

УДК 664:621.651

DOI: 10.31388/2078-0877-19-2-25-34

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВОДОРІЗНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЙОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ УЩІЛЬНЮВАЧА ПЛУНЖЕРА ГІДРОМУЛЬТИПЛІКАТОРА ДВОСТОРОННЬОЇ ДІЇ

Погребняк А. В., д. т. н.,

Пархоменко Р. О., магістр

*Донецький національний університет економіки і торгівлі імені
Михайла Туган-Барановського*

Тел.(050) 607-70-18

Анотація – у статті наведено результати аналізу технічних рішень в області розробки ущільнень плунжера гідромультиплікатора водорізного обладнання. Визначені шляхи подолання недоліків водорізного обладнання та розроблено нову конструкцію ущільнювача, так як існуючі типи ущільнень не відповідають вимогам, які висуваються до обладнання для водорізання харчових продуктів. Розроблено нові конструкції ущільнень з високими техніко-економічними показниками та ресурсом роботи.

Ключові слова – гідромультиплікатор, ущільнення, тиск, плунжер, продукти.

Постановка проблеми. Різання, як один з технологічних процесів обробки харчових продуктів, широко застосовується в різних галузях промисловості: харчовій, рибній, м'ясній, комбікормовій та ін.

Для різання харчових продуктів використовують різноманітні засоби та обладнання. Однак, при використанні цих засобів та обладнання виникають значні труднощі при різанні твердих (заморожених) харчових продуктів.

Альтернативним способом обробки є процес водорізання, що виключає існуючі недоліки.

Водорізання використовується в різних галузях промисловості, окрім харчової. З використанням методу водорізання в харчовій промисловості можливо буде досягнути значних переваг перед вже існуючими засобами для різання твердих харчових продуктів: знизити втрати продукту через малу ширину різа (до $0,8 \cdot 10^{-3}$ м); підвищити ступінь санітарної безпеки та якість поверхні розділення; різати в будь-яких напрямках; знизити час простою на технічне

обслуговування; різати тверді харчові продукти при всіх практично важливих температурах, навіть до температури рідкого азоту.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз існуючих літературних джерел показує, що існуюче обладнання для різання харчових продуктів металоємне, дороге, ненадійне в роботі, або має значні труднощі при різанні твердих харчових продуктів.

Аналіз літературних джерел показав, що на сьогоднішній день є велике різноманіття обладнання для водорізання. Однак, це обладнання не може бути використане і не передбачене для різання харчових продуктів, внаслідок своїх конструктивних особливостей і наявних недоліків. Тому необхідна розробка нової конструкції обладнання для водорізання твердих харчових продуктів.

Аналіз технічних рішень в області розробки ущільнень плунжера гідромультіплікатора водорізного обладнання показав, що існуючі типи ущільнень не відповідають вимогам, які висувуються до обладнання для водорізання харчових продуктів. У зв'язку з цим з'являється необхідність розробки нових конструкцій ущільнень плунжера.

У розробці та проектуванні циліндрів високого тиску гідромультіплікаторів водорізного обладнання одним з основних вузлів є вузол ущільнення плунжера, через який вводять у циліндр високого тиску деталі, що рухаються.

Теперішнього часу техніка ущільнення елементів гідросистем, які здійснюють зворотньо-поступальні, обертальні та інші види руху, досить добре відпрацьована [1, 2]. Існує велика кількість різних типів ущільнювачів, що працюють у широкому діапазоні тисків і з рідинами різного походження.

У загальному випадку під ущільнювачем мається на увазі пристрій, який виключає або обмежує проникнення рідин, газів або твердих часток (наприклад, атмосферного пилу) через рухомі або нерухомі з'єднання деталей, що не становлять єдиного цілого. Усі існуючі різновиди ущільнювачів можна розділити на дві групи [3]: із природним ущільненням і ущільнювачі з набиванням.

Більшість ущільнювачів, що використовуються за високих тисків, є комбінованими, де остаточне ущільнення типу «метал-метал» сполучається з початковим ущільненням прокладками з м'яких матеріалів типу еластомірів.

Підставою для вибору типу ущільнювачів служать вимоги, запропоновані до конкретної конструкції гідромультіплікатора:

- забезпечення необхідної герметичності під час тривалого терміну експлуатації;
- відсутність великих сил тертя та зношування рухомих деталей;

- забезпечення працездатності в широкому температурному діапазоні та за можливих перепадів тиску;
- невеликі габарити, а також дешевизна та простота виготовлення й експлуатації;
- надійність та довговічність.

До ущільнювальних пристроїв циліндрів високого тиску гідромультіплікаторів водорізного обладнання, яке використовується для різання харчових продуктів, ставляться додаткові вимоги – це екологічна безпека.

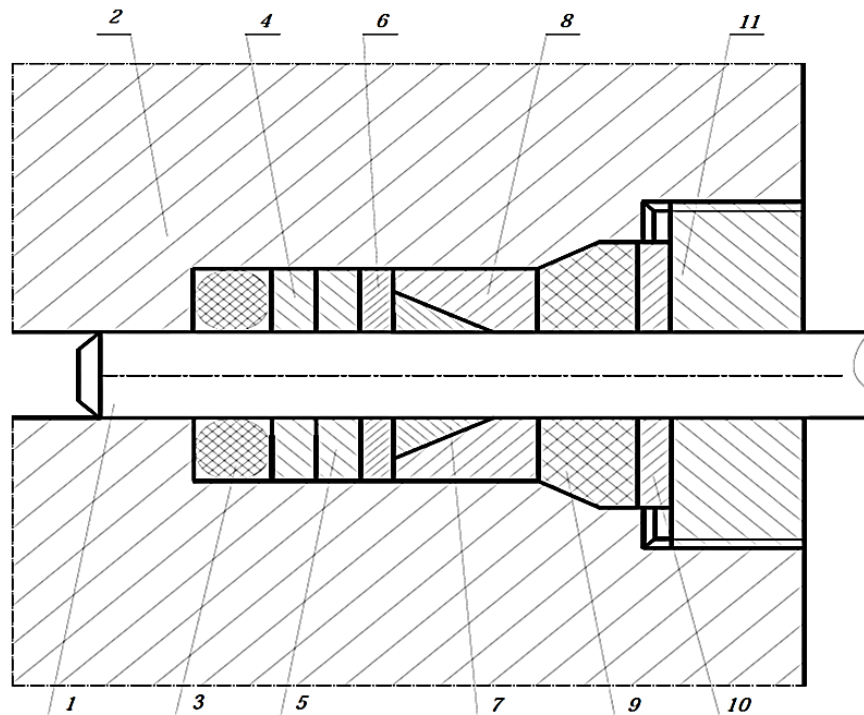
Найпоширенішими в конструкціях гідромультіплікаторів високого тиску є ущільнювачі, виконані з попередньою напругою ущільнюючого елемента, або ущільнення з некомпенсованою площею.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Розробити нові конструкції ущільнень з високими техніко-економічними показниками та ресурсом роботи для обладнання водорізання твердих харчових продуктів, а також проведення їх експериментальних випробувань з метою підтвердження ефективності роботи запропонованих конструкцій ущільнювачів плунжера гідромультіплікатора та доцільність їхнього використання.

Основна частина. Випробування та наступна експлуатація водорізного обладнання, виконаного на базі гідромультіплікатора, оснащеного ущільнювачем високого тиску, що працює за принципом некомпенсованої площі, показали, що воно може ефективно експлуатуватися за тиску до 160 МПа й частоти перемикання до 200 разів за хвилину. За таких режимів ресурс роботи ущільнювача становить 550 год. Спроби форсувати режими роботи призвели до різкого зниження ресурсу та необхідності частого розбирання гідромультіплікаторів з метою заміни ущільнювальних елементів, що вийшли з ладу. Це пояснюється тим, що в контактних ущільнювачах, які працюють за принципом некомпенсованої площі, розвивається напруга, що значно перевищує робочий тиск, унаслідок чого легко перевищується межа текучості матеріалів ущільнювальних елементів [4]. Це порушує роботу ущільнювачів. Такі ущільнювачі забезпечують гарну герметизацію циліндра високого тиску, однак термін їхньої служби невеликий.

Метою статті є опис створених конструкцій ущільнювача, що задовольняє перераховані вище вимоги та ефективно працює в широкому діапазоні робочих тисків (від 1 до 500 МПа).

З метою створення конструкції ущільнювача плунжера гідромультіплікатора, який здійснює зворотно-поступальні рухи з високим ресурсом роботи за підвищених режимів (тиск до 500 МПа) та який відповідає перерахованим вище вимогам, було розроблено та виготовлено дві конструкції ущільнювачів, які наведені на рисунках 1 і 2.



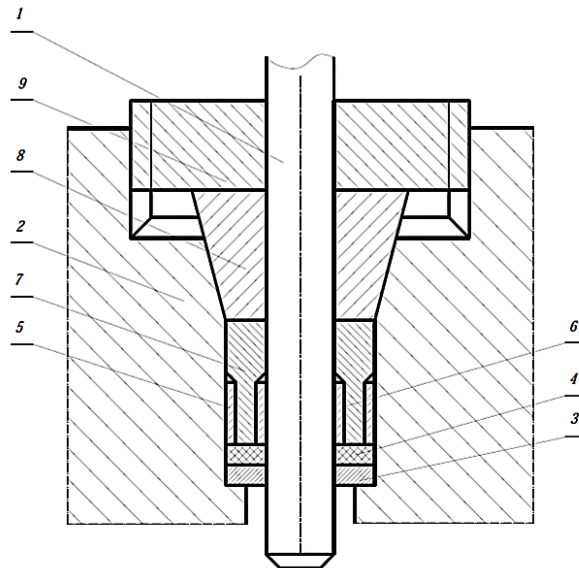
1 – плунжер гідравлічної машини; 2 – металевий циліндр; 3 – ущільнювальне О-подібне кільце з гуми; 4, 5 – мідні ущільнювальні кільця; 6 – ущільнювальне кільце фторопласту; 7 – конусоподібне ущільнювальне кільце тефлону; 8 – металева втулка; 9 – гумова прокладка; 10 – металеве нажимне кільце; 11 – гайка.

Рис. 1. Конструкція ущільнювача 1.

Конструкція ущільнювача, яка зображена на рисунку 1, наведена у варіанті ущільнення плунжера 1 гідравлічної машини і містить металевий циліндр 2, усередині нього встановлено ущільнювальне О-подібне кільце з гуми 3, на зовнішній поверхні якого встановлено один на одному два мідних ущільнювальних кільця 4, 5, усередині них проходить плунжер, що ущільнюється. На зовнішній поверхні ущільнювального мідного кільця 5 встановлено ущільнювальне кільце 6 з фторопласту, на якому встановлено конусоподібне ущільнювальне кільце 7 з тефлону. На похилу зовнішню поверхню тефлонового ущільнювального кільця 7 встановлюється металева втулка для піджиму ущільнювальних кілець до поверхні плунжера 1, тим самим і для герметизації цих поверхонь, як це показано на рисунку 1. Між зовнішньою поверхнею втулки 8 і циліндром 2 встановлено гумову прокладку 9. На зовнішній поверхні гумової прокладки 9 встановлено металеве нажимне кільце 10. Ущільнювальні кільця, що з'єднуються між собою, після збірки піджаті гайкою 11, яка забезпечує внутрішній напружений стан.

Під дією тиску робочої рідини набір ущільнювальних кілець стискає гумове ущільнювальне О-подібне кільце в осьовому

напрямку. При цьому це кільце розширюється в радіальному напрямку та притискається до стінок циліндра, набору ущільнювальних кілець та плунжера. Таким чином, відбувається герметизація.



1 – плунжер гідромультіплікатора; 2 – корпус з металевого, металокерамічного або керамічного матеріалу; 3 – ущільнювальне кільце з берилієвої бронзи; 4 – ущільнювальне тефлонове кільце; 5, 6 – ущільнювальні кільця з берилієвої бронзи; 7 – сталеве ущільнювальне кільце; 8 – втулка з пружноеластомірного матеріалу; 9 – сталева гайка.

Рис. 2. Конструкція ущільнювача 2.

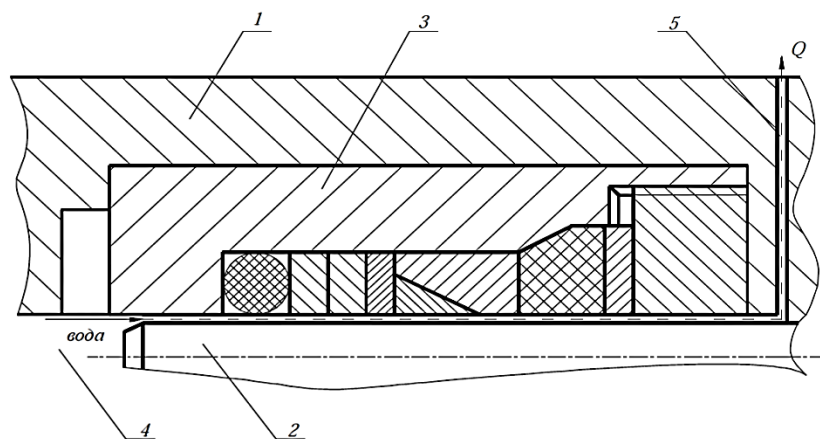
Конструкція ущільнювача, яка зображена на рисунку 2, наведена у варіанті ущільнення плунжера 1 гідромультіплікатора і містить корпус 2 з металевого, металокерамічного або керамічного матеріалу, усередині нього встановлено ущільнювальне кільце з берилієвої бронзи 3, на зовнішній поверхні якого встановлено ущільнювальне тефлонове кільце 4, всередині них проходить деталь, що ущільнюється, це може бути плунжер 1, поршень або шток гідравлічних машин. На зовнішній поверхні ущільнювального тефлонового кільця 4 встановлено ущільнювальні кільця з берилієвої бронзи 5, 6 різного діаметра, вставлено одне в друге, на відстані, що дорівнює діаметру сталевих ущільнювальних кілець 7, яке щільно вставлено в цю відстань. Ущільнювальні поверхні штока, поршня або плунжера і/або ущільнювальних кілець 3, 4, 5, 6, 7, що труться, покриті антифрикційним і/або зносостійким матеріалом.

Між зовнішньою поверхнею ущільнювального сталевих кілець 7 і корпусом 2 встановлено втулку 8 з пружноеластомірного матеріалу, наприклад, гуми, для піджиму ущільнювальних кілець до поверхні плунжера 1, що ущільнюється, тим самим і герметизації цих

поверхонь. Торці ущільнювальних кілець, що з'єднуються між собою, після збірки піджаті, у свою чергу, сталеву гайкою 9.

Дослідження працездатності представлених ущільнювачів виконувалися на експериментальній стендовій установці для водорізання харчових продуктів, що дозволяє здійснювати дослідження ущільнювачів у широкому діапазоні робочих тисків (від 100 до 500 МПа). Для цього нові ущільнювачі були по черзі вбудовані у складений багат шаровий корпус гідромультіплікатора двосторонньої дії для розподілу циліндра низького тиску та циліндра високого тиску, що зображено на рисунку 3. Для виміру величини об'єму витоків води Q з камери надвисокого тиску 4 через ущільнювач 3 плунжера 2 у корпусі гідромультіплікатора 1 був виконаний канал 5. Об'єм витоків через ущільнювач визначався шляхом збору рідини з каналу 5 в мірну ємність за фіксований проміжок часу. Зміни тиску води ΔP , МПа фіксувалися за допомогою стрілочного манометра МН 4 типу МТП класу 1 з діапазоном вимірів від 0 до 600 МПа, встановленого на трубопроводі надвисокого тиску. Величина ΔP є різницею між тиском води P_1 в трубопроводі надвисокого тиску установки для водорізання харчових продуктів зі стандартним капролоновим ущільнювачем плунжера гідромультіплікатора та тиском P_2 з новою конструкцією ущільнювача плунжера

$$\Delta P = P_2 - P_1, \text{ МПа.} \quad (1)$$



1 – корпус гідромультіплікатора; 2 – плунжер; 3 – корпус ущільнювача; 4 – циліндр високого тиску; 5 – канал для виміру величини об'єму витоків води.

Рис. 3. Схема встановлення ущільнювача надвисокого тиску в корпус гідромультіплікатора двосторонньої дії.

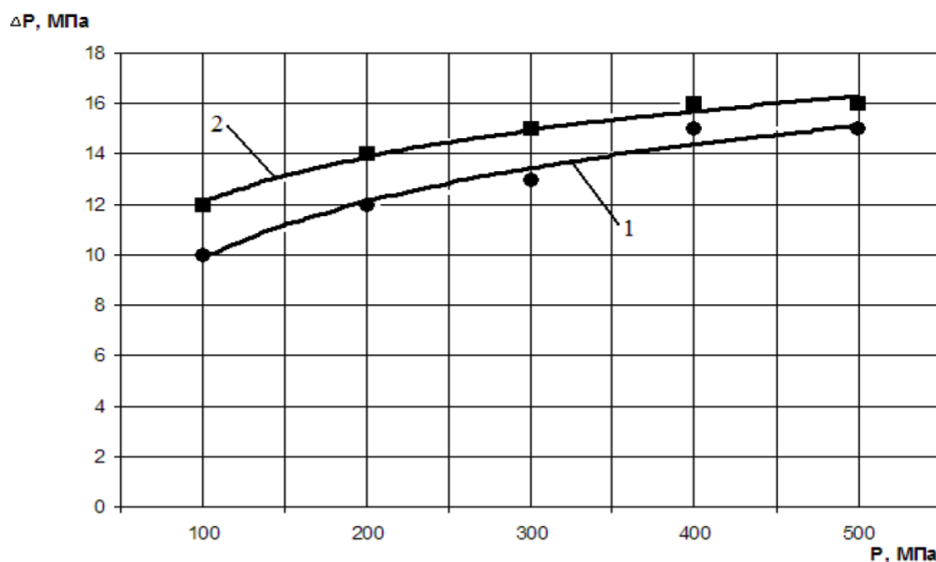
Отримані експериментальні результати зведено в таблицю 1 і наведено на рисунках 4 - 6.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень нових конструкцій ущільнювачів плунжера гідромультіпликатора двосторонньої дії

№ досліджу	Робочий тиск P, МПа	ΔP , МПа	Об'єм витоків води з новим ущільнювачем Q, л/хв	Об'єм витоків води зі стандартним ущільнювачем Q, л/хв
1	100	+10/+12	0,21/0,17	0,37
2	200	+12/+14	0,38/0,24	0,63
3	300	+13/+15	0,57/0,44	0,81
4	400	+15/+16	0,7/0,58	1,07
5	500	+15/16	0,88/0,75	1,24

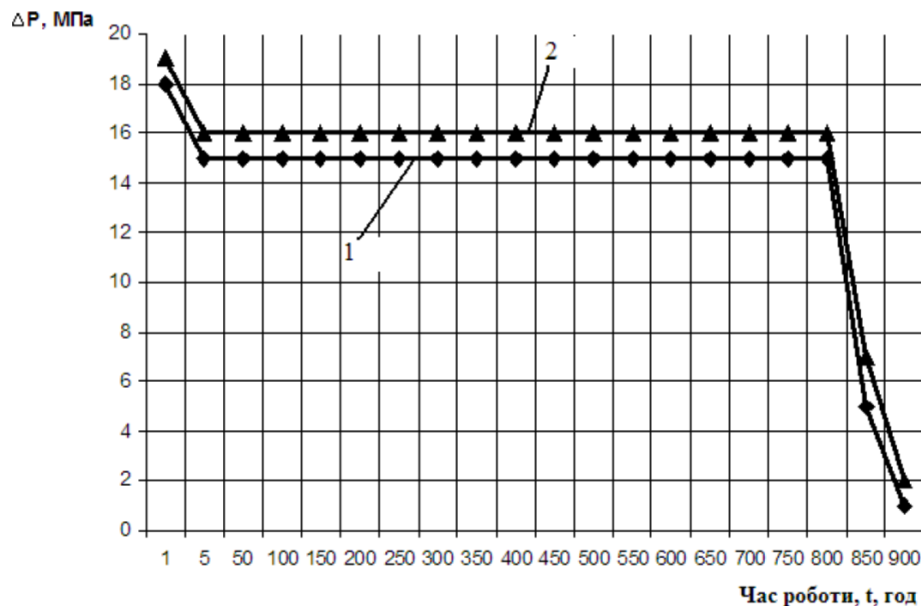
Примітка. У чисельнику представлено експериментальні дані роботи ущільнювача конструкції 1, у знаменнику – конструкції 2.

Аналіз експериментальних даних, представлених на рисунку 4, показує, що графік зміни тиску носить криволінійний характер. Величина у всіх випадках позитивна, що говорить про те, що тиск води в трубопроводі надвисокого тиску установки для водорізання з новими конструкціями ущільнень плунжера гідромультіпликатора вищий, ніж зі стандартним ущільнювачем, за однакових енерговитрат. Величина зміни тиску залишається незмінною близько 800 годин, потім починає стрімко знижуватися, що зображено на рисунку 5. Це свідчить про те, що ресурс роботи нових ущільнювачів більший приблизно в 1,5 разу, ніж стандартного ущільнювача (близько 500 г).



1 – конструкція ущільнювача 1; 2 – конструкція ущільнювача 2.

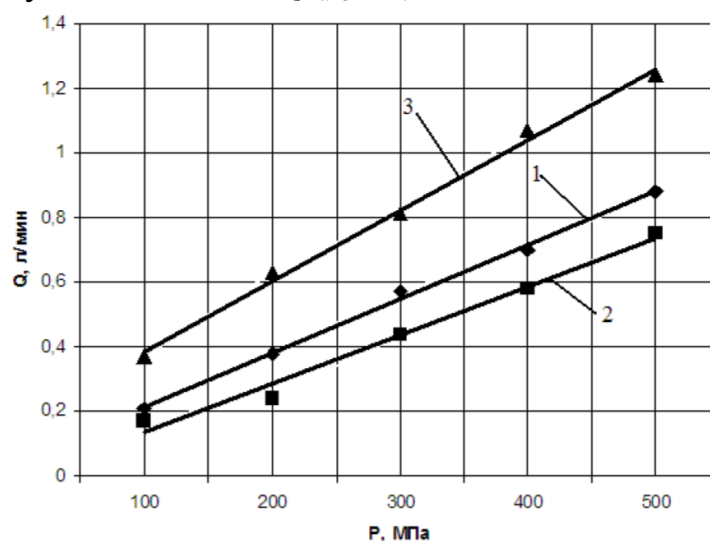
Рис. 4. Залежність зміни тиску ΔP , МПа від величини робочого тиску P, Мпа.



1 – конструкція ущільнювача 1; 2 – конструкція ущільнювача 2.

Рис. 5. Залежність зміни тиску РД, МПа від часу роботи ущільнювача t, год, за Р = 500 МПа.

Величина об'єму витоків води Q (рис. 6) зі збільшенням робочого тиску від 100 до 500 МПа зростає по криволінійній залежності для всіх трьох конструкцій ущільнювачів. Однак максимальний об'єм витоків води з новими конструкціями ущільнювачів значно нижчий, ніж зі стандартним ущільненням, що, у свою чергу, знижує необхідну кількість затрачуваної електроенергії. Так, для конструкції ущільнювача 1 максимальний об'єм витоків води становить $Q_{\max 1} = 0,88$ л/хв, для конструкції 2 – $Q_{\max 2} = 0,75$ л/хв, для стандартного ущільнювача – $Q_{\max 3} = 1,24$ л/хв.



1 – конструкція ущільнювача 1; 2 – конструкція ущільнювача 2; 3 – стандартний ущільнювач.

Рис. 6. Залежність величини об'єму витоків Q від величини робочого тиску.

Висновки. У результаті експлуатаційних випробувань встановлено, що ресурс роботи нових конструкцій ущільнювачів плунжера гідромультипликатора становить близько 800 годин, що в 1,5 разу більше, ніж стандартного ущільнювача, а величина об'єму витоків води Q з новими конструкціями ущільнювачів ($Q_{\max 1} = 0,88$ л/хв і $Q_{\max 2} = 0,75$ л/хв) значно нижча, ніж об'єми витоків води ($Q_{\max 3} = 1,24$ л/хв) зі стандартним ущільнювачем. Експериментально підтверджено ефективність роботи запропонованих конструкцій ущільнювачів плунжера гідромультипликатора та доцільність їхнього використання. Розроблені конструкції ущільнювачів можуть бути рекомендовані для використання в обладнанні для водорізання харчових продуктів і в аналогічних установках.

Перспективами подальших досліджень у даному напрямку є більш детальні експлуатаційні дослідження ущільнювачів плунжера гідромультипликатора для їх удосконалення.

Література:

1. Уплотнения и уплотнительная техника: справочник / под ред. А. И. Голубева. Москва: Машиностроение, 1994. 448 с.
2. Уплотнения: сб. статей / под ред. В. К. Житомирского. Москва: Машиностроение, 1964. 280 с.
3. *Никитин Г. А.* Щелевые и лабиринтные уплотнения. Москва: Машиностроение, 1982. 168 с.
4. *Тихомиров Р. А., Гуенко В. С.* Гидрорезание неметаллических материалов. Киев: Техника, 1984. 150 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВОДОРЕЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ УПЛОТНИТЕЛЯ ПЛУНЖЕРА ГИДРОМУЛЬТИПЛИКАТОРА ДВУСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

Погребняк А. В., Пархоменко Р. А.

Аннотация – в статье приведены результаты анализа технических решений в области разработки уплотнений плунжера гидромультипликатора водорезного оборудования. Определены пути преодоления недостатков водорезного оборудования и разработана новая конструкция уплотнителя, так как существующие типы уплотнений не соответствуют требованиям, предъявляемым к оборудованию для водорезания пищевых продуктов. Разработаны новые конструкции уплотнений с высокими технико-экономическими показателями и ресурсом работы.

INVESTIGATION OF THE DESIGN OF A WATERCASE EQUIPMENT AND ITS IMPROVEMENT BY MODERNIZING THE SEAL OF THE PLUGGER OF THE HYDRO-MULTIPLICATOR OF BILATERAL ACTION

A. Pogrebnyak, R. Parkhomenko

Summary

Various tools and equipment are used to cut food. However, when using these tools and equipment, there are significant difficulties in cutting solid (frozen) food products. An alternative way of processing is the process of water cutting, which eliminates existing disadvantages.

Water cutting is used in various industries except food. With the use of the water cutting method in the food industry, it will be possible to achieve significant advantages over already existing means for cutting hard food products: to reduce product losses due to the small cutting width; improve the degree of sanitary safety and the quality of the separation surface; cut in any direction; reduce downtime for maintenance; to cut solid food at almost all temperatures.

Conducted researches on the have shown that the life of the new designs of the densifier plunger of the hydromultiplator is about 800 hours, which is 1.5 times more than the standard sealant, and the volume of leakage water Q with new condenser structures ($Q_{\max 1} = 0.88$ l / min and $Q_{\max 2} = 0.75$ l / min) is significantly lower than the volume of leakage water ($Q_{\max 3} = 1.24$ l / min) with a standard sealant. The efficiency of the proposed designs of the plunger seals of the hydromultiplaster and the expediency of their use have been experimentally confirmed. Designed seals designs can be recommended for use in equipment for water cutting food products and in similar installations.

The received results prove high potential of further research-and-developments of the industrial prototype of water cutting equipment for food products.