## МАШИНОБУДУВАННЯ І ТРАНСПОРТ

УДК 621.22

**Д. О. Лозінський**[1]
**В. Г. Пилявець**[1]

# ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ КЕРОВАНОГО ЗВОРОТНОГО КЛАПАНА ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РОЗПОДІЛЬНИКА

[1] Вінницький національний технічний університет

*Проаналізовані причини втрат герметичності в керованому зворотному клапані та експериментально визначено залежності втрат потоку в керованому зворотному клапані від тиску навантаження та температури робочої рідини. Виконано апроксимацію експериментальних даних та отримано аналітичну залежність втрат потоку від тиску в керованому зворотному клапані.*

**Ключові слова:** втрати потоку, ступінь герметичності, керований зворотний клапан.

### Вступ

Мобільні машини на основі гідроприводу широко розповсюджені. Застосовуються такі машини для виконання робочих операцій різноманітного характеру, зокрема вантажних та розвантажувальних. Особливості роботи зумовлюють певні вимоги, що висуваються до розподільної апаратури, яка використовуються в гідроприводах цих машин: пропорційність керування потоками, можливість незалежного керування потоками гідродвигуна (ГД), високий ступінь герметичності порожнин ГД із втратами не більше $0{,}033\cdot10^{-6}$ ... $0{,}1\cdot10^{-6}$ м$^3$/с (2...6 см$^3$/хв) тощо.

Застосування в сучасних мобільних машинах пропорційних електрогідравлічних розподільників забезпечує дистанційне пропорційне керування робочим органом (РО), а підвищення ступеня герметичності порожнин ГД дозволяє уникнути просідання вантажу, що особливо важливо для навантажувачів з гідроприводом (ГП) [1—4].

### Результати дослідження

На етапі проектування гідравлічної апаратури важко оцінити характеристики агрегату та їх відповідність поставленим вимогам без залучення математичного моделювання та експериментальних даних. Хоча математичне моделювання та використання спеціалізованого програмного забезпечення і дозволяє розв’язати значну частину задач, проте певне коло завдань можна виконати тільки експериментально [2, 3].

Визначення герметичності гідравлічних елементів і зокрема клапанів є актуальним питанням особливо за досить високих вимог до цього параметра. Для клапанів із запірно-регулювальними елементами клапанного типу високих показників герметичності досягають за рахунок точного виконання елементів спряжень та притиранням сідла з яким контактує запірно-регулювальний елемент. Проте визначити наявність втрат при закритому положенні клапана чи визначити їх величину теоретичним способом неможливо [4].

*Метою роботи* є експериментальне дослідження наявності втрат потоку в керованому зворотному клапані пропорційного електрогідравлічного розподільника, визначення ступеня його герметичності та отримання емпіричних залежностей.

На рис. 1 показаний переріз робочої секції дослідного зразка пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків [5, 6].

Дослідний зразок розподільника складається з корпуса робочої секції 1, сервоклапана 2 з пропорційним електромагнітом 5, керованого зворотного клапана 3, сервоклапана 4 з електромагнітом 6. В корпусі робочої секції 1 розміщений золотник другого каскаду 13, який у вільному стані, під дією пружини 14, підтискається до упору 22.

© Д. О. Лозінський, В. Г. Пилявець, 2015

Розподільник працює таким чином. При відключених електромагнітах 5, 6 клапан першого каскаду 15 під дією пружини 21 та потоку рідини знаходиться у верхньому положенні, пропускаючи потік рідини, що надходить зі штуцера 7 до зливу. Золотник другого каскаду 13 під дією пружини 14 знаходиться у крайньому правому положенні, з'єднуючи керований зворотний клапан 3 зі зливним каналом 9.

Клапан 16 зворотного клапана 3 під дією пружини 17 знаходиться у крайньому правому положенні, закриваючи прохід рідини зі штуцера 10 до зливу. В свою чергу клапан 18 сервоклапана 4 під дією пружини 20 знаходиться у крайньому верхньому положенні, закриваючи прохід рідини, яка надходить через радіальні та осьовий отвори клапана 16 до зливу, забезпечуючи закриття зворотного клапана 3. Високий ступінь герметичності можна досягти шляхом притирання клапана 16 з місцем контакту у корпусі, а також за рахунок збільшення сили стиснення пружини 17. Притирання дозволяє забезпечити досить точне контактне спряження клапана з сідлом, проте точність контакту може бути погіршена в процесі роботи через дефекти матеріалу чи через наявність мікрочастинок в робочій рідині тощо. Наявність мікроподряпин та інших недоліків якості контактних поверхонь, які можуть залишатися навіть після притирання можуть бути причиною витоків рідини і для усунення цього недоліку в більшості випадків застосовують збільшення зусилля притискної пружини 17 за рахунок її жорсткості чи величини попереднього стиснення.

Збільшення жорсткості пружини 17 негативно може вплинути на динамічні характеристики клапана, особливо в інших режимах роботи розподільника [6], а збільшення попереднього стиснення пружини може спричинити підвищення перепаду тисків в закритому та відкритому положеннях клапана, що є також небажаним [4].

Окремо серед причин втрат потоку можна виділити нерівномірне спрацювання контактних поверхонь, що може виникати в процесі експлуатації агрегату внаслідок нерівномірного контактного тиску або ж через дефекти матеріалу в місці контакту.

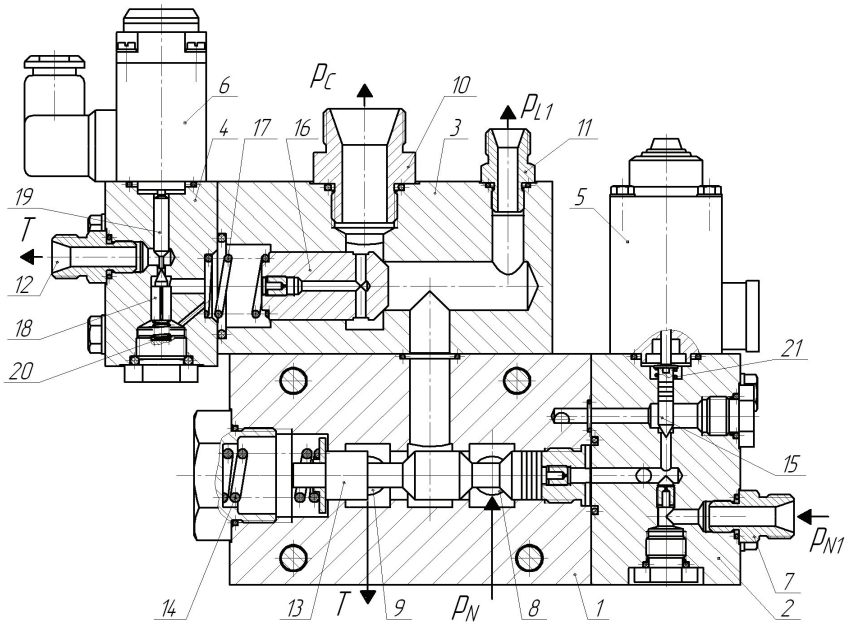


Рис. 1. Переріз робочої секції дослідного зразка пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків

Агрегат працює таким чином. З подачею сигналу керування до електромагніта 6, шток електромагніта діє на штовхач 19, який в свою чергу переміщує клапан 18, відкриваючи прохід рідини через штуцер 12 до зливу. Тиск рідини $p_C$, діючи на конусну частину клапана 16, переміщує його вліво, відкриваючи прохід до зливного отвору 9, забезпечуючи таким чином плаваючий режим роботи розподільника.

В режимі «підіймання» сигнал керування подається на пропорційний електромагніт 5, шток якого переміщує клапан першого каскаду 15. При цьому збільшується потік рідини, яка проходить через упор 22.

Сила тиску рідини переміщує золотник 13 другого каскаду вліво, який в свою чергу з'єднує лінію нагнітання 8 з керованим зворотним клапаном 3. Тиск рідини $p_{L1}$, діючи на торець клапана 16, пере-

міщує його вліво (за умови відкриття сервоклапана 4), відкриваючи прохід до робочого органа, приєднаного до штуцера 10. Зі штуцера 11 надходить сигнал керування до переливного клапана.

## Методика і результати досліджень

Відповідно до мети роботи в процесі експериментальних досліджень пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням визначався ступінь герметичності керованих зворотних клапанів, шляхом знаходження залежності втрат потоку від тиску навантаження та температури робочої рідини. Під час досліджень усі елементи розподільника, окрім електрогідравлічного керованого зворотного клапана не використовувались, а вихідні отвори, окрім використовуваних для досліджень, були загерметизовані.

Перед початком досліджень клапан пропрацював відповідну кількість робочих циклів і експериментальні дослідження дозволять визначити ймовірні недоліки технологічної обробки, можливого нерівномірного спрацювання чи інших дефектів контактних поверхонь можливого.

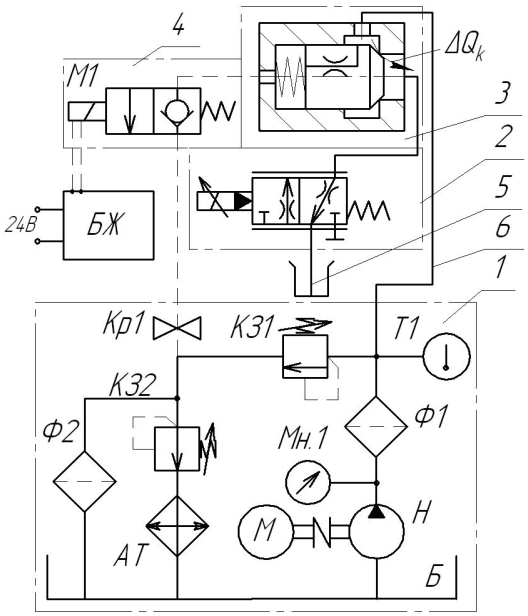


Рис. 2. Стенд для дослідження герметичності керованих зворотних клапанів

Стенд для дослідження герметичності керованих зворотних клапанів на основі втрат потоку показаний на рис. 2. Основні його елементи — насосна станція 1, розподільник 2 з керованим клапаном 3 та клапаном керування першого каскаду 4, електромагніт М1, блок живлення БЖ та мірна посудина 5.

Стенд розроблений на базі насосної станції Г48-21, яка оснащена насосом Н типу НШ32-2 з робочим об'ємом $32 \cdot 10^{-6}$ м$^3$, баком Б та асинхронним двигуном М з частотою обертання 25 об/с. Робоча рідина — мінеральне масло И20 (ГОСТ 20799-88).

Під час досліджень до вихідного отвору керованого клапана 3 подавалась рідина від насоса Н через фільтр грубої очистки Ф1 та гідролінію 6 з тиском $p_C$. Постійність тиску в системі підтримувалась за допомогою запобіжно-переливного клапана КЗ1 типу Г54-24ІІ.

Робоча рідина зі зливної гідролінії і та, що проходить через запобіжний клапан КЗ1 потрапляє, через напірний клапан КЗ2 до радіаторів повітряного теплообміну АТ. Частина масла проходить в бак через фільтр тонкої очистки Ф2.

Керування електромагнітом М1 виконувалось за допомогою блока живлення БЖ. Дослідження втрат, що виникають в керованому зворотному клапані проводились відповідно до [7].

Технічні характеристики стенда:

– насосна станція Г48-21;
– електромагніт ЭМ24-52412-65УХЛ4;
– напруга блока живлення (ВС –24М) 24 В.

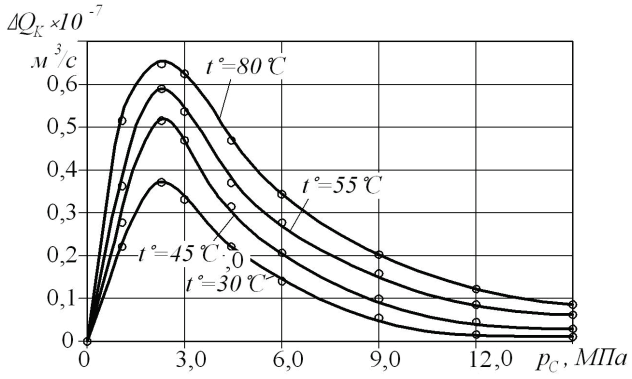


Рис. 3. Залежність втрат потоку в керованому зворотному клапані від тиску навантаження та температури робочої рідини

Експериментальні залежності втрат потоку показані на рис. 3. З аналізу цих залежностей випливає, що втрати потоку на керованому клапані мають нелінійний характер. За малих робочих тисків $p_C < 2{,}5$ МПа спостерігаються підвищені втрати потоку, якщо $p_C > 2{,}5$ МПа, то втрати потоку поступово зменшуються, а коли $p_C > 12$ МПа — величиною втрат можна знехтувати, оскільки вони досить малі (відбувається самогерметизація керованого зворотного клапана при підвищенні тиску $p_C$).

За допомогою метода найменших квадратів зроблена апроксимація експериментальних даних та отримана аналітична залежність втрат потоку в керованому зворотному клапані від тиску та температури робочої рідини

$$\Delta Q_к = \left(-1{,}473 + 3{,}178 \cdot p_{C1} - 1{,}202 \cdot p_{C1}^2 + 0{,}173 \cdot p_{C1}^3 + 0{,}00025 \cdot t^{\circ} - 0{,}037 \cdot (t^{\circ})^2\right)\frac{10^{-7}}{6}, \quad (1)$$

де $\Delta Q_K$ — втрати потоку (м$^3$/с), $t$ — температура робочої рідини (ºС), $p_C$ — тиск рідини (МПа).

Діаграма апроксимованих даних та їх відхилення від експериментальних даних показані на рис. 4.

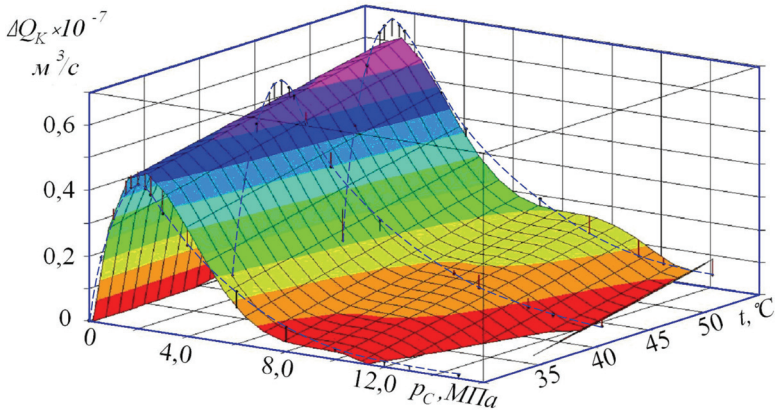


Рис. 4. Апроксимована залежність втрат потоку в керованому зворотному клапані (штриховою лінією позначені експериментальні дані, стрілки вказують відхилення апроксимованоїзалежності від експериментальної)

## Висновки

1. Проаналізовані можливі причини втрат герметичності в керованому зворотному клапані.

2. Розроблений стенд для експериментальних досліджень ступеня герметичності керованих зворотних клапанів та визначено експериментальні залежності втрат потоку від тиску навантаження та температури робочої рідини.

2. Встановлено, що за умови $p_C$ < 2,5 МПа спостерігається підвищення втрат потоку, якщо $p_C$ > 2,5 МПа, то втрати потоку поступово зменшуються, а коли $p_C$ > 12 МПа відбувається самогерметизація керованого зворотного клапана при підвищенні тиску $p_C$.

3. За допомогою метода найменших квадратів виконано апроксимацію експериментальних даних та отримано аналітичну залежність втрат потоку від тиску в керованому зворотному клапані та температури робочої рідини.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Козлов Л. Г. Особливості конструкцій гідророзподільників для гідросистем чутливих до навантаження / Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський, В. А. Ковальчук, Ю. В. Дзісь // Промислова гідравліка і пневматика. — 2009. — № 1. — С. 80—84.

2. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем : учеб. для ВУЗов / Д. Н. Попов. — 2-е изд.. — М. : Машиностроение. — 1987. — 464 с.

3. Попов Д. Н. Нестационарные гидромеханические процессы / Д. Н. Попов. — М. : Машиностроение, 1982. — 240 с.

4. Ситников Б. Т. Расчет и исследование переливных и предохранительных клапанов / Б. Т. Ситников, И. Б. Матвеев. — М. : Машиностроение. — 1971. — 127 с.

5. Пат. 41887 України, МПК$^8$ F15B 11/00 Гідропривід з пропорційним електрогідравлічним управлінням / Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський ; Заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. — № u200900907; заявл. 06.02.2009. ; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 11.

6. Лозінський Д. О. Дослідження динамічних характеристик гідрозамка з електрогідравлічним управлінням / Д. О. Лозінський // Наукові нотатки. — Луцьк. — 2009.— № 25. — С. 208—212.

7. Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний : ГОСТ 20245-74. — М. : Издательство стандартов. — 1975.

Рекомендована кафедрою технології та автоматизації машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 26.03.2015

***Лозінський Дмитро Олександрович*** — канд. техн. наук, доцент кафедри технології та автоматизації машинобудування, e-mail: lozinskiy_dmitriy@ukr.net;

***Пилявець Володимир Георгійович*** — студент факультету машинобудування та транспорту.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**D. O. Lozinskyi**[1]
**V. G. Pyliavets**[1]

# Researches of tightness degrees of the operated back-pressure valves of the proportional electrohydraulic valve

[1]Vinnytsia National Technical University

*Dependences of flow losses on pressure of loading and temperature of working liquid are experimentally defined. Approximation of experimental data is executed and analytical dependence of streams losses is received from pressure in operated back-pressure valves.*

**Keywords***:* flow losses, tightness degrees, operated back-pressure valves.

***Lozinskyi Dmytro O.*** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Machine-Building Technology and Automation, e-mail: lozinskiy_dmitriy@ukr.net;

***Pyliavets Volodymyr G.*** — Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport

**Д. О. Лозинский** [1]
**В. Г. Пилявец**[1]

# Исследования степени герметичности управляемого обратного клапана пропорционального электрогидравлического распределителя

[1]Винницкий национальный технический университет

*Экспериментально определены зависимости потерь потока от давления нагрузки и температуры рабочей жидкости. Выполнена аппроксимация экспериментальных данных и получена аналитическая зависимость потерь потока от давления в управляемом обратном.*

**Ключевые слова**: потери потока, степень герметичности, управляемый обратный клапан.

***Лозинский Дмитрий Александрович*** — канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и автоматизации машиностроения, e-mail: lozinskiy_dmitriy@ukr.net;

***Пилявец Владимир Георгиевич*** — студент факультета машиностроения и транспорта