

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ПНЕВМАТИЧНОГО КЛАПАНА З ДВОПОЗИЦІЙНИМ ПОЛЯРИЗОВАНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПРИВОДОМ І ЗАТВОРОМ З «МЕТАЛ-МЕТАЛЕВИМ» УЩІЛЬНЕННЯМ

THE EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE COMPACT-SIZED TWO-POSITION PNEUMATIC VALVE WITH POLARIZED ELECTROMAGNETIC DRIVE AND «METAL-METAL» SEALING UNIT

Наведено результати експериментальних досліджень малогабаритного пневматичного клапана з двопозиційним електромагнітним приводом і затвором з «метал-металевим» ущільненням. Показано особливості зміни параметрів клапана та його електромагнітного привода з напрацюванням. Дано рекомендації щодо зменшення навантажень, які виникають в елементах клапана при його спрацюванні. Наведено результати досліджень зношування ущільнюючого органа клапана. Показано, що зменшення зносу ущільнення клапана вдасться досягнути з використанням явища демпфування.

Ключові слова: пневматичний клапан, електромагнітний привод, експериментальні дослідження, затвор, металеве ущільнення, закриття, відкриття, демпферні пристрої.

Вступ

В рідинногазових системах різного призначення, що працюють в умовах високих температур або агресивного робочого середовища, широке розповсюдження отримали електромагнітні клапани (ЕМК) з жорсткими «метал-металевими» ущільненням в затворі. Наявність жорсткого «метал-металевого» ущільнення призводить до виникнення ударних навантажень на елементи запірного вузла клапана. Навантаження на золотник та сідло створюється внаслідок гальмування рухомої системи клапана під час його закриття. Цей процес проходить відносно швидко, тому носить ударний характер, збільшує інтенсивність процесів зношування цих елементів та обмежує ресурс виробу [1, 2].

Для оцінки ресурсних можливостей таких ЕМК актуальним питанням є визначення впливу конструктивнотехнологічних параметрів затворів на деформаційні характеристики елементів. Також важливо виявити основні зміни технічного стану клапана та його окремих елементів, встановити зміну функціональних параметрів клапана з наробітком.

Для зменшення рівня динамічних навантажень на ЕМК з жорсткими «метал-металевими» ущільненнями в затворі використовують різні типи спеціальних демпферів [3, 4, 5]. Актуальним питанням є також визначення швидкості зношування робочої поверхні ущільнення клапана без використання спеціального демпфера та за його наявності, а також вплив на швидкодію клапана характеристик

демпера. Цим обґрунтовується актуальність проведених експериментальних досліджень, спрямованих на визначення основних факторів, які впливають на ресурс клапана при збільшенні його наробітку.

Задачі експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводилися з метою вирішення наступних питань:

- визначення впливу циклічного спрацювання на геометрію ущільнюючих елементів клапана;
- дослідження переходу елементів клапана в непрацездатний стан при тривалому впливі ударних навантажень;
- виявлення такого типу конструкції ущільнення клапана, який зазнає найменшого впливу руйнівних процесів під дією експлуатаційних навантажень.

У якості об'єктів дослідження використовувались клапани, виготовлені за штатною документацією ПАТ «Київське центральне конструкторське бюро арматуробудування». Дослідженням були піддані серійні ЕМК з двопозиційним поляризованим приводом з «метал-металевим» ущільненням різного конструктивного виконання:

- ЕМК із ущільненням типу конусний золотник та конусне сідло;
- ЕМК із ущільненням типу конусний золотник та прямокутне сідло;

— ЕМК із ущільненням типу напівсферичний золотник та прямокутне сидло.

Програма експериментальних досліджень включала до себе проведення наступних досліджень:

1. Проведення спеціальних ресурсних випробувань дослідних зразків ЕМК з двопозиційним поляризованим електромагнітним приводом з «метал-металевим» ущільненням в запірному вузлі клапана різного конструктивного виконання (по 3 зразки для кожного конструктивного виконання запірного вузла клапана з використанням різного конструкційного матеріалу — нержавіючої сталі 08X18H10T, сталі СТ45 і титану ВТ1-0) з контролем витоків з наробітком в запірному вузлі клапана в його закритому положенні.

2. Проведення аналогічних спеціальних ресурсних випробувань дослідних зразків ЕМК даного типу (по 3 зразки для кожного конструктивного виконання запірного вузла клапана з використанням різного конструкційного матеріалу — нержавіючої сталі 08X18H10T, сталі СТ45 і титану ВТ1-0) при наявності демпфірувального елемента в рухомій частини ЕМК з контролем витоків з наробітком у запірному вузлі клапана у його закритому положенні.

3. Проведення досліджень зносу поверхні контакту елементів «метал-металевого» ущільнення запірного вузла клапана з наробітком.

Моделі досліджуваних зразків

В таблиці 1 наведено конструктивні схеми елементів «метал-металевого» ущільнення клапана, які досліджувалися. Вибір конструктивного типу ущільнення для проведення експериментальних досліджень був зумовлений його поширенням в діючих конструкціях ЕМК.

Проведення ресурсних випробувань

Ресурсні дослідження ЕМК проводились на стендовій установці СТУ-006, схему якої зображено на рисунку 1.

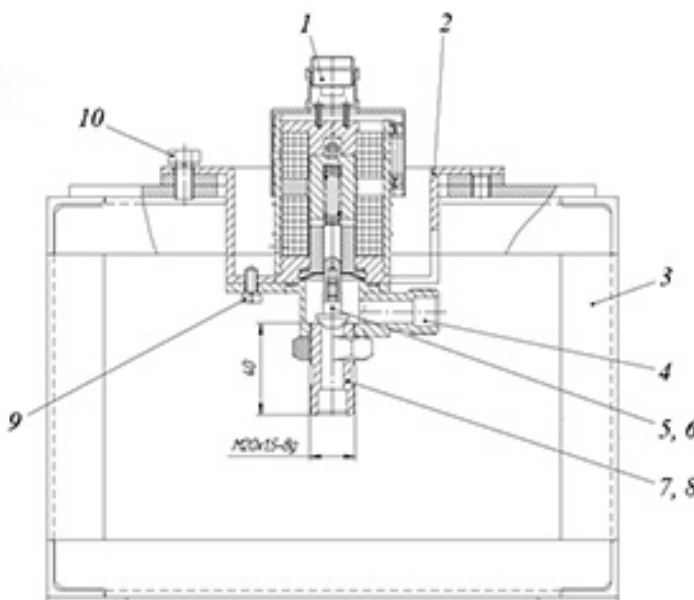


Рисунок 1 — Установка СТУ-006 для дослідження впливу демпфувального елемента в конструкції ЕМК на швидкість зношування ущільнюючих поверхонь затво-ру: 1 — клапан електромагнітний запірний DN 10 УФ 96414; 2 — стакан, 3 — опорна рама, 4 — корпус; 5, 6 — золотники різного типу; 7, 8 — змінне сидло різного конструктивного виконання; 9, 10 — кріплення

Один цикл навантаження зразка ущільнення клапана виконується таким чином. В початковому положенні клапан (рисунок 2) знаходиться у закритому стані, його котушки закриття 6 та відкриття 7 від'єднанно від живлення.

Закриття клапана відбувається через попередню намагніченість постійного магніту та ущільнюючою пружину 5. Клапан знаходиться у вихідному положенні, золотник 1 перебуває на ущільнюючій поверхні сідла 2. Пружина 5 стиснута із початковим зусиллям установки.

При подачі живлення на обмотку відкриття 7 електромагніта ярів 8 під дією електромагнітних сил починає рухатися. Цим він стискає пружину 5 до досягнення нею величини робочого зусилля. При цьому ярів 8 через шток 4 передає свій рух на золотник 1. Після того, як ярів подолає конструктивно закладену величину ходу, він стикається зі стопом 9 електромагніта і утримується у такому положенні через силу магнітної взаємодії.

Таблица 1

Назва деталі	Модель	Матеріал
Сідло, тип 1		Нержавіюча сталь 08X18H10T
		Сталь 45
		Титан BT1-0
Сідло, тип 2		Нержавіюча сталь 08X18H10T
		Сталь 45
		Титан BT1-0
Золотник, тип 1		Нержавіюча сталь 08X18H10T
		Сталь 45
		Титан BT1-0
Золотник, тип 2		Нержавіюча сталь 08X18H10T
		Сталь 45
		Титан BT1-0

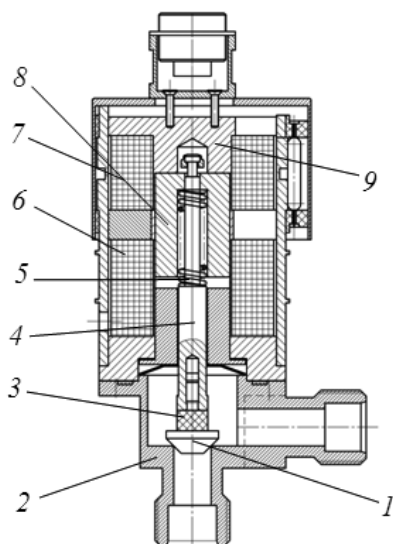


Рисунок 2 — Електромагнітний клапан із встановленим досліджуваным зразком: 1 — золотник клапана, 2 — сидло, об'єднане з корпусом, 3 — демпфірувальний елемент, 4 — шток, 5 — пружина, 6 — котушка закриття, 7 — котушка відкриття, 8 — якір, 9 — магнітопровід

Процес закриття проходить у зворотному напрямі при подачі струму змінної полярності на котушку відкриття для розмагнічення постійного магніту. Окрім цього, також подається струм на котушку закриття, яка за допомогою сил магнітної взаємодії притягує якір до себе.

Навантаження на досліджувані зразки золотника та сидла створюється внаслідок гальмування рухомої системи клапана під час його закриття. Цей процес проходить відносно швидко, тому носить ударний характер.

Через деякий період часу блок керування подає напругу живлення на відкриваючу обмотку електромагніта, чим спричиняє повторення циклу спрацювання.

Дослідження параметрів клапана з наробітком

Для реєстрації параметрів переміщення рухомої системи ЕМП розроблено установку, яка складається з індуктивного датчика, тензометричної станції 8АНЧ7М та електронного осцилографа С1-83.

При спрацьовуванні клапана залізний сердечник переміщується усередині індуктивного датчика. Зміна індуктивного опору датчика підсилюється й перетворюється у сигнал постійного струму тензостанцією. Сигнал надходить на вимірювальний вхід осцилографа.

Для синхронного запуску осцилографа при спрацьовуванні електромагніта на ланцюгу диференціювання RC виробляється синхроімпульс. Екран осцилографа має післясвітіння, достатнє для того, щоб вимірюваний сигнал зафіксувати цифровим фотоапаратом. Для градування системи виміру використовується стрілочний індикатор 3 із ціною поділки 0,01 мм. Для виключення впливу механічної системи індикатора на точність вимірів, упродовж виміру він від'єднується від сердечника електроклапана.

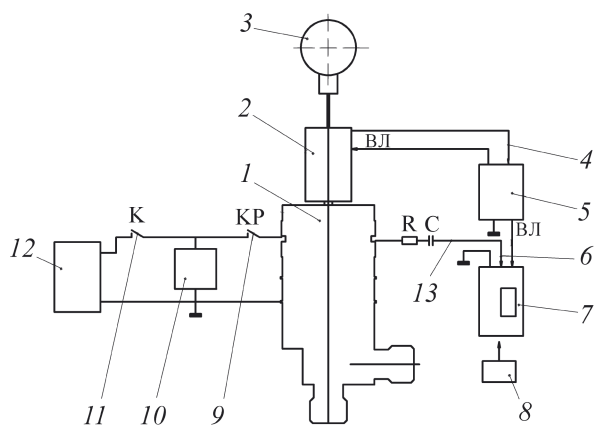


Рисунок 3 — Принципова схема установки для реєстрації параметрів переміщення рухомої системи ЕМК:

- 1 — електромагнітний клапан, 2 — індуктивний датчик (ІД), 3 — індикатор переміщення (для тарування датчика ІД), 5 — тензометрична станція (ТЗС), 6 — детектор, 7 — осцилограф електронний (ОСЦ), 8 — цифровий фотоапарат, 9 — контакт включення ЕМК й ОСЦ (КР), 10 — реле проміжне (Р), 11 — ключ включення проміжного реле (К), 12 — джерело стабілізованої напруги, 13 — диференціюючий ланцюг для одержання синхронізуючого імпульсу

Оцінка зносу ущільнюючих поверхонь запірного вузла ЕМК проводилася за величиною витоків повітря через запірний вузол клапана в закритому положенні у відповідності з нормативною методикою КЦКБА. Дослідження впливу демпфірувального елемента на швидкість зношування ущільнюючих поверхонь запірного вузла ЕМК проводилися в два етапи на установці СТУ-006. Спочатку проводилися дослідження зношування ущільнюючих поверхонь запірного вузла ЕМК за відсутності демпфірувального гумового елемента. Потім встановлювали демпфірувальне гумове кільце і повторювали випробування.

Швидкість зношування ущільнюючої поверхні (збільшення витоків повітря через запірний вузол клапана у закритому положенні) вимірювалась за допомогою ротаметра РС-7. Для цього на вхід виробу подавалося повітря з магістралі під тиском 0,5 МПа (5 кгс/см²). До вихідного штуцера клапана під'єднувався ротаметр за допомогою гумового шлангу. Після цього одночасно відкривався дросель подачі повітря та включався секундомір.

Вимірювання витоків повітря проводилися упродовж 60 с, після чого фіксувався середній рівень маркера ротаметра. По закінченні вимірювань дросель закривали та скидали надлишки робочого тіла в атмосферу. Вимірювання проводили кожні $2,5 \cdot 10^4$ циклів спрацювань клапана, повторюючи тричі, після чого середній результат записувався до протоколу спостережень.

Результати експериментальних досліджень

Отримані результати експериментальних досліджень дозволили побудувати графіки залежності зміни величини

витоків з наробітком клапана в залежності від наявності демпфірування в конструкції ЕМК.

Швидкість росту витоків для ущільнюючої пари на рисунку 4 без демпфірувального елемента становить у середньому $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3/\text{год)}/\text{цикл}$. Швидкість росту витоків для конструкції із золотником типу 1 та сідлом типу 2 за наявності демпфірувального елемента у середньому становить $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3/\text{год)}/\text{цикл}$.

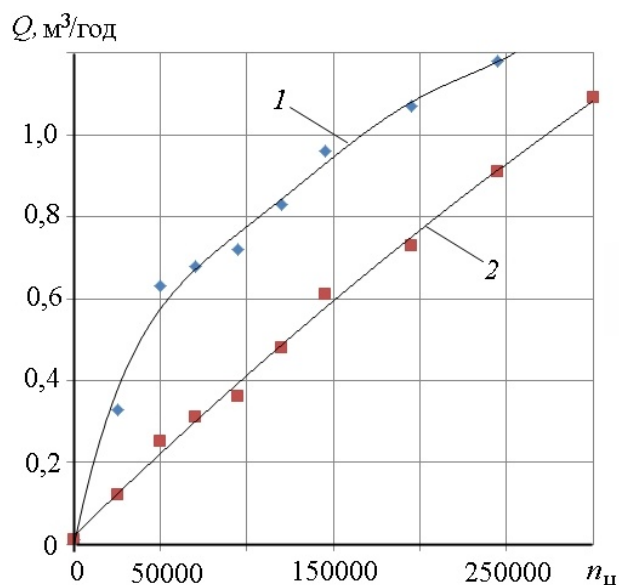


Рисунок 4 — Графік збільшення витоків з наробітком для дослідних зразків запірного вузла клапана з матеріалу нержавіюча сталь 08X18H10T для золотника типу 1 та сідла типу 2: 1 — без демпфірування, 2 — з демпфіруванням

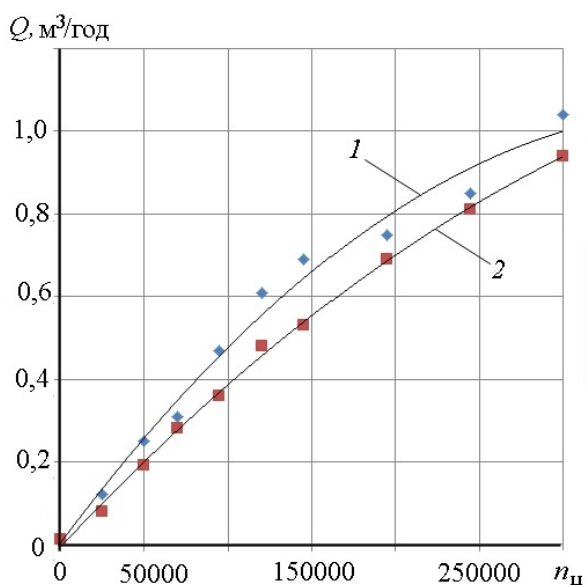


Рисунок 5 — Графік збільшення витоків з наробітком для дослідних зразків запірного вузла клапана з матеріалу нержавіюча сталь 08X18H10T для золотника типу 2 та сідла типу 1: 1 — без демпфірування, 2 — з демпфіруванням

Швидкість збільшення витоків на рисунку 5 без демпфірувального елемента становить в середньому $4,4 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3/\text{год)}/\text{цикл}$. Швидкість збільшення витоків для конструкції затвора із золотником типу 1 та сідлом типу 2 за наявності демпфірувального елемента у середньому становить $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3/\text{год)}/\text{цикл}$.

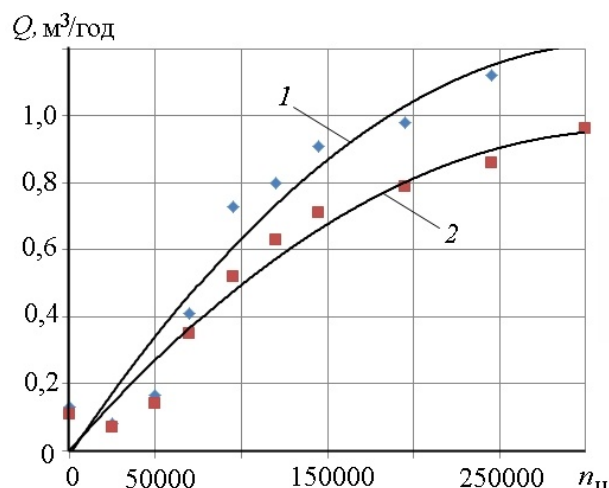


Рисунок 6 — Графік збільшення витоків з наробітком для зразків запірного вузла клапана з матеріалу титан VT1-0 для золотника типу 1 та сідла типу 2: 1 — без демпфірування, 2 — з демпфіруванням

Швидкість збільшення витоків з матеріалу титан VT1-0 для золотника типу 2 та сідла типу 2 без демпфірувального елемента становить в середньому $4,8 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3/\text{год)}/\text{цикл}$. Швидкість збільшення витоків для конструкції із золотником типу 2 та сідлом типу 2 за наявності демпфірувального елемента у середньому становить $2,8 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3/\text{год)}/\text{цикл}$.

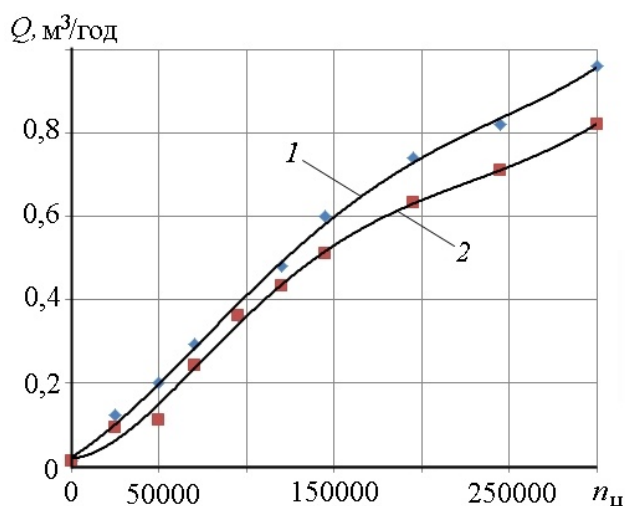


Рисунок 7 — Графік збільшення витоків з наробітком для зразків запірного вузла клапана, виконаного з матеріалу титан VT1-0 для золотника типу 2 та сідла типу 2: 1 — без демпфірування, 2 — з демпфіруванням

Як свідчать результати досліджень, при незмінному зусиллі притиснення золотника до сідла конструкція клапана із золотником типу 1 та сідлом типу 1 має більші початкові витоки, ніж конструкція з золотником типу 1 та сідлом типу 2 (рисунки 4, 5). Проте ущільнююча пара золотник типу 1 та сідло типу 1 має навантаження на 4–5 % менші через більшу ширину контактної зони.

Після наробітку 300000 циклів для окремих зразків елементів запірної вузла ЕМК було проведено дослідження контактуючих поверхонь з використанням профілографа-профілометра 202 заводу «Калібр».

Заміри для зняття профілограми проводились у діаметрально протилежних місцях на робочому паску ущільнюючої поверхні. У зв'язку з особливостями роботи профілографа-профілометра досліджували лише золотники типу 1 (рисунок 8).

Наведені профілограми свідчать, що зразок, який працював без демпфірувального елемента, має більший знос. Середня глибина виробітку після напрацювання 300 тис. циклів «закрито-відкрито» склала близько 19 мкм. Водночас зразок, який працював при встановленому демпфірувальному елементі, має середню глибину зносу близько 13 мкм.

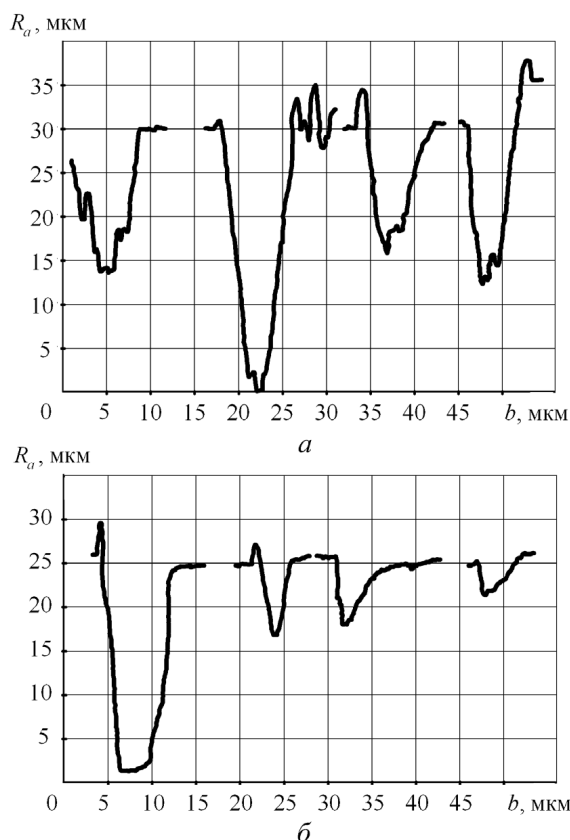


Рисунок 8 — Профілограми контактної поверхні R_a і ширини b зони контакту золотників, виконаних з матеріалу СТ45, після напрацювання 300 тис. циклів: а — без демпфірування; б — з демпфірувальним елементом

Таким чином, проведені дослідження підтверджують опубліковану тезу [6], що величина зносу «метал-

металевого» ущільнення залежить від коефіцієнта динамічності. У схемі, де присутній демпфірувальний елемент, коефіцієнт динамічності нижчий, через те що для експериментальних зразків клапана встановлення демпфірувального елемента зменшило коефіцієнт динамічності ударного контакту золотника і сідла при закритті клапана з $K_d = 35,45$ до рівня $K_d = 29,50$.

Вигляд отриманих експериментальних залежностей свідчить про те, що демпфірувальний елемент позитивно впливає на ресурс елементів клапана. Завдяки йому кінетична енергія рухомої системи клапана розсіюється через пружну деформацію. Отже на поверхні ущільнювачів діють менші напруги і вони менше деформуються.

Про це свідчать проведені дослідження мікронерівностей поверхні зразків. На рисунку 9 побудовано профілограми контактної поверхні золотників типу 1, виконаних з матеріалу 08X18H10T, які напрацювали 300 тис. циклів.

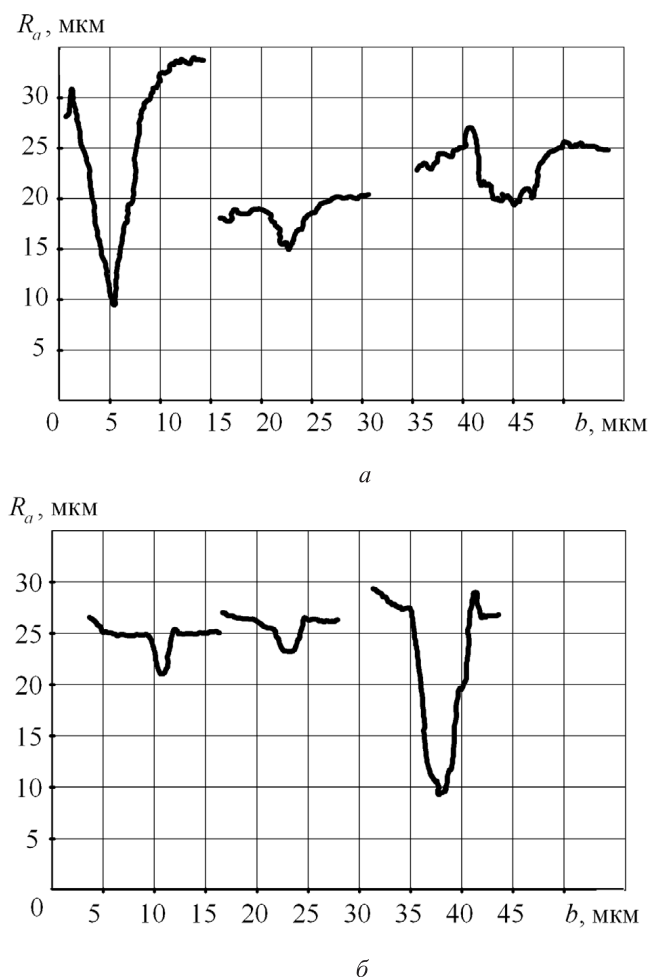


Рисунок 9 — Профілограми контактної поверхні R_a і ширини b зони контакту золотників типу 1, виконаних з матеріалу 08X18H10T, після напрацювання 300 тис. циклів з демпфірувальним елементом

Наявність деформаційних піків пояснюється особливістю спрацювання електромагнітного клапана, який

через зношення розділової трубки, повзуна та якоря, збільшує закладені конструктивно зазори [7, 8, 9]. Через це при спрацюванні клапана відбувається порушення співосності, а частина ущільнювальної кромки золотника та сідла сприймає більші навантаження.

Швидкодія клапана оцінювалася на основі даних про параметри переміщення рухомої системи клапана — величини ходу золотника та часу його переміщення. Вони замірювалися на установці, схему якої показано на рисунку 3. З її допомогою вдалося отримати залежність зміни часу спрацювання клапана від його напрацювання.

Експериментально підтверджено, що встановлення демпфірувального елемента в клапані призводить до зміни процесу закриття клапану. Через наявність пружної деталі у кінематичній схемі клапана час закриття клапана збільшується через збільшення коливальності перехідного процесу. Різницю між часом спрацювання клапана без демпфірувального елемента та з ним показано на рисунку 10. Довірчий інтервал для показаних експериментальних залежностей становить $(38,85-1,429; 38,85+1,429) = (37,42; 40,28)$ мс з ймовірністю 0,95.

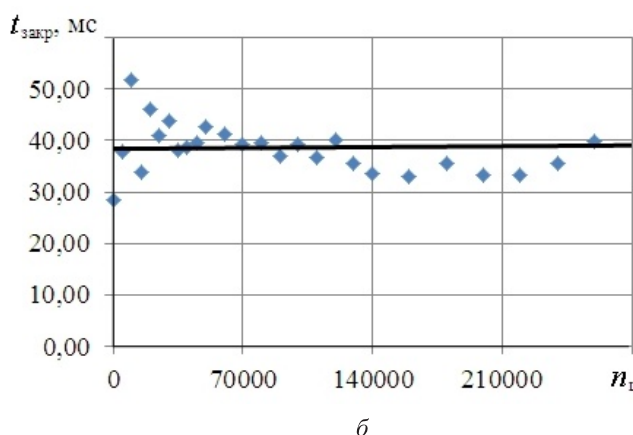
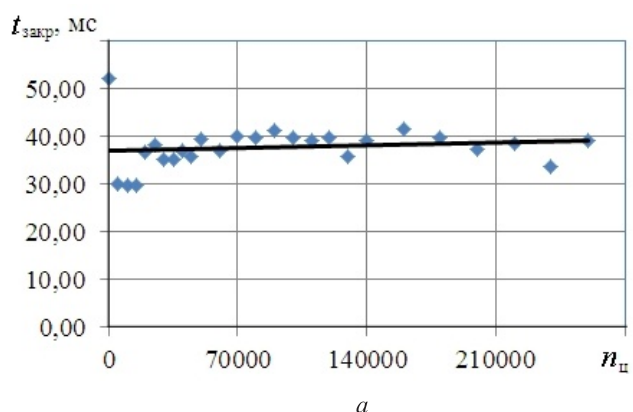


Рисунок 10 — Зміна часу закриття в залежності від напрацювання для ЕМК:
а — без демпфера, б — з демпфірувальним елементом у конструкції клапана

Висновки

1. Виконаними експериментальними дослідженнями встановлено вплив геометричних параметрів затворів на деформаційні характеристики елементів затворів ЕМК з «метал-металевим» ущільненням.

Отримано експериментальні залежності впливу конструктивно-технологічних факторів (типу конструкційного матеріалу (сталі СТ45, нержавіюча сталь 08Х18Н10Т, титан ВТ1-0), форми золотника, зони контактної взаємодії сідла і ущільнювача, наявності демпфірувального елемента в клапані) на швидкість експлуатаційної зміни технічного стану металевих затворів: зносу контактної поверхні золотників (рисунки 8, 9) і збільшення витоків повітря через затвор клапана у закритому положенні (рисунки 4—7).

2. Встановлено, що в затворах з «метал-металевим» ущільненнями, які складаються з пари золотник типу 1 та сідло типу 1, і навантаження протягом спрацювання менші на 4—5 %, ніж затворах з пари золотник типу 1 і сідло типу 2, через ширшу контактну зону. Має місце також менша інтенсивність з наробітком витоків повітря через затвор ЕМК у закритому положенні, оскільки елементи такого затвора зазнають меншої пластичної деформації за кожний окремий цикл спрацювання клапана. Однак клапани з конструкцією золотника типу 1 та сідла типу 1 потребують більшого зусилля привода, що призводить до зростання його маси та енергоспоживання. Проте, при незмінному зусиллі притиснення золотника конструкція клапана із золотником типу 1 та сідлом типу 1 має більші початкові витки, ніж конструкція із золотником типу 1 та сідлом типу 2. Швидкість збільшення витоків з напрацюванням через затвор пара золотник типу 2 та сідло типу 2 менша, ніж швидкість збільшення витоків через затвор типу золотник 1 сідло 2 на 10—15 %.

3. Пари золотник—сідло виконано з нержавіючої сталі 08Х18Н10Т, через що вони мають більшу стійкість до зносу під дією динамічних навантажень, ніж пари, які виконано зі сталі СТ45 чи титану ВТ1-0.

4. Експериментально підтверджено зменшення зносу (на 10—20 %) елементів затворів ЕМК з «метал-металевим» ущільненням з напрацюванням в клапанах з демпфіруванням в рухомій частині клапана по відношенню до ЕМК без демпфірування. Це пояснюється тим, що для експериментальних зразків клапана встановлення демпфірувального елемента зменшило коефіцієнт динамічності ударного контакту золотника і сідла при закритті клапана з $K_d = 35,45$ до рівня $K_d = 29,50$.

5. В ЕМК з двопозиційним поляризованим електромагнітним приводом і затворами з «метал-металевим» ущільненням з напрацюванням має місце невелике збільшення часу спрацювання. Встановлення демпфірувального пристрою в конструкцію клапана зменшує його швидкодію: час закриття клапана збільшується на 4—5 %.

Література

1. Рикуніч, Ю.М. Експериментальні дослідження зміни технічного стану малогабаритних пневмоклапанів з двопозиційним поляризованим електромагнітним приводом під дією експлуатаційних навантажень / Ю.М. Рикуніч, Л.В. Ананьєвська, О.Є. Ситніков, Я.Б. Федоричко, Г.Й. Зайончковський, Є.І. Барилук // Проблеми тертя та зношування. — 2013. — № (61). — С. 105—115.
2. Рикуніч, Ю.М. Деформація та руйнування стрижневої системи пневматичного електромагнітного клапана при циклічному ударному навантаженні / Ю.М. Рикуніч, О.Є. Ситніков, В.В. Астанін, Г.Й. Зайончковський, Є.І. Барилук // Проблемы прочности. — 2014. — №3(429). — С. 65—76.
3. Долотов, А.М. Исследование динамических явлений, возникающих в конических парах с упругим седлом: Дисс. канд. техн. наук: 01.02.06. — Львов, 1981. — 187 с.
4. Абдюкова, Р.Я. Моделирование удара тарели клапана бурового насоса при ее посадке на седло / Р.Я. Абдюкова, Н.Я. Багаутдинов, А.Н. Зотов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». — 2012. — № 2. — С. 52—67.
5. Рикуніч, Ю.М. Експериментальні дослідження втомної міцності стрижневих елементів пневматичних клапанів з двопозиційним електромагнітним приводом / Ю.М. Рикуніч, О.Є. Ситніков, Г.Й. Зайончковський, Є.І. Барилук // Промислова гідраліка та пневматика. — 2012. — №3(37). — С. 55—59.
6. Буланов, Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов / Э.А. Буланов. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 215 с.
7. Звіт про науково-дослідну роботу «Експериментальне дослідження меж і запасів працездатності клапанів з електромагнітним приводом», УДК 621.646, держ. реєстрації 0106U011814. — К., 2010. — 126 с.
8. Рыкунич, Ю.Н. Исследование по энергетическим критериям запасов работоспособности поляризованных двухпозиционных электромагнитных клапанов двигательных установок / Ю.Н. Рыкунич, А.Е. Ситников, Л.Г. Александров, Е.И. Барилук, Г.Й. Зайончковский // Вестник ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина». Космонавтика и ракетостроение. — 2013. — №4 (20). — С. 61—67.
9. Барилук, Є.І. Оценка кинетической энергии соударения элементов уплотнения клапанов / Є.І. Барилук // Гідроаеромеханіка в інженерній практиці: XVII міжнародна наук.-техн. конф., 17—20 квітня 2012 р.: тези доп. — Черкаси, 2012 р. — С. 127—128.

References

1. Rykunich, Yu.M. Eksperimentalni doslidzhennya zminy tehnicznego stanu malogabaritnih pnemoklapaniv z dvopoziciynim polyarizovanim elektromagnitnym privodom pid dieyu ekspluatatsiynykh navantazhen / Yu.M. Rykunich, LV. Ananiyevska LV., O. Ye. Sitnikov, Ya. B. Fedorichko, G. Yo. Zayonchkovsky, Ye. I. Barilyuk // Problemy tertya ta znoshuvannya. — 2013. — № (61). — S. 105—115.
2. Rykunich, Yu.M. Deformaciya ta ruynuvannya stryzhnevoi systemy pnevmatychnogo elektromagnitnogo klapanu pry cyklichnomu udarnomu navantazheni / Yu.M. Rykunich, Ye. Sitnikov, V.V. Astanin, G. Yo. Zayonchkovsky, Ye. I. Barilyuk // Problemy prochnosti. — 2014. — №3(429). — S. 65—76.
3. Dolotov, A.M. Issledovanie dinamicheskikh yavleniy, voznikayushchikh v konicheskikh parakh s uprugim sedlom: Diss. kand. tekhn. nauk: 01.02.06. — Lvov, 1981. — 187 s.
4. Abdyukova, R. Ya. Modelirovanie udara tareli klapanu burovogo nasosa pri yeio posadke na sedlo / R. Ya. Abdyukova, N. Ya. Bagautdinov, A. N. Zotov // Elektronny nauchny zhurnal «Neftegazovoye delo». — 2012. — № 2. — S. 52—67.
5. Rykunich, Yu.M. Eksperimentalni doslidzhennya vtomnoi mitsnosti strizhnevikh elementiv pnevmatychnykh klapaniv z dvopozitsiynym elektromagnitnym pryvodom / Yu.M. Rykunich, O. Ye. Sitnikov, G. Yo. Zayonchkovsky, Ye. I. Barilyuk // Promyslova gidravlika i pnevmatyka. — 2012. — №3(37). — S. 55—59.
6. Bulanov, Ye. A. Reshenie zadach po soprotivleniyu materialov / Ye. A. Bulanov. — M.: BINOM. Laboratoriya znaniy. — 2012. — 215 s.
7. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu «Eksperimentalne doslidzhennya mezh i zapasiv pracezdatnosti klapaniv z elektromagnitnim pryvodom», UDK 621.646, derzh. reyestratsii 0106U011814. — K., 2010. — 126 s.
8. Rykunich, Yu. N. Issledovanie po energeticheskim kriteriyam zapasov rabotosposobnosti polyarizovannykh dvukhpozicionnykh elektromagnitnykh klapanov dvigatelnykh ustanovok / Yu. N. Rykunich, A. Ye. Sitnikov, L. G. Aleksandrov, Ye. I. Barilyuk, G. Y. Zayonchkovskiy // Vestnik FGUP «NPO im. S. A. Lavochkina». Kosmonavtika i raketostroenie. — 2013. — №4 (20). — S. 61—67.
9. Barilyuk, Ye. I. Ocenka kineticheskoy energii soudareniya elementov uplotneniya klapanov / Ye. I. Barilyuk // Hidroaeromekhanika v inzhenerniy praktytsti: XVII mizhnarodna nauk.-tekhn. konf., 17—20 kvitnya 2012 r.: tezy dop. — Cherkasy, 2012 r. — S. 127—128.

Надійшла 01.06.2016 року

**Экспериментальные исследования
малогабаритных пневматических клапанов
с двухпозиционным поляризованным
электромагнитным приводом и затвором
с «металл-металлическим» уплотнением****Е.И. Барилук,
Г.Й. Зайончковский**

Приведены результаты экспериментальных исследований компактного пневматического клапана с двухпозиционным электромагнитным приводом и затвором с «металл-металлическим» уплотнением. Показаны особенности изменения параметров клапана и его электромагнитного привода с наработкой. Даны рекомендации по уменьшению нагрузок, которые возникают в элементах клапана при его срабатывании. Приведены результаты исследований износа уплотняющего органа клапана. Показано, что уменьшение износа уплотнения клапана удастся достичь с использованием явления демпфирования.

Ключевые слова: пневматический клапан, электромагнитный привод, экспериментальные исследования, затвор, металлическое уплотнение, закрытие, открытие, демпфирующие устройства.

**The experimental research of the compact-sized
two-position pneumatic valve with polarized
electromagnetic drive and «metal-metal»
sealing unit****Ye.I. Barilyuk,
H.Y. Zaionchkovskyi**

The results of the experimental research of the compact-sized two-position pneumatic valves with electromagnetic drive and “metal-metal” sealing unit are shown. The changes in the feature parameters of the valve and its electromagnetic drive due to the operating time are shown. The recommendations allowing to reduce the loads that occur in the elements of the valve during its operation are given. The results of the wear studies of the sealing valve unit are given. It was shown in this article that wear reducing in the valve sealing can be achieved by using the damping effects.

Keywords: pneumatic valve, solenoid drive, experimental studies, bolt, metal seals, lock, unlock, damping device.