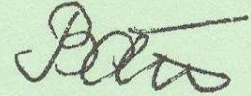


В 21
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Ватренко Олександр Віталійович



УДК 621.798.147-026.765:621.798.5

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ НОВОГО
ПОКОЛІННЯ ЗАСОБІВ ДЛЯ ГЕРМЕТИЧНОГО ЗАКУПОРЮВАННЯ
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ У СКЛЯНІЙ ТАРІ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових мікробіологічних та
фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

*дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук*

Одеса – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

**Науковий
консультант**

– доктор технічних наук, професор
Гладушняк Олександр Карпович,
Одеська національна академія харчових технологій,
кафедра технологічного обладнання
харчових виробництв,
завідувач кафедри.

Офіційні опоненти:

– доктор технічних наук, професор
Гавва Олександр Миколайович,
Національний університет харчових технологій,
кафедра технічної механіки
та пакувальної техніки,
професор кафедри;

– доктор технічних наук, професор
Заплетніков Ігор Миколайович,
Донецький національний університет економіки
і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського,
кафедра обладнання харчових виробництв,
завідувач кафедри;

– доктор технічних наук, професор
Регей Іван Іванович,
Українська академія друкарства,
кафедра машин і технології пакування,
завідувач кафедри.

ОНАХТ

28.01.13

Науково-технічні осно



v018136

Заявка на вступ до спеціальності 23 «Харчові технології» року о 10.30 години на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д-41.083.01 в Одеській національній академії
харчових технологій за адресою: вул. Кадетська, 192, м. Одеса, 65039.

Дисертацію можна переглядати у бібліотеці Одеської національної
академії харчових технологій за адресою: вул. Кадетська, 192, м. Одеса, 65039.

Г.І. Палвашова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Світова тенденція у виробництві упаковки для харчової промисловості спрямована на зменшення її матеріалоемності. Однак ця тенденція не повинна позначатися на захисних функціях упаковки та безпеці споживачів.

Особливістю закупорювальних засобів з білої жерсті, якими є гвинтові кришки типу III для скляної тари (український аналог кришок "твіст-офф"), є їх висока металоємність. Відповідно, зменшення ваги жерстяних виробів, обумовлене зменшенням товщини прокату сталевोї основи, сприяє ефективному вирішенню цієї проблеми. Проблема ускладнюється надзвичайною вузькістю асортименту та незначними обсягами виробництва білої жерсті в Україні. При цьому виробництво жерсті параметрів необхідних для виробництва сучасних закупорювальних засобів відсутнє взагалі і її імпортують з-за кордону. Переважна більшість гвинтових кришок, які використовуються на українських переробних підприємствах, також імпортується.

Досвід застосування систем закупорювання "твіст-офф" (ТО) та типу III в Україні показав, що ці системи мають певні недоліки. Проблеми виникають на консервних заводах – це нерегламентована пластична деформація кришок в процесі закупорювання. Вона призводить до зниження міцності утримання кришок на тарі, аж до розгерметизації упаковки. Ця проблема загострюється із зменшенням товщини жерсті.

У більшості випадків пластична деформація кришок, яка полягає у розгинанні нарізних упорів, є прихованою і візуально помітити її важко. В результаті, якщо упори розігнуті, ступінь безпеки закупорювання зменшується і кришка утримується на горловині тари головним чином за рахунок вакууму в упаковці. Через це в період транспортування продукції, а також після термічної обробки, значно збільшується відсоток розгерметизації тари.

Удосконалення та впровадження кришок типу III гальмується відсутністю теоретичної бази розробки гвинтових закупорювальних засобів та необґрунтованістю силових параметрів процесу закупорювання. Зокрема: не досліджено процес закупорювання гвинтовим способом та немає математичної моделі нарізного затвора; не відомі коефіцієнти тертя всередині та ззовні затвора в процесі закупорювання; немає теоретичних основ деформаційної поведінки та аналізу механічних властивостей кришок типу III й невідомо що саме і в якій мірі слід корегувати в конструкції кришок із зменшенням товщини жерсті; не визначено умови досягнення оптимального ступеня безпеки закупорювання тари та немає об'єктивної методики його визначення.

Виходячи з викладеного, наукове обґрунтування параметрів конструктивних елементів кришок затворів типу III усіх типорозмірів, з урахуванням зменшення товщини жерсті кришок, та силових параметрів процесу закупорювання сприятиме зниженню рівня споживання матеріальних ресурсів, впровадженню імпортозамінних технологій, зменшенню залежності України від імпорту білої жерсті, зменшенню згубного впливу використаної упаковки на зовнішнє середовище.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі технологічного обладнання харчових виробництв

(ТОХВ) ОНАХТ відповідно до державної бюджетної тематики кафедри ТОХВ, є складовою частиною координаційного плану “Наукові основи створення енерго- і ресурсозберігаючих технологій, машин і апаратів харчової промисловості”, затвердженого наказом Міністерства освіти України №37 від 13.07.1997 року та базується на науково-дослідній тематиці кафедри ТОХВ ОНАХТ. Робота відповідає Закону України від 11 липня 2001 року № 2623-III “Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки” за напрямком “Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі”.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є створення науково-технічних основ герметизації нарізної консервної скляної тари та обґрунтування параметрів процесу закупорювання.

Відповідно до стану проблеми й мети роботи поставлено такі завдання дослідження:

- дослідити деформаційну поведінку кришки затвора типу III;
- дослідити характер навантажень, які викликають пластичну деформацію кришок, та визначити передумови зменшення товщини жерсті кришок;
- визначити умови механічної подібності сукупності багатохідних нарізних затворів скляної тари;
- отримати вихідні дані та закономірності, необхідні для розрахунку параметрів ключових конструктивних елементів кришок усієї сукупності типорозмірів, з урахуванням зменшення товщини жерсті;
- розробити критерії для мінімізації кількості варіантів кришок та мінімізувати кількість їх варіантів по кожному типорозміру, спроектувавши на їх базі параметричні ряди;
- одержати вихідні дані та закономірності, необхідні для розрахунку силових параметрів процесу закупорювання скляної тари гвинтовим способом для усієї сукупності типорозмірів затворів;
- визначити силові параметри процесу закупорювання сукупності нарізних затворів, які зменшують навантаження на вузли жорсткості кришок та сприяють зменшенню товщини жерсті, розробивши відповідні методичну та апаратурну бази.

Об'єкт досліджень – системи закупорювання скляної тари та закупорювальні машини.

Предмет досліджень – параметри кришок, параметри взаємодії елементів нарізних затворів в процесі закупорювання та оброблення харчової продукції та параметри механізмів закупорювання закупорювальних машин.

Методи досліджень. Дослідження деформації нарізних упорів кришок здійснювались за допомогою теорії гвинтової пари та методами прикладної механіки; дослідження стійкості поля кришок здійснювалось за допомогою теорії гнучких пластин та оболонок та методами опору матеріалів; аналіз жорсткості нарізних упорів здійснювався з використанням методу поперечного вигину; теоретично обґрунтовані передумови зменшення товщини жерсті кришок були підтверджені практичним шляхом; теоретичні основи обґрунтування параметрів нарізних упорів кришок та силових параметрів процесу закупорювання створені за допомогою методу аналізу розмірності та теорії подібності; коефіцієнти тертя в процесі закупорювання визначились шляхом експериментальних досліджень методом перемінного вантажу; экс-

периментальні дослідження по визначенню силових параметрів процесу закупорювання здійснювались у виробничих умовах методами планування експерименту з використанням методів оптимізації.

Наукова новизна одержаних результатів. В роботі сформульовані і доведені нові наукові положення:

1. Протиріччя між зменшенням металоємності закупорювальних засобів для нарізної консервної скляної тари та безпекою харчової продукції може вирішуватись шляхом фіксації контактного тиску в ущільненнях затворів в процесі закупорювання, залежно від матеріалу кришок, та перерозподілу навантажень на вузли жорсткості кришок, шляхом зміни довжини нарізних упорів.

2. Наявний асортимент типорозмірів затворів потребує проектування параметричних рядів кришок, визначальною характеристикою кожного з яких повинна бути товщина жерсті, та прив'язки силових параметрів процесу закупорювання до типорозмірів затворів.

На основі проведених досліджень створені науково-технічні основи герметизації нарізної скляної тари для харчових продуктів, які відображені в наступних наукових результатах:

- вперше формалізовано умови механічної подібності напружених станів затворів системи ТО та її аналогів, які характеризують рівномірність завантаження вузлів жорсткості кришок та герметизацію затворів;

- вперше складено математичну модель нарізного затвора та формалізовано основні етапи зміни навантажень в нарізних затворах в процесі закупорювання і оброблення упакованої харчової продукції;

- розроблено математичну модель перерозподілу навантажень на вузли жорсткості кришок, яка дозволяє корегувати параметри нарізних упорів кришок, залежно від товщини жерсті;

- визначено умови здійснення процесу закупорювання гвинтовим способом за яких відсутня пластична деформація нарізних упорів;

- розроблено математичну модель силових параметрів процесу закупорювання залежно від типорозміру затвора;

- удосконалено теоретичне обґрунтування границь стійкості поля кришок для склотари в частині визначення меж небезпечної зони та розрахунку стійкості поля.

Практичне значення одержаних результатів. Сукупність проведених досліджень дозволила обґрунтувати ключові параметри конструктивних елементів кришок та силові параметри процесу закупорювання гвинтовим способом, які забезпечують збереження матеріальних ресурсів, підвищують технічний рівень технологічного обладнання та процесу закупорювання.

Дослідження носить комплексний характер. Робота об'єднує виробників та споживачів упаковки. В результаті вирішення поставлених в роботі завдань заводи пакувальних виробів знизили витрати білої жерсті на одиницю виробу, послаблюючи залежність України від імпорту жерсті, зменшили собівартість виробів, розширюють наявний асортименту продукції, що сприяє заміщенню імпортованих закупорювальних засобів вітчизняними. Консервні заводи отримують можливість уникнути браку в процесі закупорювання, спростити та пришвидшити процес налагодження паровакуумних закупорювальних машин, підвищуючи точність налагодження.

Завдяки впровадженню результатів досліджень на одеському ТОВ "Таламус ЛТД" при проектуванні та виготовленні штампового оснащення та виробництві на ньому кришок III-82, III-66, III-58 та III-53 з жерсті зменшеної товщини, вага однієї кришки зменшилася в середньому на 24 %, що дає приріст чистого прибутку 15,67 грн. та 15,94 грн. відповідно на 1000 кришок III-82 та III-66 за цінами 2006 року. При цьому річна потреба України у кришках типу III складає 200...250 млн. штук. Приріст чистого прибутку по двом типорозмірам кришок III-82 та III-66 за 2006 рік склав 258 349,9 грн. Оскільки параметри конструктивних елементів кришок підтверджено практично, результати досліджень уведено до проекту державного стандарту України ДСТУ "Кришки металеві до скляних банок і пляшок з вінцем горловини типів I, III та IV. Загальні технічні умови".

Результати роботи використані при визначенні дискретних силових параметрів процесу закупорювання, що удосконалює цей процес і є важливим чинником для впровадження кришок з жерсті зменшеної товщини, а також для визначення ступеня безпеки закупорювання консервів у скляній тарі типу III та системи ГО. Дослідження впроваджено на ПРАТ "ВО "Одеський консервний завод" в частині налагодження закупорювальних машин виробництва Італії, Німеччини та України.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень включено в програми дисциплін: "Технологічне обладнання галузі" зі спеціальностей 6.091706, в частині технологія консервування плодів та овочів, 6.091709, в частині технологія консервування молока; "Тара та пакування" зі спеціальності 6.090200; "Методика досліджень процесів пакування та узагальнення їх результатів" зі спеціальності 8.05050206. Матеріали дисертації використовуються студентами при виконанні курсових та дипломних проектів, магістерських робіт.

Особистий внесок здобувача. У наукових працях та патенті на винахід, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать основні ідеї, наукове обґрунтування теоретичних положень, планування експериментів, теоретична інтерпретація результатів досліджень, формулювання висновків, складання опису та формули винаходу. Ряд досліджень проведено спільно з аспірантом А.Ю. Шендеровським та професором О.К. Гладушняком.

Апробація результатів дисертації. Основні результати теоретичних та експериментальних досліджень викладені й одержали позитивну оцінку на Міжнародній науково-практичній конференції "Пищевые технологии-2005" (Одеса, 2005), Всеукраїнській науково-практичній конференції "Сучасні проблеми техніки та технології харчових виробництв, ресторанного бізнесу та торгівлі" (Харків 2010), V Науково-практичній конференції "Пакувальна індустрія (стан та перспективи для харчових продуктів)" (Алушта 2011) та щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу ОНАХТ (Одеса, 1999, 2003-2006, 2008).

Публікації. Основні результати дисертації викладені у 22 статтях, які опубліковані у наукових фахових журналах та збірках наукових праць, з них 13 написані без співавторів, 2 патентах України на винахід та тезах 3-х доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота викладена на 278 сторінках і включає 94 рисунки на 32,5 сторінках, 22 таблиць на 9,5

сторінках, 5 додатків на 25 сторінках. Список використаних джерел складається з 264 найменувань на 23 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, зв'язок з науковими програмами і темами, сформульовано мету та завдання досліджень, викладено наукову новизну й практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача у виконаних дослідженнях, наведено відомості про апробацію роботи й публікації здобувача за темою дисертаційної роботи.

Розділ 1 "Огляд систем закупорювання скляної тари для харчових продуктів та обладнання для її герметизації" присвячений огляду літературних даних та обґрунтуванню напрямку досліджень.

Розглянуто системи закупорювання скляної тари. За результатами їх огляду розроблено їх класифікацію (рис. 1). Аналіз систем закупорювання показав, що наразі домінуючою системою у сучасному виробництві є система ТО та її аналоги, зокрема система типу III. Розглянуто матеріали для виготовлення кришок та скляну тару цих систем. Розглянуто обладнання для герметизації консервної скляної тари та запропонована його класифікація.

Дослідження систем закупорювання скляної тари викладені в роботах Ф.Г. Молдавського, Г.Ю. Молдавського, Б.Л. Флауменбаума, А.Ф. Котельникова, Ц.Р. Зайчика та інших авторів. Головним чином ці дослідження стосувалися систем закупорювання типу I, типу II та обладнання для їх герметизації, а також вузькогорлих пляшок для напоїв.

Ф.Г. Молдавський та Г.Ю. Молдавський досліджували питання пов'язані з застосуванням паровакуумних технологій при закупорюванні тари типу I та розробки відповідного закупорювального обладнання, процесом самовакуумізації скляної тари, а також питанням зменшення товщини жерсті для виготовлення кришок типу I. Робота Ф.Г. Молдавського була пов'язана також з розробкою нового виду скляної тари з уніфікованим вінцем горловини.

Б.Л. Флауменбаум та його наукова група досліджували технологічні аспекти пастеризації продуктів у скляній тарі типу II, впливу теплової обробки на твердість ущільнювальних прокладок кришок типу II, процес самовакуумізації тари типу I. В роботі А.Ф. Котельникова досліджувались умови застосування кришок типу I з жерсті зменшеної товщини.

Огляд науково-технічної літератури показує, що безпосередньо теоретичні дослідження систем закупорювання скляної тари гвинтовим способом фрикційними робочими органами практично не проводилися і як результат – впровадження кришок типу III в Україні стикається з відчутними проблемами. До теоретичних досліджень у цьому напрямку можна віднести: теоретичні основи тертя, описані законом Кулона, та тертя в нарізних з'єднаннях виходячи з теорії гвинтової пари, описані в роботах І.В. Крагельського, М.М. Міхіна, П.І. Орлова; теоретичні основи стійкості круглих гнучких пластин, подібних до поля кришок, описані виходячи з теорії пластин та оболонок та пружно-пластичної теорії мембран в роботах А.С. Вольмира, О.А. Ільюшина, С.П. Тимошенка, В.І. Феодосьєва.

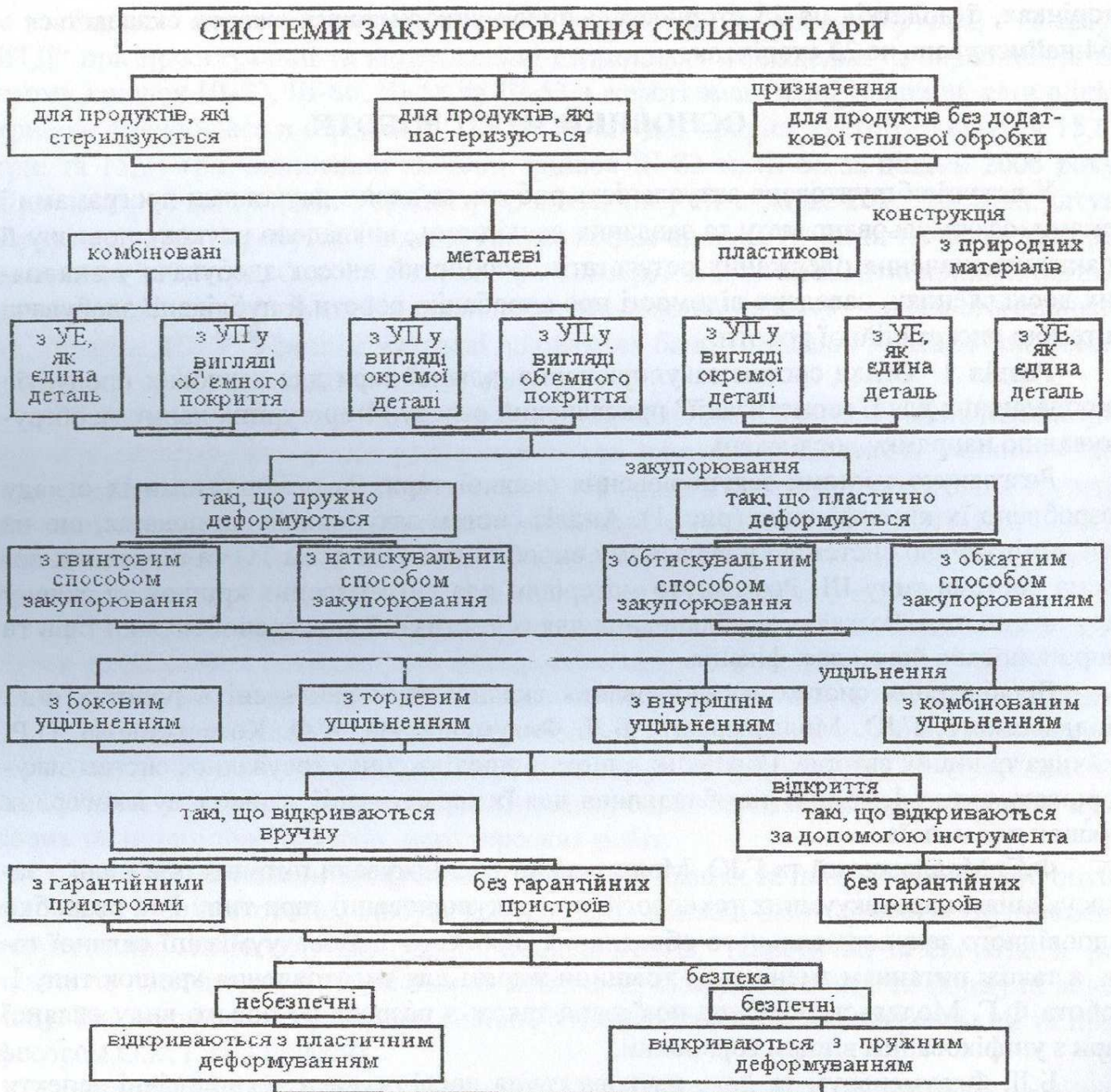


Рис. 1. Класифікація систем закупорювання скляної тари. УП – уцільнювальна прокладка; УЕ – уцільнювальний елемент

Аналіз науково-технічної інформації показує, що темпи впровадження системи закупорювання типу III в Україні гальмуються недостатнім рівнем теоретичної бази розробки гвинтових закупорювальних засобів та необґрунтованістю силових параметрів процесу закупорювання, а саме:

- не досліджено процес закупорювання гвинтовим способом та немає математичної моделі нарізного затвора;
- невідомі коефіцієнти тертя всередині та ззовні затвора в процесі закупорювання;
- немає теоретичних основ деформаційної поведінки та аналізу механічних властивостей кришок типу III й невідомо що саме і в якій мірі слід корегувати в

конструкції кришок із зменшенням товщини жерсті;

– не визначено умови досягнення оптимального ступеня безпеки закупорювання тари та немає об'єктивної методики його визначення.

Сформульовано наукову гіпотезу, яку покладено в основу роботи: обґрунтування умов герметизації нарізних затворів скляної тари у комплексі з обґрунтуванням завантаженості вузлів жорсткості кришок затворів дозволяє досягти зменшення товщини жерсті кришок та підвищення надійності герметизації скляної тари.

Сформульовано мету й завдання дослідження.

Розділ 2 “Програма, предмет та методи досліджень” відображає методологічні аспекти роботи, містить програму аналітичних та експериментальних досліджень (рис. 2), яка ілюструє зв'язок основних етапів роботи та проведення експериментів на кожному етапі, об'єкт та предмет дослідження.

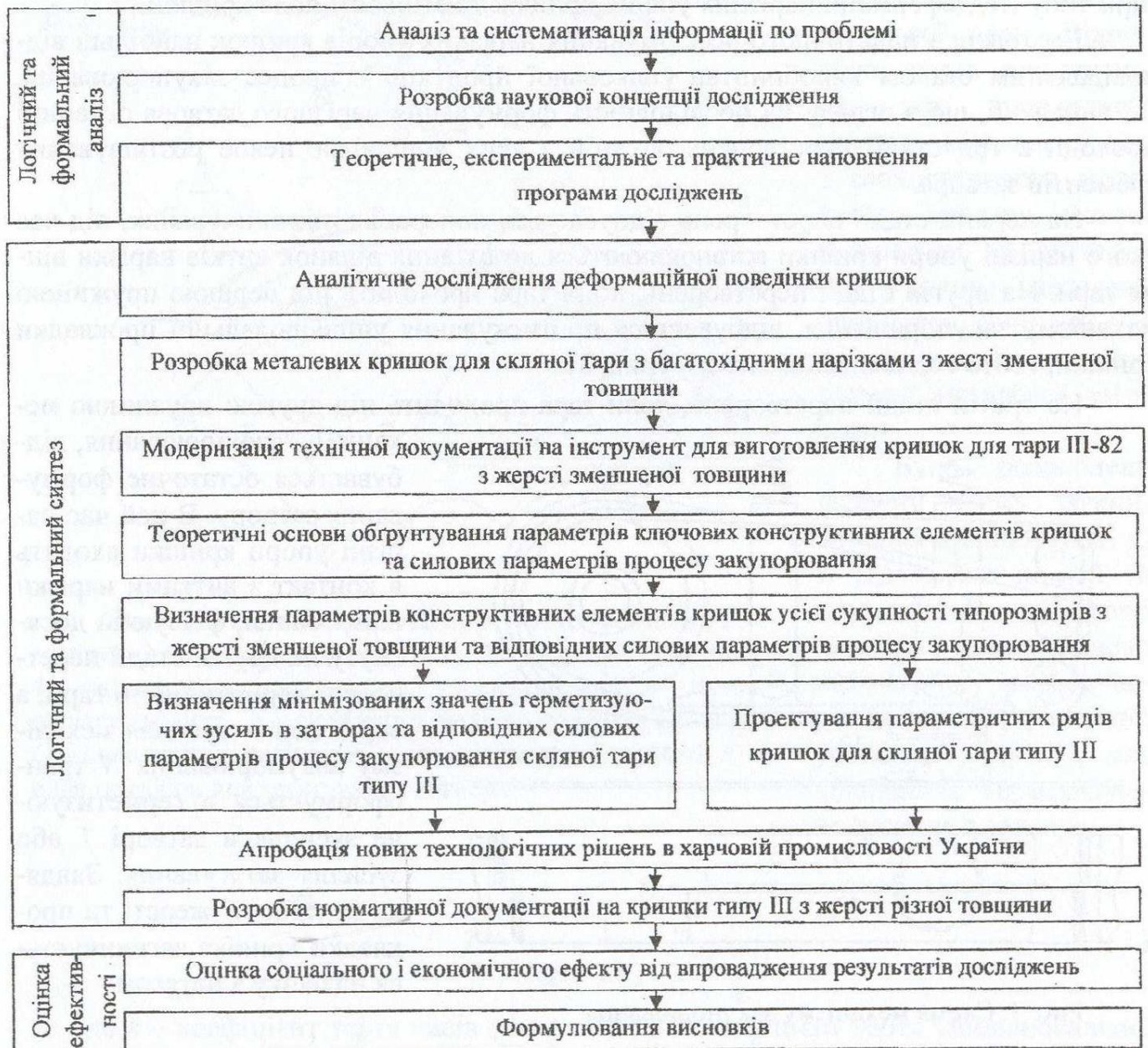


Рис. 2. Програма аналітичних та експериментальних досліджень

Розроблено експериментальну установку, яка моделює зусилля, які виникають

в процесі закупорювання скляної тари гвинтовим способом, та методики визначення коефіцієнтів тертя ззовні та всередині нарізного затвора в процесі закупорювання. Розроблено нову методику контролю ступеня безпеки закупорювання скляної тари та пристрій для підготовки до його здійснення. Розробкою пристрою керував автор дисертації і вона здійснювалась автором дисертації спільно з аспірантом А.Ю.Шендеровським. Розроблено методику вимірювання величини вертикального зусилля механізму закупорювання, а також методику налагодження зусилля попереднього стискання пружин в механізмі закупорювання закупорювальної машини. Удосконалено методику вимірювання висоти скляної тари та паралельності площини торця вінця горловини тари до площини дна.

Розділ 3 “Теоретичні основи деформаційної поведінки кришок типу III та системи ТО” присвячено аналітичним дослідженням процесу закупорювання скляної тари типу III, деформації нарізних упорів кришок та стійкості поля кришок.

Виходячи з пластичного деформування нарізних упорів кришок найбільш відповідальним етапом виробництва упакованої продукції є процес закупорювання. Встановлено, що з огляду на послідовність формування нарізного затвора останній проходить три стадії перетворень, кожній з яких відповідає певне розташування елементів затвора.

На першій стадії перетворень відбувається попереднє підгвинчування, під час якого нарізні упори кришки встановлюються до вхідних ділянок витків нарізки вінця тари. На другій стадії перетворень, коли тара проходить під першою пружиною механізму закупорювання, відбувається протискування ущільнювальної прокладки кришки, тобто герметизація затвору (рис. 3).

На третій стадії перетворень, коли тара проходить під другою пружиною механізму закупорювання, відбувається остаточне формування затвору. В цей час нарізні упори кришки входять в контакт з витками нарізки вінця банки, фіксуючи досягнуту на другій стадії перетворень герметичність тари, а вертикальне зусилля механізму закупорювання N трансформується в герметизуюче зусилля в затворі T або зусилля затягування. Завдяки пружності жерсті та прокладки кришка загвинчується на банку з натягом.

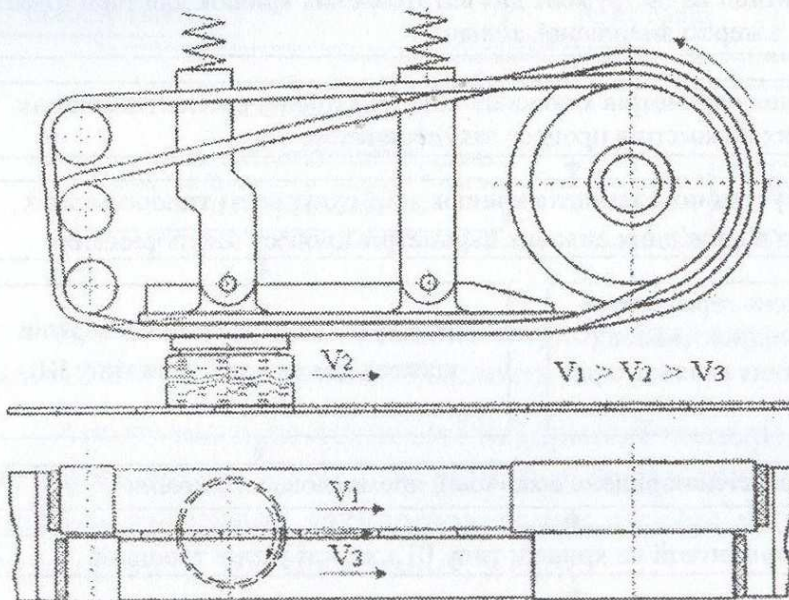


Рис. 3. Схема механізму закупорювання

Згідно умов герметизації затвора типу III, кришка в процесі закупорювання повинна деформуватись в межах пружної деформації металу, тобто в межах закону Гука. Якщо має місце пластична деформація (розгинання упорів), ступінь безпеки

закупорювання знижується, тобто знижується надійність герметизації затвора. В результаті маємо або “несправжнє закупорювання” (перекручування кришки), або кришка зривається з горловини банки.

Для надійної герметизації затвора бокова частина кришки та нарізні упори повинні бути жорсткими й міцними і не допускати пластичних деформацій, як це має місце у будь-якій роботоздатній гвинтовій парі, наприклад, гвинт-гайка. Тому, для

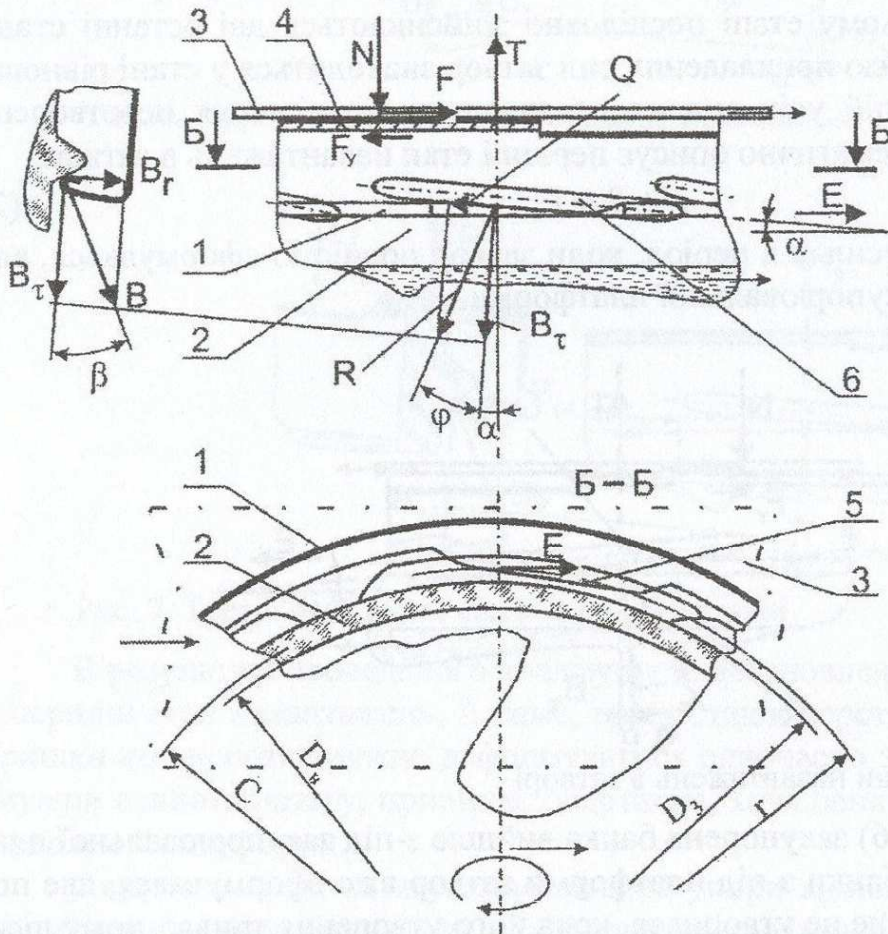


Рис. 4. Фізична схема загвинчування кришки: 1 – кришка; 2 – горловина ємності; 3 – закупорювальний пас; 4 – ущільнювальна прокладка 5 – нарізний упор; 6 – виток нарізки ємності. F – сила тертя пасів по поверхні кришки; Q – сила тертя в нарізці; F_y – сила тертя в ущільненні; E – сила потрібна для затягування затвора

математичного опису затвора, в якості вихідної теоретичної бази, прийняті залежності між моментом, прикладеним до гайки, та осьюовою силою гвинта, з теорії гвинтової пари. Відповідно взято припущення, що порожнисту кришку, відштамповану з тонколистового металевого прокату, можна розглядати як виготовлену іншим методом, наприклад, точінням або фрезеруванням з суцільної металеві заготовки.

Було розроблено фізичну схему загвинчування кришки (рис. 4) й відповідно до неї та залежностей з теорії гвинтової пари складено математичну модель нарізного затвора скляної упаковки типу III, яка відображає герметизуюче зусилля в затворі

$$T = \frac{N \cdot k \cdot \frac{D_3 + D_6}{4}}{r \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \alpha) + \mu \frac{D_3 + D_6}{4}} \quad (1)$$

де k – коефіцієнт тертя пасів по кришці; μ – коефіцієнт тертя ущільнювальної прокладки кришки по торцевій поверхні вінця банки; $\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)$ – коефіцієнт тертя в нарізці; φ – зведений кут тертя у витках нарізки; α – кут підйому витків нарізки; D_3 , D_6 – відповідно зовнішній та внутрішній діаметри торцевої поверхні вінця банки; r –

середній радіус витків нарізки банки.

Найшвидше запобігти пластичному деформуванню нарізних упорів кришок можливо якщо відомо коли саме воно відбувається та які сили йому сприяють. Тому для подальшого дослідження умов герметизації затворів типу III процеси закупорювання та оброблення упакованої продукції було розділено на основні етапи зміни навантажень в затворі, яким було дано математичну характеристику.

На першому етапі (рис. 5) банка з кришкою знаходиться під закупорювальною платформою машини. На цьому етапі послідовно здійснюються дві останні стадії перетворень в затворі. Під дією прикладених сил затвор знаходиться у стані рівноваги. Розглянемо суму проекцій усіх сил на вертикальну вісь і після перетворень отримаємо рівняння, яке математично описує перший етап навантажень в затворі

$$N + B_{\tau} \approx T, \quad (2)$$

де T – герметизуюче зусилля в період, коли затвор повністю сформувався, але банка ще не вийшла з-під закупорювальної платформи.

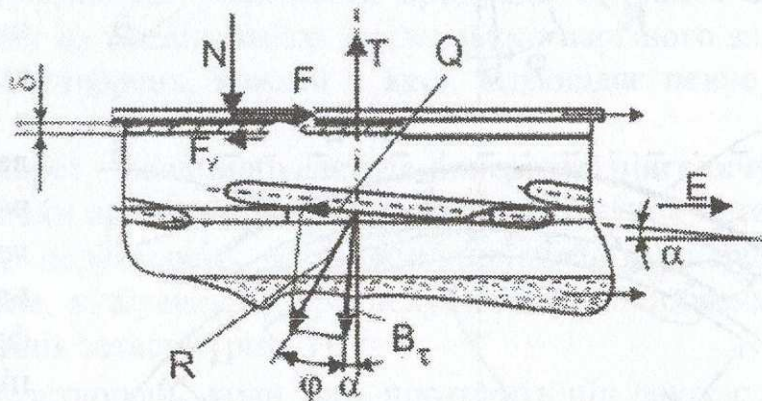


Рис. 5. Перший етап зміни навантажень в затворі

На другому етапі (рис. 6) закупорена банка вийшла з-під закупорювальної платформи. На момент виходу банки з-під платформи затвор вже сформувався, але початковий вакуум в упаковці ще не утворився, хоча його утворення триває, тому дією вакууму нехтуємо. Під дією прикладених сил затвор знаходиться у стані рівноваги. Розглянемо суму проекцій усіх сил на вертикальну вісь і після перетворень отримаємо рівняння, яке математично описує другий етап навантажень в затворі

$$B_{\tau 1} \approx T_1, \quad (3)$$

де T_1 – герметизуюче зусилля в затворі, коли банку закупорено, але початковий вакуум в упаковці ще не утворився.

На третьому етапі (рис. 7) банка – це готова до реалізації продукція, яка пройшла теплову обробку, охолонула і всередині якої утворився кінцевий вакуум. Під дією прикладених сил затвор знаходиться у стані рівноваги. Розглянемо суму проекцій усіх сил на вертикальну вісь і після перетворень отримаємо рівняння, яке математично описує третій етап навантажень в затворі

$$U + B_{\tau 2} \approx T_2, \quad (4)$$

де T_2 – герметизуюче зусилля в затворі по завершенні виробничого процесу упакування продукції, коли в упаковці утворився кінцевий вакуум; U – зусилля від вакууму в упаковці.

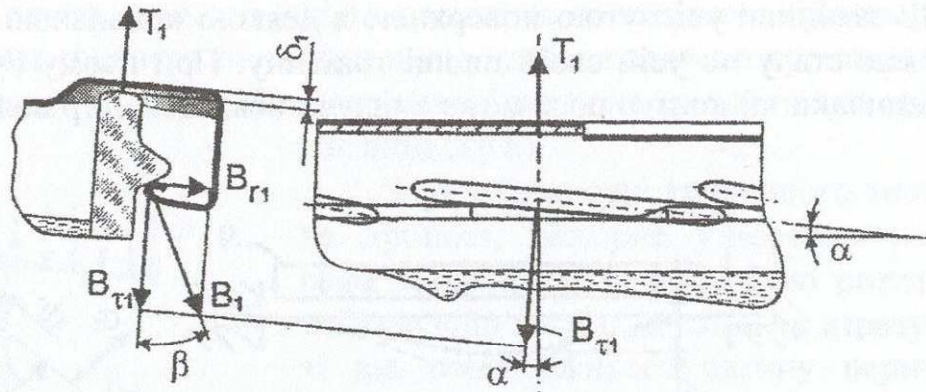


Рис. 6. Другий етап зміни навантажень в затворі. $\delta_1 > \delta$

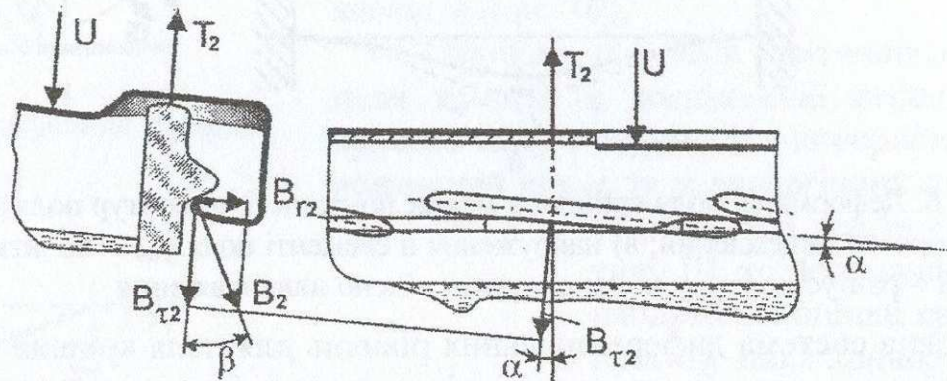


Рис. 7. Третій етап зміни навантажень в затворі

В результаті проведеного аналізу було встановлено, що найбільш небезпечним є перший етап навантажень. А саме, третя стадія перетворень в затворі, коли упори кришки починають пружно деформуватися одночасно з прокладкою і кришка, досягнувши певного натягу, припиняє обертання, хоча банка ще не вийшла з-під закупорювальної платформи.

Якщо в момент затягування затвора упори кришки починають пластично деформуватися, закупорювальна платформа, продовжуючи обертати кришку, збільшуватиме їх пластичну деформацію аж до зривання кришки з витків нарізки банки. Отже, інтерес представляє герметизуюче зусилля T у завершальній стадії першого етапу, яке відображене в математичній моделі затвора (1). Найбільшу небезпеку виникнення пластичної деформації нарізних упорів становить зусилля B_{τ} .

Виходячи зі стійкості поля кришок типу III найбільш відповідальним є процес теплової обробки упакованої продукції. Показано, що велике перевищення тиску в системі над тиском в упаковці під час теплової обробки загрожує прорізанням ущільнювальної прокладки кришки або пластичною деформацією поля, у разі використання жерсті зменшеної товщини. Оскільки поля кришок як типу III так і типу I під час теплової обробки зазнають прогини у 10...15 разів більші за їх товщину, то в теоретичних дослідженнях розподілу напружень та деформацій поля кришок типу III були використані основні положення теорії пластин та оболонок, а також метод В.І. Феодосєєва.

Для перевірки здатності поля кришок типу III витримувати робочі навантаження було аналітично описано симетричну (пружну) форму рівноваги поля. Прийняли розрахункову схему затвора в якій гофровану та пласку частини поля кришки

типу III-82 замінили увігнутою поверхнею з деякою кривизною (рис. 8). Прийнята пластина має сталу по усій своїй площі товщину. При цьому було розглянуто два граничні випадки: а) контур поля може зміщуватись; б) контур поля жорстко защемлений.

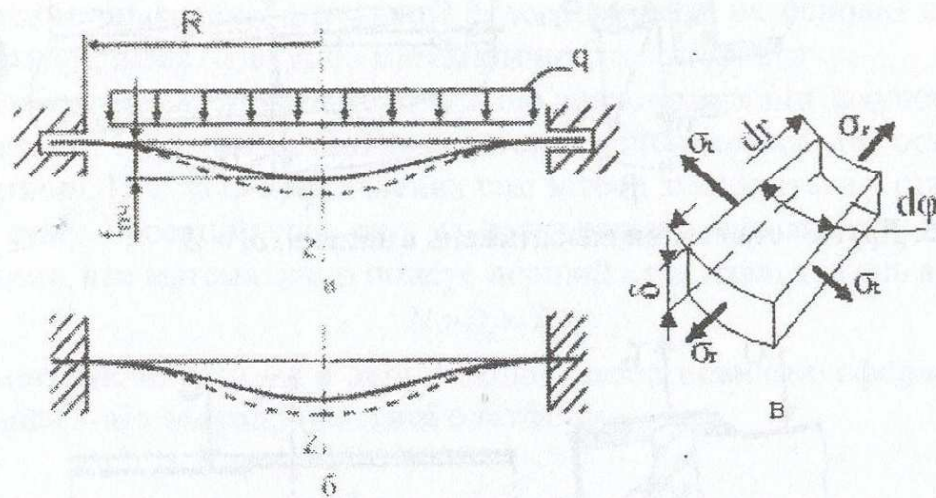


Рис. 8. Деформація поля кришки в межах пружності: а) контур поля зміщується; б) контур поля жорстко защемлений; в) напруження в елементі поля. $f_{\text{нач}}$ – початковий прогин центра поля; R – радіус контуру поля; q – розподілене навантаження

Основна система диференціальних рівнянь для поля кришки типу III, як круглої гнучкої пластини з початковою увігнутістю, згідно теорії гнучких пластин та оболонки, запишеться у вигляді

$$D \cdot \frac{d}{dr} (\nabla^2 \omega) = \psi + \frac{\delta}{r} \cdot \frac{d\Phi}{dr} \cdot \left(\frac{d\omega}{dr} + \frac{d\omega_{\text{нач}}}{dr} \right), \quad (5)$$

$$\frac{d}{dr} (\nabla^2 \Phi) = -\frac{E}{r} \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{d\omega}{dr} \right)^2 + \frac{d\omega_{\text{нач}}}{dr} \cdot \frac{d\omega}{dr} \right], \quad (6)$$

де D – циліндрична жорсткість пластини; $\nabla^2 (*)$ – оператор Лапласа в полярній системі координат (при величині $(*)$, що не залежить від полярного кута φ); ψ – функція навантаження; ω та $\omega_{\text{нач}}$ – поточний та початковий прогини поля кришки при деякому радіусі r ; Φ – функція напруження; E – модуль пружності матеріалу кришки; δ – товщина кришки; μ – коефіцієнт Пуассона матеріалу кришки.

Використовуючи ряд граничних умов, розв'язували основну систему диференціальних рівнянь для поля кришки типу III у обох граничних випадках.

Порівнюючи розглянуті граничні випадки було зроблено висновок, що у межах пружності найбільш реально відображає деформаційну поведінку поля кришки типу III випадок а). І дійсно, оцінка реальної картини на опорі поля кришки типу III показує, що під час теплової обробки продукції ущільнювальна прокладка кришки суттєво пом'якшується.

Якщо тиск в системі буде перевищувати внутрішній тиск в упаковці, особливо більш ніж на 0,05 МПа, прокладка буде інтенсивно протискуватись і поле буде опускатися нижче (рис.9).

Корпус кришки також буде опускатися, одночасно намагаючись розвернутися навколо опори у напрямку осі банки, тому натяг в затворі зменшуватиметься. Опус-

каючись, точки кільцевого каналу з ущільнювальною прокладкою, будуть радіально зміщуватись у напрямку центра поля, при цьому ущільнювальна прокладка певною мірою гальмуватиме цей рух (рис. 9). Така поведінка поля кришки на опорі відповідає випадку а).

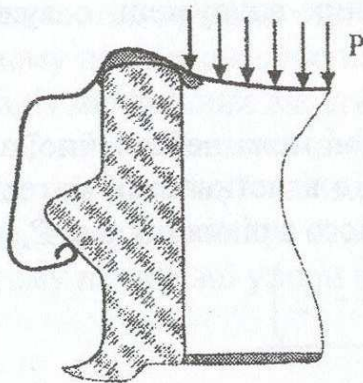


Рис. 9. Деформування кришки зовнішнім тиском

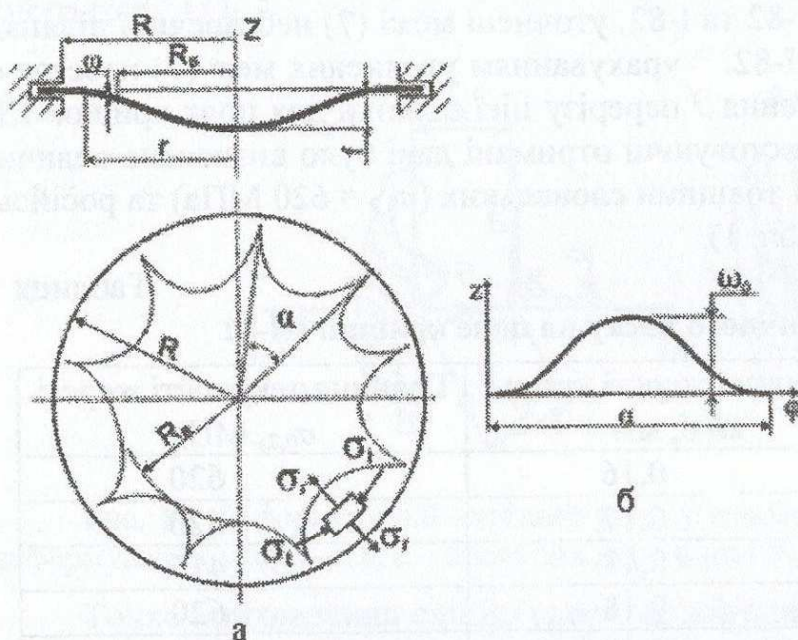


Рис. 10. Деформація поля кришки за межами пружності: а) форма поля кришки під час втрати стійкості; б) характер зміни величини прогинів (ω_0) на ділянці поля, яка зазнала втрати стійкості

порівняти її з відповідним реально існуючим тиском на поле в процесі стерилізації продукції. Щоб скористатися рівнянням для визначення $P_{кр}$ бракувало величини коефіцієнту κ . Для її визначення скористалися деякими експериментальними даними з дослідження стійкості поля кришок типу I-82, наведеними в роботі А.Ф. Котельникова. Доцільність використання цих даних обумовлена тим, що поряд із принциповими відмінностями систем закупорювання типів I та III у способах закупорювання, відкриття та ущільненні горловини скляної тари, поля кришок I-82 та III-82 близькі за роботою та діаметрами.

При визначенні критичного тиску на поле кришки, імовірно утворення радіальних гофр в периферії її поля було розглянуто як деформацію вигину, а саме, як втрату стійкості від повздовжнього вигину периферійних шарів поля кришки на ділянці $\Delta R = R - R_c$, яку викликають стискуючі тангенціальні напруження σ_t (рис. 10).

Оскільки рівняння критичного прогину поля кришки в дослідженні стійкості поля кришки типу I отримане з використанням залежностей для σ_r та σ_t аналогічних отриманим у цій роботі для поля кришки типу III, то його прийняли для наближеної оцінки критичного прогину поля кришки типу III. Прирівнявши зазначене рівняння та рівняння асиметричних (пружно-пластичних) форм рівноваги, отримане на базі рівняння А. С. Григорьєва, та розв'язавши відносно критичного тиску отримали рівняння, яке характеризує критичний тиск $P_{кр}$ на поле кришки типу III.

Найбільш вразливими стосовно втрати стійкості є кришки великих діаметрів, наприклад III-82. Для перевірки стійкості поля кришки III-82 треба визначити величину $P_{кр}$ і

Перевірка величини головного центрального моменту інерції J перерізу небезпечної ділянки поля кришки I-82 показала, що межі реальної небезпечної ділянки стискуючих напружень не визначені та не збігаються з зоною стиснення, наведеною у дослідженні кришок типу I. Були здійснені розрахунки в результаті яких було встановлено, що реальна небезпечна зона стискуючих напружень є вужчою ніж вважалося і знаходиться в межах

$$0,73 \cdot R \leq r \leq R. \quad (7)$$

Використовуючи дані по кришці I-82 та уточнені межі небезпечної зони поля (7) визначили невідомий коефіцієнт залежності $P_{кр}$ від властивостей матеріалу кришок та виду закріплення контуру поля κ , виразивши його з рівняння для $P_{кр}$

$$\kappa = \frac{\sigma_{0,2} \cdot \delta \cdot \left(\sqrt{f_{нч}^2 + \frac{2,84 \cdot J \cdot C}{R \cdot \delta}} - f_{нч} \right)}{P_{кр} \cdot R^2}, \quad (8)$$

де $\sigma_{0,2}$ – границя текучості жерсті; δ – товщина жерсті; C – безрозмірний коефіцієнт.

Значення коефіцієнту склало $\kappa = 0,6$. Виходячи з подібності роботи, діаметрів та матеріалу полів кришок типу III-82 та I-82, уточнені межі (7) небезпечної ділянки поля було прийнято для кришок III-82. З урахуванням уточнених меж (7) небезпечної ділянки було розраховано значення J перерізу цієї ділянки для поля кришок III-82 з жерсті різної товщини. Використовуючи отримані дані було визначено величину $P_{кр}$ кришок III-82 з жерсті різної товщини словацьких ($\sigma_{0,2} = 620$ МПа) та російських ($\sigma_{0,2} = 415$ МПа) виробників (табл. 1).

Таблиця 1

Величина критичного тиску на поле кришки III-82

Критичний тиск на поле кришки $P_{кр2}$, МПа	Товщина жерсті кришки δ , мм	Границя текучості жерсті $\sigma_{0,2}$, МПа
0,576	0,16	620
0,610	0,17	620
0,435	0,18	415
0,650	0,18	620
0,688	0,19	620
0,486	0,20	415

З табл. 1 бачимо, що мінімальний $P_{кр} = 0,435$ МПа. Порівняємо цей тиск з максимальним тиском на поле кришки, який дійсно може мати місце в процесі стерилізації продукції. Найбільш небезпечним є початок охолодження продукції, коли протитиск в системі ще високий і за несприятливих умов різниця між ним та внутрішнім тиском в упаковці перевищує 0,07 МПа. За таких обставин величина тиску на поле складає 0,28 МПа. Порівнюючи ці величини 0,435 МПа > 0,28 МПа бачимо, що і за таких несприятливих умов втрати стійкості поля кришки не відбудеться, що цілком узгоджується з практичним досвідом.

З вищенаведеного випливає, що рельєф жорсткості на полі кришок типу III, на відміну від кришок типу I, робити недоцільно і цього не роблять, оскільки в найбільш небезпечному для втрати стійкості місці – на периферії поля знаходиться кільцевий канал для ущільнювальної прокладки, який виконує роль кільця жорсткості,

попереджаючи деформацію поля. Тобто сама конструкція кришки типу III запобігає деформації поля.

Розділ 4 “Удосконалення конструкцій металевих кришок для скляної тари з багатохідними нарізками з жерсті зменшеної товщини” присвячено аналізу механічних властивостей кришок типу III, модернізації оснащення для їх виготовлення та практичному підтвердженню параметрів кришок з жерсті зменшеної товщини.

Аналіз механічних властивостей кришок полягав у встановленні характеру навантажень, які викликають деформацію нарізних упорів кришок, аналізі їх міцності та жорсткості. Було здійснено дослідження характеру контакту в багатохідній нарізці затвора за результатами якого встановлено, що елементи затвора контактують по лініям і тому на нарізні упори кришок діє розподілене навантаження

$$G \approx \frac{B_r}{L}, \quad (9)$$

де L – сумарна довжина нарізних упорів кришки.

Було встановлено, що найслабкішим місцем упора у його поперечному перерізі є точка К. Сукупність точок, аналогічних точці К, утворює лінію деформування упора (рис. 11).

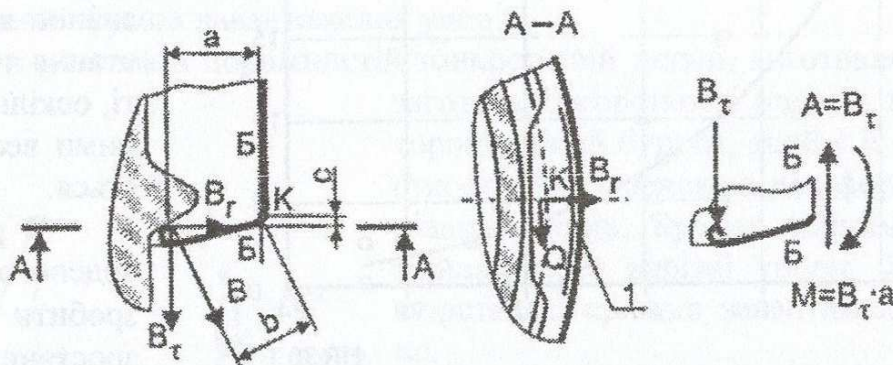


Рис. 11. Деформований нарізний упор у взаємодії з нарізкою скляної тари. 1 – лінія деформування упора; a , b , c – плечі сил відповідно B_r , B та B_r .

Точка прикладення сил до упора не збігається з точкою К, а лінії дії сил B та її складових розташовані на відстані від точки К. Складова B_r нормальної сили B діє у найбільш несприятливому для упора напрямку, а плече цієї сили a є найдовшим (рис. 11). Звідки застосовуючи метод перерізів з опору матеріалів було встановлено, що упори працюють на вигин, викликаний розподіленим навантаженням G .

Аналіз міцності нарізних упорів показав, що для її підвищення можна виділити два прийнятні шляхи – збільшення границі міцності металевого прокату та раціональне навантаження кришки. Інший, найбільш очевидний і дієвий шлях, стосується конструктивних параметрів кришки і полягає у збільшенні товщини жерсті. Такий захід гарантовано сприяє зменшенню напруження в тілі кришки, внаслідок чого зменшуються деформації. Однак цей шлях подолання проблеми пластичного деформування нарізних упорів ніяк не можна назвати раціональним, оскільки у цьому випадку зростатиме металоємність та собівартість кришок.

Збільшення границі міцності металевого прокату в першу чергу залежить від марки сталі сталеві основи білої жерсті для виготовлення кришки. На практиці ви-

бір марки сталі сталеві основи білої жерсті для виготовлення кришки, закладеної в нормативну документацію на неї, як і її конструкція, продиктовані в першу чергу технологією виготовлення – холодним штампуванням тонколистового сталевого прокату та серійністю виробництва – масове. Отже, маємо саме той матеріал, який є основою для виготовлення жерсті – маловуглецеву сталь марок 08КП та 10КП.

Іншим джерелом збільшення міцності кришки може бути підвищення твердості жерсті. Із збільшенням твердості збільшується її границя міцності та границя текучості, а відносно видовження зменшується. Для більшої наочності та отримання узагальненої картини всього спектру механічних властивостей жерсті використана нова форма відображення даних. Механічні властивості графічно подані на рис. 12 як залежність різниці між границею міцності та границею текучості жерсті від її

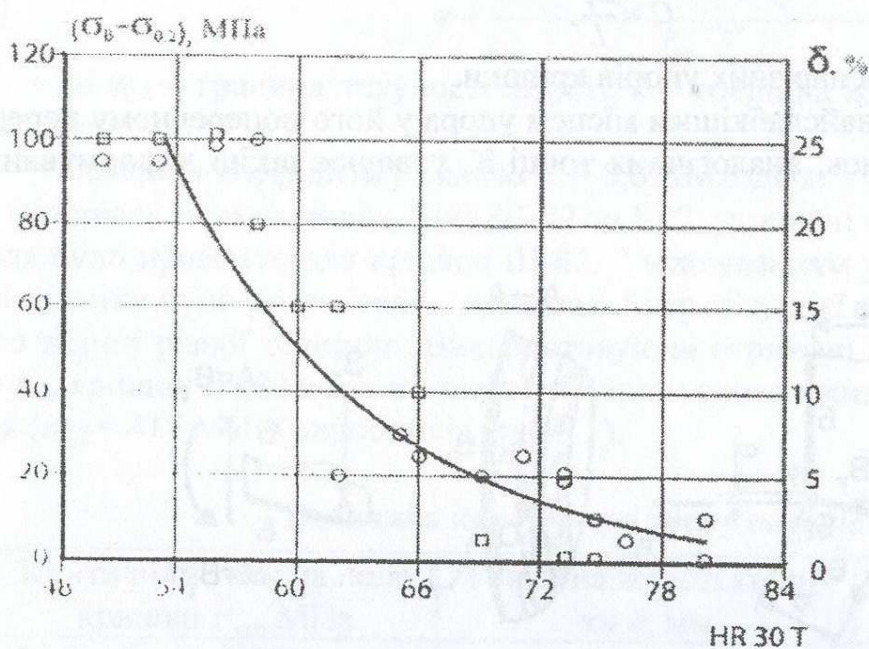


Рис. 12. Вплив твердості жерсті на її пружність, міцність та відносне видовження для товщини прокату $\leq 0,21$ мм. ○ – різниця $(\sigma_b - \sigma_{0,2})$; □ – відносне видовження

твердості, та залежність відносного видовження жерсті від її твердості.

З рис. 12 видно, що із збільшенням твердості зростання границі текучості жерсті значно випереджає зростання границі міцності, оскільки різниця між ними весь час зменшується.

В результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що зростання твердості жерсті сприяє у першу чергу зростанню її пружності. Це підтверджується також падінням відносного видов-

ження при зростанні твердості.

Як показав досвід використання кришок III-66 та III-82, вироблених на лініях ТОВ "Таламус ЛТД" згідно чинного стандарту, при зменшенні товщини жерсті та паралельному збільшенні її твердості починається зростання розгинання нарізних упорів кришок в процесі закупорювання. Тобто, самого лише збільшення твердості виявилось недостатньо для надійної герметизації затворів при зменшенні товщини жерсті кришок зокрема III-82 з 0,25 мм, згідно чинного стандарту, до 0,20 та 0,19 мм.

Стосовно раціонального навантаження кришки слід зазначити, що максимального зменшення її металоємності шляхом надання їй рівномірності досягти принципово не можливо, оскільки упори працюють на вигин. Цей напрямок дослідження більше пов'язаний з питаннями жорсткості. Отже, було встановлено, що досягти суттєвого збільшення міцності кришок наявними засобами неможливо.

Пластична деформація нарізних упорів ще не означає руйнування кришки або її елементів, але вона ставить під загрозу або унеможливорює виконання кришкою своєї основної функції – герметизації затвора, тому жорсткість визначає працездатність кришок більшою мірою ніж міцність. Конфігурація нарізних упорів визначається сортаментом матеріалу, умовами виготовлення та є складною й асиметричною. Через складність конфігурації нарізний упор є нерозрахунковим елементом, а тому традиційними методами опору матеріалів практично неможливо достатньо точно розрахувати напруження та переміщення в тілі упора у кількісному вимірі.

Однак за допомогою методів опору матеріалів, використовуючи відповідні спрощуючі припущення, вдалося отримати необхідний поштовх у вірному напрямку, який призвів до позитивного практичного результату. Таким чином були встановлені конструктивні заходи, які визначили передумови зменшення товщини жерсті кришок.

З урахуванням виду деформації жорсткість упора визначають наступні фактори: модуль нормальної пружності E матеріалу кришок, момент інерції перерізу упора, довжина упора l та ширина упора по радіусу кришки a , які характеризують його лінійні розміри та вид навантаження і тип опор. В загальних рисах заходи, спрямовані на збільшення жорсткості, полягали у маніпулюванні геометричними параметрами системи та зміні умов навантаження упорів.

Крищі, як металевій порожнистій тонкостінній деталі, виготовленій з однієї

заготовки, жорсткості надає в першу чергу тороподібний буртик, який є її вузлом жорсткості. Він є основою для формування нарізних упорів. Буртик сприймає навантаження, через нарізні упори. Тобто, вузол жорсткості кришки завантажений дискретно.

В процесі зміни геометричних параметрів упорів, а саме – довжини, було помічено, що з її збільшенням площа металу в його повздовжньому перерізі збільшується (рис. 13). З опору матеріалів відомо, що жорсткість тіла при вигині пропорційна четвертому ступеню розмірів його перерізу (у напрямку дії моменту вигину) і зворотно пропорційна третьому ступеню довжини. Це означає, що збільшення довжини упора (порівняно з закладеною у чинному стандарті) може призвести до збільшення його жорсткості.

Далі досліджувався елемент затвора з коротким (l_1) та довгим (l_2) нарізними упорами. Упори, на виді А з рис. 13, спрощено

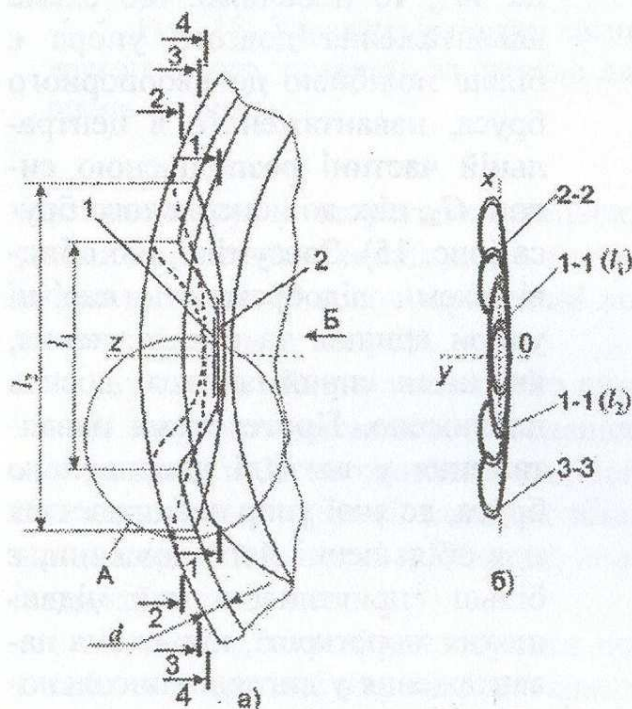
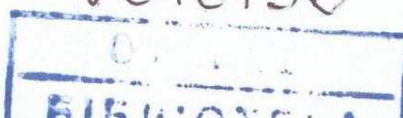


Рис. 13. Елемент кришки з упором та його повздовжні перерізи у спрощеному вигляді. 1; 2 – лінії контакту в нарізці, відповідно короткого та довгого упорів

подавалися у вигляді консольного бруса, навантаженого на кінці зосередженою силою (рис. 14). Було встановлено, що оскільки консольність довгого упора c є мен-

V018136



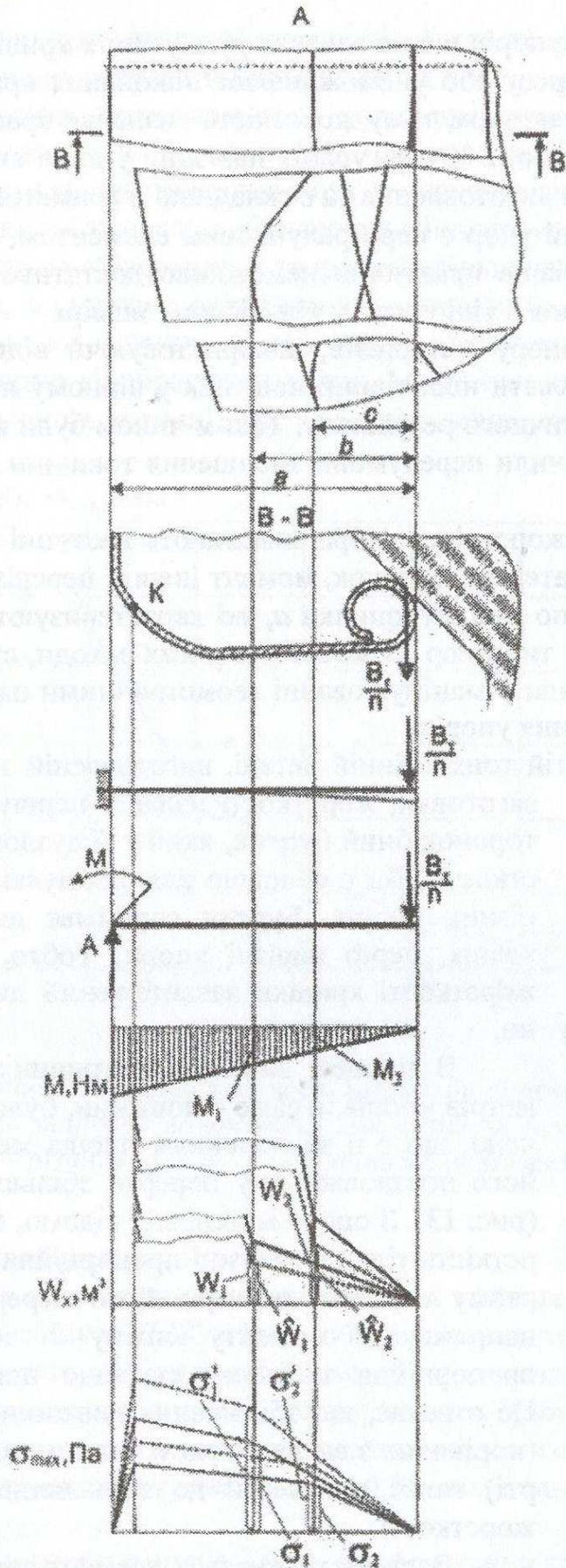


Рис. 14. Порівняння характеру моментів вигину, моментів опору та напружень в тілі короткого та довгого упорів при поданні упорів у вигляді консольного бруса, навантаженого на кінці зосередженою силою

шою ніж консольність короткого b , то момент вигину довгого упора M_2 буде меншим ніж момент вигину короткого M_1 . Момент опору довгого упора W_2 , через збільшення площі металу в його повздовжньому перерізі, навпаки буде більшим ніж момент опору короткого W_1 і відповідно максимальні напруження σ_2 в тілі довгого упора будуть меншими ніж σ_1 в тілі короткого.

Отже зміна консольності упорів є дуже суттєвою обставиною. Було встановлено, що через зміну величини консольності змінюється схема навантаження упора. Якщо розглянути вид Б елемента затвора з довгим упором з рис. 13, повернувши його на 90° , то побачимо, що схема навантаження довгого упора є більш подібною до двоопорного бруса, навантаженого в центральній частині розподіленою силою G_2 , ніж до консольного бруса (рис. 15). Зрозуміло, що обидві схеми відображають нарізні упори кришок та навантаження, які ними сприймаються, досить наближено. Проте схема навантаження у вигляді двоопорного бруса, до якої упор наближається при збільшенні його довжини, є більш сприятливою для підвищення жорсткості, ніж схема навантаження у вигляді консольного бруса, до якої упор наближається при зменшенні його довжини.

Використовуючи схему навантаження, наведену на рис. 14, було також показано, що оскільки величина моменту опору бруса будь-якого тонкостінного пе-

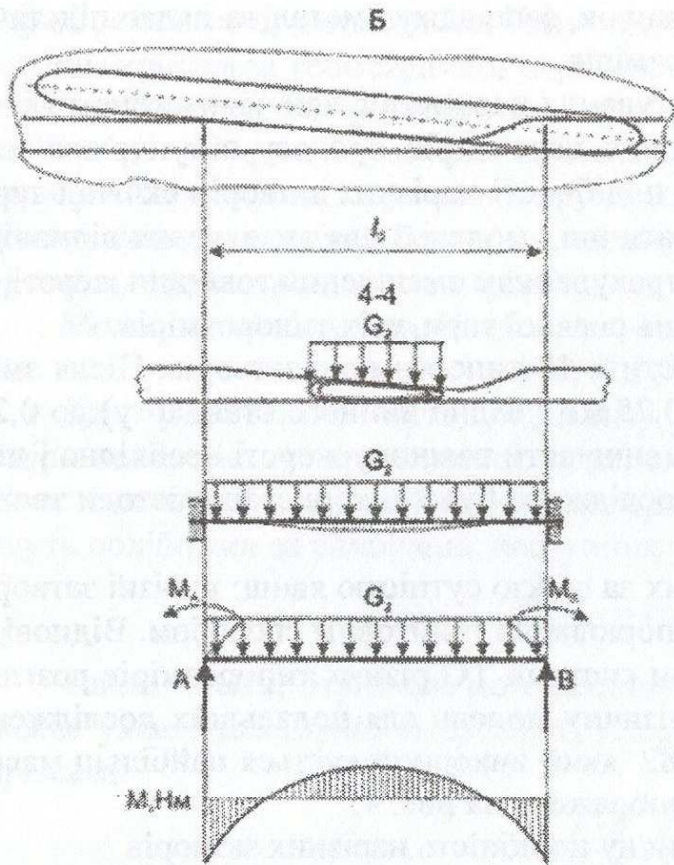


Рис. 15. Характер моменту вигину довгого упора, поданого за схемою двоопорного бруса

вантаження вузлів жорсткості кришок, що досягається шляхом збільшення довжини упорів та дозволяє зменшувати товщину жерсті. Наведені висновки та здійснені в подальшому на їх основі практичні заходи створили передумови зменшення товщини жерсті кришок типу III.

Було розглянуто технологію виготовлення кришок типу III. Роботи по модернізації існуючого штампового оснащення під виробництво кришок з жерсті зменшеної товщини та їх виготовленню здійснювалися за технологією позиційного способу. Причинами модернізації стали як збільшення довжини упорів, так і зменшення товщини жерсті й супутні проблеми, пов'язані безпосередньо з штампуванням виробів із тонкої жерсті.

Товщину жерсті зменшували поступово з одночасним збільшенням довжини упорів та твердості жерсті. Далі кришки надходили на переробні підприємства харчової промисловості, на яких в процесі виробництва консервованої продукції і підтверджувалась їх якість. Ця робота виявилася довготривалою, але вона принесла позитивний результат. Було практично підтверджено, що мінімальна довжина нарізних упорів кришки III-82 з жерсті товщиною 0,20 мм, залежно від її ступеня твердості знаходиться в межах 17,0...19,0 мм.

Таким чином на кришках III-82 знайшла практичне підтвердження теоретично обґрунтована можливість збільшення їх жорсткості і як наслідок зменшення товщини жерсті. Було досягнуто зменшення ваги заготовки кришки III-82 не менше ніж на

перізу є пропорційною товщині його стінки, то величини моментів опору короткого та довгого упорів W_1 та W_2 зменшуватимуться із зменшенням товщини жерсті, а максимальні напруження в них σ'_1 та σ'_2 навпаки зростатимуть. В результаті дослідження було зроблено припущення, що якщо в процесі закупорювання короткі упори кришки, виготовленої з жерсті більшої товщини, пластично не деформувалися, то довгі упори кришки, виготовленої з жерсті меншої товщини, також не деформуються.

Аналіз жорсткості нарізних упорів показав: а) геометричним параметром нарізних упорів, який найбільш суттєво впливає на їх жорсткість, є довжина упора; б) зміна довжини упорів призводить до зміни їх схеми навантаження з відповідним його перерозподілом; в) зменшення рівня напружень у тілі упорів та підвищення їх жорсткості відбувається в результаті більш рівномірного за-

20%, що суттєво зменшує собівартість кришок, заощаджує метал та надає підстави для зменшення ваги кришок інших типорозмірів.

Розділ 5 "Теоретичні основи обґрунтування параметрів ключових конструктивних елементів кришок типу III та силових параметрів процесу закупорювання" присвячено визначенню умов механічної подібності нарізних затворів скляної тари типу III та системи ТО та розробці математичних моделей для визначення відповідно параметрів нарізних упорів кришок, з урахуванням зменшення товщини жерсті, й силових параметрів процесу закупорювання скляної тари, усіх типорозмірів.

Асортимент кришок системи ТО містить 18 типорозмірів затворів. Після зменшення товщини жерсті кришки III-82 з 0,25 мм (згідно чинного стандарту) до 0,20 мм виникло питання як бути далі, адже зменшувати товщину жерсті необхідно і для решти 17 типорозмірів. Для подальших досліджень було використано методи теорії подібності та розмірності.

Було сформульовано клас однорідних за своєю сутністю явищ: нарізні затвори системи ТО і її аналогів та процес їх закупорювання гвинтовим способом. Відповідно взяли припущення згідно якого затвори системи ТО різних типорозмірів розглядали як механічно подібні системи. Як фізичну модель для подальших досліджень прийняти один з існуючих затворів – III-82 який використовується найбільш масово. Фізична схема предмета дослідження зображена на рис. 4.

Спочатку було встановлено геометричну подібність нарізних затворів

Для визначення найважливіших геометричних параметрів кришок було детально розглянуто їх геометричні ознаки та особливості конструкції. В результаті було встановлено, що для геометрично подібних затворів (рис. 16)

$$\frac{D_1}{l_1} = \frac{D_2}{l_2} = K_2 = const, \quad (10)$$

де K_2 – параметричний критерій геометричної подібності.

Отриманий критерій характеризує головні геометричні параметри затворів, які впливають на умови механічної подібності їх напружених станів. Проведений аналіз конструкції затворів показав, що: а) затвори цього типу є геометрично подібними конструкціями; б) існує чотири типи затворів, відповідно до кількості ходів нарізки, кожний з яких має власне значення критерію K_2 ; в) критерій K_2 є визначальним параметром умов механічної подібності напружених станів затворів.

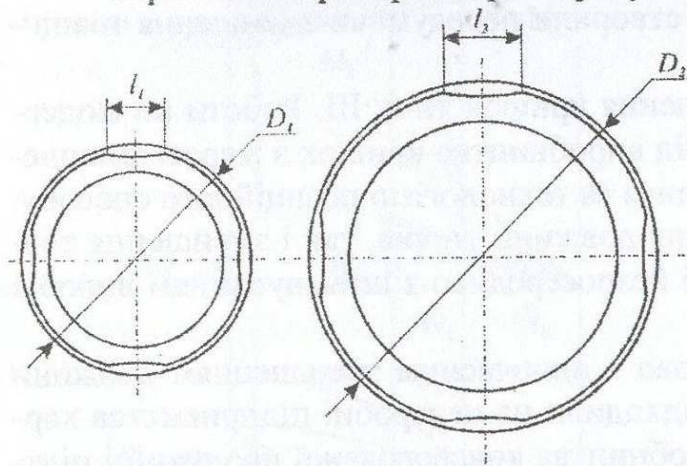


Рис. 16. Геометрична подібність кришок системи ТО

Прийняти систему визначальних параметрів та систему одиниць виміру. Різні аспекти напруженого стану затво-

ра можна охарактеризувати герметичністю та геометричними розмірами, а також характеристиками кришок – міцністю, жорсткістю, матеріалом, з якого вони виготовляються, та навантаженнями, які вони сприймають.

Герметичність затворів характеризується контактним тиском в ущільненні за-

твору P , який вимірюється в Па. Геометричні розміри затвора визначаються параметричним критерієм геометричної подібності K_2 , який є безрозмірним. Характеристикою пакувального матеріалу є його товщина δ . Крім того товщина є головним чинником міцності кришок, вимірюється в м. Жорсткість кришок під дією вигину характеризується модулем нормальної пружності матеріалу E , одиниця вимірювання Па. Навантаження, які сприймаються кришками затворів, визначаються найбільш небезпечним – навантаженням на нарізні упори G , вимірюється в Н/м.

Модель механічної подібності напружених станів затворів матиме вигляд

$$\varphi(P, \delta, E, G, K_2) = 0. \quad (11)$$

Далі скористалися методом аналізу розмірності. Система основних одиниць вимірювання містить три одиниці: м, кг, с. Тоді за Π – теоремою кількість умов подібності становитиме два. Будь-які деформації нарізних упорів кришок в затворах будуть подібними за виконання наступних умов:

$$\frac{P \cdot \delta}{G \cdot K_2} = const \quad \text{та} \quad \frac{P}{E} = const. \quad (12)$$

Таким чином, отримали математичну модель в критеріальній формі, яка відображає умови механічної подібності напружених станів затворів з багатохідними нарізками

$$\varphi\left(\frac{P \cdot \delta}{G \cdot K_2}; \frac{P}{E}\right) = 0. \quad (13)$$

Якщо за умови сталості критеріїв (12) на моделі та натурі, буде здійснено герметичне закупорювання на моделі, то і на натурі скляну тару також буде закупорено герметично. Отже затвори системи ТО та її аналогів є механічно подібними конструкціями, подібність яких, крім геометричної, полягає у подібності їх напружених станів.

На базі умов механічної подібності затворів розроблялися окремі математичні моделі. Спочатку розроблялася математична модель для визначення довжини нарізних упорів кришок, з урахуванням зменшення товщини жерсті. Довжина нарізного упора l входить до першого з двох критеріїв подібності як складова частина K_2 (10). Отже необхідно знайти величину першого критерію, а потім з математичної моделі, яка його відображає, виразити значення l і розрахувати їх для кожного типорозміру кришок. Перший критерій подібності позначили як V .

Оскільки упори можуть відігнутися як на першому так і на другому (за рахунок розпрямлення ущільнювальної прокладки після виходу банки з-під закупорювальної платформи) етапах зміни навантажень в затворі, остаточно впевнитись, що упори не відігнулися можна лише на другому етапі. Тому при визначенні l затвор розглядався на другому етапі навантажень (рис. 6). Контактний тиск в ущільненні затвора на перших двох етапах визначається як

$$P = \frac{T_k}{S_k}, \quad (14)$$

де T_k – герметизуюче зусилля в затворі k -го типорозміру на першому або другому етапі навантажень; S_k – площа торцевої поверхні вінця банки k -го типорозміру.

Оскільки величина T_k на різних етапах навантажень не є сталою, то значення критерію подібності на різних етапах також відрізнятимуться одне від одного, тому

залежність для визначення першого критерію подібності на другому етапі матиме вигляд

$$V_1 = \frac{P_1 \cdot \delta}{G_1 \cdot K_2}, \quad (15)$$

де P_1 та G_1 – значення відповідно з (14) та (9) на другому етапі навантажень.

Якщо в (15) замість P_1 , G_1 та K_2 підставити їх значення з (14), (9) та (10), то виконавши перетворення отримаємо математичну модель в критеріальній формі

$$V_1 = \frac{\delta \cdot n_k \cdot l_k^2}{S_k \cdot D_k}, \quad (16)$$

де n_k – кількість упорів кришки к-го типорозміру, D_k – середній діаметр нарізки горловини банки к-го типорозміру.

Змінюючи довжину упорів, ми тим самим по-різному завантажуюємо вузол жорсткості кришки, тобто по-різному розподіляємо величину сили B_T . Отже, критерій V_1 є критерієм рівномірності завантаження вузлів жорсткості кришок, у цьому полягає його фізичний сенс.

Виразимо з рівняння (16) шукану довжину нарізного упора

$$l_k = \sqrt{\frac{V_1 \cdot S_k \cdot D_k}{\delta \cdot n_k}}. \quad (17)$$

Визначивши за допомогою фізичної моделі (затвора III-82) значення критерію V_1 можна за допомогою математичної моделі (17) розрахувати довжини нарізних упорів кришок будь-яких типорозмірів, виготовлених з жерсті різної товщини.

Підсумовуючи викладене слід зазначити, що в механічно подібних затворах навантаження на вузли жорсткості кришок є подібними і характеризуються критерієм рівномірності завантаження вузлів жорсткості кришок V_1 , чисельне значення якого є сталим для механічно подібних напружених станів затворів.

Далі розроблялася математична модель для визначення силових параметрів процесу закупорювання скляної тари. Для цього розглядали другий з критеріїв подібності, оскільки шукані силові параметри процесу закупорювання, при застосуванні яких створюються механічно подібні напружені стани затворів, напряму пов'язані з контактним тиском в ущільненнях затворів та матеріалом з якого виготовлені кришки.

Отже необхідно знайти величину другого критерію, а потім з математичної моделі, яка його відображає, виразити вертикальне зусилля механізму закупорювання N , яке і є тим силовим параметром закупорювальних машин, який впливає на контактний тиск в ущільненні затвора, і розрахувати його для кожного типорозміру затвора. Другий критерій подібності позначили як A .

Герметизація затворів системи ТО відбувається на першому етапі зміни навантажень в затворі (рис. 5). Тому при визначенні N затвор розглядався на першому етапі. Запишемо залежність для визначення другого критерію подібності на першому етапі, підставивши в нього значення P з (14)

$$A = \frac{T_k}{S_k \cdot E}. \quad (18)$$

Герметизуюче зусилля T в затворі на першому етапі навантажень відображене в рівнянні (1). Якщо виразити модель (1) для затвора к-го типорозміру і підставити її

в (18) отримаємо математичну модель в критеріальній формі

$$A = \frac{N_k \cdot k \cdot \frac{D_3 + D_e}{4}}{S_k \cdot E \cdot \left(r \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \alpha)_k + \mu \cdot \frac{D_3 + D_e}{4} \right)} \quad (19)$$

де N_k – вертикальне зусилля механізму закупорювання для затвора k -го типорозміру; $\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)_k$ – коефіцієнт тертя в нарізці затвора k -го типорозміру.

Виходячи з (12) фізичний сенс критерію A полягає в сталості контактної тиску в ущільненнях механічно подібних нарізних затворів скляної тари, за умови, що закупорювальні засоби затворів виготовляються з однакових матеріалів. Зважаючи на фізичний сенс критерію A , його названо критерієм герметизації затворів.

Виразимо з рівняння (18) герметизуюче зусилля

$$T_k = A \cdot S_k \cdot E. \quad (20)$$

Виразимо з рівняння (19) шукане вертикальне зусилля механізму закупорювання

$$N_k = \frac{A \cdot S_k \cdot E \cdot \left(r \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \alpha)_k + \mu \cdot \frac{D_3 + D_e}{4} \right)}{k \cdot \frac{D_3 + D_B}{4}} \quad (21)$$

Визначивши за допомогою фізичної моделі (затвора III-82) значення критерію A можна за допомогою математичних моделей (20) та (21) розрахувати відповідно герметизуючі зусилля в ущільненнях та вертикальні зусилля механізму закупорювання для затворів усіх типорозмірів.

Підсумовуючи викладене слід зазначити, що безпека закупорювання механічно подібних нарізних затворів є подібною і характеризується критерієм герметизації A , чисельне значення якого є сталим для механічно подібних напружених станів затворів.

Розділ 6 “Удосконалення процесу закупорювання й параметрів конструктивних елементів кришок та впровадження результатів досліджень” присвячено експериментальним дослідженням параметрів процесу закупорювання кришками з жерсті зменшеної товщини, які виконувались на фізичній моделі (затворі III-82), та узагальненню й використанню цих даних для визначення відповідних параметрів процесу закупорювання затворів решти типорозмірів, перевірці відповідності даних передбачених теорією з експериментальними, проектуванню параметричних рядів кришок та практичному використанню результатів досліджень.

Визначалися коефіцієнти тертя в процесі закупорювання скляної тари гвинтовим способом, оскільки вони є складовими параметрами математичної моделі затвора (1). Визначення коефіцієнтів тертя здійснювалося за допомогою експериментальної установки.

Коефіцієнт тертя в нарізці затвора входить до формули (1), у вигляді

$$\operatorname{tg}(\varphi + \alpha). \quad (22)$$

Кут нахилу нижньої частини профілю витка нарізки β (рис. 4), з якою контактує нарізний упор, залежить від діаметру горловини тари. Із зміною кута β змінюється зведений кут тертя у витках нарізки φ і разом з ним коефіцієнт тертя в нарізці.

Ця обставина не врахована безпосередньо у виразі (22). Тому вираз (22) необхідно уточнити для можливості визначення коефіцієнту тертя на витку нарізки, що дозволить визначити силові параметри процесу закупуорювання для різних типорозмірів затворів.

Оскільки кут тертя у витках нарізки затвора з виразу (22) буде малим і кути підйому витків нарізки горловин скляної тари у більшості випадків знаходяться у межах $\alpha = 3^\circ \dots 5^\circ$, а максимальний кут становить $18^\circ 18'$, тобто також є малими, то прийняли

$$\operatorname{tg}(\varphi + \alpha) \approx \operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\alpha. \quad (23)$$

З умови рівноваги елементів затвора (рис. 4) та виразу (23) коефіцієнт тертя на витку нарізки

$$f \approx (\operatorname{tg}(\varphi + \alpha) - \operatorname{tg}\alpha) \cdot \cos\beta. \quad (24)$$

Визначалася сила тертя Q (рис. 4). На підставі даних з визначення цієї сили було визначено коефіцієнт тертя в нарізці затвора III-82, величина якого склала $\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)_{82} \approx 0,086$. Тоді, згідно (24), коефіцієнт тертя на витку нарізки в затворах типу III складе $f \approx 0,0031$. Відповідно для нарізки затвора k -го типорозміру

$$\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)_k \approx \frac{f}{\cos\beta_k} + \operatorname{tg}\alpha_k. \quad (25)$$

Результати розрахунків за формулою (25) наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Коефіцієнти тертя в нарізках затворів типу III та TO

Типрозмір затвора, к	Коефіцієнт тертя в нарізці $\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)_k$	Типорозмір затвора, к	Коефіцієнт тертя в нарізці $\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)_k$
IIIГ – 33	0,274	III – 70	0,084
III – 38	0,228	III – 77	0,077
III – 43	0,072	III – 82	0,085
III – 48	0,064	III – 89	0,097
III – 53	0,095	III – 100	0,087
III – 58	0,089	III – 110	0,091

Визначалася сила тертя F (рис. 4). Всі експериментальні дані було адекватно описано лінійним рівнянням

$$F = 36,97 + 6,09 \cdot V, \quad (26)$$

де V – швидкість руху у парі тертя “закупуорювальні паси – кришка”.

На підставі даних з визначення сили тертя F було визначено відповідні коефіцієнти тертя у кожному з дослідів експерименту. Значення коефіцієнтів тертя наведені на рис. 17. Як видно з рис. 17, за номінальної продуктивності машини (90 бан./хв.), якій відповідає швидкість руху у парі $V = 2,8$ м/хв., коефіцієнт тертя між закупуорювальними пасами та кришкою знаходиться в межах $k = 0,27 \dots 0,29$.

Визначалася сила тертя F_y (рис. 4). На підставі даних з визначення сили тертя F_y було визначено коефіцієнт тертя в ущільненні затворів, величина якого знаходиться в межах $\mu = 0,055 \dots 0,075$.

Оскільки, як видно з рис. 17, у разі зменшення продуктивності машини коефі-

цієнт тертя k зменшується, то для компенсації падіння герметизуючого зусилля в затворі T , яке відбуватиметься згідно (1), потрібно пропорційно до зменшення k збільшувати вертикальне зусилля N механізму закупорювання.

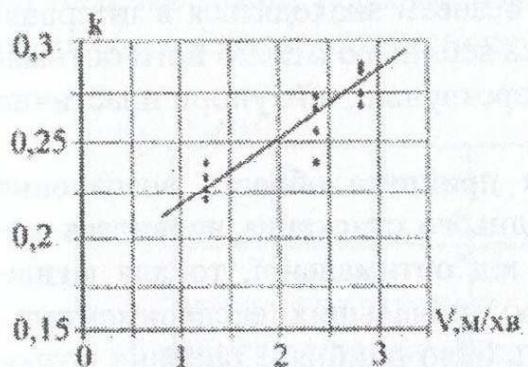


Рис. 17. Залежність коефіцієнту тертя від швидкості руху в парі "кришка – паси"

Дослідження по визначенню коефіцієнтів тертя здійснювались під керівництвом автора дисертації спільно з професором О.Г. Гладушняком, аспірантом А.Ю. Шендеровським та магістрами ОНАХТ О. Гавриловим і І.Тюхтієм.

Дослідження процесу закупорювання банок III-82 кришками з жерсті товщиною 0,20 мм полягало у визначенні умов досягнення оптимального ступеня безпеки закупорювання. Для забезпечення безумовної адекватності досліджень експеримент проводився на діючий закупорювальній машині італійського виробництва моделі GG-90 на ПРАТ "ВО "Одеський консервний завод".

За параметр оптимізації в експерименті взято ступінь безпеки закупорювання, його одиниця виміру – мм. В результаті аналізу факторів, які впливають на ступінь безпеки, було визначено два з них – зусилля попереднього стискання регулюючих пружин механізму закупорювання, воно вимірюється в Н, та висоту корпусу скляної тари, вона вимірюється в мм, які потрібно варіювати. Решту факторів було зафіксовано на сталому рівні, відповідно до умов технологічного процесу паровакуумного закупорювання.

Загальноприйнята оптимальна область визначення ступеня безпеки після закупорювальної машини, яка відома з апріорної інформації складає 2...6 мм. Однак останні спостереження і дослідження, попередньо здійснені протягом 2006...2007 років на ПРАТ "ВО "Одеський консервний завод" стосовно упаковок ТО 82 та III-82, у тому числі спільно з представниками фірми "Silgan White cap", показали, що за такої величини ступеня безпеки та за умов зменшення товщини жерсті кришок до 0,20 мм і особливо до 0,18 мм при транспортуванні продукції на значні відстані у двох нижніх шарах штабельованої продукції можуть виникати проблеми, пов'язані з міцністю утримання кришок на горловинах банок.

Проблеми полягали у самовільному розкритті окремих банок та у значному зменшенні моменту відгвинчування кришок решти банок. Таким чином, в результаті попередніх спостережень та досліджень дійшли висновку, що для стабілізації величини герметизуючого зусилля в затворі та у зв'язку зі збільшенням пружності кришок із тонкої жерсті величину ступеня безпеки слід збільшити на 1 мм, до 3...7 мм. Цей інтервал і прийняли за його оптимальну область визначення. Область визначення висоти корпусу банок складає 148...150 мм.

Отже завдання експерименту для затвора III-82 було зведене до визначення оптимальної або близької до неї області визначення зусилля попереднього стискання пружин механізму закупорювання. Усі експериментальні дані було адекватно описано лінійним рівнянням

$$\Delta_1 = 6,98 + 0,40 \cdot N^n + 1,35 \cdot H, \text{ мм}, \quad (27)$$

де Δ_1 – ступінь безпеки закупорювання, мм; N^n – зусилля попереднього стискання пружин механізму закупорювання H ; H – висота скляної тари, мм.

Результати експерименту та графік, побудований за рівнянням (27), наведено на рис. 19. З рис. 19 видно, що значення ступеня безпеки знаходяться в інтервалі 5,2...8,7 мм, а отже значною мірою розташовані поза верхньою межею його оптимальної області визначення. Це означає, що кришки перекручені, а їх упори пластично деформовані.

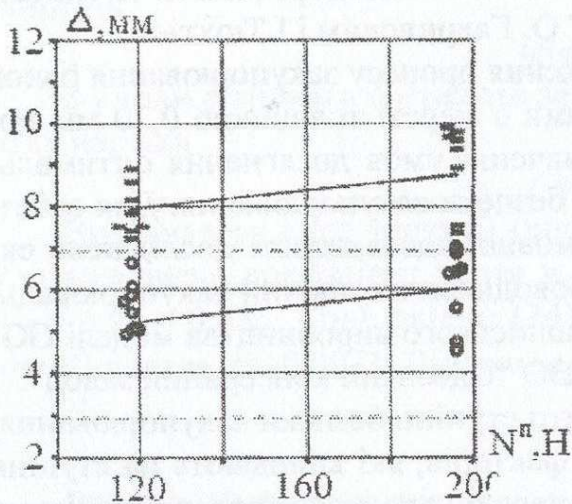


Рис. 19. Вплив зусилля N^n та висоти банки на ступінь безпеки при $N^n = 157 \pm 39$ Н. \square – банка H_{\max} ; \circ – банка H_{\min}

Далі для пошуку оптимальної області визначення скористалися кроковим принципом. Було здійснено серію експериментів, у яких послідовно змінювали області визначення N^n у напрямку зменшення градієнта функції Δ . За результатами експериментів будували математичні моделі, які використовуючи їх для оцінки градієнта, при цьому експериментальні дані статистично оброблялись, лінійні рівняння моделей перевірялись на адекватність та з них видалялись незначущі коефіцієнти.

Усього для входження до оптимальної області ступеня безпеки знадобилось виконати ще чотири експерименти. Відповідно було побудовано чотири моделі до кожної з яких розраховувалась програма оптимізації для оцінки напрямку і величини градієнта. Величина ступеня безпеки поступово зменшувалась, увійшовши до його оптимальної області визначення 4,0...6,1 мм у п'ятому експерименті, який було адекватно описано лінійним рівнянням

$$\Delta_5 = 5,04 + 0,53 \cdot N^n + 0,53 \cdot H, \text{ мм.} \quad (28)$$

Результати експерименту та графік, побудований за рівнянням (28), наведено на рис. 21. Відповідно результати програми оптимізації за лінійним рівнянням (28) та напрямком градієнта функції Δ_5 графічно представлені на рис. 22.

Оскільки прийнята область визначення зусиль попереднього стискання виявилася досить далекою від оптимальної, то для визначення напрямку подальших експериментальних досліджень було прийняте рішення розрахувати програму оптимізації за лінійним рівнянням (27) і визначити напрямок градієнта функції Δ_1 . На рис. 20 результати програми оптимізації представлені графічно.

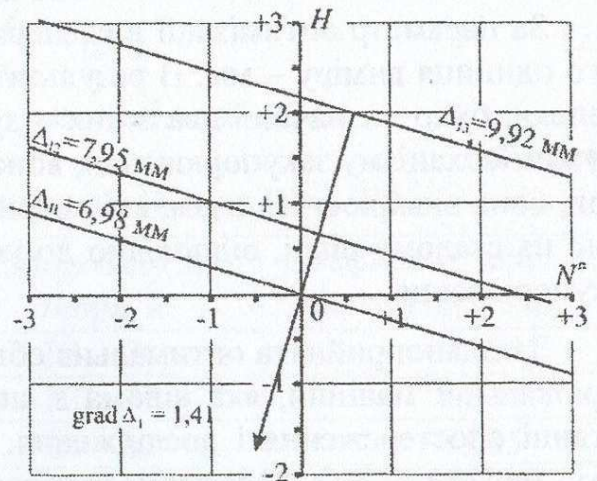


Рис. 20. Результати програми оптимізації за рівнянням (25)

Подальше зменшення зусилля N^n є досить ризикованим, оскільки, як видно з коефіцієнтів рівнянь (27) та (28), вплив фактора N^n на ступінь безпеки при цьому зростає і навіть невелика зміна області визначення N^n в менший бік може призвести до того, що значна кількість банок можуть залишитися за нижньою межею оптимальної області визначення ступеня безпеки, тобто будуть недостатньо загвинчені.

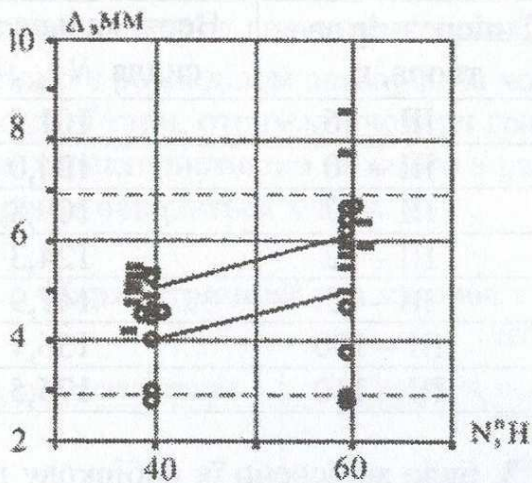


Рис. 21. Вплив зусилля N^n та висоти банки на ступінь безпеки при $N^n = 49 \pm 10$ Н. — — банка H_{\max} ; ● — банка H_{\min}

останній експериментальній точці (рис. 21), тобто $N_{\min}^n = 39$ Н.

Для можливості застосування одержаних результатів досліджень для налагодження закупорювальних машини інших моделей треба знайти мінімізоване значення вертикального зусилля механізму закупорювання N_{\min}^n , яке відповідає базовому значенню $N_{\min}^n = 39$ Н. Його було отримано шляхом вимірювань на закупорювальній машині. Воно склало $N_{\min}^{82} = 127$ Н і прийнято в межах допуску $N_{\min}^{82} = 127^{+10}$ Н.

Дослідження по визначенню зусиль N^n та N_{\min}^{82} здійснювались під керівництвом автора дисертації спільно з аспірантом А.Ю.Шендеровським та співробітниками ПРАТ "ВО "Одеський консервний завод".

За допомогою рівняння (1) з урахуванням N_{\min}^{82} було розраховано мінімізоване значення герметизуючого зусилля в затворі ПІ-82 на першому етапі навантажень. Воно склало $T_{\min}^{82} = 220$ Н.

Для визначення зусиль в затворах та вертикальних зусиль механізму закупорювання решти типорозмірів затворів необхідно було визначити чисельне значення критерію герметизації A . Використовуючи значення T_{\min}^{82} , за формулою (18) отримали $A = 1,87 \cdot 10^{-6}$. Далі за формулою (20) розраховували мінімізовані значення гермети-

Таким чином було визначено близький до оптимального інтервал значень N^n для затвора ПІ-82 на закупорювальній машині моделі GG-90, за її номінальної продуктивності, який склав $N^n = 49 \pm 10$ Н. Номінальне значення зусилля з отриманого інтервалу необхідно було мінімізувати, щоб максимально розвантажити нарізні упори кришок, але водночас залишити достатнім для надійної герметизації низьких банок.

За мінімізоване (базове) значення зусилля N^n прийнято зусилля в

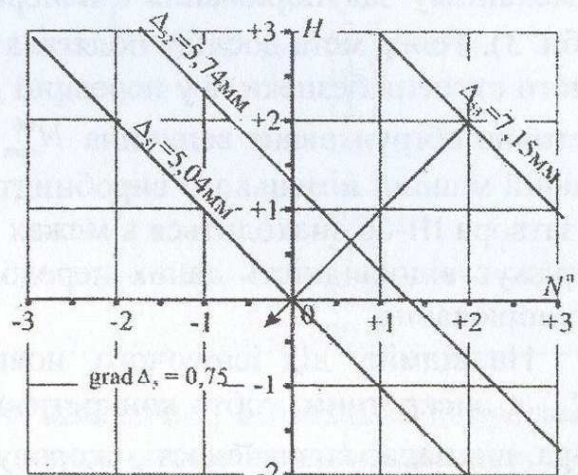


Рис. 22. Результати програми оптимізації за рівнянням (26)

зуючих зусиль T_{\min}^k , а за формулою (21) отримали шукані значення мінімізованих зусиль N_{\min}^k (табл. 3).

Таблиця 3

Мінімізовані значення силових параметрів процесу закупорювання скляної тари типу III та TO

Типорозмір затвора, к	Вертикальне зусилля N_{\min}^k , Н	Типорозмір затвора, к	Вертикальне зусилля N_{\min}^k , Н
III – 33	77,4	III – 66	101,5
IIIГ – 38	89,4	III – 70	104,0
IIIС – 38	89,4	III – 77	109,8
IIIЗ – 38	109,4	III – 82	124,3
III – 43	53,2	III – 89	147,9
III – 48	57,3	III – 100	156,1
III – 53	83,0	III – 110	175,5

Для перевірки даних, наведених в табл. 3, було здійснено їх вибірково дослідну перевірку. Для цього використали упорівку з затвором III-66. В досліді з затвором III-66 варіювали лише оди. фактор – висоту банки, оскільки вертикальне зусилля механізму закупорювання є наперед заданим (табл. 3) і складає $N_{\min}^{66} = 101,5$ Н (табл. 3). Тепер мета досліді полягала вже не у визначенні умов досягнення оптимального ступеня безпеки, а у перевірці дотримання таких умов, головною з яких є теоретично обґрунтована величина N_{\min}^{66} . Дослід, проведений вже на іншій закупорювальній машині німецького виробництва моделі WC-560, показав, що ступінь безпеки затвора III-66 знаходиться в межах його оптимальної області визначення, що підтверджує відповідність даних передбачених теорією з даними реального процесу закупорювання.

На відміну від існуючого, новий, науково обґрунтований діапазон значень N_{\min}^k є дискретним, тобто конкретизованим для кожного окремого типорозміру затвора, що надає визначеності, скорочує тривалість процедури налагодження машин та підвищує її точність у порівнянні з існуючою.

На ринку існує велика кількість варіантів кришок, виготовлених з жерсті з однакової товщини, конструктивно в достатній мірі науково не обґрунтованих. Отже цілком об'єктивно виникло питання зменшення (мінімізації) кількості варіантів кришок.

Враховуючи, що кришки є виробами однакового призначення, з метою мінімізації кількості їх варіантів та перенесення практично підтверджених результатів з визначення мінімальної довжини нарізних упорів кришки III-82 з жерсті товщиною 0,20 мм на кришки з жерсті іншої товщини та інших типорозмірів було спроектовано параметричні ряди кришок. Метод параметричних рядів досягає найбільшого ефекту у випадку виробів масового застосування, які мають широкий діапазон зміни показників. Поширені у глобальному масштабі закупорювальні засоби власне і є такими виробами.

Як і в попередньому випадку скористалися отриманими у 5 розділі математич-

ними моделями. Для визначення довжини нарізних упорів кришок необхідно було визначити чисельне значення критерію рівномірності завантаження вузлів жорсткості кришок V_1 . Використовуючи з практично підтвердженого діапазону мінімальної довжини упора значення $l_{\min}^{82} = 18,0$ мм, яке відповідає жерсті ступеня твердості Т6, за формулою (16) отримали $V_1 = 7,92 \cdot 10^{-3}$. Далі за формулою (17) отримали шукані мінімізовані значення довжини упорів l_{\min}^k .

Згідно з розподілом затворів на чотири типи, відповідно до кількості ходів нарізки скляної тари, отримали чотири градації типорозмірів. Товщина жерсті є визначальною характеристикою кожного з рядів. Загалом було спроектовано шість рядів. Один з рядів наводиться в табл. 4.

Таблиця 4

Параметричний ряд кришок з жерсті $\delta = 0,18$ мм, клас міцності ДП 520, не нижче

Тип, кількість упорів	Градація, типорозмір k	Довжина упора l_k , мм
3	27	7,7
	30	7,7
	33	8,4
	38Г, 38С	10,7
	383	11,7
4	43	11,1
	48	12,7
	53	14,5
	58	15,7
	63	17,6
	66	18,5
	70	19,7
6	77	21,7
	82	19,9
	89	20,9

Значення критерію $V_1 = 7,92 \cdot 10^{-3}$ отримане виходячи з мінімально допустимої довжини упорів. Тому в параметричних рядах кришок наводяться мінімально допустимі довжини упорів. Тобто зменшення довжин упорів, порівняно з наведеними в параметричних рядах, загрожує їх пластичною деформацією. Збільшення довжини упорів у певних межах, близько 5...10 % від величини наведеної в рядах, можливе.

З появою рядів з'являється визначеність під час проектування інструменту для виготовлення кришок. Така визначеність є необхідною при переході на виготовлення нових типорозмірів кришок, тобто розширені наявного асортименту продукції, та при зменшенні (зміні) товщини жерсті, задля зменшення собівартості кришок.

Також був проведений економічний аналіз з метою визначення доцільності переведення виробництва кришок на жерсть зменшеної товщини. Проведений аналіз, обґрунтовано довів, що, незважаючи на більш високу вартість та вищі нормативні втрати жерсті зменшеної товщини, зниження товщини жерсті для виробництва кришок типу III є економічно доцільним.

Завдяки впровадженню результатів досліджень на одеському ТОВ "Таламус ЛТД" у виробництво кришок III-82, III-66, III-58 та III-53 з жерсті зменшеної товщи-

ни, вага однієї кришки зменшилася в середньому на 24 %, що дає приріст чистого прибутку 15,67 грн. та 15,94 грн. відповідно на 1000 кришок III-82 з жерсті товщиною 0,20 мм та III-66 з жерсті товщиною 0,18 мм за цінами 2006 року. При цьому річна потреба України у кришках типу III на 2007 рік складала 200...250 млн. штук. Приріст чистого прибутку лише по двом типорозмірам кришок III-82 та III-66 за 2006 рік склав 258 349,9 грн.

Іншим позитивним результатом зменшення товщини жерсті стало збільшення терміну експлуатації швидкозношуваних деталей штампового оснащення. Збільшення зносостійкості штампового оснащення стало можливим за рахунок зменшення зусиль вирізання та формування заготовок кришок після зменшення товщини жерсті. Оскільки кількість кришок, яку можна виготовити без заміни швидкозношуваних деталей штампового оснащення, зросла, то і витрати, пов'язані з їх наступною заміною, зменшилися.

За участі автора даного дослідження, розроблено проект нового державного стандарту "Кришки металеві до скляних банок і пляшок з вінцем горловини типу I, типу III та типу IV. Загальні технічні умови". До нього увійшли науково обґрунтовані конструктивні параметри кришок та характеристики жерсті для їх виготовлення, які відображені у спроектованих автором параметричних рядах кришок.

Мінімізовані значення силових параметрів процесу закупорювання використані для налагодження закупорювальних машин моделей WC-560, GG-90 та Ж7-УМТ-6 на ПРАТ "ВО "Одеський консервний завод" при роботі з кришками з жерсті зменшеної товщини двох типорозмірів III-82 та III-66 виробництва як ТОВ "Таламус ЛТД" так і "Silgan White cap".

ВИСНОВКИ

1. На підставі теоретичних узагальнень та експериментальних досліджень запропоновано і реалізовано наукову концепцію створення нового покоління засобів для герметичного закупорювання харчових продуктів у скляній тарі, що дозволяє підвищити безпеку продуктів та зменшити матеріалоемність упаковки.

2. Запропоновані класифікації систем закупорювання скляної тари та обладнання для герметизації консервної скляної тари. Методом силового аналізу нарізного затвора, протягом основних етапів виробництва упакованої у скляну тару продукції, вперше описана деформаційна поведінка нарізних упорів кришок та розроблена математична модель затворів системи ТО та типу III.

3. Дістало подальшого розвитку теоретичне обґрунтування границь стійкості поля кришок для скляної тари в частині визначення меж небезпечної зони поля, критичного тиску на поле та закріплення контуру поля. Результати досліджень дозволяють оцінювати запас стійкості кришок із зміною товщини жерсті та виду теплової обробки продукції. Встановлено, що найменший розрахунковий критичний тиск на поле кришки III-82 з жерсті зменшеної товщини складає 0,435 МПа, тобто незважаючи на великий діаметр кришки її поле має більш ніж 1,5-кратний запас стійкості, що узгоджується з практичним досвідом, і не потребує конструктивних змін.

4. Вперше формалізовано геометричну подібність затворів системи ТО та механічну подібність напружених станів затворів системи ТО та її аналогів у вигляді

умов, які складаються з двох критеріїв подібності: критерію рівномірності завантаження вузлів жорсткості кришок та критерію герметизації затворів.

5. Вперше, шляхом досліджень на фізичній моделі затвора отримані значення коефіцієнтів тертя та мінімізоване значення вертикального зусилля в процесі закупорювання гвинтовим способом, за допомогою яких визначені чисельні значення герметизуючого зусилля в затворі III-82 та обох критеріїв механічної подібності затворів. Зокрема, коефіцієнт тертя в ущільненні затвора склав $\mu = 0,055 \dots 0,075$; коефіцієнт тертя в нарізці затвора к-го типорозміру, залежно від кута підйому її витків, складає $\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)_k = 0,064 \dots 0,274$; коефіцієнт тертя між механізмом закупорювання і кришками, при швидкості руху 2,8 м/хв., склав $k = 0,27 \dots 0,29$; критерій рівномірності завантаження вузлів жорсткості, за мінімальної довжини упорів кришок, склав $V = 7,92 \cdot 10^{-3}$; критерій герметизації затворів, за мінімізованого значення вертикального зусилля закупорювання, склав $A = 1,87 \cdot 10^{-6}$.

6. Мінімізацію вертикального зусилля в процесі закупорювання здійснено шляхом визначення умов досягнення оптимального значення ступеня безпеки закупорювання, для контролю якого розроблено та запатентовано як винахід спеціальний пристрій. Встановлено, що ключове значення має надійність герметизації низьких, в межах допуску на висоту, банок.

7. Математичні моделі, які відображають критерії механічної подібності напружених станів затворів та герметизуюче зусилля в затворі, є базовими для наукового обґрунтування довжини нарізних упорів кришок, залежно від товщини жерсті, та вертикального зусилля закупорювальних машин, залежно від типорозміру затвора.

8. Отриманий діапазон значень вертикальних зусиль в процесі закупорювання кардинально уточнює існуючий, є адаптованим до кришок з жерсті зменшеної товщини, науково обґрунтованим та на відміну від існуючого адаптованим до кожного типорозміру затвора окремо, що підвищує точність та зменшує тривалість процедури налагодження машин у порівнянні з існуючою. Спроектовані параметричні ряди кришок надають визначеності під час проектування інструменту для їх виготовлення з жерсті зменшеної товщини. Параметри, які складають параметричні ряди, є науково обґрунтованими та внесені до остаточної редакції проекту нового ДСТУ "Кришки металеві до скляних банок і пляшок з вінцем горловини типів I, III та IV".

9. Результати досліджень використано на ТОВ "Таламус ЛТД" при проектуванні та виготовленні штампного оснащення й виробництві на ньому кришок III-82, III-66, III-58, III-53 з жерсті зменшеної товщини. Вага однієї кришки зменшилася в середньому на 24%, що дає приріст чистого прибутку 15,67 грн. та 15,94 грн. відповідно на 1000 кришок III-82 та III-66 у цінах 2006 року. При цьому річна потреба України у кришках типу III на 2007 рік складала близько 250 млн. шт. Річний прибуток на ТОВ "Таламус ЛТД" по двом типорозмірам кришок III-82 та III-66 склав 258 349,9 грн. за цінами 2006 р. Результати досліджень використано на ПРАТ "ВО "Одеський консервний завод" для удосконалення процесу закупорювання на закупорювальних машинах марок GG-90 (Італія), WC-560 (Німеччина) та Ж7-УМТ-6 (Україна).

Список опублікованих праць за темою дисертації

1. Ватренко, О.В. Класифікація закупорювальних засобів для скляної тари та визначення узагальнюючого критерія [Текст] / О.В. Ватренко // Наук. пр. / ОДАХТ. – О., 1999. – Вип. 20. – С. 253-256.
2. Ватренко, О.В. Визначення контактного тиску, який виникає в гвинтовому затворі твіст-офф [Текст] / О.В. Ватренко // Вісн. Харків. держ. техн. ун-ту сільск. госп-ва. – Х., 2002. – Вип. 9. – С. 334-338.
3. Шендеровський, А.Ю. Вдосконалення процесу закупорювання скляної тари [Текст] / А.Ю. Шендеровський, О.В. Ватренко // Упаковка. – 2002. – №3. – С. 18-19. *Здобувач показав зв'язок способу закупорювання скляної тари та виду деформування закупорювальних засобів, увів новий рівень класифікації – безпеки споживачів.*
4. Ватренко, О.В. Навантаження на гвинтові упори кришок в затворах скляної тари з багатозахідними нарізками [Текст] / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2003. – Вип. 25. – С. 171-175. *Здобувач встановлював завдання дослідження, визначив та математично описав вид навантаження на нарізні упори кришок в затворах.*
5. Ватренко, О.В. Методики визначення коефіцієнтів тертя при закупорюванні скляної тари гвинтовим способом [Текст]. – О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський, О.К. Гладушніак // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2003. – Вип. 26. – С. 237-242. *Здобувач встановлював завдання дослідження, брав участь у розробці конструкції експериментальної установки, запропонував методики визначення сил тертя, визначив стадії перетворень в затворах.*
6. Ватренко, О.В. Герметизація скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський, О.К. Гладушніак // Упаковка. – 2003. – №3. – С. 28-29. *Здобувач запропонував математичний апарат для опису процесу закупорювання, розробив фізичну схему загвинчування кришки.*
7. Ватренко, О.В. Етапи зміни навантажень в гвинтових затворах скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2004. – Вип. 27. – С. 189-192. *Здобувач встановлював завдання дослідження, запропонував основні етапи зміни навантажень в нарізних затворах, брав участь у їх математичному описі та сформулював висновки.*
8. Ватренко, О.В. Коефіцієнти тертя при закупорюванні скляної тари пасовими робочими органами [Текст] / О.В. Ватренко // Вібрації в техніці і технологіях. – 2004. – №2. – С. 21-24.
9. Ватренко, О.В. Геометрична подібність закупорювальних засобів для скляної тари з багатозахідними нарізками [Текст] / О.В. Ватренко // Упаковка. – 2004. – №4. – С. 21-24.
10. Ватренко, О.В. Механічна подібність нарізних затворів скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко // Упаковка. – 2005. – №3. – С. 28-30.
11. Ватренко, О.В. Нарізні упори металевих кришок для скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський // Упаковка. – 2005. – №5. – С. 38-41. *Здобувач встановлював завдання дослідження, описав основні навантаження, які діють на нарізні упори кришок, вплив їх геометричних параметрів на розрахункову схему й характеристики жорсткості та сформулював висновки.*
12. Ватренко, О.В. Аналіз умов механічної подібності нарізних затворів скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2006. – Вип. 28. – Т. 1 – С. 167-171.
13. Ватренко, О.В. Параметричні ряди кришок типу III [Текст] / О.В. Ватренко // Холодильна техніка і технологія. – 2006. – №1. – С. 63-67.
14. Ватренко, О.В. Коефіцієнти тертя при закупорюванні скляної тари гвинтовим способом [Текст] / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський // Упаковка. – 2006. – №5. – С. 38-40. *Здобувач здійснював керівництво та брав участь в експериментальних дослідженнях і статистичній обробці отриманих даних, розробив план експерименту, узагальнив результати експериментів та сформулював висновки.*
15. Ватренко, О.В. Обґрунтування силових параметрів процесу закупорювання скляної тари типу III-82 [Текст] / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський // Наук. пр. / ОНАХТ. – О., 2007. – Вип. 31. – Т.1 – С. 97-105. *Здобувач здійснював керівництво та брав участь в експериментальних дослідженнях і статистичній обробці отриманих даних, розробив плани експериментів, узагальнив їх результати та сформулював висновки.*

16. Ватренко, О.В. Силкові параметри процесу закупорювання скляної тари типу III [Текст] / О.В. Ватренко // Холодильна техніка і технологія. – 2007. – №6. – С. 40-43.
17. Ватренко, О.В. Дослідження стійкості поля кришок типу III [Текст] / О.В. Ватренко // Обладнання та технології харчових виробництв: зб. наук. пр. / ДонНУЕТ. – Донецьк, 2009. – Вип. 20. – С. 11-17.
18. Ватренко, О.В. Перевірка стійкості поля кришок типу III-82 [Текст] / О.В. Ватренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / ХДУХТ. – Х., 2009. – Вип. 9. – С. 313-318.
19. Ватренко, О.В. Стандартизація закупорювальних засобів для консервної скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко // Харчова наука і технологія. – 2010. – №3. – С. 98-100.
20. Ватренко, О.В. Вплив механічних властивостей жерсті на міцність гвинтових кришок для скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко // Упаковка. – 2011. – №1. – С. 27-29.
21. Ватренко, О.В. Зменшення металоємності закупорювальних засобів та безпека харчових продуктів у скляній упаковці [Текст] / О.В. Ватренко // Пакувальна індустрія (стан та перспективи для харчових продуктів): матеріали V Наук.-практ. конф., Алушта, 01-02 черв. 2011 р. – С. 94-106. – (Додаток до часопису “Упаковка”. – 2011. – №3).
22. Ватренко, О.В. Обладнання для герметизації консервної скляної тари. Загальна класифікація [Текст] / О.В. Ватренко, К.В. Резнік // Харчова наука і технологія. – 2012. – №1. – С. 113. *Здобувач визначив рівні класифікації та брав участь у визначенні їх змісту.*
23. Пат. на винахід 87156 Україна, МПК В67В 3/00. Пристрій для підготовки до контролю ступеня безпеки закупорювання скляної тари [Текст] / Ватренко О. В., Шендеровський А. Ю. – На 200702973; заявл. 21.03.07; опубл. 25.06.09, Бюл. №12. – 4с. *Здобувач запропонував пристрій в цілому, корпус з нерухомим самоцентруючим диском, самоцентрівну рукоятку та пружину з регулятором зусилля.*
24. Пат. на винахід 86692 Україна, МПК В65D 41/04, В65D 43/02. Кришка металева до скляної тари [Текст] / Ватренко О.В., Шендеровський А.Ю. – На 2007 09623; заявл. 27.08.07; опубл. 12.05.09, Бюл. №9. – 4с. *Здобувач запропонував виконати вузол жорсткості кришки у вигляді каналової кінематичної поверхні з напрямними пелюсткового типу.*
25. Ватренко, О.В. Аналіз умов механічної подібності нарізних затворів скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко // Пищевые технологии – 2005: Міжнар. наук.-практ. конф.: [тези]. – О., 2005. – С. 65.
26. Ватренко, О.В. Передумови зменшення товщини жерсті кришок типу III [Текст] / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський // Пищевые технологии-2005: Міжнар. наук.-практ. конф.: [тези]. – О., 2005. – С. 66. *Здобувач встановлював завдання дослідження, визначив геометричні параметри нарізних упорів кришок, які впливають на можливість зменшення товщини жерсті.*
27. Ватренко, О.В. Новий стандарт на закупорювальні засоби для консервної скляної тари [Текст] / О.В. Ватренко // Сучасні проблеми техніки та технології харчових виробництв, ресторанного бізнесу та торгівлі: Всеукр. наук.-практ. конф.: [тези]. – Х., 2010 – С. 25-27.

АНОТАЦІЯ

Ватренко О.В. Науково-технічні основи створення нового покоління засобів для герметичного закупорювання харчових продуктів у скляній тарі. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Одеса, 2012.

Дисертація присвячена комплексному вирішенню проблеми зменшення товщини жерсті у виробництві кришок системи закупорювання типу III з урахуванням безпеки харчових продуктів, удосконаленню їх конструктивних параметрів та процесу закупорювання ними скляної тари. Затвор типу III розглядається як гвинтова

пара, що загвинчується фрикційними робочими органами, поле кришки – як гнучка пластина. Затвори різних типорозмірів розглядаються як механічно подібні системи.

Досліджено деформаційну поведінку кришок типу III. Окремо розглянуто деформування нарізних упорів та стійкість поля кришок. В результаті складено математичну модель затвора, визначено найбільш небезпечний етап процесу закупорювання, на якому відбувається нерегламентоване пластичне деформування нарізних упорів кришок, та перевірено стійкість поля кришок.

Проаналізовано міцність та жорсткість нарізних упорів кришок. Встановлено, що жорсткість визначає працездатність кришок більшою мірою ніж міцність. В результаті визначено передумови зменшення товщини жерсті кришок, за результатами яких практично підтверджено довжину нарізних упорів кришок з жерсті зменшеної товщини.

Визначено умови механічної подібності нарізних затворів, на базі яких розроблено математичні моделі для визначення довжини нарізних упорів кришок та силових параметрів процесу закупорювання. Використовуючи отримані математичні моделі, спроектовано параметричні ряди кришок типу III, в яких параметри кришок задаються в залежності від товщини жерсті, та, використовуючи експериментальні дослідження процесу закупорювання, визначено відповідні його силові параметри в залежності від типорозміру затвора.

Ключові слова: система закупорювання, нарізний затвор, процес закупорювання, кришка, жерсть, жорсткість, стійкість, закупорювальна машина.

АННОТАЦИЯ

Ватренко А.В. Научно-технические основы создания нового поколения средств для герметического укупоривания пищевых продуктов в стеклянной таре. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины, Одесса, 2012.

Диссертация посвящена комплексному решению проблемы уменьшения толщины жести в производстве крышек системы укупоривания типа III с учетом безопасности пищевых продуктов, усовершенствованию их конструкционных параметров и процесса укупоривания ими стеклянной тары.

Сделан критический обзор систем укупоривания стеклянной тары и предложена их классификация. Сделан критический обзор оборудования для герметизации стеклянной консервной тары и предложена его классификация.

Исследовано деформационное поведение крышек типа III, в котором затвор типа III рассматривается как винтовая пара, которая завинчивается фрикционными рабочими органами, поле крышки – как гибкая пластина. Отдельно рассмотрены деформирование резьбовых упоров и устойчивость поля крышек.

В результате составлена математическая модель затвора, выражающая герметизирующее усилие в затворе в процессе укупоривания. Определены и математиче-

ски описаны основные этапы изменения нагрузок в затворах в процессе укупоривания и обработки пищевой продукции, из которых установлен наиболее опасный этап, на котором происходит нерегламентированная пластическая деформация резьбовых упоров крышек.

Осуществлена проверка устойчивости поля крышек из жести разной толщины и пределов текучести стальной основы под действием сил, возникающих в процессе стерилизации продукции, в ходе которой усовершенствовано теоретическое обоснование пределов устойчивости поля крышек в части определения размеров опасной зоны поля, критического давления и закрепления контура поля. Получены значения внешнего критического давления для крышек из жести разной толщины и пределов текучести.

Проанализированы прочность и жесткость резьбовых упоров крышек, а также механические свойства жести. Установлено, что увеличение твердости жести в первую очередь способствует повышению ее упругости. Показано, что жесткость определяет работоспособность крышек в большей степени чем прочность. Возможность возникновения пластической деформации резьбовых упоров связана с равномерностью загрузки узла жесткости крышки, причем ключевым геометрическим параметром упоров, влияющим на их жесткость, является длина.

В результате определены предпосылки снижения толщины жести крышек, используя которые практически подтверждено значение длины резьбовых упоров крышек III-82 из жести сниженной толщины. Главной предпосылкой снижения толщины является изменение схемы нагружения упоров с консольной на эквивалентную двухопорному брусу, происходящее в результате увеличения длины упоров.

Затворы разных типоразмеров рассматриваются как механически подобные системы. Определены условия механического подобия резьбовых затворов, которые формализованы в виде двух критериев: критерия равномерности загрузки узлов жесткости крышек затворов и критерия герметизации затворов. Получен также параметрический критерий геометрического подобия затворов.

Показано, что равномерность загрузки узлов жесткости крышек, при снижении толщины жести, можно обеспечить за счет перераспределения нагрузки на них в процессе укупоривания путем увеличения длины упоров крышек. Герметизацию затворов, то есть безопасность пищевой продукции, можно обеспечить путем фиксации контактного давления в уплотнениях затворов в процессе укупоривания. На базе условий механического подобия разработаны математические модели для определения длины резьбовых упоров крышек и силовых параметров процесса укупоривания.

Осуществлено экспериментальное исследование процесса укупоривания стеклянной тары типа III-82, в ходе которого определялись силовые параметры укупорочного оборудования, обеспечивающие безопасность пищевой продукции при укупоривании крышками из жести сниженной толщины, и коэффициенты трения вне и внутри затвора в процессе укупоривания. Правильность наладки укупорочного оборудования контролировалась путем проверки степени безопасности укупоривания.

С помощью условий механического подобия затворов, полученные экспериментальные данные, а также практически подтвержденные значения длины резьбо-

вых упоров крышек III-82, были обобщены и использованы для получения соответствующих недостающих данных для затворов других типоразмеров. Таким образом были получены силовые параметры процесса укупоривания стеклянной тары типа III других типоразмеров и длины резьбовых упоров крышек других существующих типоразмеров.

Новые, научно обоснованные параметры процесса укупоривания заданы в зависимости от типоразмера затвора и могут быть использованы при наладке и модернизации укупорочного оборудования разных моделей и производителей. На базе полученных геометрических параметров крышек спроектированы параметрические ряды крышек типа III, в которых геометрические параметры крышек задаются в зависимости от толщины жести.

Благодаря внедрению результатов исследований в производство крышек III-82, III-66, III-58 и III-53 из жести сниженной, в сравнении с заложенной в действующем стандарте, толщины, вес одной крышки уменьшился в среднем на 24 %, что дало существенный экономический эффект. Результаты исследований использованы для усовершенствования процесса укупоривания на укупорочных машинах производства Италии, Украины, Германии. Сроки эксплуатации быстроизнашиваемых деталей штамповой оснастки для производства крышек с уменьшением толщины жести возросли.

Ключевые слова: система укупоривания, резьбовой затвор, процесс укупоривания, крышка, жесь, жесткость, устойчивость, укупорочная машина.

ANNOTATION

Vatrenko A.V. Scientific and technical grounds of creating the new generation of the means for sealing of food products in glass packing. Manuscript.

Dissertation for scientific degree of Doctor of Technical Sciences on the speciality 05.18.12 – Processes and equipment of food, microbiological and pharmaceutical productions. Odessa National Academy of Food Technologies of Ministry of Education and Science, Youth and Sport of Ukraine, Odessa, 2012.

The dissertation is devoted to complex solution of the problem of reducing of tinplate thickness when producing caps of the III-rd type sealing system taking into account food products safety; to perfection of construction parameters and the process of sealing the glass packing with them. The lock of the III-rd type is considered as a screw pair which is screwed up with friction working bodies, the area of the cap as flexible plate. The locks of different tapes and dimensions are considered as mechanically similar systems.

Deformations behavior of the III-rd tape caps has been investigated. Deformation of threading lugs and strain stability of the caps area have been considered separately. As a result the mathematical model of the lock has been composed; the most dangerous stage of sealing process during which unregulated plastic deformation of caps threading lugs takes place, has been determined; and strain stability of the caps area has been checked.

Strength and stiffness of caps threading lugs have been analysed. It has been determined, that stiffness defines capacity for work to greater degree than strength. As a result preconditions of reduction of caps tin-plate thickness have been determined, according to

the results the significance of length of caps threading lugs from tin-plate of the reduced thickness has been practically confirmed.

The conditions of the mechanical similarity of threading locks have been determined on the basis of which mathematical models for determining of caps threading lugs length and force parameters of the sealing process have been developed. Using given mathematical models, the parameter lines of III-rd type caps have been designed, in which parameters of caps are given, depending on tin-plate thickness and using experimental investigation of the sealing process, appropriate force parameters have been determined depending on the type and dimension of the lock.

Key words: the system of sealing, threading lock, the sealing process, cap, tin-plate, stiffness, strain stability, sealing machine.

Підписано до друку *19.09.* 2012р. Формат 60×90/16
Об'єм 1,9 умов. арк. Замовлення № 9 Тираж 100 прим.

ОНАХТ, 65039, м. Одеса – 39, вул. Канатна, 112