

промышленности / Г.В. Самсонов, А.И. Куц, О.А. Кюздени и др. — К., 1977.. 8. Kortvelyessy L. *Thermoelement Praxis*. — Vulkan-Verlag, Essen, 1981. — S. 498. 9. Саченко А.А., Мильченко В.Ю., Кочан В.В. Измерение температуры датчиками со встроенными калибраторами. — М., 1986. 10. Bernhard F., Bohun D., Augustin S., Mammen H., Donin A. *Using Self Calibrated Thermocouples with Bench Mark Material at Temperatures 500...650°C in Steam Generators. Abstracts of the 8-th International Conference on Temperature and Thermal Measurements Temperature '2003*. Lviv, Ukraine, September 17—19, 2003. — P. 16, 17. 11. Саченко А.А. Разработка методов повышения точности и создание систем прецизионного измерения температур в промышленных технологиях: Автореф. ... д-ра техн. Наук. — Ленинград, ЛЭТИ, 1988. 12. Golovko V., Grandinetti L., Kochan V., Laopoulos T., Sachenko A., Turchenko V., Tymchyshyn V. *Approach of an Intelligent Sensing Instrumentation Structure Development. Proceedings of the IEEE International Workshop on Intelligent Signal Processing, Budapest, Hungary, 4—7 September, 1999*. — P. 336—341. 13. Sachenko A., Kochan V., Kochan R., Turchenko V., Tsahouridis K. and Th. Laopoulos. *Error Compensation in an Intelligent Sensing Instrumentation System, Proceedings of the IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference IMTC/2001, Budapest, Hungary, May 21—23, 2001*. — P. 869—875. 14. Finkelstein L. *Intelligent and knowledge based instrumentation — an examination of basic concepts, Measurement, Vol.14, № 1, 1994*. — P. 23—29. 15. Березький О.М., Кочан В.В. Засоби вимірювання температури з елементами штучного інтелекту // *Вимірювальна техніка та метрологія*. — Львів, 1998. — № 53. — С. 142—146. 16. Kochan R., Sachenko A., Daponte P., Sobolev V., Kochan V. *Design of Embedded Metrology Subsystem for Intelligent Sensing Instrumentation Structure. 19th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference IMTC/2002, Anchorage AK (USA), 21—23 May 2002*. 17. Патент № 50830 Україна, МПК 7 G06F15/18. Спосіб формування навчальної вибірки прогнозуючої дрейф пристрою збору даних нейронної мережі / А. Саченко, В. Кочан, В. Турченко, В. (BY) Головко, Ю. (BY) Савицький, Т. (GR) Лаополос. — Заявлено 04.01.2000; Опубл. 15.11.2002. — 14. — С. 18. Kochan R. *Approach to Development Metrological Software Test for Verification Intelligent Instrumentation. Proceedings of the Second IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications IDAACS'2003*. — Lviv, Ukraine, September 8—10, 2003. — P. 168—173. 19. Kochan R., Kochan V., Lee K., Sachenko A. *Approach to Improvement the Network Capable Application Processor, Compatible with IEEE1451 Standard. Proc. of second IEEE international workshop on Intelligent Data Acquisition and Advancing Computing Systems (IDAACS'2003), September 9—11, 2003, Lviv, Ukraine*. — P. 437—441.

УДК 532.137:681.2

Г. Крих

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

КОНТРОЛЬ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ У СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

© Крих Г., 2004

The application of hydrodynamic devices for a measurement of rheological parameters of food materials in automatic control systems by technological processes is justified with the purpose of an increase of energy consumption on their realization.

Більшість технологічних процесів харчової промисловості полягає у механічній чи теплофізичній обробці сировини і напівфабрикатів. До таких процесів належать подрібнення і перемішування, відтискання і формування, штампування, випікання, випарювання тощо. Критерієм змін, які відбуваються в харчових дисперсних системах в умовах інтенсивних механічних впливів, є

неперервна зміна їх реологічних властивостей [1, 2]. Саме тому створення енергоощадних технологічних комплексів неможливе без врахування реологічних властивостей речовин, що застосовуються в технологічних апаратах і підлягають напруженням зсуву в достатньо широкому діапазоні.

Тому основою автоматизованого керування процесами одержання харчових мас повинно стати неперервне оптимальне керування їх структурно-механічними властивостями. Метою роботи є розробка методу і приладів для неперервного вимірювання і контролю реологічних параметрів харчових матеріалів. Це дасть змогу своєчасно формувати оптимальні керуючі дії на технологічний процес, а також неперервно контролювати якість напівфабрикатів і харчових продуктів, оскільки між якістю продукту і його реологічними властивостями існує безпосередній зв'язок.

Виконаними дослідженнями [3] встановлено, що для розв'язання цієї задачі прийнятний гідродинамічний метод вимірювання, який базується на залежності характеристик руху рідини в капілярних трубках від її властивостей. Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати та уточнити реологічні моделі харчових матеріалів, витратні характеристики капілярних трубок, вибрати схему вимірювального перетворювача, розробити алгоритми обробки вихідних сигналів перетворювачів.

Харчові матеріали звичайно є неньютонівськими речовинами, і їх ефективна в'язкість залежить від швидкості зсуву. Для багатьох харчових матеріалів значення ефективної в'язкості мають важливе значення, оскільки від них залежать оптимальні параметри переробних технологічних процесів.

Розглянемо особливості реологічної поведінки кондитерських мас. Найпоширеніша класифікація речовин за виглядом кривої текучості, тобто залежності швидкості зсуву речовини від напруження, що викликає цей зсув. Середовища, для яких характерні криві текучості, що проходять через початок координат, називаються псевдопластичними. Для опису руху таких рідин застосовують модель Оствальда-де-Ваале з двома реологічними параметрами

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n, \quad (1)$$

де $\dot{\gamma}$ — швидкість деформації (зсуву), викликана дотичним напруженням τ ; K, n — показник консистенції та індекс текучості. Порівнюючи (1) із законом Ньютона,

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma}, \quad (2)$$

де η — динамічна в'язкість, одержимо значення ефективної в'язкості для псевдопластичної рідини

$$\eta_{\text{еф}} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = K\dot{\gamma}^{n-1}. \quad (3)$$

Рівняння (1) було застосовано для описання текучості трюфельних мас [2]. З експериментальної залежності ефективної в'язкості цієї речовини від швидкості зсуву (рис. 1) видно, що із збільшенням напруження чи швидкості зсуву в'язкість зменшується.

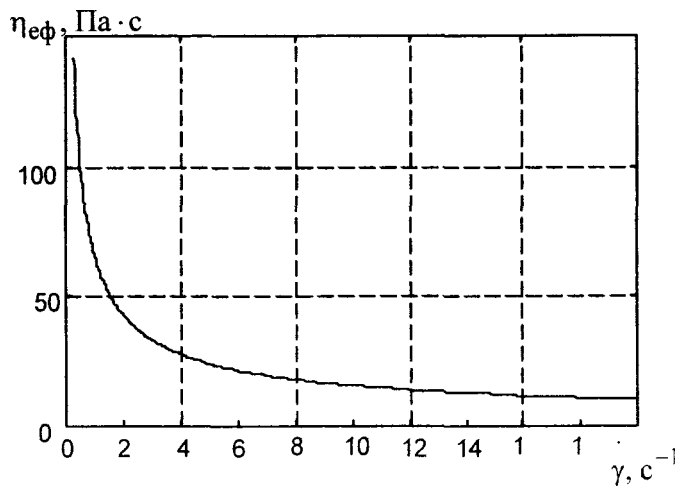


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості трюфельних мас від швидкості зсуву при температурі 34 °С

Дослідженнями встановлено, що більшість харчових матеріалів, зокрема кондитерських сумішей, належать до в'язкопластичних рідин, реологічна поведінка яких описується різними моделями [1, 2].

модель бінгама має вигляд $\dot{\gamma} = 0$, якщо $\tau \leq \tau_0$

(твердий стан);

$$\tau = \tau_0 + \eta_p \dot{\gamma}, \text{ якщо } \tau > \tau_0 \text{ (в'язкопластичний стан)}, \quad (4)$$

де τ_0 — реологічна константа, що називається границею пластичності (граничне напруження зсуву),

Па; η_p — пластична (структурна) в'язкість, Па·с. Ефективна в'язкість таких рідин

$$\eta_{\text{еф}} = \eta_p + \tau_0 / \dot{\gamma} \quad (5)$$

Із зростанням швидкості зсуву зменшується..

Пластична текучість, при якій не спостерігається пропорційної залежності між швидкістю зсуву і напруженням, називається неідеально-пластичною. Після досягнення межі текучості структура руйнується не одразу, а поступово із збільшенням градієнта швидкості. Для подібного виду текучості запропонована модель Кессона

$$\tau^{0.5} = \tau_k^{0.5} + (\eta \cdot \dot{\gamma})^{0.5}, \quad (6)$$

(τ_k — граничне напруження за Кессоном, Па; η_k — пластична в'язкість за Кессоном, Па·с), яка застосовується для опису реологічної поведінки шоколадних мас. Для подібних кривих текучості застосовується також трипараметрична модель Гершеля—Балклі, одержана поєднанням в'язкопластичної моделі Бінгама з моделлю Оствальда—де—Ваале

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n. \quad (7)$$

Вона була використана для опису кривої текучості мас для виготовлення шоколадних цукерок [2]. Для реологічних моделей (6) і (7) ефективна в'язкість така сама, як і для моделей (1) і (4), зменшується із зростанням швидкості зсуву.

В технологічних процесах виготовлення цукерок формування кондитерських мас здійснюється під дією напружень, що викликають зсув. Залежність між напруженням та швидкістю зсуву для речовин, що підпорядковуються розглянутим вище реологічним моделям, показана на рис. 2. Для всіх випадків деформування із збільшенням зсуву в рідині напруження, які необхідно прикласти до рідини, зростають. Відповідно збільшуються і енергетичні затрати на транспортування і формування шоколадних мас. З практичного досвіду переробки шоколадних мас відомо, що цукерки доброї якості отримуються, якщо швидкості зсуву що не перевищують максимальної швидкості зсуву, при якій починається перехід в область зруйнованої структури із практично постійною ефективною в'язкістю [2]. Така швидкість зсуву називається граничною. Здійснення технологічних процесів при швидкостях зсуву, більших за граничну, призводить до перевитрат енергії, а також до зниження показників якості продукції. Пластичне формування буде економічно найефективнішим в області граничної швидкості зсуву. Для визначення граничної швидкості зсуву необхідно мати засоби оперативного контролю ефективної в'язкості шоколадних мас під час їх формування.

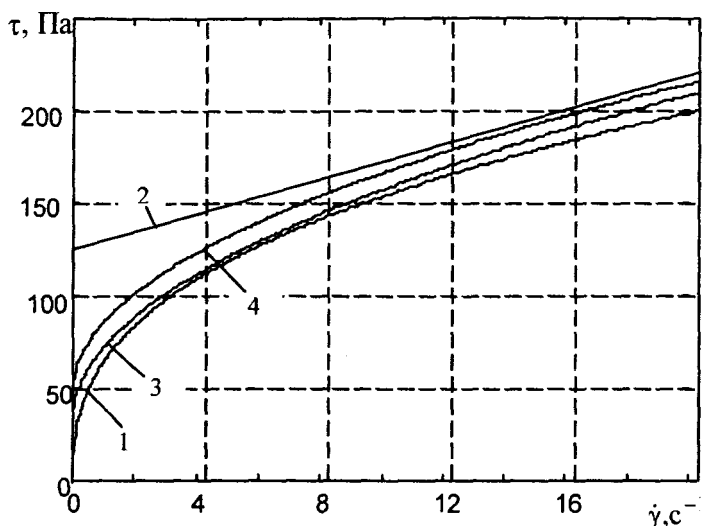


Рис. 2. Криві текучості для різних реологічних моделей:
1 — Оствальда—де—Ваале; 2 — Бінгама; 3 — Кессона; 4 — Гершеля—Балклі

Сьогодні для неперервного контролю реологічних параметрів харчових матеріалів використовують віскозиметри різних систем. Найпростіші з них — капілярні віскозиметри — основані на визначенні характеристик текучості рідини в капілярних трубках. Витратна характеристика капілярної трубки безмежної довжини під час руху в ній, наприклад, псевдопластичної рідини має вигляд

$$F = \frac{n}{3n+1} \cdot \pi R^3 \cdot \left(\frac{\Delta PR}{2LK} \right)^{1/n}, \quad (8)$$

де F — об'ємна витрата речовини; ΔP — перепад тиску на капілярній трубці; R , L — радіус і довжина капілярної трубки; K , n — реологічні параметри. З урахуванням того, що напруження зсуву на стінці τ_w і швидкість зсуву $\dot{\gamma}_m$ визначаються за формулами $\tau_w = \frac{\Delta PR}{2L}$, $\dot{\gamma}_m = \frac{4F}{\pi R^3}$, рівняння (8) запишеться у вигляді

$$\tau_w = K' (\dot{\gamma}_m)^n, \quad (9)$$

де $K' = K \left(\frac{3n+1}{4n} \right)^n$. Витратна характеристика капілярних трубок скінченної довжини враховує втрати тиску від входних ефектів [3]. Для компенсації цих втрат застосовують мостові гідродинамічні перетворювачі, витратна характеристика яких збігається з рівнянням (8).

Для вимірювання параметрів неньютонівських речовин, що описуються, наприклад, двопараметричними моделями, пропонують застосувати пристрій, що складається з трьох послідовно з'єднаних гідродинамічних мостових перетворювачів, задавача витрати, трьох дифманометричних перетворювачів, що вимірюють перепад тиску у вихідних діагоналях мостів, обчислювача, пристрою відображення інформації (рис. 3). В обчислювальному пристрої на основі обробки сигналів дифманометрів за алгоритмом, наведеним в [4], встановлюється реологічна модель речовини, розраховуються її параметри і значення ефективної в'язкості. Крім того, обчислюється гранична швидкість зсуву $\dot{\gamma}_{гр}$. Якщо, наприклад, встановлено, що реологічна поведінка речовини описується рівнянням Оствальда-де-Ваале, то на основі рівняння (3) розраховують швидкість зміни ефективної в'язкості

$$\frac{d\eta_{ef}}{d\dot{\gamma}} = (n-1)K\dot{\gamma}^{n-1}. \quad (10)$$

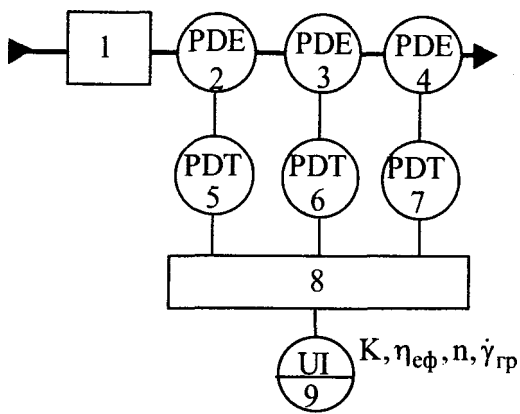


Рис. 3. Функціональна схема гідродинамічного пристрою для вимірювання реологічних параметрів:

- 1 — задавач витрати; 2, 3, 4 — гідродинамічні мостові перетворювачі;
5, 6, 7 — дифманометричні перетворювачі;
8 — обчислювач; 9 — пристрій відображення інформації

зможу мінімізувати енергозатрати на їх проведення, скоротити тривалість одержання харчових продуктів з потрібною структурою і властивостями.

1. Маслов А.М. Аппараты для термообработки высоковязких жидкостей. — Л., 1980. 2. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. — М., 1981. 3. Пістун С.П., Крих Г.Б. Принципи побудови гідродинамічних вимірювальних перетворювачів на базі дросельних матриць // Методи та прилади контролю якості, № 5, 2000. — С. 56—59. 4. Крих Г.Б. Визначення реологічних параметрів томатних концентратів за допомогою гідродинамічного вимірювального пристрою // Методи та прилади контролю якості. — Науково-технічний журнал, вип. № 9, Ів.-Франківськ, 2002. — С. 75—78.

УДК 681.121

О. Крук

РВУ "Львівавтогаз"

ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СТИСКУВАНОСТІ

© Крук О., 2004

The values of temperatures of separation of natural gas on matching components are adduced. The reliability of outcomes of a stratographic analysis of gas is esteemed at application of a chromatograph such as " Krystall—2000M ". For a flow measurement of natural gas at calculation of thermal properties it is necessary to enter a full component structure.

Постановка задачі. Для вимірювання витрати та визначення кількості природного газу при використанні обчислювачів витрати та кількості необхідно знати його повний компонентний склад. Згідно з чинними сьогодні Правилами РД 50-213-80 для обліку природного газу використовують лише об'ємні частки азоту та діоксиду вуглецю. Оскільки природний газ, крім згаданих вище речовин, містить і вищі вуглеводні (C₂...C₆), а також сірководень (для сірковмісних свердловин), гелій, водень, кисень (незначні концентрації) тощо, то при визначенні витрати необхідно