

УДК 621.646

DOI: 10.15587/2312-8372.2020.198722

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКУ ДВОХ ТИПІВ КЛИНОВИХ ЗАСУВОК

Корольов О. В., Павлишин П. Я., Тітлов О. С., Мирончук В. С.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКА ДВУХ ТИПОВ КЛИНОВЫХ ЗАДВИЖЕК

Королёв А. В., Павлышин П. Я., Титлов А. С., Мирончук В. С.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE TRANSITION OF TWO TYPES OF WEDGE GATE VALVES

Korolov O., Pavlishin P., Titlov O., Mironchuk V

Об'єктом дослідження є вид енергетичної арматури – засувка або клинова арматура. Засувки або клинова арматура займає провідне місце серед енергетичної арматури. Вона має мінімальний гідравлічний опір, практично лінійну залежність витрати від ступеня відкриття та має широке застосування на трубопровідних системах широкого призначення. Одним із проблемних місць такої арматури є втрата герметичності або пропуск клинових засувок. Крім цього, більш складна конструкція підвищує ймовірність відмови такої арматури. Для вирішення цієї проблеми пропонується виконати експериментальне дослідження пропуску засувок в залежності від зусилля їх закриття, а також дослідження тренда цієї залежності.

Дослідження проводилися на стенді, що забезпечує тиск повітря до 3,0–3,5 МПа та укомплектований чавунною та латунною засувками. Пропуск повітря вимірювали об'ємним способом, витісняючи воду з вимірювальної комірки. Для створення зусилля на штоку, що замикає арматуру, використовувався динамометрический ключ КД-230 (Росія), що дозволяє вимірювати крутний момент до 230 Н·м. Методика експерименту полягала в наступному. Динамометричним ключем необхідним зусиллям закривали арматуру, потім включали компресор і досягали необхідного тиску. Пропуск повітря вимірювали заповненням вимірювальної комірки за час, що фіксується секундоміром.

Обробка отриманих експериментальних даних дозволила отримати наступні залежності відносного пропуску арматури від величини крутного моменту для чавунної засувки: $(Q/\Delta P)=3458 \cdot M^{-1,069}$ та для латунної засувки: $(Q/\Delta P)=6893 \cdot M^{-2,435}$. Показано, що засувки так само як і раніше досліджені клапани та вентилі мають один тренд: $(Q/\Delta P)=C \cdot M^{-g}$. Показник ступеня крутного моменту показує, чим він більший за абсолютним значенням, тим загірні характеристики арматури – кращі. Так, для забезпечення однакового пропуску повітря, крутний момент на чавунній арматурі повинен мати більші значення, ніж для досліджуваної латунної засувки.

Ключові слова: клинова арматура, крутний момент, відносний пропуск повітря, герметичність арматури, чавунна засувка, латунна засувка.

Объектом исследования является вид энергетической арматуры – задвижка или клиновая арматура. Задвижки или клиновая арматура занимает ведущее место среди энергетической арматуры. Они имеют минимальное гидравлическое сопротивление, практически линейную зависимость расхода от степени открытия и имеют широкое применение на трубопроводных системах широкого назначения. Одним из проблемных мест такой арматуры является потеря герметичности или пропуск клиновых задвижек. Кроме этого, более сложная конструкция повышает вероятность отказа такой арматуры. Для решения этой проблемы предлагается выполнить экспериментальное исследование пропуска задвижек в зависимости от усилия их закрытия, а также исследование тренда этой зависимости.

Исследования проводились на стенде, обеспечивающим давление воздуха до 3,0–3,5 МПа и укомплектованном чугуной и латунной задвижками. Пропуск воздуха измеряли объемным способом, вытесняя воду из измерительной ячейки. Для создания усилия на штоке, запирающего арматуру, использовался динамометрический ключ КД-230 (Россия), позволяющий измерять крутящий момент до 230 Н·м. Методика эксперимента заключалась в следующем. Динамометрическим ключом требуемым усилием закрывали арматуру, затем включали компрессор и достигали необходимого давления. Пропуск воздуха измеряли заполнением измерительной ячейки за время, фиксируемое секундомером.

Обработка полученных экспериментальных данных позволила получить следующие зависимости относительного пропуска арматуры от величины крутящего момента для чугуной задвижки: $(Q/\sqrt{\Delta P})=3458 \cdot M^{(-1,069)}$ и для латунной задвижки: $(Q/\sqrt{\Delta P})=6893 \cdot M^{(-2,435)}$. Показано, что задвижки, так же как и ранее исследованные клапаны и вентили, имеют один тренд: $(Q/\sqrt{\Delta P})P=C \cdot M^{(-8)}$. Показатель степени крутящего момента показывает, чем он больше по абсолютному значению, тем запорные характеристики арматуры – лучше. Так, для обеспечения одинакового пропуска воздуха, крутящий момент на чугуной арматуре должен иметь большие значения, чем для исследуемой латунной задвижки.

Ключевые слова: клиновая арматура, крутящий момент, относительный пропуск воздуха, герметичность арматуры, чугуная задвижка, латунная задвижка.

1. Вступ

Надійність роботи трубопровідної арматури в цілому визначає надійність роботи будь-якого обладнання. Своєчасне виявлення пошкоджень арматури допоможе уникнути непланових зупинок і аварій теплосилового обладнання станції [1–3]. І навпаки, відмова відповідальної арматури може призводити до серйозних подій. Можна згадати відмову імпульсного клапана компенсатора тиску на Тримайл Айленд АЕС (атомна електрична станція) [4], що закінчився першою серйозною аварією на світових АЕС. Схожа відмова ІЗУ КТ (імпульсний запобіжний клапан системи компенсації тиску) був відзначений на

РАЕС (Рівненська АЕС, Україна), проте був вчасно виявлений та усунутий. Відмова арматури в холодильному обладнанні також призводить до серйозних наслідків [5]. Таким чином, *об'єктом даного дослідження* обрано вид енергетичної арматури – засувка або клинова арматура.

Засувки або клинова арматура займає провідне місце серед енергетичної арматури. По-перше, при повному підйомі штока вона має мінімальний гідравлічний опір, серед інших типів арматури [6, 7]. По-друге, практично лінійна залежність витрати від рівня підйому штока забезпечує їй місце в системах автоматичного регулювання або підтримки витрати, наприклад, в дренажних системах підігрівачів, на теплотрасах систем опалення [3]. Крім цього, така арматура має послідовно встановлені дві посадочні поверхні, що підвищує надійність її закриття. Однак така конструкція є більш складною в порівнянні, наприклад, з конструкцією вентиля, що підвищує ймовірність відмови такої арматури [3, 6].

Актуальність роботи зумовлена практичною відсутністю подібних досліджень арматури. Аналіз публікацій на цю тему показав наявність обмеженої кількості робіт, присвячених їй [8–10]. Тому видається актуальним розширити дослідження герметичності арматури при різних зусиллях закриття на клинові засувки. Отже, *мета даної роботи* полягає в дослідженні герметичності клинових засувок при різних зусиллях закриття за допомогою побудови залежності відносного пропуску арматури від зусилля її закриття та аналізу цієї залежності.

2. Методика проведення досліджень

Експериментальні дослідження проводилися на стенді, що забезпечує тиск повітря компресором АК-50 (СРСР) до 3,0–3,5 МПа (рис. 1).

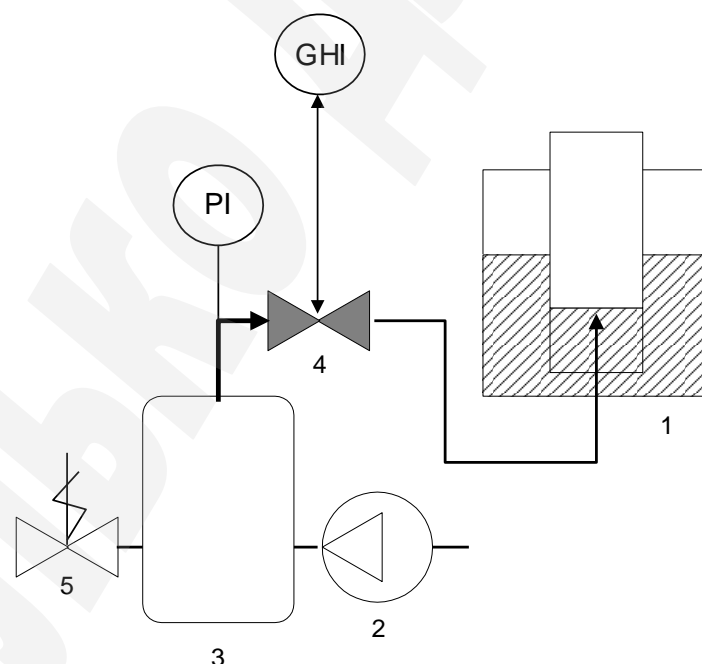


Рис. 1. Схема експериментального стенда: 1 – вимірювальний осередок; 2 – компресор АК-50; 3 – ресивер; 4 – досліджувана арматура; 5 – запобіжний клапан; PI – манометр; GHI – динамометричний ключ

Для плавної подачі повітря на засувку 4 компресор 2 працював на ресивер 3, об'ємом близько 5 літрів. Пропуск повітря вимірювали об'ємним способом, витісняючи воду з вимірювальної комірки 1. Для створення зусилля на штоку, що замикає арматуру 4, використовувався динамометрический ключ КД-230 (Росія), що дозволяє вимірювати крутний момент до 230 Н·м.

Методика експерименту полягала в наступному. Динамометричним ключем закривали арматуру 4 необхідним зусиллям, потім включали компресор 3 і досягали необхідного тиску. Пропуск повітря вимірювали заповненням вимірювальної комірки за період часу, який фіксувався секундоміром. Результати експерименту представлені в табл. 1, 2.

Таблиця 1

Пропуск повітря чавунною засувкою

$V_{\text{повітря}}, \text{мл}$	$t, \text{с}$	$Q, \text{мл/хв}$	$\Delta P, \text{атм}$	$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	$(Q/P)^{0,5}$
1	2	3	4	5	6
150	27.12	331.8584	2.4	9.2	214.2137
150	12.07	745.6504	3.2	9.2	416.8312
150	8.63	1042.874	4	9.2	521.4368
150	6.99	1287.554	5.2	9.2	564.6296
150	6.48	1388.889	6.4	9.2	549.0065
150	6.06	1485.149	7.2	9.2	553.4822
150	5.59	1610.018	8	9.2	569.2273
150	4.98	1807.229	8.8	9.2	609.2167
150	4.85	1855.67	9.6	9.2	598.915
150	4.6	1956.522	10.4	9.2	606.6916
150	4.52	1991.15	11.2	9.2	594.97
150	4.41	2040.816	12	9.2	589.1329
280	15.46	1086.675	2.4	4	701.4459
280	12.15	1382.716	3.2	4	772.9618
280	10.26	1637.427	4	4	818.7135
280	8.01	2097.378	5.2	4	919.7612
280	7.63	2201.835	6.4	4	870.3516
280	7.08	2372.881	7.2	4	884.3207
280	6.56	2560.976	8	4	905.4416
280	5.89	2852.292	8.8	4	961.5074
280	5.48	3065.693	9.6	4	989.4483
280	5.05	3326.733	10.4	4	1031.576
280	4.81	3492.723	11.2	4	1043.651
280	4.65	3612.903	12	4	1042.955
280	18.26	920.0438	2.4	5.2	593.8857
280	13.1	1282.443	3.2	5.2	716.9073

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
280	11.28	1489.362	4	5.2	744.6809
280	9.36	1794.872	5.2	5.2	787.1034
280	7.75	2167.742	6.4	5.2	856.8752
280	7.45	2255.034	7.2	5.2	840.4014
280	6.83	2459.736	8	5.2	869.6482
280	6.55	2564.885	8.8	5.2	864.6227
280	6.38	2633.229	9.6	5.2	849.871
280	6.2	2709.677	10.4	5.2	840.2353
280	5.95	2823.529	11.2	5.2	843.6908
280	5.66	2968.198	12	5.2	856.8449
280	20.2	831.6832	2.4	5.7	536.8492
280	14.62	1149.111	3.2	5.7	642.3725
280	11.63	1444.54	4	5.7	722.27
280	9.68	1735.537	5.2	5.7	761.0834
280	8.79	1911.263	6.4	5.7	755.493
280	7.86	2137.405	7.2	5.7	796.5637
280	6.73	2496.285	8	5.7	882.5701
280	6.43	2612.753	8.8	5.7	880.7588
280	5.79	2901.554	9.6	5.7	936.4727
280	5.95	2823.529	10.4	5.7	875.5393
280	5.56	3021.583	11.2	5.7	902.8705
280	6.1	2754.098	12	5.7	795.0397
280	29.06	578.1142	2.4	6.9	373.1711
280	22.72	739.4366	3.2	6.9	413.3576
280	17.15	979.5918	4	6.9	489.7959
280	13.43	1250.931	5.2	6.9	548.5694
280	10.58	1587.902	6.4	6.9	627.6733
280	9.93	1691.843	7.2	6.9	630.5126
280	9.08	1850.22	8	6.9	654.1516
280	8.5	1976.471	8.8	6.9	666.2681
280	7.6	2210.526	9.6	6.9	713.4443
280	7.29	2304.527	10.4	6.9	714.6034
280	7.02	2393.162	11.2	6.9	715.094
280	6.82	2463.343	12	6.9	711.1059
150	18.33	490.9984	2.4	8	316.9381
150	11.12	809.3525	3.2	8	452.4418
150	9.05	994.4751	4	8	497.2376
150	7.32	1229.508	5.2	8	539.175
150	6.27	1435.407	6.4	8	567.3943
150	5.97	1507.538	7.2	8	561.8261

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
150	5.4	1666.667	8	8	589.2557
150	4.83	1863.354	8.8	8	628.1365
150	4.67	1927.195	9.6	8	621.9995
150	4.51	1995.565	10.4	8	618.7986
150	4.43	2031.603	11.2	8	607.0574
150	4,25	2117,647	12	8	611,312

Примітка: $V_{\text{повітря}}$ – об'єм повітря; t – час проходження об'єму повітря; M – крутний момент, Н·м; Q – витрата (пропуск) повітря; ΔP – перепад тиску на зсувці; $(Q/P)^{0,5}$ – комплекс

Таблиця 2

Пропуск повітря латунної засувкою

$V_{\text{повітря}}$, МЛ	t , с	Q , мл/хв	ΔP , атм	M , Н·м	$(Q/P)^{0,5}$
1	2	3	4	5	6
290	15.46	1125.485	2.4	4	726.4975
290	12.15	1432.099	3.2	4	800.5675
290	10.26	1695.906	4	4	847.9532
290	8.01	2172.285	5.2	4	952.6098
290	7.63	2280.472	6.4	4	901.4356
290	7.08	2457.627	7.2	4	915.9036
290	6.56	2652.439	8	4	937.7788
290	5.89	2954.16	8.8	4	995.847
290	5.48	3175.182	9.6	4	1024.786
290	5.05	3445.545	10.4	4	1068.418
290	4.81	3617.464	11.2	4	1080.924
290	4.65	3741.935	12	4	1080.204
290	18.26	952.9025	2.4	5.2	615.0959
290	13.1	1328.244	3.2	5.2	742.5111
290	11.28	1542.553	4	5.2	771.2766
290	9.36	1858.974	5.2	5.2	815.2142
290	7.45	2335.57	7.2	5.2	870.4157
290	20.2	861.3861	2.4	5.7	556.0224
290	14.62	1190.15	3.2	5.7	665.3143
290	11.63	1496.131	4	5.7	748.0653
290	9.68	1797.521	5.2	5.7	788.265
290	8.79	1979.522	6.4	5.7	782.4748
290	7.86	2213.74	7.2	5.7	825.0124
290	6.1	2852.459	12	5.7	823.434

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6
290	29.06	598.7612	2.4	6.9	386.4987
290	22.72	765.8451	3.2	6.9	428.1204
290	17.15	1014.577	4	6.9	507.2886
290	13.43	1295.607	5.2	6.9	568.1612
290	10.58	1644.612	6.4	6.9	650.0902
290	9.93	1752.266	7.2	6.9	653.0309
290	9.08	1916.3	8	6.9	677.5142
290	8.5	2047.059	8.8	6.9	690.0634
150	18.33	490.9984	2.4	8	316.9381
150	11.12	809.3525	3.2	8	452.4418
150	9.05	994.4751	4	8	497.2376
150	7.32	1229.508	5.2	8	539.175
150	5.97	1507.538	7.2	8	561.8261
290	17.81	976.9792	12	17	282.0296
290	32.43	536.5402	12	28	154.8858
20	15.76	76.14213	12	33	21.98034
20	37.59	31.92338	11.2	36	9.538935
250	2.1	7142.857	14	1	1909.009
250	2.2	6818.182	10.4	1	2114.228
250	2.87	5226.481	8	1	1847.84
250	3.05	4918.033	6	1	2007.778
250	3.14	4777.07	4.4	1	2277.379

Примітка: $V_{\text{повітря}}$ – об'єм повітря; t – час проходження об'єму повітря; M – крутний момент, Н·м; Q – витрата (пропуск) повітря; ΔP – перепад тиску на зсувці; $(Q/P)^{0.5}$ – комплекс

Таблична форма подання результатів важлива для перевірки даних, однак не дає представлення про характер пропуску арматури. Для цього доцільно обробити експериментальні дані по раніше отриманим критеріям [8].

3. Результати дослідження та обговорення

Обробка отриманих експериментальних даних дозволила отримати наступні залежності (рис. 2, 3).

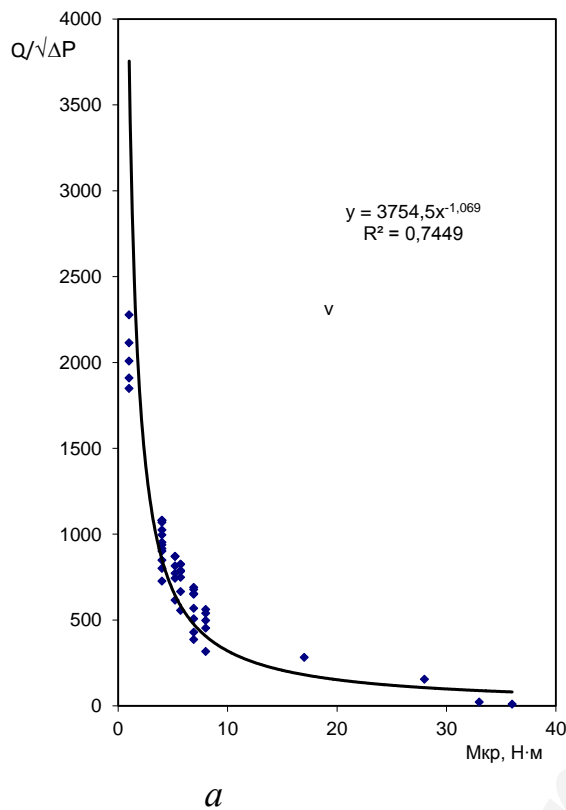


Рис. 2. Чавунна засувка: *a* – залежність відносного пропуску арматури від величини крутного моменту; *б* – зовнішній вигляд

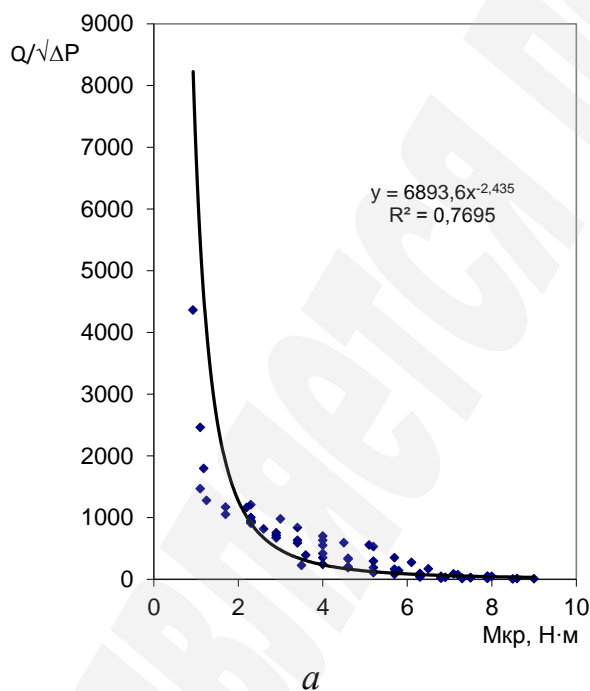


Рис. 3. Латунна засувка: *a* – залежність відносного пропуску арматури від величини крутного моменту; *б* – зовнішній вигляд

Експеримент показав, що засувки так само, як і раніше досліджені клапана [8] і вентиля мають один тренд, а саме підпорядковуються рівнянням:

$$(Q/\sqrt{\Delta P})=C \cdot M^{(-g)},$$

де Q – витрата (пропуск) повітря, мл/с; ΔP – перепад тиску на зсувці, МПа ; C – коефіцієнт; M – крутний момент, Н·м; g – показник ступеня при M .

Також можна бачити, що показник ступеня крутного моменту становить для чавунної арматури – 1,069, а для латунної – 2,435. Це означає, що для забезпечення однакового пропускання повітря, крутний момент на чавунній арматурі повинен мати великі значення, ніж для досліджуваної латунної.

Візуальне дослідження цих засувок показало, що чавунна арматура була в роботі, тоді як латунна була абсолютно нова. Тобто показник ступеня крутного моменту дозволяє оцінювати якість посадкових поверхонь засувки.

Розмірний коефіцієнт C також показує на якість посадкових поверхонь, безпосередньо пов'язуючи пропуск арматури зі своїм значенням, проте статистичний показник надає істотно більший вплив.

4. Висновки

Експериментальне дослідження підтвердило, що засувки також підкоряються раніше встановленій критеріальній залежності [8]. Показано вплив коефіцієнтів і показників ступеня в отриманій залежності на якість посадкових поверхонь і пропуск арматури. Це дослідження призводить до необхідності розширення вхідного контролю арматури на подібних стендах.

References

1. Gurevich, D. F., Shiriaev, V. V., Paikin, I. Kh. (1982). *Armatura atomnykh elektrostancii*. Moscow: Energoizdat, 312.
2. Imbrickii, M. I. (1981). *Spravochnik po armature teplovykh elektrostancii*. Moscow: Energoizdat, 304.
3. Gurevich, D. F. (2008). *Raschet i konstruirovaniye truboprovodnoi armatury: Raschet truboprovodnoi armatury*. Moscow: LKI, 480.
4. Hewitt, G. F., Collier, J. G. (2000). *Introduction to Nuclear Power*. CRC Press, 320. doi: <http://doi.org/10.1201/b15077>
5. Korolev, A. V., Chervonenko, P. P. (2011). Neustoichivost raboty skhem podderzhaniia urovnia v sistemakh szhizhennogo gaza. *Kholodilna tekhnika i tekhnologiiia*, 11, 25–29.
6. Gurevich, D. F., Zarinskii, O. N., Kosykh, S. I.; Kosykh, S. I. (Ed.) (1982). *Truboprovodnaia armatura s avtomaticheskim upravleniem*. Leningrad: Mashinostroenie, 320.
7. Makarov, A. N., Sherman, M. Ia. (1998). *Raschet drosselnykh ustroystv*. Moscow: Atomizdat, 283.
8. Koroliiov, A. V., Pavlyshyn, P. Y., Bandurko, I. V. (2018). Experimental Research of Valve Tightness at Different Closure Forces. *Nuclear and Radiation Safety*, 4 (80), 14–17. doi: [http://doi.org/10.32918/nrs.2018.4\(80\).03](http://doi.org/10.32918/nrs.2018.4(80).03)
9. Chernoshtan, V. I., Kuznecov, V. A. (2001). *Truboprovodnaia armatura TES*. Moscow: Izdatelstvo MEI, 368.

10. Goshko, A. I. (2003). *Armaturny truboprovodnaya celevogo naznacheniya. Kn.1: Vybory. Eksploataciya. Remont*. Moscow: Mashinostroyeniye, 432.

The object of research is the type of power valves – gate valve or wedge valve. Gate valves or wedge valves take a leading place among power valves. It has minimal hydraulic resistance, an almost linear dependence of the flow rate on the degree of opening, and is widely used on general-purpose pipeline systems. One of the problem areas of such valves is the loss of tightness or the transition of wedge gate valves. In addition, a more complex design increases the likelihood of failure of such valves. To solve this problem, it is proposed to carry out an experimental study of the gate transition depending on the effort of their closure, as well as research the trend of this dependence.

The studies are carried out on a bench that provides air pressure up to 3.0–3.5 MPa and is equipped with cast-iron and brass valves. Air transition is measured in a volumetric manner, displacing water from the measuring cell. To create a force on the rod that closes the valve, we used a KD-230 torque wrench (Russia) are used, which allows to measure torque up to 230 N·m. The experimental technique is as follows. The valve is closed with the necessary force wrench, then the compressor was turned on and the required pressure is reached. Air transition is measured by filling the measuring cell over time, fixed by a stopwatch.

Processing of the obtained experimental data allows to obtain the following dependences of the relative gap of the valve on the magnitude of the torque for the cast-iron gate valve: $Q/\Delta P = 3458 \cdot M^{-1.069}$ and for the brass valve: $(Q/\Delta P) = 6893 \cdot M^{-2.435}$. It is shown that gate valves as well as previously studied valves have one trend: $(Q/\Delta)P = C \cdot M^{-3}$. The degree of torque shows that the larger it is in absolute value, the better the locking characteristics of the valve. So, to ensure the same air transition, the torque on the cast iron valves should have greater values than for the studied brass gate valve.

Keywords: wedge valve, torque, relative air admission, valve tightness, cast-iron gate valve, brass gate valve.