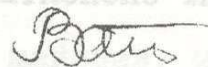


А670/2ер
В.21

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

Ватренко Олександр Віталійович



РОЗРОБКА ЗАКУПОРЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ХАРЧОВИХ
ПРОДУКТІВ У СКЛЯНІЙ ТАРІ, ЯКІ НЕ
СТЕРИЛІЗУЮТЬСЯ

1030
Спеціальність 05.18.12 – процеси та апарати харчових
виробництв

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 1996

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. У виробництві майонезу, меду, соусів, приправ та інших видів продукції, яка не підлягає стерилізації, широко використовуються скляні банки типу І-58, які закупорюються кришками металевими для банок з вінчиком горловини типу І шляхом обкатування.

Більшість з перелічених продуктів, особливо майонез, мають обмежений строк зберігання – від 7 діб до 1 місяця. Щільність закупорки подібних продуктів, на відміну від консервів, не викликає особливих вимог. Важливою умовою під час зберігання і транспортування закупореного продукту є виключення самовільного розкриття тари та забезпечення збереження продукту протягом визначеного строку зберігання.

Для закупорки банок типу І використовується традиційний закупорювальний засіб – металева кришка з гумовим герметизуючим кільцем. Як відомо, для виготовлення таких кришок використовується біла жерсть – порівняно дорогий та дефіцитний таропакувальний матеріал. Проблема дефіциту білої жерсті в Україні особливо актуальною стала після здобуття країною незалежності, оскільки всі заводи-виробники білої жерсті залишились в Росії та Казахстані.

В умовах дефіциту жерсті більш гостро постала проблема заміни жерсті на більш доступні матеріали. З іншого боку, у зв'язку з появою на ринку України великої кількості імпортованої продукції, не завжди звичної смакам нашого споживача, і яка не підлягає стерилізації, але в тарі, яка відповідає високим споживчим властивостям, виникло питання про покращення вітчизняної тари. Як відомо, закупорка типу І має високе зусилля відкриття, а після розкриття деформована кришка не дозволяє повторно закрити банку, таким чином у цілому тара має низькі споживчі властивості.

З урахуванням викладених обставин, розробка закупорювального засобу, який легко розкривається, може стати важливим кроком у розв'язанні проблеми створення вітчизняного закупорювального засобу для харчових продуктів, які не підлягають стерилізації.

Мета і задачі досліджень. Мета роботи – розробка, наукове обґрунтування конструкції і складу полімерного легко-розкриваємого закупорювального засобу для закупорки харчових продуктів, що не стерилізуються (ХПН) в скляних банках типу І, який забезпечив би здійснення процесу машинної закупорки банок.

Поставлена мета визначила такі задачі досліджень:

- розробити конструкцію затвору на основі скляних банок типу І та поліетиленових кришок;
- дослідити геометричні параметри скляних банок типу І-58;
- розробити методіку контролю закупорювальних засобів нежорсткої конструкції і;
- отримати математичні залежності для розрахунку елементів затвору на міцність та обґрунтувати їхні розміри;
- визначити оптимальні механічні властивості матеріалу полімерного закупорювального засобу;
- дослідити умови процесу закупорки та визначити конструктивні й технологічні параметри механізму закупорки;
- розробити гнучку технологію закупорки банок типу І, яка може переналагоджуватись;
- провести виробничі і транспортні випробування тари, що пропонується, для перевірки працездатності затвору та закупорювального устаткування, якості закупореної продукції і та надійності закупорки.

Наукова новизна роботи полягає:

- за допомогою розробленої математичної моделі напружено-деформованого стану затвору визначено конструктивні параметри затвору, який складається з поліетиленової кришки й скляної банки;

- у визначенні параметрів процесу закупорки скляних банок типу I поліетиленовими кришками;

- визначено оптимальні властивості матеріалу полімерних кришок.

Практична цінність роботи полягає у розробці легкорозкриваємої полімерної кришки для закупорки продукції, що не стерилізується. Запропоновані кришки мають нижчу вартість, дають можливість зменшити залежність підприємств від імпорту жерсті та здійснювати виробництво кришок з матеріалу, котрий виробляється в Україні, при одночасному підвищенні якості тари.

Впровадження результатів роботи. Кришки широко випробувані для закупорки майонезу на підприємствах України та Росії, у тому числі на Одеському комбінаті харчових концентратів, Овідіопольському заводі продтоварів, Харківському жиркомбінаті, Євдаківському жиркомбінаті, Київському маргариновому заводі. Вироблені дослідні промислові партії майонезу, закупорка яких здійснювалась на модернізованих закатувальних машинах у режимі гнучкої переналагоджуємої технології закупорки. Кришки виготовляються малим підприємством "Онікс" при Одеському заводі технологічного устаткування Укоопсоюзу.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідались на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу та наукових співробітників ОДАХТ у 1993, 1995 рр., на Міжнародній науково-технічній конференції "Розробка та впровадження нових технологій та обладнання у харчову та переробну галузь АПК" (м. Київ, 1993 р.).

На захист виносяться такі наукові положення, що отримані особисто автором:

I. Напружено-деформований стан затвору, що складається з поліетиленової кришки й скляної банки, подано у вигляді моделі складених тонкостінних оболонки.

2. Оптимальні або близькі до них механічні властивості матеріалу для виготовлення поліетиленових кришок має суміш 80 % поліетилену низької густини (ПНГ), 20 % поліетилену високої густини (ПВГ).

Публікації. Основний зміст дисертації викладено в 7 друкованих роботах та двох авторських свідоцтвах на винаходи.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох глав, висновків і додатків. Робота викладена на 93 сторінках машинописного тексту, містить 60 рисунків, II таблиць, список літератури з 84 джерел, з яких 13 роботи іноземних авторів.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність роботи, сформульована мета та задачі досліджень.

У першій главі подано стисло характеристику ХПН та факторів, які забезпечують їх збереження. Розглянуті також конструкції класифікованих закупорювальних засобів для скляної тари.

Проведено аналіз основних способів здійснення процесу машинної закупорки скляної тари, на основі якого встановлено, що найбільш технічно досконалим та економічно ефективним, а також таким, що враховує специфіку пакування ХПН є натискний спосіб закупорки. Йому притаманні найбільш проста технологія закупорки, знижений об'єм скляної тари в процесі закупорки, а закупорювальні засоби мають високі споживчі властивості.

В результаті аналізу конструкцій закупорювальних засобів для скляної тари та наявності видів скляних банок показано, що для закупорки ХПН доцільно розробити полімерний закупорювальний засіб, який легко розкривається, без ущільнюючої прокладки для банок типу I, а закупорку здійснювати натискним способом.

За матеріал для виготовлення полімерних кришок доцільно використати поліетилен, оскільки він дозволений Міністерством охорони

здоров'я для контакту з харчовими продуктами, достатньо піддатливий та пружний для здійснення натискного способу закупорки і для виготовлення закупорювальних засобів без ущільнюючих прокладок. Крім того, поліетилен – це найбільш доступний та недорогий полімерний матеріал, який виготовляється в Україні.

Показано, що деякі особливості конструкції, міцності, складу поліетиленових кришок, машинної закупорки скляних банок недостатньо встановлено і науково не обгрунтовано. Аналіз літературних джерел дозволив сформулювати мету та визначити завдання досліджень.

У другій главі описано основний зміст та методика експериментальних досліджень, лабораторні стенди, спеціальні вимірні пристрої, планування експерименту й статистичні методи обробки експериментальних даних та результатів вимірів.

Приведені методика контролю геометричних параметрів закупорювальних засобів нежорсткої конструкції і методика визначення жорсткості поліетиленових кришок. Наведено статистичні критерії, які використовували при обробці експериментальних досліджень.

За базові об'єкти досліджень прийнято поліетиленові натискні кришки, скляні банки типу І-58 та утворений ними затвор. Всього було досліджено чотири різних за складом варіанти кришок.

У третій главі обгрунтована модель деформаційної поведінки поліетиленової кришки, проведено аналіз навантажень, які сприймаються кришкою, на основі чого складена математична модель затвору.

Поведінка поліетилену під час деформації не повністю підпорядковується закону Гука, тому були розглянуті його реологічні властивості. Поліетилен є частково кристалічним полімером. Кристалічний компонент у його складі забезпечує жорсткість та міцність, а аморфний – пружність. При кімнатній температурі поліетилен твердий та має всі типові характеристики для низькомолекулярних речовин.

В'язкопружні властивості поліетилену в розтягнутому стані при постійній деформації обумовлюють релаксацію напруження, що добре описується моделю Максвела. Напруження, яке виникає в тілі Максвела при розтягуванні, визначають за формулою:

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E}{\eta_1} t\right) \quad (I)$$

де: σ - залишкове напруження, Па; σ_0 - початкове напруження, Па;

E - модуль Юнга, Па; η_1 - в'язкість тіла Максвела, Па·с;

t - час, с.

Під час постійного напруження в розтягнутому зразку виникає повзучість, яка описується моделю Кельвіна. У випадку нашого затвору кришка з натягом сидить на горловині банки, тобто знаходиться в розтягнутому стані при постійній деформації, що узгоджується з моделю Максвела. Згідно моделі Максвела початкове напруження σ_0 відповідає пружній деформації у межах закону Гука.

Прототипом для дослідження напружено-деформованого стану затвору взяли такий, що складається з відомої поліетиленової кришки та скляної банки типу I.

Стосовно затвору, що містить запропоновану кришку, процес закупорки було розбито на два етапи деформування кришки. На першому етапі, коли буртик кришки проходить по кантику горловини банки, виникає максимальна деформація стінки кришки та максимальне напруження в ній (рис. I). Коли затвор заціпається наступає другий етап деформування. Деформація і напруження, які виникають при цьому, менші, ніж на першому етапі.

У перетині А-А на рис. I показано, що кришку спочатку подано у вигляді циліндру, що знаходиться під внутрішнім тиском, та визначили еквівалентне напруження в ньому. При цьому в стінці циліндра виникає колове розтягуюче напруження σ_t та радіальне стискуjące напруження σ_r . По задачі Ляме при малій товщині циліндру, тоб-

то тоді, коли S значно менше c :

$$\sigma_{t(r=c)} \approx \sigma_{t(r=b)} \approx p \frac{c}{S}, \text{ Па,} \quad (2)$$

$$\sigma_{r(r=c)} = -p, \quad \sigma_{r(r=b)} = 0, \text{ Па,}$$

де: p - тиск усередині циліндру, Па; r - радіус, м.

За теорією найбільш дотичних напружень (при відсутності пряминої сили):

$$\sigma_{екв} = \sigma_1 - \sigma_3 \approx p \frac{B}{S}, \text{ Па.} \quad (3)$$

Потім затвор у перетині А-А на рис.1 представили моделю складених труб. В складених трубах після посадки радіуси контактуючих циліндрів змінюються.

В нашому випадку внутрішній радіус кришки збільшується до величини зовнішнього радіусу горловини банки, в кришці виникає додатне зміщення, величина якого дорівнює натягу Δ (рис.2), а радіус горловини банки залишається незмінним.

Між елементами затвору виникає контактний тиск p_k (рис.3).

З урахуванням p_k рівняння (2) перетворюється в рівняння:

$$\sigma_{t(r=c)} \approx \sigma_{t(r=b)} \approx p_k \frac{c}{S}, \text{ Па,} \quad (4)$$

а рівняння (3) перетворюється в рівняння:

$$\sigma_{екв} \approx p_k \frac{B}{S}, \text{ Па.} \quad (5)$$

За задачею Ляме на основі узагальненого закону Гука визначали p_k :

$$p_k = \frac{\Delta E (B^2 - c^2)}{c [(1-\mu)c^2 + (1+\mu)B^2]}, \text{ Па,} \quad (6)$$

де: E - модуль Юнга, Па; μ - коефіцієнт Пуассона.

Підставивши вираз (6) у рівняння (5) отримали залежність еквівалентного напруження в стінці кришки, яку прийняли за математичну модель:

$$\sigma_{екв} \approx \frac{B \Delta E (B^2 - c^2)}{S c [(1-\mu)c^2 + (1+\mu)B^2]}, \text{ Па.} \quad (7)$$

$\sigma_{екв}$ дорівнює σ_0 з рівняння (1):

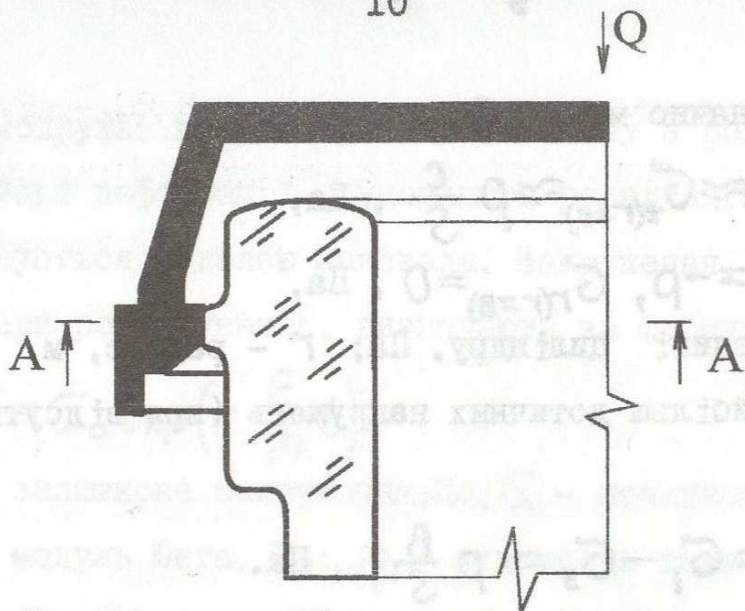


Рис. 1. Перший етап деформування кришки.

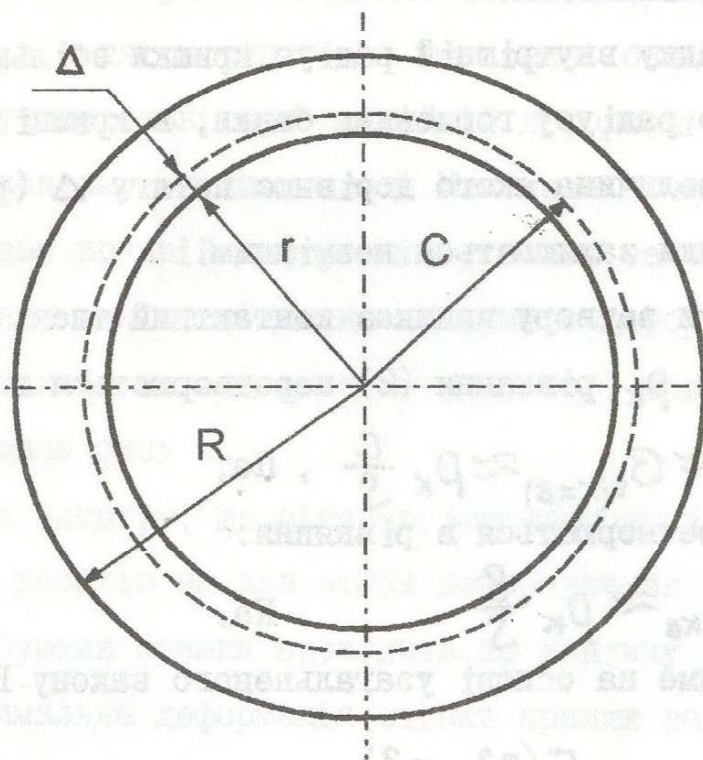


Рис. 2. Внутрішнє коло кришки до закупорки та на першому етапі деформування. r - внутрішній радіус кришки до закупорки, Δ - натяг на першому етапі деформування, C - внутрішній радіус кришки на першому етапі деформування, R - зовнішній радіус кришки до закупорки.

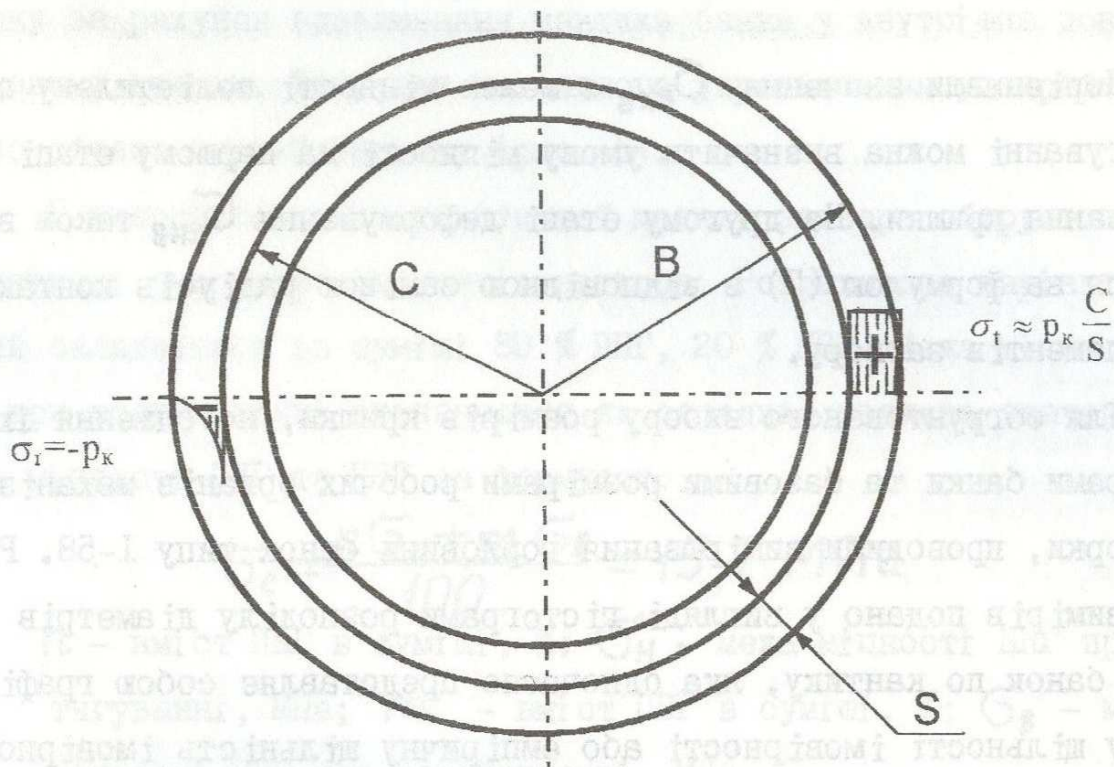


Рис. 3. Епюри зміни колового та радіального напружень товщиною стінки кришки на першому етапі деформування. p_k - контактний тиск, C - внутрішній радіус кришки, B - зовнішній радіус кришки, S - товщина кришки.

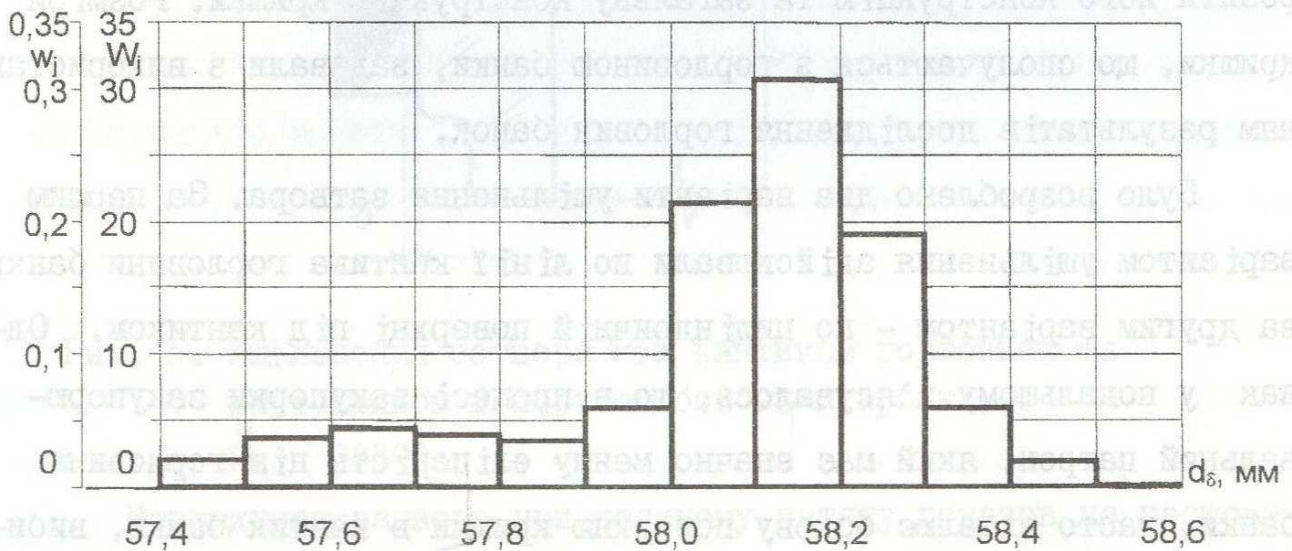


Рис. 4. Гістограма розподілення діаметрів горловин банок, яка представляє емпіричну щільність імовірності.

W_j - вміст вимірювань у j -му інтервалі при обсязі виборки $n = 200$, %, $w_j = \frac{n_j}{n}$ частість, n_j - частота (число вимірювань у j -му інтервалі).

Порівнявши значення $\sigma_{екв}$ з межою міцності поліетилену при розтягуванні можна визначити умову міцності на першому етапі деформування кришки. На другому етапі деформування $\sigma_{екв}$ також визначається за формулою (7) з відповідною заміною радіусів контактуючих елементів затвору.

Для обґрунтованого вибору розмірів кришки, погодження їх з розмірами банки та базовими розмірами робочих органів механізму закупорки, проводили вимірювання горловини банок типу І-58. Результати вимірів подано у вигляді гістограми розподілу діаметрів горловин банок по кантику, яка одночасно представляє собою графічну оцінку щільності імовірності або емпіричну щільність імовірності (рис. 4).

Розробку конструкції кришки починали з розробки конструкції затвору. Виходячи з конструкції вінчика горловини банки типу І було прийнято заціплюючий затвор. Вибір типу затвору дозволив розробити його конструкцію та загальну конструкцію кришки. Розміри кришки, що сполучаються з горловиною банки, задавали з використанням результатів дослідження горловин банок.

Було розроблено два варіанти ущільнення затвора. За першим варіантом ущільнення здійснювали по лінії кантика горловини банки, за другим варіантом – по циліндричній поверхні під кантиком. Однак у подальшому з'ясувалось, що в процесі закупорки закупорювальний патрон, який має значно меншу еліпсність ніж горловина банки, часто вдавлює бокову поверхню кришки в кантик банки, вибираючи, таким чином, еліпсність горловини та можливі виступи шва на кантику, чим сприяє кращому ущільненню кришки. Крім того, ущільнення затвору по лінії кантика краще ніж по циліндричній поверхні, оскільки при рівних площах контакту елементів затвору, що сполучаються, та рівних значеннях натягу Δ воно забезпечує більш щільну заку-

порку за рахунок вдавлювання кантика банки у внутрішню поверхню боковини кришки. Тому для подальшого упровадження у виробництво було обрано перший варіант (рис. 5).

З використанням математичної моделі затвора обгрунтовано геометричні параметри елементів затвора. Розраховано варіант кришок, який складається із суміші 80 % ПНГ, 20 % ПВХ. Межа міцності суміші при розтягуванні визначалася як середньо зважене значення суми меж міцності ПНГ та ПВХ за формулою:

$$\sigma_c = \frac{n\sigma_n + m\sigma_v}{100} = 15,7 \text{ МПа}$$

де n – вміст ПНГ в суміші, %; σ_n – межа міцності ПНГ при розтягуванні, МПа; m – вміст ПВХ в суміші, %; σ_v – межа міцності ПВХ при розтягуванні, МПа.

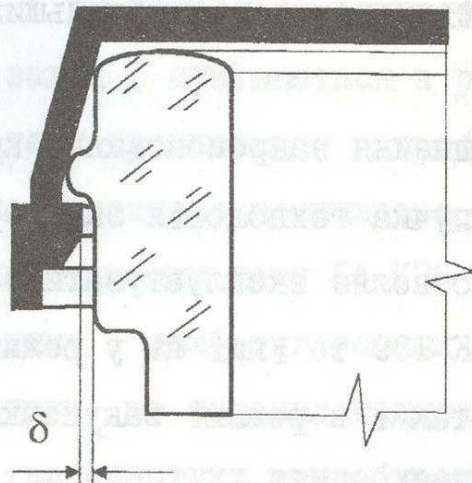


Рис. 5. Ущільнення затвора між кантиком горловини та внутрішньою поверхнею боковини кришки;
 δ – зазор.

Розрахунок затвора при заданому натягу показав на першому та другому етапах деформування відповідно:

$$\sigma_{екв1} = 12,7 \text{ МПа} < 15,7 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{екв2} = 7,4 \text{ МПа} < 15,7 \text{ МПа}.$$

Таким чином, умова міцності кришки не порушується.

Для розрахунку тари на міцність закупорки визначили тиск продукту на кришку в перевернутій догори дном тарі з перенавантаженням у чотири прискорення вільного падіння за формулою:

$$p_p = \rho 4gH, \text{ Па,}$$

де ρ - густина майонезу, кг/м^3 ; g - прискорення вільного падіння, м/с^2 ; H - висота наповнення банки продуктом, м.

Порівнюючи $p_p = 0,003 \text{ МПа}$ з мінімальним тиском зриву кришки $p_{зр} = 0,084 \text{ МПа}$, при експериментальному визначенні міцності закупорки тари, для кришки, виготовленої із суміші 80 % ПНГ, 20 %

ПВГ

$$0,003 \text{ МПа} < 0,084 \text{ МПа}$$

видно, що запропонована тара має міцність закупорки достатню для запобігання самовільного витікання продукту під час транспортування та зберігання, що підтвердилось у подальших транспортних випробуваннях.

Для спрощення упровадження запропонованих кришок на підприємствах була розроблена гнучка технологія закупорки, яка може переналагоджуватись. Вона дозволяє експлуатувати закатувальні машини марок Б4-КЗК-75, Б4-КЗК-109 та інші як у режимі закатування банок металевими кришками, так і в режимі закупорки поліетиленовими кришками.

Відпрацювання конструкції і закупорювального патрона здійснювалось на експериментальній установці. Закупорка плоским патроном дала погані результати - з'ясувалось, що боковина кришки не має достатньої жорсткості. Зусилля закупорки було перенесено в зону затвора використанням циліндричного патрона. Закупорка дала в цілому непогані результати, але зусилля закупорки було досить високим - 350...400 Н, та іноколи траплялось недозакупорювання. Нарешті, було розроблено циліндричний патрон з випуклістю по центру, закупорка яким дала непогані результати. Була визначена силова харак-

теристика процесу закупорки, вона дорівнює 186 ± 20 Н.

В режимі закупорки банок запропонованими нами кришками в конструкцію окремих механізмів закатувальної машини були внесені такі зміни. В механізмі подачі і надівання кришок напрямні замінялись новими, штатний магазин кришок замінявали на новий. У механізмі закатування знімали штатні закатувальні патрони, закатувальні роликки та важілі. На місце закатувальних патронів встановлювали нові. Всі механізми, які заміняли, виготовлені за нашими кресленнями.

Машини в режимі закупорювання працює таким чином. Подавачем механізмом подачі банку з кришкою встановлюється на підтискувочому столі і притискується до нього виштовхувачем. Потім підтискувочий стіл піднімається вгору, фіксує банку з кришкою в закупорювальному патроні і здійснюється закупорка. Процес закупорки здійснюється в один захід і суміщається з роботою підтискувочого столу.

За результатами промислових випробувань, проведених в ряді підприємств, була доведена принципова можливість використання існуючих закатувальних машин типу Б4-КЗК-75, Б4-КЗК-89 та інших для закупорки банок типу І поліетиленовими кришками у режимі гнучкої технології і закупорки, що переналагоджується.

Результати транспортних випробувань у різноманітних видах транспортної тари, з різними положеннями банок всередині тари, показали належну надійність та якість закупорки. Самовільного витікання продукту з тари не спостерігали.

Під час випробувань була виготовлена дослідна партія майонезу. Контрольні і дослідні зразки були закладені на зберігання. За результатами біохімічних досліджень зразків, закладених на зберігання, було стверджено, що якість майонезу по всім показникам, у тому числі по масових частках жиру і вологи, кислотності, стійкості емульсії, рН середовища, смаку, запаху, кольору, в дослідних

банках не відрізнялись від контрольних, що закупорені металевими кришками.

У четвертій главі подано методикку розробки математичної моделі оптимізації і механічних властивостей полімерних кришок.

Задача була поставлена таким чином. До щільності тари для ХПН на відміну від консервів особливих вимог не висувається. Важливою умовою при транспортуванні та зберіганні продукції є виключення самовільного розкриття банок та забезпечення збереження продукту протягом строку зберігання.

Отже стояло завдання створення тари, яка виключає самовільне розкриття банок під час транспортування продукта та придатної для зберігання продукта протягом встановленого строку. Збереження продукції, що не стерилізується, забезпечується дією хімічних та фізичних факторів.

З іншого боку, ХПН мають свою специфіку в споживанні та унаковуванні. Більшість з них споживаються, як правило, порціями протягом декількох днів або тижнів. Тому закупорювальні засоби для таких продуктів повинні мати властивості багаторазового відкривання і закривання банок. При цьому кришки повинні забезпечувати легкість відкриття, яка дозволяла б споживачеві легко відкривати та закривати банку.

Запропоновані кришки виготовляються із поліетилену. Тому окремим варіантам кришок можуть бути виготовлені з ПНГ, ПВГ або із суміші ПНГ з ПВГ. Усі перелічені варіанти кришок можуть мати різні механічні властивості. Потрібно було визначити оптимальні механічні властивості матеріалу кришок, який би забезпечив сполучення міцності закупорки та легкості відкриття.

Було отримано задачу з двома вихідними параметрами: міцністю закупорки та легкістю відкриття. Між ними відсутній лінійний зв'язок, тому зменшити число вихідних параметрів не вдалось. Таким чи-

ном, за параметри оптимізації були взяті міцність закупорки та легкість відкриття.

Міцність закупорки вимірювали манометром та позначали Y_1 .

Оскільки для визначення легкості відкриття не існує спеціального приладу, то скористались ранговим підходом і закупорену банку відкривали вручну. Оцінювали легкість відкриття в балах та позначили її Y_2 .

Склалась ситуація, коли треба було два параметри узагальнювати в єдиний узагальнений параметр оптимізації. Узагальнений параметр отримали за формулою:

$$Y = \sum_{u=1}^2 \left(\frac{Y_{ui} - Y_{u0}}{Y_{u0}} \right)^2, \quad (8)$$

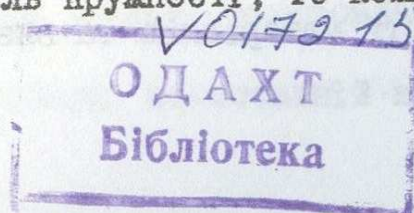
де Y_{ui} - значення u -го параметру в i -му досліді;

Y_{u0} - найкраще "ідеальне" значення u -го параметру.

На міцність закупорки впливають такі фактори: геометричні параметри банки та кришки, жорсткість кришки. При дослідженні діаметрів горловин банок для експерименту було відібрано по чотири банки з максимальними і мінімальними діаметрами горловин по кантику.

Усі варіанти кришок були виготовлені на одній литтєвій формі, а для визначення міцності закупорки та легкості відкриття використовувались одні й тіж банки. Різниця між внутрішніми діаметрами кришок за литтєвою формою склала 0,05 мм. Таким чином, сумарний вплив коливань розмірів формокомплекту литтєвої прес-форми і міри усадки матеріала кожного варіанта кришок на величину діаметра кришки незначний.

Жорсткість кришок залежить тільки від модуля пружності їх матеріалу. Оскільки кожний варіант кришок виготовлено з певного матеріалу, який має свій постійний модуль пружності, то кожний варіант має свою незмінну жорсткість.



Фактором, що впливає на міцність закупорки, було прийнято діаметр горловини банки d_g . Інші параметри підтримували на постійному рівні.

На легкість відкриття впливають ті ж фактори, що й на міцність закупорки. Тому фактором, що впливає на легкість відкриття також було прийнято діаметр горловини банки d_g . Інші фактори за тими ж причинами підтримували на постійному рівні.

Для визначення впливу релаксації і напружень у поліетиленовій кришці після закупорки скористались формулою Мак-Леода для визначення залишкових напружень:

$$\sigma(t) = \sigma_0 \left(1 + \frac{t}{L}\right)^{-\omega}, \text{ Па,} \quad (9)$$

де σ_0 - початкове напруження, Па; t - час, год;

L - константа, год; ω - константа.

За формулою (7) визначали початкове напруження. За формулою (9) визначали залишкове напруження та будували графіки релаксації і для досліджуваних варіантів кришок.

Як показали криві релаксації, в перші хвилини після закупорки напруження в кришках різко знижується, однак через 1,5...2 години криві напруження вирівнюються й починають наближатись до асимптот. До проведення досліджень банки після закупорки витримували 1,5 години.

Для графічної інтерпретації моделі оптимізації і властивостей матеріалу кришок скористались тим, що кожний варіант кришок має свою жорсткість.

Для побудови графіка взяли чотири експериментальні точки. У нашому випадку, щоб отримати експериментальну точку треба було виготовити будь-який визначений варіант кришок і поставити дослід. Чотири точки було обрано за принципом випадкового вибору деякої кількості матеріалів та визначення параметрів оптимізації і для них,

припустивши, що серед цих матеріалів трапиться оптимальний або близький до нього. З точки зору виробництва кришок задовільною була відносно невисока точність рецептури матеріалу: $\pm 5\%$ ПВГ.

Щоб отримати повну картину розподілу узагальненого параметру оптимізації були взяті дві крайні точки: матеріали 100% ПНГ та 100% ПВГ, що характеризують границі області визначення жорсткості поліетилену в цілому. Дві інші точки були взяті інтуїтивно, передбачаючи область знаходження оптимального матеріалу. Це точки 50% ПНГ, 50% ПВГ та 80% ПНГ, 20% ПВГ.

За результатами експериментів по визначенню міцності закрутки і легкості відкриття для усіх варіантів кришок будували графіки залежності цих параметрів від жорсткості різних варіантів кришок для верхнього і нижнього рівнів фактора.

Отримавши ці залежності, перерахували координати точок частинних параметрів Y_1 та Y_2 у безрозмірному вигляді та будували залежності безрозмірних параметрів $\left(\frac{Y_{1i}-Y_{10}}{Y_{10}}\right)^2$ і $\left(\frac{Y_{2i}-Y_{20}}{Y_{20}}\right)^2$ від жорсткості варіантів кришок для верхнього та нижнього рівнів фактора.

Отримавши ці залежності, будували залежність узагальненого параметра Y за формулою (8) від жорсткості варіантів кришок для обох рівнів фактора (рис. 6). По мінімальному значенню узагальненого параметра та жорсткості варіанта кришок, який йому відповідає, визначили оптимальний за властивостями склад матеріала кришок.

Як видно з графіка (рис. 6), мінімальне значення відповідає жорсткості суміші 80% ПНГ, 20% ПВГ. Таким чином, ця суміш є оптимальним, або близьким до нього за властивостями матеріалом для виготовлення запропонованих кришок.

Промислові випробування варіантів кришок, виготовлених з 100% ПНГ та 80% ПНГ, 20% ПВГ, показали, що останній варіант

кришок завдяки підвищеній жорсткості сприяє більш надійній роботі транспортної системи подачі кришок, усуває заклинення кришок в направляючих та в цілому сприяє підвищенню надійності роботи закупорювальних машин.

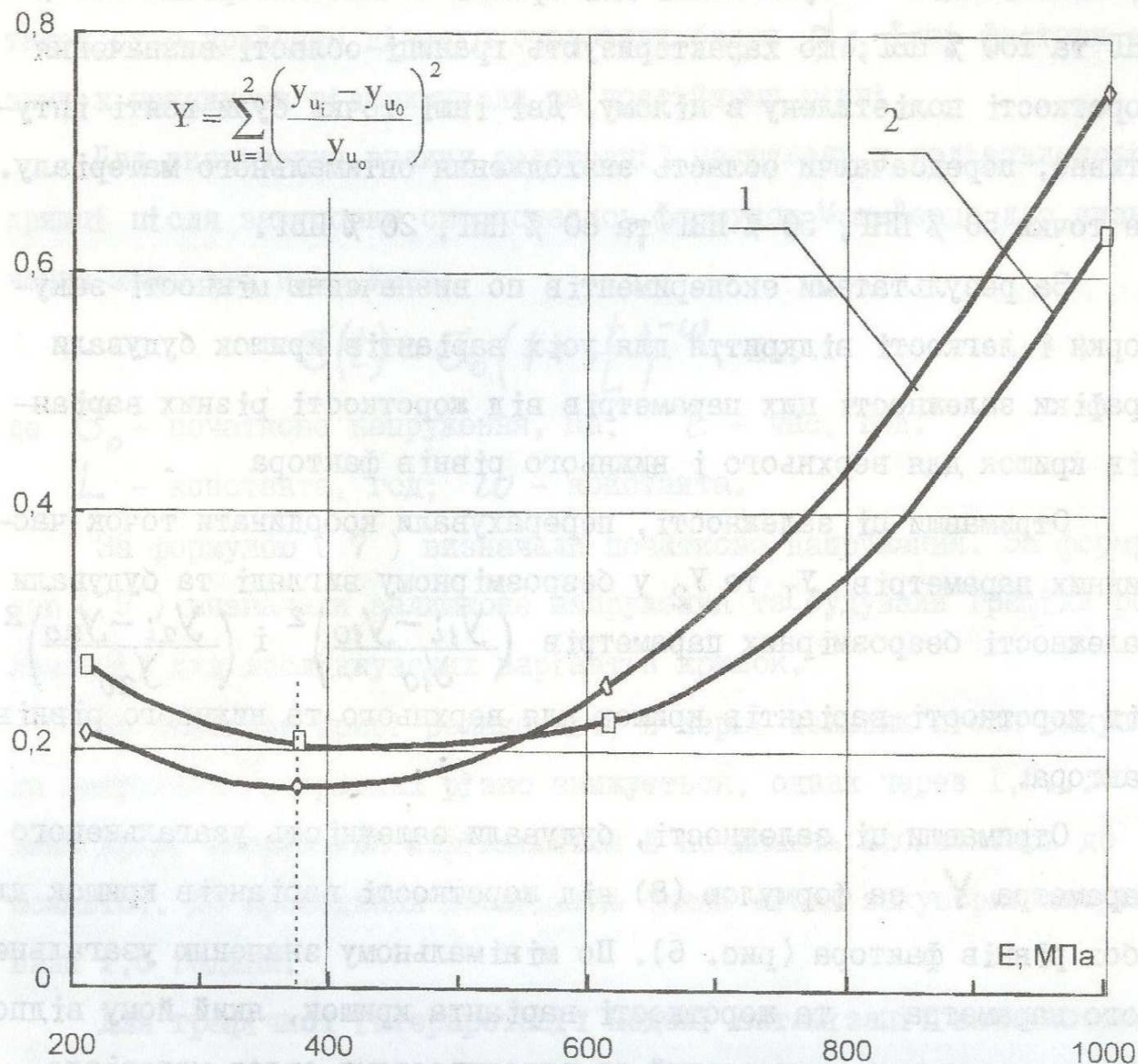


Рис. 6. Залежність узагальненого параметру оптимізації від жорсткості варіантів кришок:

1 - максимальний діаметр банки, 2 - мінімальний діаметр банки, E - модуль Юнга.

Річний економічний ефект від застосування поліетиленових кришок для закупорки майонезу в банках І-58 на одну закупорювальну машину складе у цінах на 01.05.1996 року 29915 млн.крб.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Доведено, що для закупорки ХПН в скляних банках типу I можна використовувати поліетиленові кришки з марок харчового поліетилену, що легко відкриваються, замість металевих.

2. Найбільш прийнятною для скляних банок типу I є конструкція заціплюемого затвору. Кришка заціпається під кантик горловини банки, що розташований на вінчику горловини на відстані $3,9_{-0,3}$ мм від торцевої поверхні горловини.

3. Запропоноване рівняння для визначення міцності бокової стінки кришки та обґрунтування її геометричних параметрів під час охоплення нею горловини банки, що отримане на основі задачі Ляме, показує, що еквівалентне напруження в боковій стінці кришки залежить від натягу. При цьому умова міцності не порушується.

4. Кришка містить головку, юбку та внутрішній кільцевий буртик. Для здійснення гарантованої роботи затвору відношення діаметру кантика горловини банки до діаметру буртика кришки складає $1,011 \dots 1,042$, відношення відстані від кантика горловини банки до її торця до відстані від буртика кришки до її дна складає $0,766 \dots 0,83$. Для здійснення гарантованого натягу відношення діаметра кантика горловини банки до діаметра внутрішньої поверхні боковини кришки складає $1,001 \dots 1,031$. Співвідношення отримані з урахуванням дослідження діаметрів горловин скляних банок типа I-58.

5. Встановлено, що відношення внутрішнього діаметра закупорювального патрона до зовнішнього діаметра головки кришки складає $1,023 \dots 1,033$. Визначено зусилля закупорки, яке складає 186 ± 20 Н.

6. Визначено оптимальні механічні властивості матеріалу для виготовлення кришок, який складається з суміші 80 % ПНГ, 20 % ПВГ. Даний матеріал має оптимальне сполучення міцності закупорки та легкості відкриття тари.

7. При виготовленні кришок упорскування поліетилену в гніздо литтєвої прес-форми краще здійснювати в одній точці по центру кришки для запобігання утворенню холодного спаю.

8. Якість майонезу, що закупорено поліетиленовими кришками, впродовж строку зберігання не відрізняється від якості майонезу, що закупорений металевими кришками, та відповідає стандарту.

9. Випробування на надійність затвора при транспортуванні, проведені автомобільними та залізничними транспортними засобами у різних видах транспортної тари, показали високу надійність закупорки. Випадки самовільного розкриття тари або витікання продукту не спостерігались.

10. Виробничі випробування по закупорці майонезу на модернізованих закатувальних машинах здійснені на ряді підприємств, підтвердили можливість використання поліетиленових кришок для машинної закупорки майонезу та можливість роботи існуючого устаткування у режимі гнучкої технології, яка переналагоджується.

Основний зміст дисертації опубліковано в роботах:

1. А.с. № 1237894 ССРСР, МКИ G 01 B 5/00. Устройство для контроля линейных размеров /А.Ф.Котельников, А.В.Ватренко, А.П.Журавлев и др. (СССР). - № 3747533 25-28, заявл. 22.02.84. Опубл. 15.06.86, Бюл. № 22.

2. А.с. № 1511176 ССРСР, МКИ B 65 D 41/40. Затвор для стеклянных банок с оуртиком /А.Ф.Котельников, А.В.Ватренко, М.П.Душик и др. (СССР). - № 4051938 31-13, заявл. 05.03.86. Опубл. 30.09.89, Бюл. № 36.

3. Котельніков А.Ф., Маламен Г.Д., Ватренко О.В. Розробка гнучкої переналагоджуваної технології укупорки скляних банок

//Тез. доп. Міжн. наук.-техн. конф. "Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробну галузі АПК" Київ, 1993. - С.491-492.

4. Ватренко О.В., Котельников А.Ф., Маламен Г.Д. Методика контролю укупорочних засобів нежорсткої конструкції //Тез. доп. Міжн. наук.-техн. конф. "Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробну галузі АПК"/Київ, 1993. - С. 492-493.

5. Котельников А.Ф., Ватренко А.В. Разработка укупорочного средства из полиэтилена. //Тез. докл. 53 Науч. конф. ОТИШ им. Ломосова. - Одесса, 1993.- С.149.

6. Котельников А.Ф., Ватренко А.В. Укупорочное средство из полиэтилена для стеклянной консервной тары типа I и типа IV. - Подборка разработок Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова. Вып. I. - Киев: Информагропром, 1994.- С. 1-2.

7. Ватренко А.В., Котельников А.Ф. Разработка математической модели оптимизации состава нажимного полимерного укупорочного средства. //Тез. докл. 55 Науч. конф. ОГАПТ. - Одесса, 1995.- Ч.1.- С. 127.

8. Котельников А.Ф., Ватренко А.В. Основы расчета конструкции нажимного укупорочного средства.//Тез. докл. 55 Науч. конф. ОГАПТ. - Одесса, 1995.- Ч.1. - С.137.

9. Котельников А.Ф., Ватренко О.В. Дослідження геометричних параметрів горловин скляних банок типу I.- Наукові праці ОДАХТ.- Одеса, 1996. - вип.16. - С.205-208.

АННОТАЦИЯ

Ватренко А.В. Разработка укупорочных средств для нестерилизуемых пищевых продуктов в стеклянной таре.

Диссертация (рукопись) на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 - процессы и аппараты пищевых производств, Одесская государственная академия пищевых технологий, Одесса, 1996.

Работа содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса укупорки стеклянных банок полиэтиленовыми крышками, осуществляемого нажимным способом. На основании теории тонкостенных оболочек проведено исследование напряженно-деформированного состояния затвора. Определены его конструктивные параметры и оптимальные свойства материала крышек.

ANNOTATION

Vatrenko A.V. Elaboration of capping facilities for nonsterilized food products in glass containers.

The thesis on scientific degree as a candidate of technical sciences on speciality number 05.18.12 - processes and apparatuses of food production, Odessa State Academy of food technologies, Odessa, 1996.

The thesis is presented in the form of a manuscript.

The work contains the results of theoretical and experimental investigations of capping process of glass containers by polyethylene caps made by pressure method. On the basis of thin wall shell theory has been made investigation of load strained state of closure. The geometrical parameters of closure and the optimum properties of cap material have been evaluated.

Ключові слова: закупорка, натяг, затвор, напруження, жорсткість.