, что способствует увеличению производительности, повышению равномерности и устойчивости высева.