

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ ДОЗАТОРА

Kyurchev S.V., Cand. Sci. (Tech.),
Zmeyeva I.N.

Taurian State Agrotechnological University, Me-
litolpol, Ukraine, e-mail: nusyona78@mail.ru

DETERMINATION OF OPTIMUM PARAMETERS OF INDIVIDUAL NODES DOZATOR

Мета. Метою статті є визначення оптимального співвідношення площ перерізів каналів подачі рідини, який утворено манжетною та напрямною, і каналу відведення повітря з тари.

Методика. У процесі досліджень використано методику чисельного моделювання процесу протікання рідини по каналу, утвореному манжетною та напрямною, за допомогою системи FLOTRAN CFD програмного комплексу ANSYS.

Результати. На підставі проведених досліджень визначено оптимальні параметри висоти підйому манжети відносно напрямної та кут нахилу напрямної для зменшення турбулізації рідини в каналі дозатора й піноутворення. Запропоновано спосіб розрахунку оптимальних співвідношень каналів залежно від розмірів тари та характеристик рідини, що дозується.

Наукова новизна. Удосконалено науково-методичний підхід чисельного моделювання процесу протікання рідини по каналу, утвореного манжетною та напрямною, за допомогою FLOTRAN CFD-аналізу програмного комплексу ANSYS. Побудовано математичну модель процесу розливання харчової рідини в скляну тару та проаналізовано її гідродинамічну поведінку шляхом чисельного моделювання на основі програмного комплексу ANSYS.

Практична значущість. Отримані результати спрямовані на визначення оптимальних параметрів висоти підйому манжети відносно напрямної та кута нахилу напрямної для зменшення турбулізації рідини в каналі дозатора й піноутворення. Реалізований алгоритм розрахунку дозволяє моделювати неперервний процес заповнення ємності харчовою рідиною, ураховуючи оптимальні параметри висоти підйому манжети та кута нахилу напрямної.

Ключові слова: фасування харчової рідини, дозатор, канал, напрямна, чисельне моделювання, протікання, програмний комплекс ANSYS.

Постановка проблеми. Автоматичні лінії розливу рідких харчових рідин, як правило, мають фіксовану продуктивність, працюють тільки з певним видом тари, енергоємні, займають велику виробничу площу. Ці тенденції потребують створення більш гнучкого у використанні, універсального, у широкому значенні, фасувального обладнання. Дозатори харчових рідин повинні бути універсальними до виду рідини, що дозується, типу та форми тари, мати можливість регулювання дози. У зв'язку з цим потрібне детальне вивчення основних процесів, які відбуваються за умови дозування рідин, та їх впливу на типи, конструкцію та методику розрахунку дозаторів [1-3].

Дозування рідких харчових продуктів буває трьох видів: за об'ємом, рівнем і вагою. Дозатори рідини за рівнем мають перед дозаторами рідини за об'ємом і вагою принципові переваги:

- можна розливати рідину в тару будь-якої місткості за умови, що шийка банки має однакові форму та розмір;
- рідина дозується безпосередньо в тару, що виключає період набору дози у мірну посудину, а отже, підвищується продуктивність;
- конструктивно є більш простими, оскільки не мають складного вузла: мірної посудини та зв'язаних з нею елементів.

Метою статті є визначення співвідношення площ перерізів каналів подачі рідини та каналу відведення повітря з тари.

Виклад основного матеріалу досліджень. У проектуванні дозатора за рівнем важливу роль відіграє співвідношення каналів у розливальному патроні. Рідина з бака подається у розливальний патрон, який герметично притискається до шийки банки. Коли тара заповнюється, рідина проходить по каналу між стінкою дозувального патрона та повітряною трубкою. Оскільки розмір внутрішнього діаметра шийки банки D задано, то потрібно визначити співвідношення площ перерізів каналів подачі рідини та каналу відведення повітря з тари. Одним із підходів до вирішення цього завдання є створення однакових умов протікання потоків рідини та повітря в каналах дозувального патрона.

Проектуючи автомати для розливу, витрати рідини Q у короткій трубці визначають за формулою:

$$Q = \mu S \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

де коефіцієнт витрат μ залежить від довжини труби та фізико-хімічних характеристик рідини.

Оскільки за умови подачі рідини в тару з витратами Q із неї одночасно витісняється повітря з такими ж витратами, то мають місце рівняння:

$$Q_p = \mu_p S_p \sqrt{2gH}, \quad Q_n = \mu_n S_n \sqrt{2gH}, \quad (2)$$

де μ_p , μ_n – коефіцієнти витрат для рідини та повітря;

S_p , S_n – площі перерізів каналів рідини та повітря відповідно.

З формул (2) випливає співвідношення:

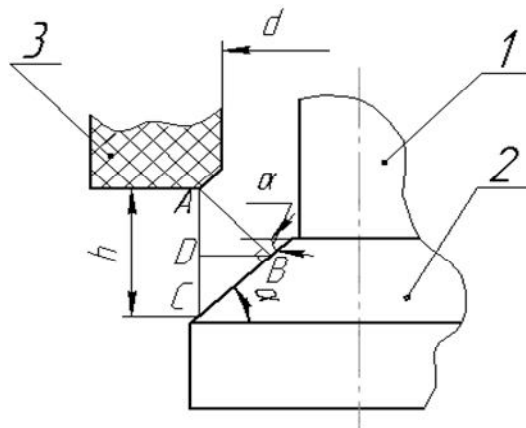
$$S_p = \frac{\mu_n}{\mu_p} \cdot S_n, \quad (3)$$

Оскільки $S_n = \frac{\pi}{4} d_n^2$, $S_p = \frac{\pi}{4} (d_p^2 - d_n^2)$ і $\frac{\pi}{4} D^2 = S_p + 2S_n$, то враховуючи формулу (3), отримаємо співвідношення між діаметром повітряної трубки та діаметром шийки тари:

$$d_n = D \sqrt{\frac{\mu_p}{\mu_n + 2\mu_p}}, \quad (4)$$

Таким чином, за відомих значень діаметра шийки тари та характеристик рідини, що дозується, рівняння (4) дозволяє обчислити діаметр повітряної трубки.

Дослідимо, як висота підйому напрямної впливає на продуктивність роботи дозатора. Для цього розглянемо залежність площі живого перерізу каналу від висоти підйому манжети відносно напрямної. Розрахункову схему показано на рисунку 1.



1 – повітряна трубка; 2 – напрямна; 3 – ущільнююча манжета.

Рисунок 1 – Розрахункова схема визначення площі живого перерізу

Вихідними даними для розрахунку площі живого перерізу каналу є: h – висота підйому манжети відносно напрямної, мм; α – кут нахилу напрямної, град. У таблиці 1 наведено параметри банок різної місткості.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку площі живого перерізу

Об'єм ємності, см ³	Висота підняття дозувального пристрою*, h , мм				Кут нахилу дотичної до бокової сторони, β , град.
	H_1	H_2	H_3	H_4	
3000	28	18	11	4	47
2000	24	16	12	6	45
1500 (Твіст – офф)	18	14	13	10	42

Примітка. Згідно з ГОСТом 5717.2-2003 «Банки стеклянные для консервов. Основные параметры и размеры».

З рисунка 1 впливає, що площа живого перерізу каналу на виході з дозувального пристрою, який утворено манжетою (3) та напрямною (2), залежить від переміщення манжети відносно напрямної (сторона $AC = h$) і кута нахилу напрямної α .

Площа живого перерізу каналу визначається за формулою:

$$S_p = \pi \cdot AB \left(\frac{d}{2} + \left(\frac{d}{2} - 2DB \right) \right); \quad (5)$$

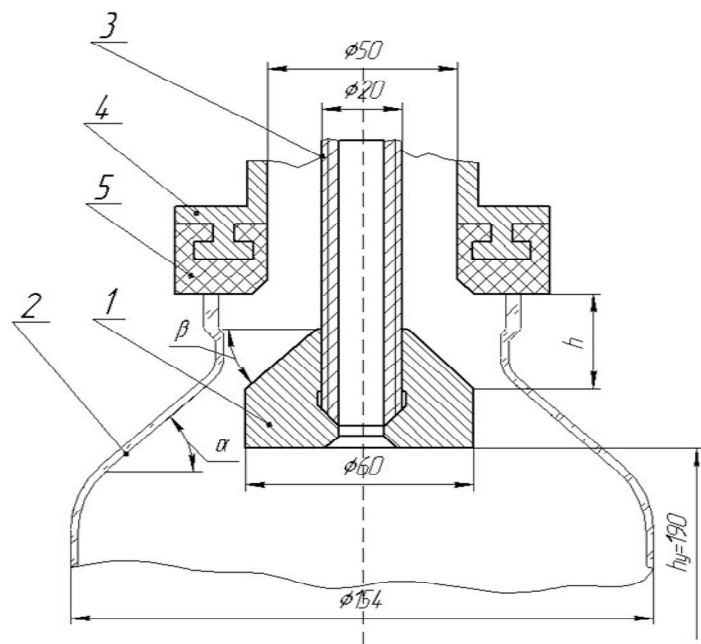
Оскільки $AB = h \cos \alpha$, $DB = AB \sin \alpha = h \cos \alpha \sin \alpha = \frac{1}{2} h \sin 2\alpha$, то площа живого перерізу каналу на виході з дозувального пристрою дорівнює:

$$S_p = \pi h \cos \alpha (d - h \sin 2\alpha), \quad (6)$$

Підставимо (6) у формулу (1) та визначимо продуктивність дозувального пристрою:

$$Q_m = \mu \cdot \tau \cdot (\pi \cdot h \cdot \cos \alpha (d - h \cdot \sin 2\alpha)) \sqrt{2gH}, \quad (7)$$

Промодельємо процес протікання рідини по каналу, утвореному манже-тою та напрямною, за допомогою FLOTTRAN CFD (Computational Fluid Dynamics) аналізу програмного комплексу ANSYS [4; 5]. Розрахункова схема каналу подана на рисунку 2.



1 – напрямна; 2 – банка; 3 – повітряна трубка; 4 – патрон;
5 – ущільнювальна манжета.

Рисунок 2 – Гідравлічна схема пристрою для розливу харчових рідин до зазначеного рівня

Будемо вважати, що рідина під час течії не стискається, має вагу, а режим течії – турбулентний, нестационарний. Для замикання рівнянь турбулентності течії рідини використаємо RNG-модель турбулентності. Це математична модель, що описує протікання рідини по каналу [1].

Використаємо кінцевий елемент FLUID141 для моделювання нестационарного процесу, що описує динаміку об'єму текучого середовища. Цей елемент має 4 вузли та характеризується такими степенями вільності у кожному вузлі – VX, VY, VZ (компоненти швидкості у X, Y, Z – напрямках), PRES (відносний тиск), TEMP (температура), ENKE (кінетична енергія турбулентності), ENDS (коефіцієнт дисипації кінетичної енергії турбулентності). Якщо матеріальний номер кінцевого елемента FLUID141 дорівнює одиниці, то цей елемент відповідає елементу, заповненому рідиною, якщо більше одиниці – незаповненому рідиною елементу.

Для виконання аналізу об'єму текучого середовища (VOF) використовується алгоритм адвекції для об'ємної фракції (VFRC). Вільна поверхня рідини визначається розподілом VFRC поля та описується диференціальним рівнянням у частинних похідних [1].

Метод VOF дозволяє відслідковувати зміну площі вільної поверхні рідини в часі, тому необхідно активізувати нестационарний аналіз. За умови VOF-аналізу густина рідини вважається постійною, тому закон збереження маси еквівалентний до закону збереження загального об'єму (загальної площі – у двовимірному випадку) рідини.

Для розрахунку використаємо стандартну турбулентну RNG-модель, оскільки форма вільної поверхні не є чутливою до виду турбулентної моделі, яка застосовується.

У результаті нестационарного аналізу отримуємо розподіл об'ємної фракції та розподіл поля швидкостей рідини в довільний момент часу проходження рідини по каналу, утвореному манжетою та напрямною.

Коли рідину зливають у банку, то утворюється піна, кількість якої залежить від гідравлічних характеристик дозатора, форми та розмірів тари, властивостей рідини. Піноутворення призводить до відхилення від дози, втрати рідини, яка розливається, та необхідності додаткового часу для заспокоєння піни. Зменшення турбулізації рідини в каналі дозатора та зменшення піноутворення залежить від конструктивних параметрів дозатора. Проаналізуємо процес протікання рідини по каналу, утвореному манжетою та напрямною з кутом нахилу α ($\alpha = 30^\circ, 42^\circ, 45^\circ$), та її зливання у банку. Параметри скляних банок наведено в таблиці 1. Змінними параметрами будемо вважати висоту підйому манжети відносно напрямної h і кут нахилу дотичної до бокової сторони банки β ($\beta = 30^\circ, 42^\circ, 45^\circ$).

Стандартний кут нахилу напрямної становить $\alpha = 30^\circ$, тому знайдемо оптимальний режим роботи дозатора відносно змінних h і β . Аналіз показав, що за умови висоти підйому манжети відносно напрямної $h = 13$ мм найменша турбулентність, а отже, і піноутворення, виникають, якщо кут нахилу напрямної $\alpha = 30^\circ$ і кут нахилу дотичної до бокової стінки банки $\beta = 45^\circ$. Ізолінії розподілу швидкостей рідини на векторне зображення показані на рисунках 3 і 4.

З рисунка 3 випливає, що після проходження по каналу дозатора, а потім по каналу, утвореному напрямною та манжетою, рідина рівномірно стікає по стінці банки вниз. При цьому утворюється значно менше піни, ніж у разі безпосереднього попадання струменя рідини на дно банки.

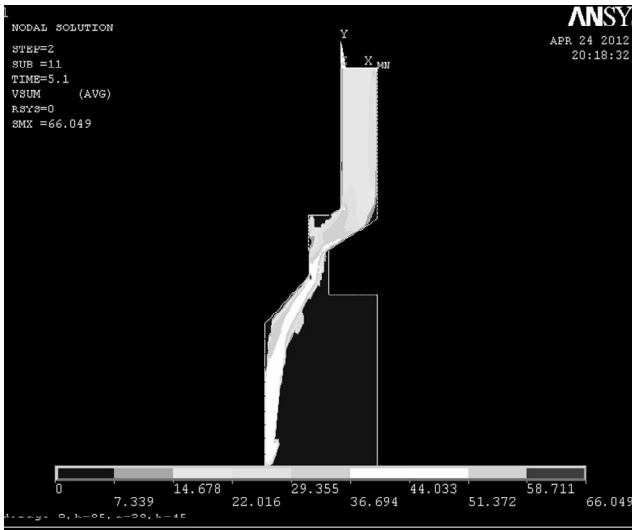


Рисунок 3 – Ізолінії розподілу швидкостей рідини при $h = 13$ мм, $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$

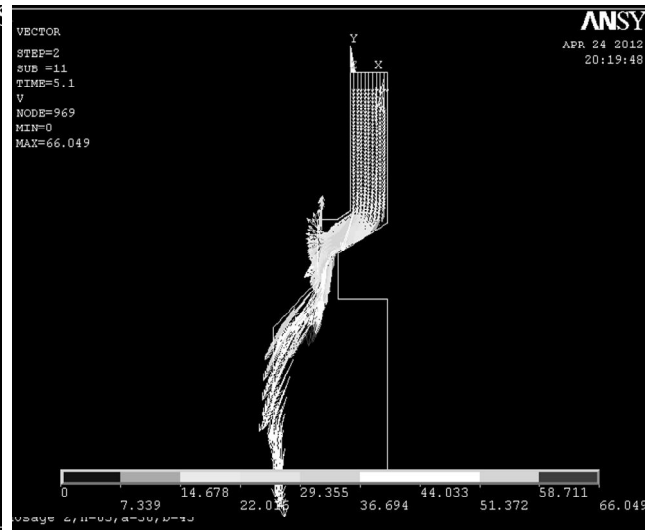


Рисунок 4 – Векторний розподіл швидкостей рідини при $h = 13$ мм, $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$

Згідно з рисунком 5, якщо висота підйому манжети відносно напрямної дорівнює $h = 13$ мм, а кут нахилу напрямної та дотична до бокової стінки банки є рівними (наприклад, $\alpha = \beta = 42^\circ$), то струмінь рідини попадає безпосередньо на дно банки. Це спричиняє процеси, описані вище, що призводять до значного та зовсім небажаного піноутворення в банці.

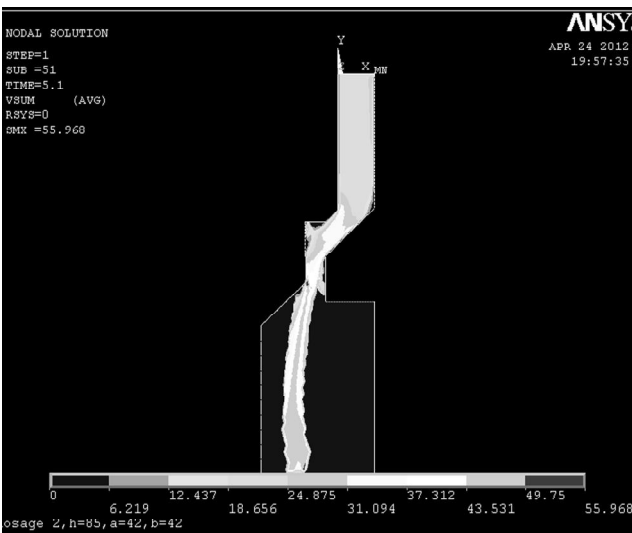


Рисунок 5 – Ізолінії розподілу швидкостей рідини при $h = 13$ мм, $\alpha = 42^\circ$, $\beta = 42^\circ$

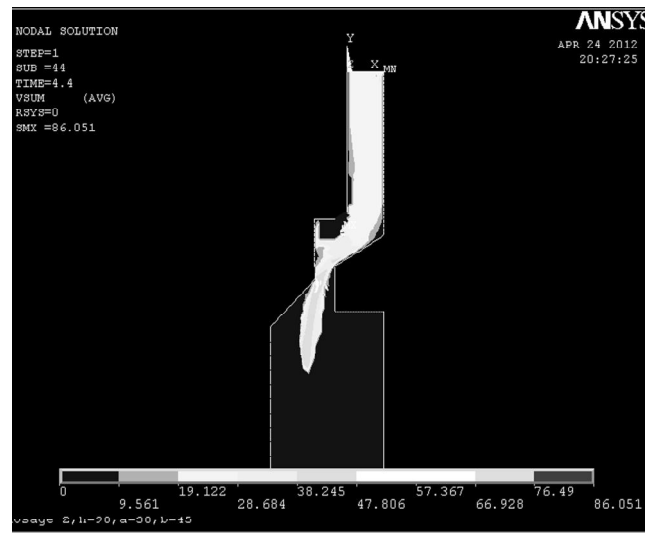


Рисунок 6 – Ізолінії розподілу швидкостей рідини при $h = 18$ мм, $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$

За умови висоти підйому манжети відносно напрямної $h = 18$ мм і довільного співвідношення між кутом нахилу напрямної та дотичної до бокової стінки банки (наприклад $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$), струмінь рідини попадає безпосередньо

на дно банки, як показано на рисунку 6, що призводить до збільшення піноутворення.

Таким чином, для зменшення турбулізації рідини в каналі дозатора та зменшення піноутворення оптимальними параметрами є висота підйому манжети відносно напрямної $h = 13$ мм і кут нахилу напрямної $\alpha = 30^\circ$.

На рисунках 3 і 5 показано типову картину збільшення гідравлічного опору в разі зміни напрямку руху рідини. Якщо напрямок потоку змінюється, то виникають відцентрові сили, які спрямовані від центра кривини до зовнішньої стінки труби. Тиск у межах повороту біля зовнішньої стінки більший за тиск біля внутрішньої стінки. Відповідно швидкість рідини біля зовнішньої стінки менша за швидкість біля внутрішньої.

Як результат цього вздовж бокових стінок труби, біля поверхні яких швидкість є невеликою, буде виникати рух рідини від зовнішньої стінки до внутрішньої, тобто виникає поперечна циркуляція в потоці. Підвищена пульсація швидкостей та інтенсивне перемішування частинок призводить до більших втрат напору на повороті порівняно з прямолінійними ділянками руху. Експерименти показали, що для гладких стінок труб за умови значення числа Рейнольдса $Re \geq 2 \cdot 10^5$, коефіцієнт опору залежить від кута повороту. Так, якщо кут повороту 60° , то коефіцієнт опору становить 0,56, а за наявності кута 45° дорівнює 0,32.

Висновки. У дозаторі рідини за рівнем як визначальний вузол розглянуто співвідношення величин перерізів каналів подачі рідини та відведення повітря. Запропоновано спосіб розрахунку співвідношення каналів залежно від розмірів тари та характеристик рідини, що дозується. Проведено чисельне моделювання процесу протікання рідини по каналу, утвореному манжетою, та направляючою за допомогою FLOTRAN CFD аналізу програмного комплексу ANSYS, оптимальними параметрами для зменшення турбулізації рідини в каналі дозатора та зменшення піноутворення є висота підйому манжети відносно напрямної $h = 13$ мм і кут нахилу напрямної $\alpha = 30^\circ$.

Список літератури / References:

1. Кюрчев С.В. Чисельне моделювання процесу наповнення скляної тари харчовою рідиною / С.В. Кюрчев, І.М. Змеєва // Наук. пр. Одеської нац. акад. харч. технологій. – 2012. – Вип. 41, т. 1 – С. 182-187
Kiurchev, S.V. and Zmieieva, I.N (2012), “Numeral design of process of filling of glass container by a food liquid”, *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnologii*, issue. 41, vol. 1, pp. 182-187.
2. Ярмолинский Д.А. Некоторые гидродинамические показатели новых разливающих автоматов / Д.А. Ярмолинский // Виноделие и виноградарство СССР. – 1967. – № 4. – С. 46-50.
Yarmolinskii, D.A. (1967) “Some hydrodynamic indexes of new casting automats”, *Vinodelie i vinogradarstvo SSSR*, no. 4, pp. 46-50.
3. Ярмолинский Д.А. Причины нарушения точности дозирования вина при разливе / Д.А. Ярмолинский // Виноделие и виноградарство СССР. – 1973. – № 3. – С. 48-51.

- Yarmolinskii, D.A. (1973), "Reasons of violation of exactness of dosage of wine at an overflow", *Vinodelie i vinogradarstvo SSSR*, no. 3, pp. 48-51.
4. Madenci E. The finite element method and applications in engineering using ANSYS / E. Madenci, I. Guven // Springer Science+Business Media. – 2006. – P. 686.
Madenci, E. and Guven, I. (2006), "The finite element method and applications in engineering using ANSYS", *Springer Science+Business Media*, p. 686.
5. Лавріненко Н.М. Кінцево-елементне моделювання в інженерних розрахунках / Н.М. Лавріненко [та ін.]. – Донецьк: Норд-Прес, 2008. – 668 с.
Lavrinenko, N.M., Sukmanov, V.O., Avramenko, A.O., Ukrainets, A.I., Afenchenko, D.S. and Shulga, A.V (2008), *Kintsevo-elementne modeliuвання v inzhenernykh rozrakhunkakh* [Finite element modeling in engineering calculations], Nordpress, Donetsk, Ukraine.

Цель. Целью статьи является определение оптимального соотношения площадей сечений каналов подачи жидкости, который образован манжетой и направляющей, и канала отведения воздуха из тары.

Методика. В процессе исследований использована методика численного моделирования процесса протекания жидкости по каналу, образованному манжетой и направляющей, с помощью системы FLOTRAN CFD программного комплекса ANSYS.

Результаты. На основании проведенных исследований определены оптимальные параметры высоты подъема манжеты относительно направляющей и угол наклона направляющей для уменьшения турбулизации жидкости в канале дозатора и пенообразования. Предложен способ расчета оптимальных соотношений каналов в зависимости от размеров тары и характеристик дозируемой жидкости.

Научная новизна. Усовершенствован научно-методический подход численного моделирования процесса протекания жидкости по каналу, образованного манжетой и направляющей, с помощью FLOTRAN CFD-анализа программного комплекса ANSYS. Построена математическая модель процесса разливания пищевой жидкости в стеклянную тару и проведен анализ ее гидродинамического поведения на основе численного моделирования на основе программного комплекса ANSYS.

Практическая значимость. Полученные результаты направлены на определение оптимальных параметров высоты подъема манжеты относительно направляющей и угла наклона направляющей для уменьшения турбулизации жидкости в канале дозатора и пенообразования. Реализованный алгоритм расчета позволяет моделировать непрерывный процесс заполнения емкости пищевой жидкостью с учетом оптимальных параметров высоты подъема манжеты и угла наклона направляющей.

Ключевые слова: фасование пищевой жидкости, дозатор, канал, направляющая, численное моделирование, протекание, программный комплекс ANSYS.

Objective. Purpose of the article is to determine the ratio of cross-sectional area of fluid channels of supply and removal of air from the packaging, which is formed cuff and of the guide

Methods. In the research there was used a numerical simulation of fluid flow through the channel formed by the cuff and directing by FLOTRAN CFD analysis of ANSYS program complex.

Results. On the basis of conducted researches the optimal parameters heights of getting up of cuff in relation to directing and angle of slope of directing for diminishing turbulization of liquid are certain in the channel of metering device, and diminishing of foaming. The method of calculate the ratio of channels depending on the size and characteristics of the packaging of dispensed liquid was suggested.

Academic novelty. The scientific and methodical approach of numerical modeling of fluid flow through the channel formed by the cuff, and directing by FLOTRAN CFD analysis of ANSYS

software package was improved. The mathematical model of the process of pouring the liquid food in glass bottles and the analysis of its hydrodynamic behavior by numerical simulation based on the software package ANSYS.

Practical meaningfulness. The results are designed to determine the optimal parameters of individual nodes dispenser to reduce turbulence in the fluid channel dosing and reduce foaming. The implemented algorithm allows to simulate a continuous process of filling the tank with liquid food with the optimal parameters of the lifting height and angle of slope of directing.

Key words: packing of food liquid, metering device, channel, directing, numeral design, flowing, programmatic complex ANSYS.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук,
проф. Малкіною В.М.

Дата надходження рукопису 30.01.2013 р.

УДК 621.565.94:004.415.2

Морозюк Л.И., канд. техн. наук, доц.,
Ольшевская О.В.

Учебно-научный институт холода, криотехнологии и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского Одесской национальной академии пищевых технологий, г. Одесса, Украина,
e-mail: olgaolshevskaya@mail.ru

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЕТА МИКРОКАНАЛЬНЫХ ВОЗДУШНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Morosuk L.I., Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof. Educational and Science Institute of Refrigeration, Cryogenics technology and Ecoenergy named by V.S. Martynovskiy Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine,
Olshevskaya O.V. e-mail: olgaolshevskaya@mail.ru

SOFTWARE TO CALCULATION MICROCHANNEL AIR CONDENSER

Цель. Создание компьютерной программы для расчета микроканальных воздушных конденсаторов с целью сокращения времени проектирования и проведения вариантных расчетов.

Методика. В процессе создания использованы пакеты прикладных программ для определения теплофизических свойств рабочего вещества и теплоносителя, корреляционные уравнения для расчета теплоотдачи, аэродинамики и гидродинамики, термодинамические уравнения для определения необратимых потерь и их минимизации в теплообменном аппарате. Для создания программного комплекса была использована среда программирования Borland Delphi 7.

Результаты. Итогом расчетов в программном комплексе является определение плотности теплового потока, аэродинамического и гидравлического сопротивлений, общей площади теплообменной поверхности.

Научная новизна. Совершенствование научно-методического подхода к проектированию микроканальных теплообменников для получения широкого спектра параметров и характеристик проектируемого аппарата с целью дальнейшей оптимизации. Создаваемая