

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 1680-9165

№ 1 (2021)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ63VPY00028965

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация результатов фундаментальных и прикладных научных исследований
по широкому спектру проблем в области металлургии, машиностроения, транспорта,
строительства и естественных наук

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/ERLV4618>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,344

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомолов Алексей Витальевич - к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна - к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Исаева КуралайСметкановна Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

А. С. Түймебай, К. Г. Балабекова

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

ЦИЛИНДРЛІК ЗОЛОТНИКТІ ТАРАТҚЫШТАҒЫ САҢЫЛАУЛАРДЫҢ ӨЛШЕМДЕРІН ТЕКСЕРУГЕ АРНАЛҒАН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕР

Мақалада жоғары жылдамдықты гидравликалық жетектерде цилиндрлік таратқыш катушалар кеңінен қолданылды. Олардың басты артықшылығы – олар қарапайым және сенімді жұмыс істейді.

Мақалада гидравликалық жетек элементтерінің өлшемдерін таңдау сипатталған және ЦЗТ арқылы өтетін сұйықтықтың шығынын есептеу үшін бастапқы мәліметтер анықталған. Есептеу нәтижелері статикалық сипаттамалар түрінде ұсынылған. Сондай-ақ, ЦЗТ-ның шағын ығысулары кезінде шығыстық айырмашылық сипаттамалары жүргізілді. Бұл есептеудің нәтижесі бүкіл гидравликалық жетекті жобалау кезінде ескерілуі керек.

Кілтті сөздер: гидравликалық жетек, золотникті таратқыш, саңылау, гильза, сұйықтық шығыны.

Кіріспе

Гидравликалық жетектердің золотникті таратқыштарының мөлшерін бақылау маңызды оператордың бірі болып табылады, оның мәні гидроавтоматика құрылғыларының технологиясын одан әрі жетілдірумен бірге артып келеді. Мұндай құрылғыларға цилиндрлік золотникті таратқыштар (ЦЗТ) кіреді, оларда золотник пен жеңнің беттері арасындағы саңылауларды қамтамасыз етудің дәлдігін тексеру маңызды. Сонымен қатар, золотниктің «нольге» жақын жақтарындағы жиек терезелерінің өлшемін тексеру өте маңызды [1].

Жұмыста бақылау әдісі ретінде пневматикалық әдісті анықтауды талап ететін талдау ұсынылады [2-4]. Бұл әдіс, атап айтқанда, авиациялық гидравликалық жетектерді тексеру кезінде қолданылады. Пневматикалық әдісті Э10 кафедрасының зертханасында арнайы жиналған қондырғыда сынақтан өткізу жоспарлануда.

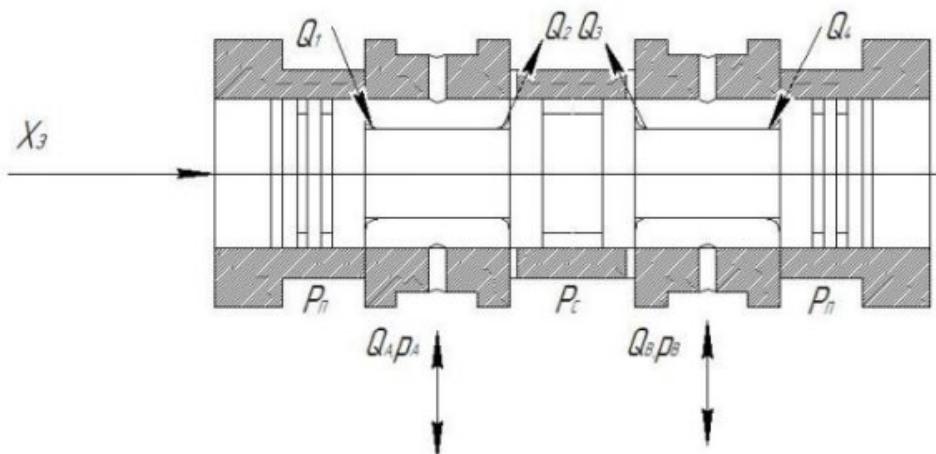
Материалдар мен әдістер

ЦЗТ-ның нөлдік аймағы – саңылаулардың кіші ашылу аймағы (сурет. 2), онда ЦЗТ-ның барлық негізгі сипаттамалары дроссельдеу жиектерінің микрогеометриясының параметрлерімен анықталады. Бұл аймақ саңылаулардың ашылуында орналасқан $|X| < 3R$.

Үлкен саңылаулардың ашылу аймағында $|X| < 3R \dots X_{az}$ сипаттамалары дроссель жиектерінің пішіні мен өлшемдеріне іс жүзінде тәуелді емес, сонымен

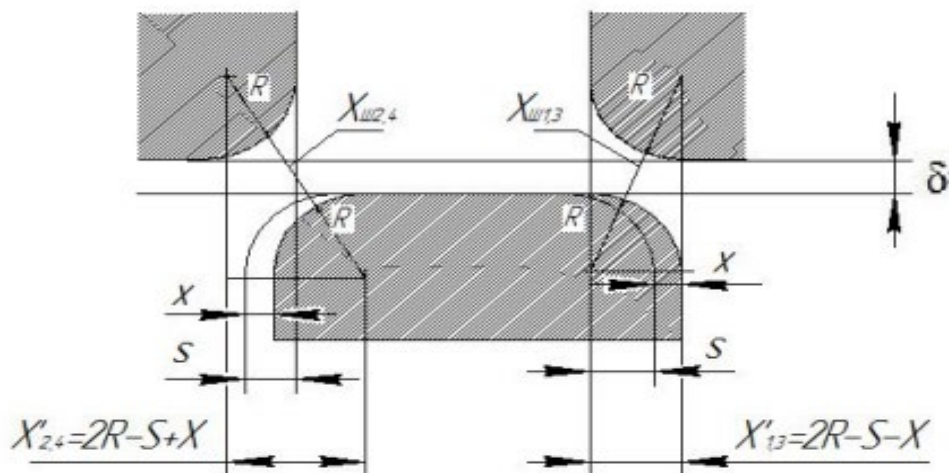
қатар ЦЗТ номиналды параметрлерімен анықталады (золотниктің жылжуы X , золотниктің жиегіндегі дроссель терезелерінің саны N , дроссель терезесінің ені b).

«Нөл» аймағындағы ЦЗТ гидравликалық есептеудің ең көп таралған ЭМҚ-да қолданылатын, орауыштың орналасуы бойынша механикалық кері байланысы бар ЦЗТ есептеу схемасы 1 суретте көрсетілген. Золотниктің оңға жылжуы кезінде құю (1, 4 индекстер) және төгу (2, 3 индекстер) саңылауларының ашылу шамаларын қалыптастыру схемасы 2 суретте көрсетілген.



Сурет 1 – Типтік ЦЗТ схемасы

Сурет 2 негізіндегі математикалық модель золотниктің оңға жылжуы кезінде жабылатын (1, 3) және ашылатын (2, 4) саңылаулар үшін қалыптасады.



X – нейтралдан золотниктің ауысуы, R – дроссельдеу жиегінің радиусы,
 δ – золотник жұбындағы радиалды алшақтық,
 S – дроссель жиектерінің оң қабаттасуы

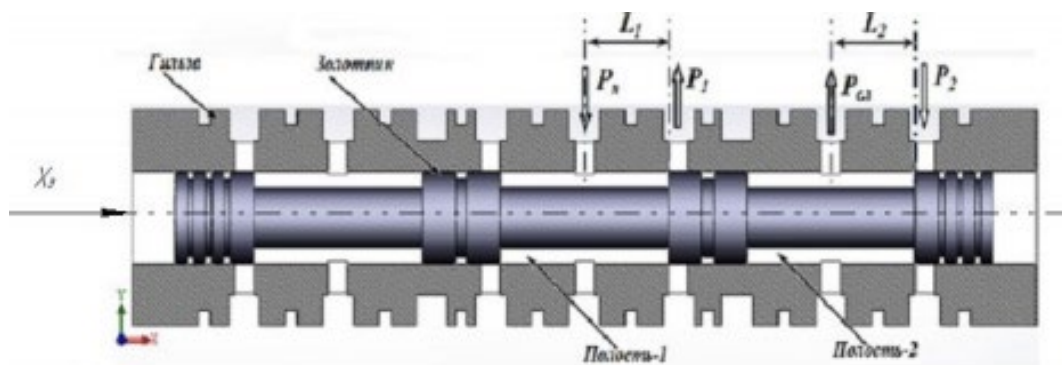
Сурет 2 – ЦЗТ саңылауының ашылу шамасын қалыптастыру схемасы

ЦЗТ негізгі өлшемдері гидравликалық жетек элементтерінің өлшемдерімен алдын-ала анықталды және жылдамдық шығынын есептеу үшін бастапқы мәліметтер есептелді. Золотник диаметрі $d_3=6\text{ мм}$, золотник мойнының диаметрі $d_{ш3}=4\text{ мм}$, радиалды саңылаулары $\delta=0,002\text{ мм}$, $S=(0...0,020)\text{ мм}$, $R=0,007\text{ мм}$ (сурет 2) көрсетілген золотниктің аз ығысуы кезінде шығыс коэффициентінің тең мәндері үшін орындалған. Белдіктер арасындағы қашықтық $L=16\text{ мм}$, $L1 = L2 = 8\text{ мм}$, берілетін қысым $P_{п}=25\text{ МПа}$, золотниктен сұйықтықты ағызуға арналған қысым $P_{л}=0,5\text{ МПа}$.

Сұйықтық майы АМГ-10 [5]. ЦЗТ жобалау кезінде жұмыс сұйықтықтары үшін ағын коэффициенті $\theta = 0,71$ [2]. Золотниктің максималды ығысуы $X_{3,\text{max}} = 0,6\text{ мм}$.

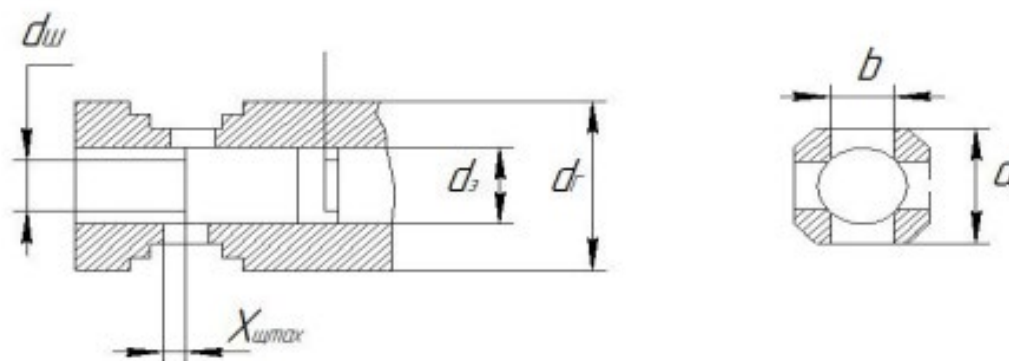
Қауыз терезесінің ені $b=1,6\text{ м}$, қауыз терезелер саны 4, әр белдіктің он қабаттасуы 20 мкм құрайды.

Содан кейін 3D-де қауызбен бірге орауыш моделі ұсынылды (сурет 3) және золотникті таратқыш орталығына жеткізілетін сұйықтық ағынының үлгілері салынды [6–10].



Сурет 3 – 3D модельдері және золотниктің ортасындағы сұйықтықты жеткізгіші бар золотниктердің бойлық қималары

ЦЗТ математикалық моделін қалыптастыру кезінде суретте көрсетілген барлық жарықтар үшін параметрлер ескеріледі (сурет 4) және микрогеометриялық параметрлер қабылданады (δ , R , s).



Сурет 4 – ЦЗТ дизайнының негізгі параметрлері

Сурет 2 және 4 бейнеленген схемалар негізінде құрылған математикалық модель оң жаққа жылжу кезінде келесі көріністі береді.

$$X'_{1.3} = -S + 2R - X = -0.596\text{мм},$$

$$X_{o1.3} = -2R + \sqrt{(\delta + 2R)^2 + 0.25(X'_{1.3} + |X'_{1.3}|)^2} = 0.00209\text{мм},$$

$$X'_{2.4} = -S + 2R + X = 0.604\text{мм},$$

$$X_{o2.4} = -2R + \sqrt{(\delta + 2R)^2 + 0.25(X'_{2.4} + |X'_{2.4}|)^2} = 0.00209\text{мм},$$

$$Q_1 = \mu n b X'_{1.3} \sqrt{\frac{2(p_n - p_A)}{p}},$$

$$Q_2 = \mu n b X_{o1.3} \sqrt{\frac{2(p_n - p_A)}{p}},$$

$$Q_3 = \mu n b X'_{2.4} \sqrt{\frac{2(p_n - p_A)}{p}},$$

$$Q_4 = \mu n b X_{o2.4} \sqrt{\frac{2(p_n - p_A)}{p}},$$

$$Q_A = Q_1 - Q_2,$$

$$Q_B = Q_4 - Q_3.$$

Бұл жүйенің шешімі ЦЗТ-дің негізгі сипаттамаларын салыстырмалы түрде береді.

Нәтижелер және талқылау

Шығын және дифференциалды сипаттамаларды алу үшін әртүрлі ығысу кезінде таратқыш арқылы өтетін сұйықтық шығыны есептелді.

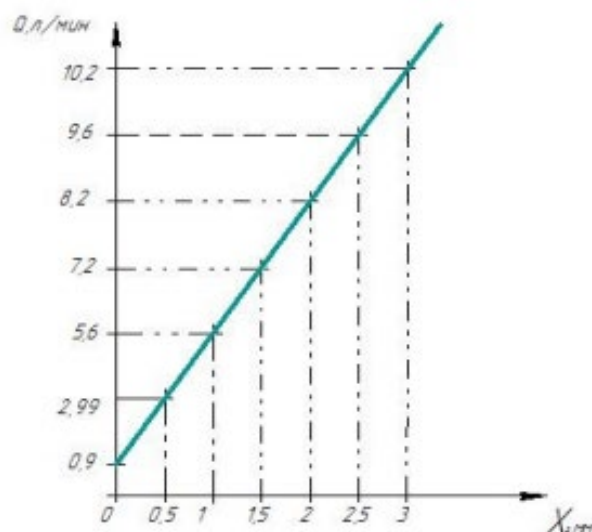
Алынған нәтижелер кесте 1 де көрсетілен.

Кесте 1 – Сұйықтық шығыны

№	Золотниктің ығысуы, X_3 , мм	ЗТ терезесіндегі қысымның өзгерісі, Δp МПа	Шығын коэффициенті, μ	Шығын Q, л/мин
1	0	3,84	-	0,9
2	0,5	3,40	0,71	2,99
3	1,0	3,0	0,71	5,6

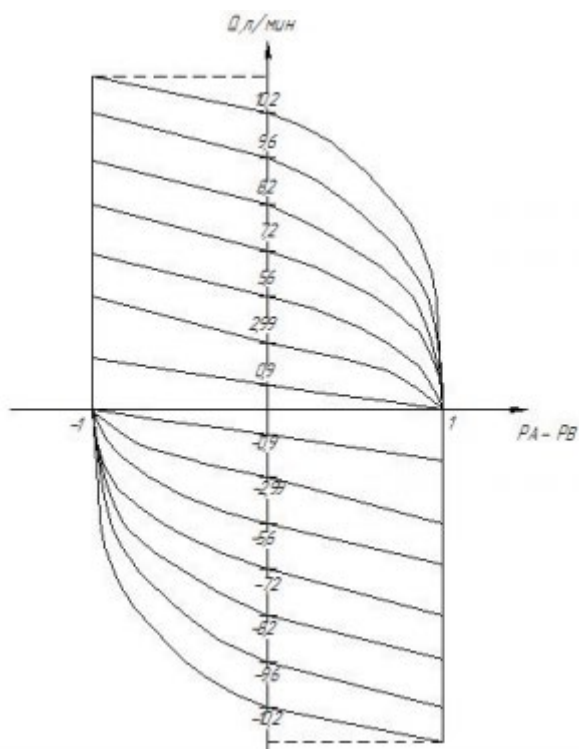
4	1,5	2,88	0,71	7,2
5	2,0	2,48	0,71	8,2
6	2,5	2,0	0,71	9,6
7	3,0	1,80	0,71	10,2

Төрт дросселді золотникті таратқыштың шығыс сипаттамалары сурет 5 көрсетілген. Шығыс сипаттамасы өткізгіштің қозғалысына байланысты сұйықтық ағынының қалай өзгеретінін көрсетеді. Бұл тәуелділікте радиалды алшақтыққа байланысты шығындар аз орын алған кезде не болатынын көруге болады [4].



Сурет 5 – ЦЗТ шығын сипаттамасы

X_3 оң және теріс мәндері осы графикаға сәйкес сурет 6 келтірілген. Бұл графиктер цилиндрлік золотникті таратқыштардың шығыс-дифференциалды сипаттамалары болып табылады.



Сурет 6 – Золотникті таратқыштың шығын-дифференциалды сипаттамалары

Қорытынды

«Cincinnati» фирмасы RH-500 дөңгелек тегістегіш білдектерде ажарлау мен жұмыстық саңылау тәсілі бойынша золотник пен гильзаны жинақтауды жүргізеді. «Cincinnati» фирмасының білдегі пневматикалық әрекеті бар өлшеу-басқарушы құрылғымен жабдықталған. Машинаның артқы жағына орнатылған катушканың сыртқы диаметрін өлшеуге арналған пневматикалық бас тегістеу кезінде және белгіленген саңылауға жеткеннен кейін нақты мөлшерді үздіксіз бақылайды. Соңғы өңдеу кезінде ЦЗТ өндіру үшін тегістеу жұмыстары жүргізіледі, нәтижесінде 0.3 мкм жұмыс беті қамтамасыз етіледі. ЦЗТ-да материалдар ретінде жоғары беріктігі бар легіріленген болат қорытпалары қолданылады. Золотниктердің диаметрі 10 мм-ге дейін, қаттылығы $HRC \geq 58$ болатын 9X18I және 95X13V3R3B2Ф-ВИ болаттары қолданылады. Диаметрі 10 мм-ден асатын катушкаларда 18X2H4BA пластикалық қорытпасы көбірек болат қолданылады, олар жең саңылаулары мен жіптің сыртқы бетін нитроцементациялау арқылы қатайтылады.

Диаметрі 10 мм дейінгі заманауи жоғары сапалы бақылау жетектеріндегі «золотник–гильза» жұбындағы диаметрлік саңылау 3-6 мкм интервалда орналасқан, онда аз өнімсіз сұйықтықтың ағуы және техникалық сипаттамалардың жоғары деңгейі алынады.

Мақалада келтірілген есептеулердің ғылыми жаңалығы бар. Бұл есептеуді гидравликалық жетекті жобалау кезінде ескеру қажет.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Попов, Д. Н.** Механика гидро-и пневмоприводов : учебник. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.

2 **Фомичев, В. М.** Проектирование характеристик золотниковых распределителей в области «нуля» // Гидравлика и пневматика. 2005. – № 20. – С. 49–54.

3 **Вимер, А.** Пневматическое измерения размеров: учебник. – М. : Изд-во Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1962. – 132 с.

4 **Бекиров, Я. А.** Технология производства следящего гидропривода. – М. : «Машиностроение», 1977. – 224 с.

5 **Попов, Д. Н., Панайотти С. С., Рябинин М. В.** Гидромеханика : учебник. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 383 с.

6 **Попов, Д. Н., Салман М. И.** Компьютерное исследование и расчёт гидродинамических нагрузок на золотник // Наука и образование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электрон.журн., 2012. – № 10. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/491484.html>

7 **Нагрецкис, В. Н.** Реконструкция стенда для гидравлического испытания колец гидроприжима // Вестник науки. 2020. – Т. 1. – № 1 (22). – С. 350–355.

8 **Леченко, Г. Е., Волков, К. Р., Маслеев, А. В., Гончарова, В. В., Ерошкин, Д. В., Чемезов И. И.** Повышение скорости вычислений для имитационной модели модель газопроводной системы // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 4. – С. 9.

9 **Барзов, А. А., Денчик, А. И., Ткачук, А. А.** Имитационное моделирование процесса вероятностного формирования исполнительного размера // Наука и техника Казахстана. – 2020. – № 1. – С. 39–47.

10 **Torgashin A. S., Zhujkov D. A., Nazarov V. P., Begishev A. M., Vlasenko A. V.** CFD methods for cavitation modeling in centrifugal and axial pumps of LRE // Siberian Journal of Science and Technology. – 2020. – Т. 21. – № 3. – С. 417–422.

References

1 **Popov, D. N.** Mekhanika gidro-i pnevmoprivodov [Mechanics of hydro and pneumatic drives: textbook] [Text]. – Moscow : Publishing house of MSTU im. N. E. Bauman, 2002. – 320 p.

2 **Fomichev, V. M.** Proyektirovaniye kharakteristik zolotnikovoykh raspredeliteley v oblasti «nulya» [Designing the characteristics of spool valves in the «zero» area] [Text]. – Hydraulics and pneumatics. – 2005. – № 20. – P. 49–54.

3 **Vimer, A.** Pnevmaticheskoye izmereniya razmerov: uchebник [Pneumatic measurement of dimensions: a textbook] [Text]. Moscow: State Scientific and Technical Publishing House of Engineering Literature, 1962. – 132 p.

4 **Bekirov, Ya. A.** Tekhnologiya proizvodstva sledyashchego gidroprivoda [Manufacturing technology of the servo hydraulic drive] [Text]. – Moscow : «Mechanical engineering», 1977. – 224 p.

5 **Popov, D. N., Panaiotti, S. S., Ryabinin, M. V.** Gidromekhanika: uchebnik [Hydromechanics: textbook] [Text]. – Moscow : Publishing house of MSTU im. N. E. Bauman, 2002. – 383 p.

6 **Popov, D. N., Salman, M. I.** Komp'yuternoye issledovaniye i raschot gidrodinamicheskikh nagruzok na zolotnik [Computer research and calculation of hydrodynamic loads on the spool] [Text]. Science and Education. MSTU them. N. E. Bauman. Electronic magazine, 2012. – № 10. – Access mode: <http://technomag.edu.ru/doc/491484.html>

7 **Nagretskis, V. N.** Rekonstruktsiya stenda dlya gidravlicheskogo ispytaniya kolets gidroprizhima [Reconstruction of the stand for hydraulic testing of hydraulic pressure rings] [Text]. – Vestnik nauki. – 2020. – T. 1. - No. 1 (22). – P. 350–355.

8 **Lechenko, G. Ye., Volkov, K. R., Masleyev, A. V., Goncharova, V. V., Yeroshkin, D. V., Chemezov, I. I.** Povysheniye skorosti vychisleniy dlya imitatsionnoy modeli model' gazoprovodnoy sistemy [Increasing the speed of computations for the simulation model of the gas pipeline system] [Text]. – Bulletin of Eurasian Science. – 2020. – T. 12. – No. 4. – P. 9.

9 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Tkachuk, A. A.** Imitatsionnoye modelirovaniye protsessa veroyatnostnogo formirovaniya ispolnitel'nogo razmera [Simulation modeling of the process of probabilistic formation of executive size] [// Science and technology of Kazakhstan. – 2020. – No. 1. – P. 39–47.

10 **Torgashin, A. S., Zhujkov, D. A., Nazarov, V. P., Begishev, A. M., Vlasenko, A. V.** CFD methods for cavitation modeling in centrifugal and axial pumps of LRE // Siberian Journal of Science and Technology. 2020. – T. 21. – № 3. – С. 417–422.

Материал поступил в редакцию 25.03.21.

А. С. Түймебай, К. Г. Балабекова

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан.
Материал 25.03.21 баспаға түсті.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОВЕРКИ РАЗМЕРОВ ОТВЕРСТИЙ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ЗОЛОТНИКОВОМ ПЕРЕДАТЧИКЕ

В статье широко использованы цилиндрические распределительные катушки в высокоскоростных гидроприводах. Их главное преимущество в том, что они просты и надежны в эксплуатации.

В статье описан выбор размеров элементов гидропривода и определены исходные данные для расчета расхода жидкости, проходящей через ЦТП. Результаты расчетов представлены в виде статических характеристик.

Также были проведены расходные разностные характеристики при малых смещениях ЦТ. Результат этого расчета должен учитываться при проектировании всего гидропривода.

Ключевые слова: гидравлический привод, золотниковый передатчик, зазор, гильза, расход жидкости.

A. S. Tuymbay, K. G. Balabekova

S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 25.03.21.

MATHEMATICAL MODELS FOR CHECKING THE SIZE OF HOLES IN A CYLINDRICAL SPOOL TRANSMITTER

The article widely uses cylindrical distribution coils in high-speed hydraulic drives. Their main advantage is that they are simple and reliable in operation.

The article describes the choice of sizes of hydraulic drive elements and defines the initial data for calculating the flow rate of liquid passing through the TTP. The results of calculations are presented as static characteristics. Also, the flow difference characteristics were carried out for small displacements of the DT. The result of this calculation should be taken into account when designing the entire hydraulic drive.

Keywords: hydraulic actuator, valve transmitter, the gap, the sleeve, the liquid flow rate.

Теруге 25.03.21 ж. жіберілді. Басуға 05.04.21 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

2,74 Мб RAM

Шартты баспа табағы 9,7. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген З. С. Искакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3747

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz