

УДК 664.61

DOI 10.36910/775.24153966.2022.74.25

Ю. Л. Гунько, С.С. Голячук, Ю.В. Федорусь
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДОЗАТОРА РІДКИХ ПРОДУКТІВ

У статті наведені результати експериментальних досліджень процесів дозування рідких матеріалів з різними фізико-механічними властивостями за допомогою об'ємного дозатора, а також обґрунтовано раціональне конструктивне компонування досліджуваного дозатора.

Ключові слова: дозування, в'язкість, точність, тиск, форсунка, швидкість, установка

Y. Hunko, S.Holiachuk, Y. Fedorus
Lutsk national technical university

RESEARCH OF THE OPERATION OF THE DISPENSER OF LIQUID PRODUCTS

The article presents the results of experimental studies of the dosing processes of liquid materials with different physical and mechanical properties using a volumetric dispenser, as well as substantiates the rational design of the studied dispenser.

Key words: dosage, viscosity, accuracy, pressure, nozzle, speed, installation

Постановка проблеми. У процесах виробництва харчових продуктів дозування рідких матеріалів характеризується необхідністю дотримання високої точності виконання даного процесу. Процес дозування значною мірою визначає для готової продукції її якісні показники.

Особливістю процесу дозування є те, що при його дослідженні необхідно враховувати властивості матеріалів.

Для дозування рідких матеріалів також слід враховувати, що за великих значень швидкості течії певного рідкого матеріалу структура його може повністю руйнуватись, рідина, що досліджується, при цьому характеризується найменшою (ньютонівською) в'язкістю. А за малих швидкостей течії рідини структура її руйнується та повністю відновлюється (рідкий матеріал характеризується найбільшою в'язкістю). Якщо далі спостерігається зростання швидкості течії, то руйнування структури досліджуваного рідкого матеріалу починає переважати над відновленням, в'язкість рідини при цьому значною мірою зменшується.

Для неньютонівських рідин (в'язкість рідких матеріалів за заданих тиску і температури залежить від властивостей та швидкості деформації матеріалу) залежність напруження від швидкості зсуву є нелінійною [4].

Чим вищою є в'язкість рідкого продукту, що дозується, тим більш необхідним може бути застосування примусового способу переміщення даного продукту, як по трубопроводах, так і у порожнини пристрою дозування.

Слід зазначити, що процес заповнення порожнини дозатора в'язким рідким продуктом є процесом нестационарним. Рідина, що дозується, деформується і переміщується у порожнині дозатора. При підході до дна порожнини швидкість продукту зменшується. Процес заповнення вважається закінченим, якщо виконується умова, що весь обсяг порожнини дозатора зайнятий рідким продуктом. Тиск, який є необхідним для заповнення форми, містить наступні складові: місцеві втрати тиску, втрати тиску під час руху рідкого матеріалу по довжині порожнини і тиску, який є необхідним для кінцевого заповнення порожнини дозатора.

Точність дозування рідкого продукту характеризує величину відхилень фактичних доз рідини від номінальних значень. Відхилення, що виникають при дозуванні продуктів, можуть містити як систематичну, так і випадкову складові [3].

Причини виникнення систематичних похибок можуть бути наступними:

- неправильне встановлення пристрою дозування на задану норму видачі продукту;
- непередбачуваний вплив деяких факторів (температурні, динамічні та інші).

Реологічні властивості рідин слід враховувати при розрахунку певних процесів, що виконуються у харчовому виробництві, в тому числі також і при дослідженні процесів дозування. Більшість серед таких процесів з фізичної точки зору є складними та мають певні специфічні властивості. Саме тому для отримання відповідних характеристик процесів (зокрема, процесів дозування) часто використовуються результати експериментальних досліджень.

Результати експериментальних досліджень дозволяють передбачити вплив зміни фізико-механічних властивостей рідких матеріалів на якісні показники процесів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Різноманітність харчових продуктів, що характеризуються відповідними хімічними та фізико-механічними характеристиками, значна відмінність поживних властивостей продуктів, видів їх упаковки, умов та строків їх зберігання, обумовлює потребу у випуску фасувально-дозуючого обладнання різного призначення.

Рідкі харчові продукти, які дозуються, характеризуються хорошою текучістю і тому їх властивості, як правило, не спричиняють значних труднощів при дозуванні, оскільки їх частинки не надто налипають на поверхні стінок конструкцій. Проте, по мірі зростання в'язкості рідкого харчового продукту негативні явища налипання спостерігаються більш виразно.

Дослідження дозуючих пристроїв, що застосовуються у процесах фасування рідких в'язких продуктів в тару [1, 2, 5], показало, що для даних продуктів в основному застосовуються дозатори, які працюють за об'ємним принципом.

На даний час харчовій промисловості широке застосування отримали шнекові, плунжерні і поршневі дозатори [5], але для дозування рідких в'язких продуктів переважно застосовуються поршневі дозатори.

Слід зазначити, що всі наявні поршневі дозатори є двопривідними.

Постановка завдань. Мета дослідження – отримати залежності для визначення точності дозування в'язких продуктів за допомогою дозатора, обладнаного пневмоциліндром.

Викладення основного матеріалу. Були проведені дослідження дозатора (рис.1), за допомогою якого поводить дозування таких матеріалів як томатний сік, кетчуп, майонез та інші рідкі матеріали.

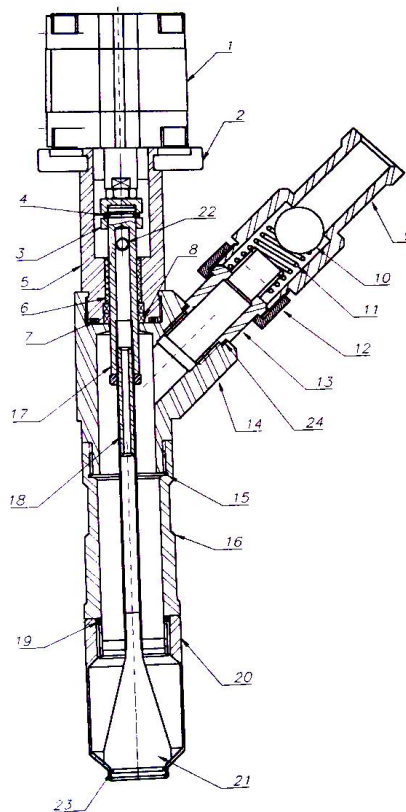


Рис. 1. Дозуючий пристрій для рідких матеріалів:

1 – пневмоциліндр; 2 – кріплення циліндра; 3 – зчеплення циліндра; 4 – фіксатор; 5 – кронштейн циліндра; 6 – втулка; 7 – кільце гумове; 8 – ущільнювач; 9 – вхідний фланець; 10 – кулька; 11 – пружина; 12 – гайка; 13 – вхідний фланець; 14 – основа форсунки; 15, 19, 23, 24 – кільце гумове; 16 – кріплення носика форсунки; 17 – кріплення штока; 18 – шток; 20 – носик форсунки; 21 – корок; 22 – отвір здування краплин.

Форсунка дозатора приводиться в рух від пневмоциліндра. Закриття виходу форсунки здійснюється центральним штоком, який приводиться в рух пневмоциліндром. Шток, з'єднаний з носиком форсунки.

Форсунка дозатора приводиться в рух від пневмоциліндра. Закриття виходу форсунки здійснюється центральним штоком, який приводиться в рух пневмоциліндром. Шток, з'єднаний з носиком форсунки.

Для визначення раціональних кінематичних та динамічних параметрів переміщення штока дозатора може бути використана математична модель процесу дозування рідких (в'язких) матеріалів, яка виражається рівнянням руху штока дозатора та може бути записане наступним чином:

$$M \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = p_1 \cdot S_1 - p_2 \cdot S_2 - p_a(S_1 - S_2) - F_{m1} - F_{m2}, \quad (1)$$

де M – приведена маса рухомих частин дозатора; x – поточне значення переміщення штока дозатора; p_1 – заданий тиск дозування; p_2 – тиск у штоковій камері дозатора; p_a – атмосферний тиск; S_1 – площа поперечного перерізу пневмоциліндра; S_2 – площа носика форсунки; F_{m1} – сила тертя ковзання пневмоциліндра; F_{m2} – сила тертя ковзання штока.

Для дослідження роботи дозатора було розроблено експериментальну установку (рис. 2)

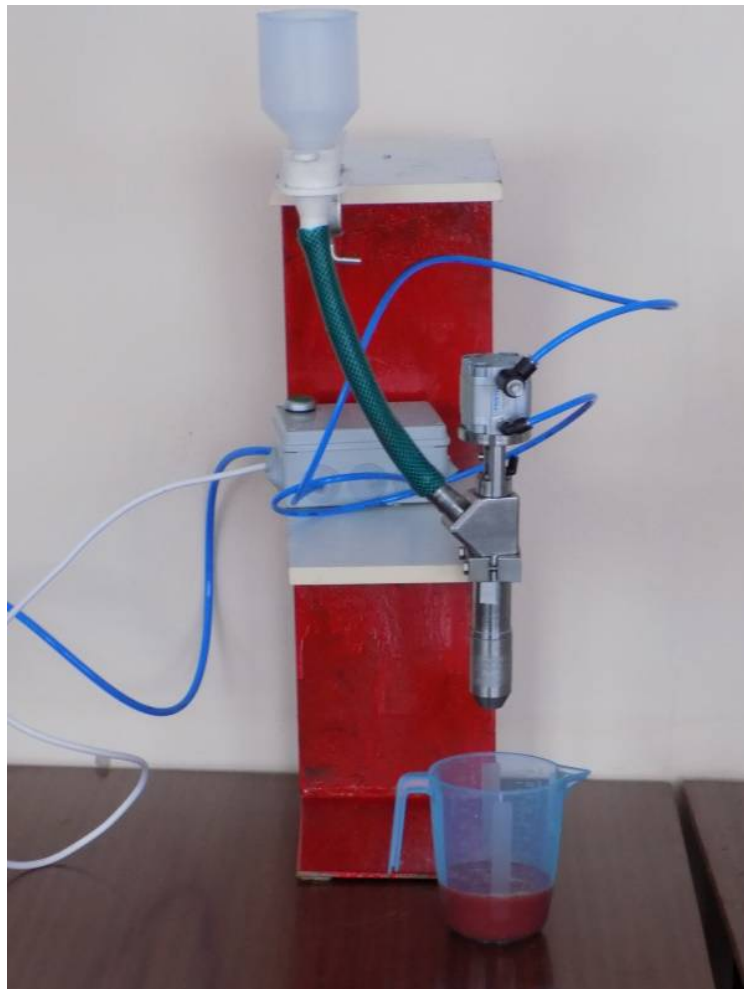


Рис. 2. Експериментальна установка для дослідження робочого процесу дозатора рідких матеріалів

Точність дозування [3] визначається за контрольними пробами із застосуванням методів математичної статистики. Випадкові похибки дозування рідких матеріалів, як правило, підлягають нормальному закону розподілу випадкових величин, а величина густини розподілу ймовірностей визначається за формулою:

$$f(m) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(m_i-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

де a – математичне очікування; m_i – поточне значення результату; $m = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n}$ – середнє арифметичне для n результатів; σ – значення середньоквадратичного відхилення вимірювань.

Значення середньоквадратичного відхилення вимірювань розраховується за наступною формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - m)^2}{n-1}}. \quad (3)$$

Точність дозування оцінюється (у %) коефіцієнтом варіації:

$$K = \frac{\sigma}{m} \cdot 100. \quad (4)$$

На основі проведених досліджень дозатора рідких матеріалів була поставлена задача отримати математично-статистичну модель залежності точності дозування в'язких матеріалів (в $\text{см}^3/\text{с}$) від молекулярної в'язкості (в Па·с) і тиску, під яким проходить дозування (в кПа).

Після включення незначущих членів для 95% довірчої ймовірності отримано наступне рівняння регресії дозатора, який має діаметр вихідного отвору насадки $d=0,015$ мм:

$$y_x = 10,83 + 0,98 x_1 + 1,95 x_2 - 0,018 x_1 x_2.$$

А для дозатора із діаметром вихідного отвору насадки $d=0,012$ мм:

$$y_x = 9,44 + 0,79 x_1 + 2,04 x_2 - 0,014 x_1 x_2.$$

Висновок. Результати експериментальних досліджень показали, що на забезпечення високої точності дозування рідких матеріалів дозатором розглянутої конструкції більшою мірою у порівнянні із в'язкістю рідкого матеріалу впливає тиск, що забезпечує процес дозування.

Діаметр насадки також впливає на точність дозування, оскільки процес дозування рідини супроводжується виникненням деяких нестационарних процесів (чим менший діаметр отвору насадки, тим більшою мірою ці процеси проявляються).

Таким чином, результати проведених досліджень дозволяють обґрунтовувати конструктивні параметри дозаторів рідких в'язких матеріалів та режими їх роботи.

Список використаних джерел

1. Білецький Е. В. Визначення гідравлічних втрат при течії в'язкої рідини / Е.В. Білецький, Ю. А. Толчинський // Вісник Львівського інституту економіки і туризму.– Львів :ЛІЕТ, 2011. – №6. – С. 143-148.
2. Волинець Н. С. Дослідження процесу дозування в'язких молочних продуктів з метою вдосконалення конструкції фасувального автомату М-2 / Н. С. Волинець, С. Ф. Федоров // Ukrainian food journal. - 2012. - № 3. - С. 54-58.
3. Гунько Ю.Л. Підвищення ефективності робочого процесу тарілчастого дозатора /Ю.Л. Гунько, М.С. Шведик, В.В. Сахан // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 35. – Луцьк, 2016. – С. 10.
4. Ньютонівські рідини. Гідромеханіка, перемішування і теплообмін / Уілкінсон У.Л. — М.: Мир, 1967. — 214 с.
5. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв / За ред. О.Т. Лісовенка. – К.: Наук, думка, 2000. – 282 с.
6. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л. Деякі аспекти повздовжньо-поперечної течії стисненої рідини, що залежить від швидкості зрушення і тиску вздовж щілинного каналу (Частина 2) / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, Е. В. Білецький, Ю. А. Толчинський // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – К. : НУХТ, 2012. – № 46. – С. 25-31.
7. Jansseune T. Rheology and rheological morphology determination in immiscible two-phase polymer model blends / T. Jansseune, J. Mewis, P. Moldenaers [et. al.] // J. Non-Newton. Fluid Mech.– 2000. – P. 153-165.