

Міністерство аграрної політики та продовольства України
Міністерство освіти і науки України
Національний університет харчових технологій
Інститут продовольчих ресурсів НААН України
АККО Інтернешнл

**Ресурсо- та енергоощадні технології
виробництва і пакування харчової
продукції - основні засади її
конкурентоздатності**

**Матеріали VIII Міжнародної спеціалізованої
науково-практичної конференції**
12 вересня 2019 р.
м.Київ, Україна

Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності: Матеріали VIII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 12 вересня 2019 р., м. Київ. – К. НУХТ, 2019. – 188 с.

У матеріалах конференції наведено доповіді за такими напрямками: стан та шляхи ресурсо- й енергозаощадження на підприємствах харчової промисловості; інноваційні та ресурсоощадні технології продуктів харчування; використання нетрадиційної сировини в технологіях продуктів харчування; інноваційні технології пакування харчових продуктів; енергоощадні та ресурсозберігаючі технології виготовлення тари та упаковки; інноваційні складові створення пакувального обладнання; енергоменеджмент на підприємствах харчової промисловості; шляхи підвищення ефективності виробничої логістики на підприємствах харчової промисловості.

На основі науково- дослідних робіт запропоновано шляхи вирішення прикладних задач нагальної проблеми в харчовій промисловості – ресурсо- та енергозаощадження.

Матеріали конференції будуть корисні науковим та інженерно - технічним працівникам, виробничникам, потенційним інвесторам, студентам ВНЗ та всім хто пов'язаний з харчовою та пакувальною індустрією.

ISBN 978-966-612-227-1

Програмний комітет:

Гавва О.М., д.т.н., НУХТ – голова,

Губеня О.О., к.т.н., НУХТ – заст. голови,

Кіщак Ю.П., АККО Інтернешнл,

Копилова К.В., д.с.- г.н., ІПР НААН України,

Соколенко А.І., д.т.н., НУХТ,

Мирончук В.Г., д.т.н., НУХТ,

Сімахіна Г.О., д.т.н., НУХТ,

Мікульонок І.О., д.т.н., НТУУ «КПІ» ім. І.Сікорського

60.	Соколенко А.І., Скуйбіда Є.Л., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Динаміка і енергетична рекуперація в технологічних машинах.....	137
61.	Ватренко О.В., <i>ОНАХТ, м. Одеса, Україна</i> Аналіз стану рівноваги навантаженої круглої пружної пластини на основі енергетичного критерію.....	141
62.	Регей І.І., Іваськів Б.Р., <i>УАД, м. Львів, Україна</i> Обґрунтування реалізації нового способу транспортування картонних аркушів у штандювальному обладнанні.....	144
63.	Зоренко Я. В., Афанасьєв Д.В., <i>НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна</i> Ресурсозберігаючі технології виготовлення споживчої упаковки офсетним друком.....	146
64.	Гриценко Д.С., <i>НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна</i> Кулачковий механізм крокового приводу транспортувального пристрою паковань поліграфічних машин.....	147
65.	Khokhlova R.A., Shulzhenko O.O., Nikolenko K.D., <i>Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine</i> Search components for biodegradable inks.....	149
66.	Копилова К.В., Вербицький С.Б., Козаченко О.Б., Вербова О.В., Кос Т.С., <i>ІПР НААН, м. Київ, Україна</i> Інноваційні біорозкладні матеріали для пакування продукції молочної промисловості.....	150
67.	Zolotukhina K., Velychko O., <i>National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine</i> Researching the interaction of different materials types for packaging with liquids.....	153
68.	Витвицький В.М., Мікульонок І.О., Сокольський О.Л., <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна</i> Експериментальні дослідження впливу експлуатаційних режимів шнекових машин на рух оброблюваного матеріалу.....	155
69.	Mikulionok I. O.¹, Petukhov A. D.¹, Gavva O. M.², <i>1 – National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine, 2 – National University of Food Technologies (NUFT), Kyiv, Ukraine</i> Intensification of cooling of tubular blown polymeric packing films with the flowing-down liquid film.....	158
70.	Васильков В.В., Чепелюк О.М., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Аналіз технологічного обладнання для формування котлетних виробів.....	162
71.	Филипчик О.В., Ермаков А.И., <i>БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь</i> Сравнительная оценка параметров теплового оборудования для общественного питания и торговли.....	164
72.	Грінінг К.Р., Гордейчук Р.В., Губеня О.О., <i>НУХТ, м. Київ, Україна, Єрмаков А.І., БНТУ, м. Мінськ, Білорусь</i> Експериментальний стенд і методика дослідження процесу надтонкого подрібнення компонентів фармацевтичних і косметичних засобів у бісерних млинах.....	166
73.	Ivanova T., Popova V.,D, Mazova N, Stoyanova A., Damyanova S., <i>UFT, Plovdiv, Bulgaria</i> Chemical composition of physalis leaves and the obtaining of extracts rich in bioactive compounds intended for medicine and cosmetics.....	169

УДК 621.798.147-026.765:621.798.5

Ватренко О.В., д.т.н.

Одеська національна академія харчових технологій (ОНАХТ), м. Одеса, Україна.

АНАЛІЗ СТАНУ РІВНОВАГИ НАВАНТАЖЕНОЇ КРУГЛОЇ ПРУЖНОЇ ПЛАСТИНИ НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КРИТЕРІЮ

Вступ. Одна з основних функцій упаковки харчових продуктів – забезпечення безпеки харчових продуктів впродовж визначеного виробником терміну зберігання. Для цього повинні бути враховані усі основні небезпеки для продукції впродовж її життєвого циклу. Це можуть бути процеси закупорювання, теплової обробки, якщо продукт обробляється в упакованому вигляді, транспортування, складування, зберігання продукції. Так, в процесі зберігання, особливо якщо термін зберігання тривалий і вимірюється роками, упаковка може у різний спосіб втрачати свої захисні функції. Тоді виникає питання: що може бути показником того, що упаковка продовжує ефективно виконувати свою захисну функцію?

Для скляної упаковки типу Ш, або системи твіст-офф (ТО), в якій продукція зберігається від двох до трьох років, таким гарантійним пристроєм є гнучка мембрана, розташована в центрі поля кришки системи ТО, відома під назвою «контрольна кнопка». Мембрана являє собою спеціальний рельєф на полі кришки у вигляді круглої пружної пластини. Мембрана в залежності від її стану - втягнутого або опуклого - свідчить про наявність або відсутність в упаковці вакууму, а отже про її герметичність.

Актуальність. Залежно від типорозміру скляної тари та режиму теплової обробки, кришки виготовляються з жерсті різної товщини та твердості. Виробники кришок з мембранами, особливо вітчизняні, мають певні складнощі у виробництві, які стосуються надійності роботи пружної пластини. Крім того, робота механічних систем з контрольованою втратою стійкості взагалі не достатньо вивчена і обґрунтована та торкається питань теорії пружності. Загалом цей напрям досліджень стосовно харчової промисловості пов'язаний з удосконаленням технологій пакування.

Основна частина. Конструктивно мембрани спроектовані для роботи в режимі контрольованої втрати стійкості, рис. 1. Вони втрачають стійкість в результаті виникнення вакууму в тарі, який спричиняє перепад тиску на полі кришки. Надалі цей перепад тиску називатимемо тиском. Після втрати стійкості мембрана переходить у положення стійкої рівноваги. Значення критичних тисків втрати стійкості та відновлення початкової форми, які визначають робочий інтервал функціонування існуючих мембран, загалом відомі і надаються фірмами-виробниками кришок. Отже завдання роботи полягає у тому, щоб шляхом математичного моделювання описати зміну потенціальної енергії круглої пластини, яка обумовлює стабільну роботу мембран в заданому режимі.

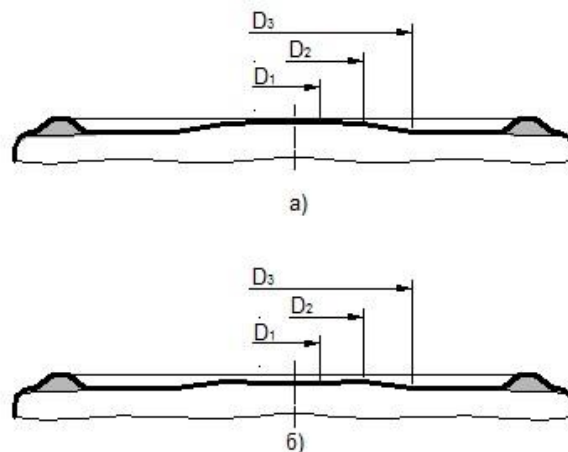


Рисунок 1 - Поле кришки системи ТО (твіст-офф): а) мембрана в ненавантаженому стані; б) мембрана у стані втрати стійкості.

Потенціальна енергія круглої пластини залежить від геометрії її поперечного перерізу (рельєфу). Дотримуватимемось розрахункової схеми якої робочий конус пластини зацмлений по контуру, з вільним радіальним зміщенням точок контуру (рис. 2). Вихідні рівняння для розрахунків енергії системи використаємо з теорії пружності. Повна енергія системи мембрани визначається аналогічно енергії при осесиметричному вигині круглої пластинки [1]

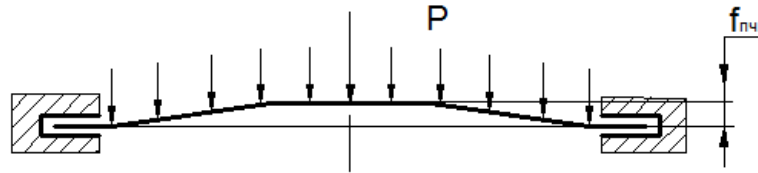


Рисунок 2. Схема закріплення мембрани. $f_{пч}$ – початковий прогин центра мембрани.

$$E_n = E_c + E_\delta - W, \quad (1)$$

де E_c – енергія напружень в серединній поверхні мембрани;

$$E_c = \frac{E\delta}{2} \int_0^R \left[\left(\frac{d^2\Phi}{dr^2} \right)^2 + \left(\frac{1}{r} \frac{d\Phi}{dr} \right)^2 - \frac{2\mu}{r} \frac{d\Phi}{dr} \frac{d^2\Phi}{dr^2} \right] 2\pi r dr, \quad (2)$$

E_δ – енергія вигину;

$$E_\delta = \frac{D}{2} \int_0^R \left[\left(\frac{d^2\omega}{dr^2} \right)^2 + \left(\frac{1}{r} \frac{d\omega}{dr} \right)^2 + \frac{2\mu}{r} \frac{d\omega}{dr} \frac{d^2\omega}{dr^2} \right] 2\pi r dr, \quad (3)$$

W – робота зовнішнього навантаження.

$$W = \int_0^R P \omega 2\pi r dr = 2\pi P \int_0^R \omega r dr, \quad (4)$$

де E – модуль нормальної пружності матеріалу мембрани;

δ – товщина мембрани (жерсті);

R – радіус контуру закріплення мембрани;

Φ – функція напруження;

r – поточний радіус мембрани;

μ – коефіцієнт Пуассона матеріалу мембрани;

$D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}$ – циліндрична жорсткість мембрани;

ω – додатковий поточний прогин мембрани;

P – тиск (навантаження) на мембрану.

Розв'яжемо рівняння (2). Після розв'язання отримаємо

$$E_c = \frac{\pi E^3 f^4 \delta}{36R^2} \int_0^1 \left[r_1 \left(\frac{dR}{dr_1} \right)^2 + \frac{1}{r_1} R^2(r_1) - 2\mu R(r_1) \frac{dR}{dr_1} \right] dr_1. \quad (5)$$

Позначимо інтегральну частину рівняння (5)

$$I_1 = \int_0^1 \left[r_1 \left(\frac{dR}{dr_1} \right)^2 + \frac{1}{r_1} R^2(r_1) - 2\mu R(r_1) \frac{dR}{dr_1} \right] dr_1.$$

Тоді рівняння енергії напружень в серединній поверхні мембрани

$$E_c = \frac{\pi E^3 f^4 \delta}{36R^2} I_1. \quad (6)$$

Розв'яжемо рівняння (3). Після розв'язання отримаємо

$$E_\epsilon = \frac{16f^2 \pi D}{R^2} \int_0^1 \left[r_1 \left(\frac{dW_1}{dr_1} \right)^2 + \frac{1}{r_{1r}} W_1^2(r_1) + 2\mu W_1(r_1) \frac{dW_1}{dr_1} \right] dr_1. \quad (7)$$

Позначимо інтегральну частину рівняння (7)

$$I_2 = \int_0^1 \left[r_1 \left(\frac{dW_1}{dr_1} \right)^2 + \frac{1}{r_{1r}} W_1^2(r_1) + 2\mu W_1(r_1) \frac{dW_1}{dr_1} \right] dr_1.$$

Тоді рівняння енергії вигину

$$E_\epsilon = \frac{16f^2 \pi D}{R^2} I_2. \quad (8)$$

Розв'яжемо рівняння (4). Після розв'язання рівняння роботи зовнішнього навантаження отримаємо

$$W = \frac{\pi P f R^2}{3}. \quad (9)$$

Після підстановки (6), (8) та (9) у рівняння (1)

$$E_n = \frac{\pi E^3 f^4 \delta}{36R^2} I_1 + \frac{16f^2 \pi D}{R^2} I_2 - \frac{\pi P f R^2}{3}. \quad (10)$$

Висновок. Рівняння (10), отримане шляхом розв'язання рівнянь локальних енергетичних впливів, є базовим рівнянням, яке характеризує та відображає енергетичні перетворення в тілі мембрани. Рівняння (10) це значною мірою розв'язане рівняння, за допомогою якого після розрахунку інтегральних частин можна отримати розрахункове рівняння для побудови енергетичних рівнів форм рівноваги мембран.

Література.

1. Вольмир, А.С. Гибкие пластинки и оболочки [Текст] / А.С. Вольмир. – М.: Изд-во технико-теоретической лит., 1956. – 419с.
2. P. FrankPai. (April 2007) Total-Lagrangian Formulation and Finite-Element Analysis of Highly Flexible Plates and Shells. *Mathematics and Mechanics of Solids*, vol. 12, no. 2, 213-250.
3. Ватренко, О.В. Моделювання роботи мембран вакуумних кришок: прогин, товщина / О.В. Ватренко // Наук. пр. ОНАХТ. – О., 2015. – Вип. 48. С. 150-154.
4. Тимошенко, С.П. Пластинки и оболочки [Текст] / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер; пер. с англ. - М.: Наука, 1966. - 635с.
5. Руководство по обработке крышек Твист-офф: [пер. с нем.] / Silgan White Cap. – Hannover, 2006. – 42с.
6. Добронравов В.В., Никитин Н.Н. Курс теоретической механики – М.: Высш. школа, 1983. – 575 с.