

Реологические испытания при перемешивании пищевых сред

Девяткин С.В.

Пищевое сырьё растительного и животного происхождения в процессе переработки в продукты питания подвергается различным механическим воздействиям. Производственные процессы должны обеспечивать получение продуктов высокого качества при минимальных экономических затратах. Успешному решению этой задачи способствует изучение реологических характеристик пищевых продуктов.

Одной из важнейших физико-механических характеристик продукта является вязкость – способность среды оказывать сопротивление сдвигу. Согласно гипотезе Ньютона касательное напряжение пропорционально скорости сдвига, причём коэффициентом пропорциональности является динамическая вязкость материала.

$$\tau = \mu \cdot du/dy, \quad (1)$$

где τ – касательное напряжение, Н/м²; μ – динамическая вязкость, Па · с; du/dy – скорость сдвига, м/с.

Также существует понятие кинематической вязкости ν .

$$\nu = \mu/\rho, \quad (2)$$

где ν – кинематическая вязкость, м²/с; ρ – плотность материала, кг/м³.

Вязкость сырья оказывает значительное влияние на качество готовой продукции в хлебопекарной, кондитерской и мясоперерабатывающей промышленности. Для её определения, как правило, применяются вискозиметры различных конструкций (капиллярные, ротационные).

Однако в этой статье описывается метод, позволяющий определить напряжение сдвига и вязкость без применения специальных приборов.

Как известно, мощность, затрачиваемая на перемешивание, является функцией критерия Рейнольдса (Re) и связана с ним через критерий Эйлера (Eu) – критерий мощности

$$Eu = N/\rho \cdot n^3 \cdot d^5, \quad (3)$$

где N – мощность, затрачиваемая на перемешивание, Вт; ρ – плотность продукта, кг/м³; n – частота вращения мешалки, об/сек; d – диаметр мешалки, м.

$$Re = \rho \cdot n \cdot d^2 / \mu, \quad (4)$$

где μ – вязкость продукта.

Мощность, затрачиваемую на перемешивание, можно определить измерив мощность, потребляемую двигателем, и введя поправочный

коэффициент, учитывающий затраты мощности на преодоление трения в подшипниках и передачах.

Для дальнейших вычислений необходимо иметь график зависимости $E_u = f(Re)$ для данного типа мешалки. Для получения этого графика необходимо исследовать перемешивание жидкости с известной вязкостью (например, глицерина) и получить значения Re и E_u при разных частотах вращения мешалки. Следует заметить, что испытания лучше проводить при небольших частотах вращения, чтобы обеспечить ламинарный режим течения. При этом критерий Эйлера обратно пропорционален критерию Рейнольдса в первой степени.

Рассчитав критерий Эйлера, с помощью графика зависимости $E_u = f(Re)$ можно получить значение критерия Рейнольдса и, соответственно, вычислить величину вязкости для любой жидкости.

Следует иметь в виду, что при перемешивании пищевых сред часто приходится иметь дело с жидкостями, течение которых не подчиняется закону Ньютона. Их главной особенностью является нелинейная зависимость τ от du/dy . У таких жидкостей вязкость – функция скорости сдвига, поэтому её называют «кажущейся», или эффективной вязкостью. [1] Поэтому, рассчитывая вязкость вышеописанным способом необходимо помнить, что она будет справедлива только для соответствующей скорости сдвига (частоты вращения месильного органа).

Касательное напряжение и скорость сдвига можно определить через диссипацию энергии.[2]

$$E = N/V, \quad (5)$$

где N – полезная мощность, Вт; V – объём перемешиваемого продукта, м³.

$$E = \tau^2 / \mu_3, \quad (6)$$

где μ_3 – эффективная вязкость, Па·с.

$$E = \mu_3 \cdot (du/dy)^2 \quad (7)$$

$$du/dy = \sqrt{E / \mu_3} \quad (8)$$

Проведя испытания при разных частотах вращения мешалки и, соответственно, при разных скоростях сдвига, можно построить кривую течения для данного продукта.

Испытания будут производиться на специальном стенде, созданном на базе лабораторной мешалки. Кинематическая схема стенда представлена на рис. 1.

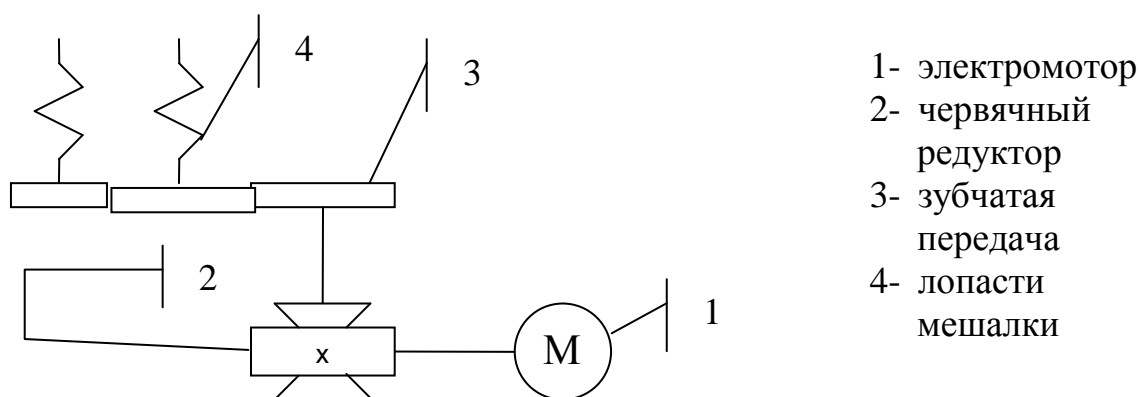


Рис. 1

Однофазный электродвигатель переменного тока через червячный редуктор и зубчатые передачи приводит во вращение лопасти мешалки (лопасти вращаются навстречу друг другу с разными скоростями). Регулировка скорости вращения электродвигателя и реверс производится с помощью преобразователя частоты LG SV 004 ic5. Для контроля температуры исследуемого продукта планируется использовать термометр сопротивления с контролером типа ОВЕН. Дежа мешалки имеет рубашку охлаждения, подключаемую к термостату. Преобразователь частоты, которым оснащён стенд, имеет встроенные вольтметр, амперметр и ваттметр, что позволяет измерить мощность, потребляемую электродвигателем. Вместо встроенного можно использовать прецизионный лабораторный ваттметр.

Таким образом, данная лабораторная установка позволит производить реологические исследования продукта в процессе перемешивания. Кроме того, с её помощью планируется проведение экспериментов по измерению мощности, затрачиваемой на перемешивание, на основании разогрева продукта.

Список литературы

1. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник/ Под ред. Ю. А. Мачихина. – М.: Агропромиздат, 1990г. – 271с.
2. Тишин В.Б., Сабуров А.Г. Гидравлика. Однофазные и двухфазные потоки в пищевой инженерии: Учебное пособие. – СПб.: СПбГУНТИПТ, 2001. – 215с
3. Стабников В. Н. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1985г. – 510с.