

УДК [532 .5 + 62- 23]/663

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄМНОГО ДРУКУ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Бойко В.С., к.т.н.,

Муравйов А.Н., магістр *

Таврійський державний агротехнологічний університет

Анотація - робота присвячена методиці експериментального визначення напруги зсуву, швидкості зсуву, в'язкості та об'ємної витрати в'язко-пластичної рідини при її русі в каналах об'ємного формувача, і розробці принципової схеми експериментальної установки для їх дослідження.

Ключові слова - установка, експеримент, канал, в'язкість, пластичність, тиск, друк, формувач, продукт, напруга, зрушення, швидкість.

Постановка проблеми. Різні харчові продукти, які можна віднести до в'язко-пластичних рідин, за своїми фізико-механічними властивостями значно відрізняються один від одного. При розрахунку і виборі конструкцій об'ємних формувачів під один продукт або групу потрібно чітко знати характеристику властивостей використовуваного продукту. Потрібна методика визначення необхідних параметрів за якими буде розраховуватися або налаштовуватися апарат. В'язко-пластичні рідини за своїми властивостями не співпадають з ньютонівськими рідинами, тому для виробництва потрібні спеціальні прилади для визначення можливості переробки в'язко-пластичного матеріалу на виробничому обладнанні.

Основна частина. У різних галузях харчової промисловості обробці піддається значна кількість рідин, для яких залежність між дотичною напругою τ і градієнтом швидкості dV/dt виявляється нелінійною, а виражається складнішою залежністю.

$$f\left(\frac{dV}{dy}\right). \quad (1)$$

Рідини, які не підкорюються закону в'язкісного тертя Ньютона, називаються неньютоновськими. Це псевдо пластичні рідини, бінгамоновські пластичні, далатантні, тиксотропні, вязко-пружні, та інші.

До числа в'язко-пластичних рідин відносяться: хлібопекарське і макаронне тісто, кондитерські маси, фарші, пасти, пюре, різні креми

© Бойко В.С., к.т.н., доц., Муравйов А.Н. магістр

* Науковий керівник – Бойко В.С. к.т.н., доц.

та інші продукти, їх сировина і напівфабрикати. Рух неньюновських рідин має місце при їх нагнітанні шнеками, валками, плунжерами, шестерними насосами, транспортуванні по каналах різного профілю, довжині і діаметру.

Апарат для об'ємного друку, як правило, працює на принципі екструзії. Він складається з блоку управління з керуючою програмою. Керуючи роботом, за алгоритмом програми, блок подає команди до електроприводу столу і формувача в трьох ступенях свободи, екструдера з формувальною голівкою і компресора, що створює тиск в екструдері (рис. 1).

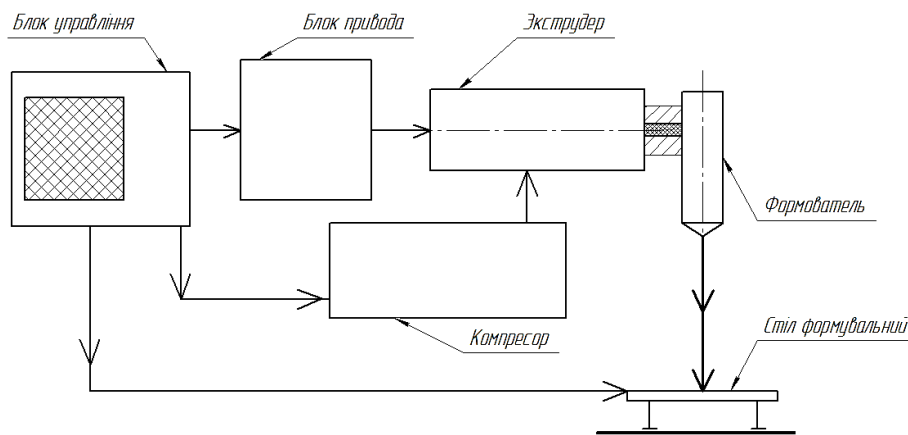


Рис. 1. Схема апарату для об'ємного друку харчових виробів.

Одним з основних приладів апарату є формувальна голівка, від якої залежить товщина укладання валка, швидкість руху столу, продуктивність апарату.

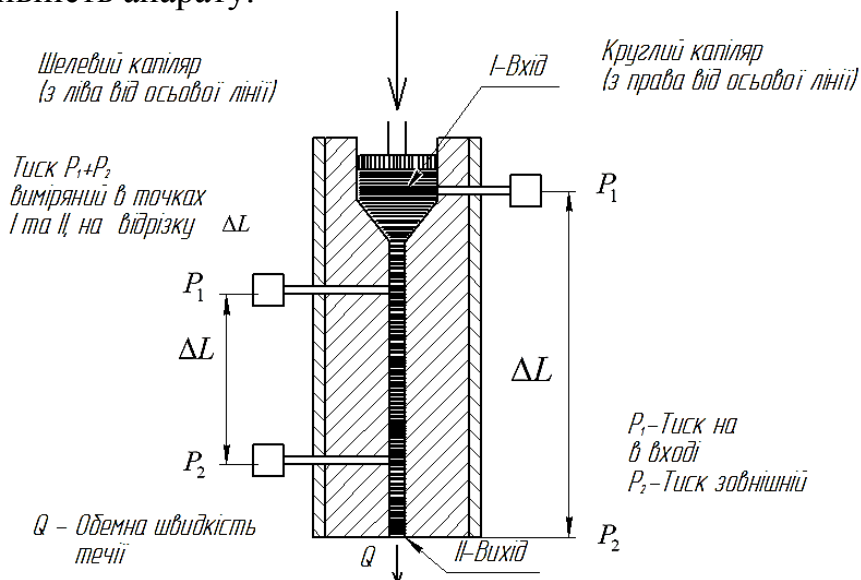


Рис. 2. Схема капілярної голівки реометра.

Щоб правильно сконструювати формувальну голівку треба експериментально визначити деякі параметри в'язко-пластичної

рідини, яка буде використана в якості сировини. Ці параметри визначаються Реометром з плоскими або круглими каналами. Схема капілярної головки з щілинним і круглим капіляром представлена на рисунку 2.

Рідина продавлюється через щілинний капіляр плунжером, екструдером або іншими джерелами тиску з постійною або програмованою (змінною) швидкістю течії. Датчики тиску розташовані по довжині капіляра на відстані ΔL і, як правило, знаходяться досить далеко як від входу в капіляр так і від виходу. Два датчика тиску вимірюють перепад тисків, Па

$$\Delta P = P_1 - P_2, \quad (2)$$

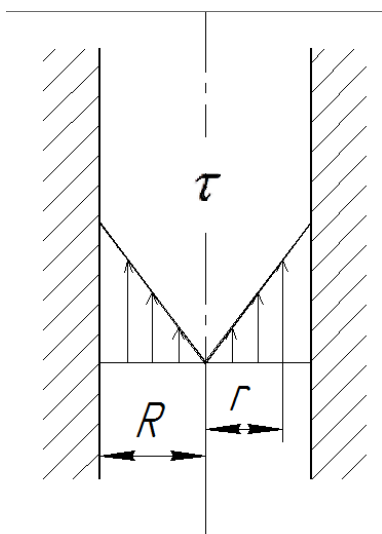
де P_1 і P_2 – тиск, виміряний в точках I і II, розділених відстанню ΔL , Па.

Швидкість течії рідини Q ($\text{см}^3/\text{хв}$) задається швидкістю поступального руху плунжера або частотою обертання приводу дозуючого насоса. Величину Q можна розрахувати наступним чином: зважити екструдент, що витік з капіляра за певний проміжок часу, а потім за відомою масою і щільністю знайти швидкість течії.

$$Q = \frac{M}{\rho \cdot \tau}, \quad (3)$$

де M - маса екструдента що витік, кг;
 ρ - щільність екструдента, $\text{кг} / \text{см}^3$;
 τ - час процесу, с.

Конструкція формувальної головки ідентична пристрою реометра з круглим капіляром діаметром від 1 до 4 мм. Однак виникають труднощі виміру різниці тисків ΔP . Не існує настільки малих датчиків



тиску, щоб їх можна було б вмонтувати в невеликі круглі капіляри. У цьому випадку оцінюють різницю між тиском в резервуарі при вході в капіляр і навколишнім тиском на виході (рис. 2).

Розрахувавши теоретично об'ємну витрату рідини Q або визначивши її експериментально, можна розрахувати основні показники руху в'язко-пластичної рідини в каналах круглого і щілинного перетину - швидкість зсуву, напругу зсуву, а також в'язкість матеріалу що використовується.

Рис. 3. Епюра напруги зсуву τ .

$$\tau_R = \left(\frac{R}{2\Delta L} \right) \cdot \Delta P, \quad (4)$$

$$\tau_r = \left(\frac{r}{2\Delta L} \right) \cdot \Delta P, \quad (5)$$

де: τ_R - напруга зсуву на радіусі R , Па;

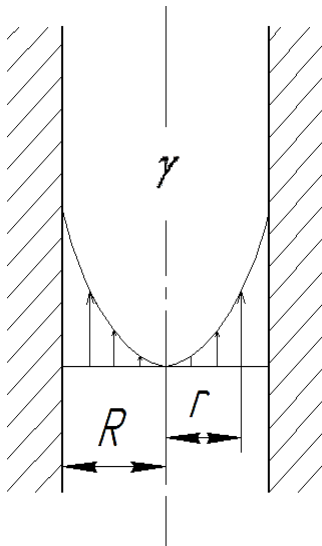
τ_r - напруга зсуву в точці радіальної координати, r Па;

R - внутрішній радіус капілярів ормователя, м;

r - кординат в радіальному напрямку, м;

ΔL - довжина каналу формувача, м;

ΔP - перепад тисків між початком і кінцем каналу, м;



$$\gamma_R = \frac{4}{\pi R^3} \cdot Q, \quad (6)$$

$$\gamma_r = \frac{4}{\pi r^3} \cdot Q, \quad (7)$$

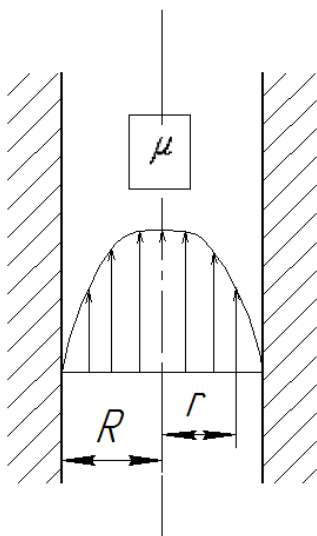
де: γ_R - швидкість зсуву на радіусі R , c^{-1} ;

γ_r - швидкість зсуву в точці радіальної координати r , c^{-1} ;

Q - швидкість течії, м/с.

Рис. 4. Епюра швидкості зсуву γ .

$$\mu = \frac{\tau_R}{\gamma_R} = \frac{\pi R^4}{8\Delta L \cdot Q}. \quad (8)$$



Необхідно встановити, що параметри в'язко-пластичних рідин, на відміну від ньютонівських рідин (де вони носять лінійний характер), виражаються складними залежностями (7), (10), (13). Тому для в'язко-пластичних рідин використовується поняття уявної в'язкості. Під уявною в'язкістю розуміють в'язкість такої ньютонівської рідини, швидкість деформації якої під дією заданої напруги зсуву дорівнює швидкості деформації даної в'язко-пластичної рідини.

Рис. 5. Епюра динамічної в'язкості μ .

Висновок. Визначення фізико-механічних властивостей в'язко-пластичних продуктів потрібно проводити на приладах, що мають капілярну головку з циліндричним каналом діаметром від 1 до 4 мм, так як він відповідає конструкції формувальної головки апарату об'ємного друку і не даватиме великої похибки в результатах вимірювання.

Запропоновані рівняння (14), (15), (16), (17), (18) можуть бути використані з відповідними поправками (поправки Беглі і Вайсенберга-Рабіновича) для розрахунку в'язко-пластичної сировини, а також з метою порівняння аналогічних параметрів формуючих головок і контролю якості сировини перед об'ємним формуванням.

Література:

1. Шарм Г. Основы практической реологии / Г. Шарм. / М.: Колос. 2003. 340 с.
2. Кузнечов О.А. Реология пищевых масс / О.А Кузнечов, Е.В. Волошин, Р.Ф. Сагитов/. Оренбург 2005. 290 с.
3. Рейнер М. Реология./ М. Рейнер / М.: Колос. 1965 410 с.
4. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов. / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин / - М.: Легкая и пищевая промышленность 1987. – 465 с.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕМНОЙ ПЕЧАТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Бойко В.С., Муравйов А.Н.

Аннотация - работа посвящена методике экспериментального определения напряжения смещения, скорости сдвига, вязкости и объемного расхода вязко-пластической жидкости при ее движении в каналах объемного формирователя и разработке принципиальной схемы экспериментальной установки для их исследования.

METHOD OF DETERMINING THE BASIC PARAMETERS OF VOLUME PRINTING FOOD

V. Boyko, A. Muravjov

Summary

Is devoted to the methods of experimental determination of shear stress, shear rate, viscosity and volumetric flow visco-plastic fluid in its motion shaper surround channels, and the development of the concept of the experimental setup for their research.