

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
НА ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ОПОРЕ УМ 2434**

*Муслимов Аннас Паясович*, д.т.н., профессор кафедры «Приборостроение». Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б. Н. Ельцина. Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Киевская 44, 720065, контактный телефон: 0312 491584

*Алмасбеков Айбек Алмасбекович*, ст. преп. кафедры «Автоматизация и робототехника», Кыргызский Государственный Технический университет им. И. Раззакова,

Кыргызская Республика, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, контактный телефон: +996508-888568, e-mail: [aibekalmasbekov88@gmail.com](mailto:aibekalmasbekov88@gmail.com)

*Сарымсаков Бакытбек Ашымбекович*, к.т.н., доцент кафедры «Организация перевозок и безопасность движения» Кыргызский Государственный Технический университет им. И. Раззакова. Кыргызская Республика, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, Контактный телефон: +996772989956, электронная почта: [basarymsakov@mail.ru](mailto:basarymsakov@mail.ru)

**Аннотация.**

1. Определение экспериментальной зависимости изменения зазора в гидростатических направляющих от различных нагрузок.
2. Определение экспериментального приращения расхода рабочей жидкости для восстановления заданного зазора гидростатической направляющей, для систем автоматического регулирования.
3. Обработка результатов опытов:
  - а) построение графиков зависимости зазора в гидростатических направляющих от исследуемых факторов,
  - б) вывод уравнений исследуемых зависимостей.

**Ключевые слова:** Экспериментальный гидравлический стенд, гидропривод, силовой цилиндр, муфта, редукционный клапан, информационно - измерительное устройство.

**METHOD OF CONDUCTING AN EXPERIMENTAL STUDY ON A  
HYDROSTATIC SUPPORT UM 2434**

*Muslimov Annas Payasovich*, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Instrument Engineering. Kyrgyz-Russian Slavic University named after Boris N. Yeltsin. Kyrgyz Republic, Bishkek, st. Kievskaya 44.720065, contact phone: 0312 491584

*Almasbekov Aibek Almasbekovich*, Art. Rev. Department of Automation and Robotics, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov. Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 66, Contact phone: + 996508-888568, e-mail: [aibekalmasbekov88@gmail.com](mailto:aibekalmasbekov88@gmail.com)

*Sarymsakov Bakytbek Ashymbekovich*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Organization of Transportation and Traffic Safety" Kyrgyz State Technical University. I. Razzakov. Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 66, Contact phone: +996772989956, e-mail: [basarymsakov@mail.ru](mailto:basarymsakov@mail.ru)

**Annotation.**

1. Determination of the experimental dependence of the gap change in hydrostatic guides on various loads.
2. Determination of the experimental increment of the flow rate of the working fluid to restore the specified gap of the hydrostatic guide, for automatic control systems.
3. Processing of the results of experiments:
  - a) plotting the dependence of the gap in the hydrostatic guides on the studied factors,
  - b) the derivation of the equations of the studied dependencies.

**Keywords:** Experimental hydraulic stand, hydraulic drive, power cylinder, coupling, pressure reducing valve, information and measuring device.

**УМ 2434 ГИДРОСТАТТЫК ТАЯНЫЧТА ЭКСПЕРИМЕНТТИК ИЗИЛДӨӨ  
ЖҮРГҮЗҮҮ МЕТОДИКАСЫ.**

*Муслимов Аннас Паясович*, т.и.д., профессор, «Приборостроение» кафедрасы, Б. Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Орус Славян университети, Кыргыз Республикасы, Бишкек ш.,

Киевская коч. 44,720065, байланыш телефон: 0312 491584

**Алмасбеков Айбек Алмасбекович**, улук окутуучу, «Автоматизация и робототехника» кафедрасы, И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети, Кыргызстан, 720044, Бишкек ш., Ч. Айтматов пр. 66., байланыш телефон: +996508-888568, e-mail: [aibekalmasbekov88@gmail.com](mailto:aibekalmasbekov88@gmail.com)

**Сарымсаков Бакытбек Ашымбекович**, т.и.к., доцент, «Организация перевозок и безопасность движения» кафедрасы, И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети, Кыргызстан, 720044, Бишкек ш., Ч. Айтматов пр. 66, байланыш телефон: +996772989956, e-mail: [basarymsakov@mail.ru](mailto:basarymsakov@mail.ru)

#### Аннотация

1. Аныктоо экспериментальной көз карандылык көндөйүнүн өзгөртүүлөрдү гидростатических багыттоочулардын ар кандай жүктөмдөр.

2. Аныктоо экспериментального приращения чыгымдоо жумушчу суюктукту толугу менен калыбына келтирүү үчүн берилген зазора гидростатической жөнөтүүчү үчүн системасын автоматтык жөнгө салуу.

3. Кайра иштетүү тажрыйбасын:

а) гидростатикалык багыттагычтардагы изилденүүчү факторлорго көз карандылыктын графиктерин түзүү,

б) изилденүүчү көз карандылыктардын тендемелерин чыгаруу.

**Негизги сөздөр:** Эксперименттик гидравликалык тактасы, гидропривод, күч цилиндр, муфта, редукционный капкалдырык.

Материальное оснащение необходимые для выполнения работы

1. Универсальная гидростатическая опора модели УМ 2434.
2. Насосной установки типа 8АГЧ8-22
3. Регулятора расхода жидкости Г-23 (13)
4. Стрелочного индикаторного микрометра со штативом.
5. Электроизмерительного устройства с индуктивным датчиком.
6. Самописец модели У-4.
7. Набор весов (1кг, 3кг, 5кг, 10кг, 20кг, 25кг).

Описание гидростатического стенда

Гидростатический стенд (рис.1) состоит из самой гидростатической опоры 1, золотникового регулятора 2 с регулировочным винтом 3, величина зазора в регуляторе контролируется микрометром 9, подача жидкости осуществляется за счет насоса 4, на критическое давление имеется предохранительный клапан 5, к входу и выходу регулятора подключен редукционный клапан 6. Стрелочный индикатор 7 закрепленный на штативе показывает изменения зазора и его величину, а индуктивный датчик 8, снимая тот же зазор, подают электрический сигнал на самописец У – 4 и ЭВМ, что позволяет проводить динамические исследования.

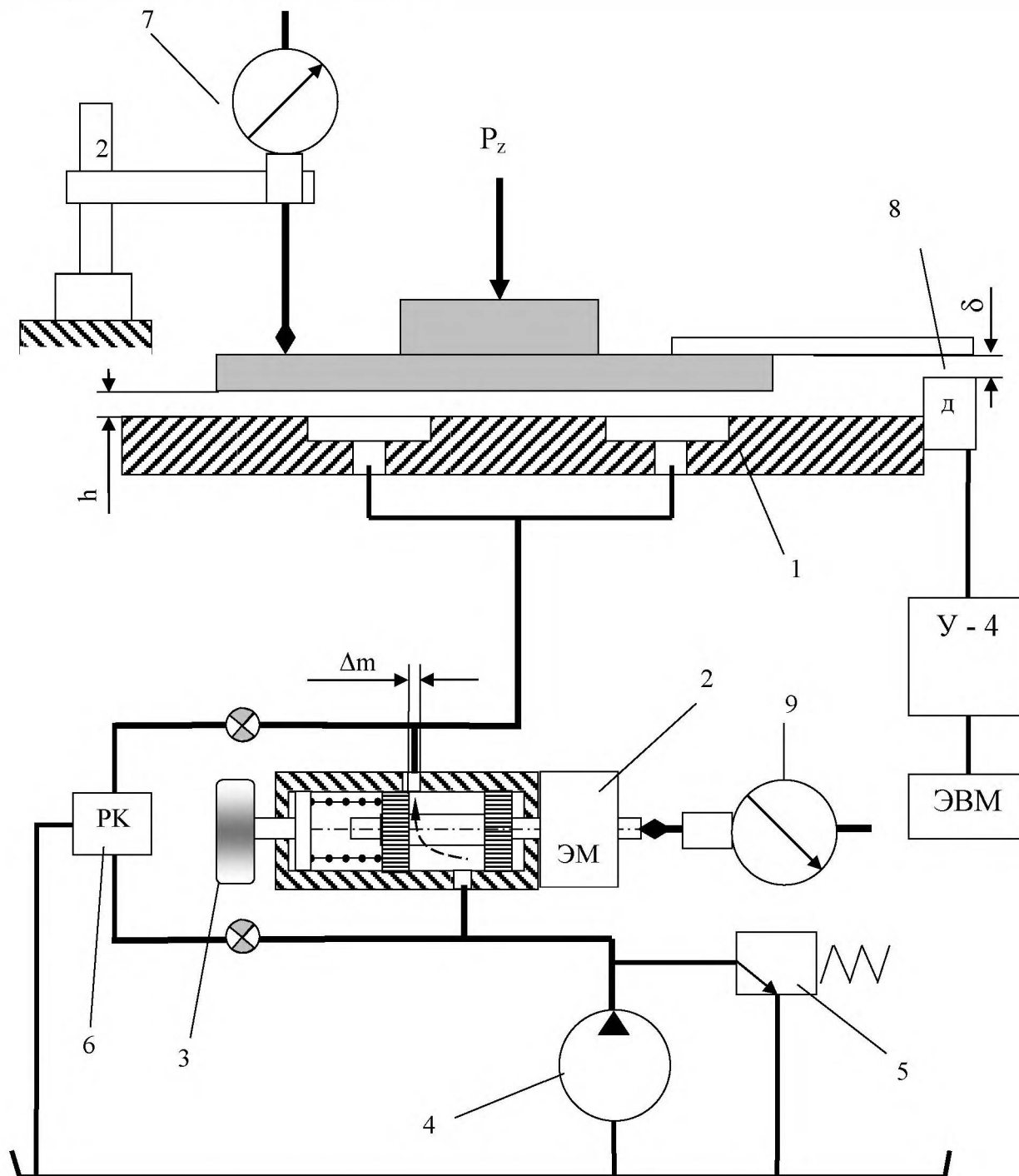


Рис. 1. Принципиальная схема гидростатического стенда

Порядок и методика выполнения работы

- п.1. Проверка всего оборудования на работоспособность.
- п.2. Исследование изменения зазора в гидростатической опоре без нагрузки в зависимости от расхода.
- п.3. Исследование изменения зазора гидростатической опоры в зависимости от нагрузок в статике и определения приращения расхода рабочей жидкости для восстановления заданного зазора.
- п.4. Исследование изменения зазора гидростатической опоры в зависимости от нагрузок в динамике.

П.1.

Для проверки системы на работоспособность необходимо:

- Убедиться, что гидростатическая опора 1 перемещается свободно вдоль направляющих и установить его в среднее положение относительно начала перемещения, сбросить остаточные давления в общей системе, сверить показания манометра и установить его на «нуль», установить индуктивный датчик так, чтобы выход его щупа оказался максимальным. Настроить самописец на «нуль». Запустить программу электронного осциллографа DSO – 2090, проверить контакты и прохождение сигнала. Показания микрометра индикаторного типа 7 установить на «нуль».
- Отрегулировать регулировочный винт 3 золотникового регулятора 2 на зазор в гидростатической опоре  $h = 0$  мкм, то есть поджать до упора. Рабочая жидкость при этом будет заблокирована.
- Включить насосную установку и установить общее давление системы на 3 кгс/см<sup>2</sup>.

П.2.

Проведение исследования зазора в гидростатической опоре без нагрузки в зависимости от расхода, необходимо:

- Выполнить пункт П.1.
- Включить электромагнит регулятора расхода 2. Начать регулировку винта отжимая пружину регулятора расхода, пошагово на 13 точек. При проведении данной операции показания микрометра 7 и уровень линии самописца изменятся. Подъем стола относительно опоры будет незаметным.
- Записать показания микрометра и сверить с показаниями самописца, на основании этого заполнить таблицу, построить графики для наглядности.

П.3.

Для исследования изменения зазора гидростатической опоры в зависимости от нагрузок в статике и определения приращения расхода рабочей жидкости для восстановления заданного зазора необходимо:

- Выполнить пункт П.1.
- Выполнить пункт П.2, но с приложением нагрузок весом 100Н, 200Н, 300Н.

Исследование проводится для определения характера изменения зазоров и выявления «целесообразных» диапазонов управления.

- Повторить пункт П.1., но с установкой первоначального зазора  $h = 60$  мкм. Начать нагружать стол набором весов (1кг, 3кг, 5кг, 10кг, 20кг, 25кг) по очереди, каждый раз фиксируя показания приборов. Повторить с  $h = 70$  мкм и с  $h = 80$  мкм.

- По полученным значениям зазоров вычисляем требуемые к приращению расходы, из показания индикатора установленного на оси золотника по формуле:

$$\Delta Q_i = Q_i - Q = Q_i - \mu \cdot \pi \cdot d \cdot \Delta t \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}},$$

Где  $Q_i$  есть  $Q_1 = 0,000166$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_2 = 0,00026$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_3 = 0,000393$  м<sup>3</sup>/с, что соответствуют начальным значениям зазоров  $h_1 = 60$  мкм,  $h_2 = 70$  мкм,  $h_3 = 80$  мкм.

$\mu = 0,65$  – коэффициент расхода регулятора

$d = 12$  мм – диаметр рабочей кромки золотника,

$\Delta m$  - зазор в золотниковом регуляторе, снимается по показаниям индикатора.

$\Delta p = 0,0008 \text{ кгс/м}^2$  – перепад давления в золотниковом регуляторе.

$\rho = 895 \text{ кг/м}^3$  – плотность рабочей жидкости.

- Записать показания микрометра и сверить с показаниями самописца, на основании этого заполнить таблицу, построить графики для наглядности.

П.4.

Для исследования изменения зазора гидростатической опоры в зависимости от нагрузок в динамике необходимо:

- Выполнить пункт П.1.

- Повторить пункт П.1., но с установкой первоначального зазора  $h = 60 \text{ мкм}$ . Начать нагружать стол весами 100Н, 200Н, 300Н, по очереди сбрасывая с высоты 10-15 см, каждый раз фиксируя показания приборов. Повторить с  $h = 70 \text{ мкм}$  и с  $h = 80 \text{ мкм}$ .

- Записать показания микрометра и сверить с показаниями самописца, на основании этого заполнить таблицу, построить графики для наглядности.

Проведение опытов

Таблица 1 - Зависимость зазора от расхода без нагрузки

Q	h	k	Sf	P
м <sup>3</sup> /с	м		м <sup>2</sup>	Н
0	0	0,00002	0,0468	794
0,000025	0,000032			
0,00005	0,000040			
0,000075	0,000046			
0,0001	0,000051			
0,000125	0,000055			
0,00015	0,000058			
0,000175	0,000061			
0,0002	0,000064			
0,000225	0,000066			
0,00025	0,000069			
0,000275	0,000071			
0,0003	0,000073			

На рисунках 2 – 6 показаны результаты исследования гидростатической опоры.

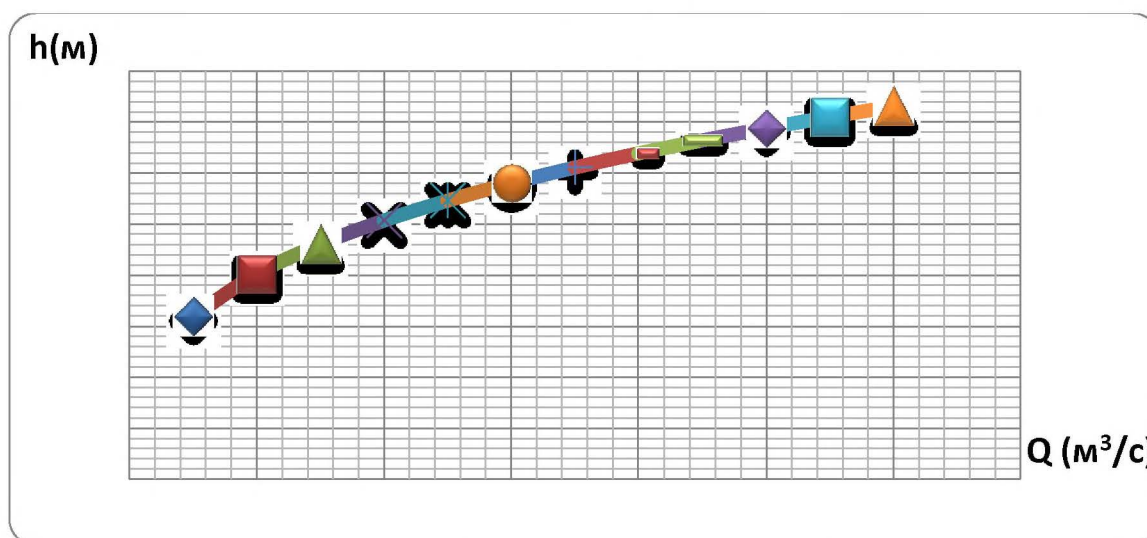


Рис. 2 Зависимость зазора от расхода без нагрузки.

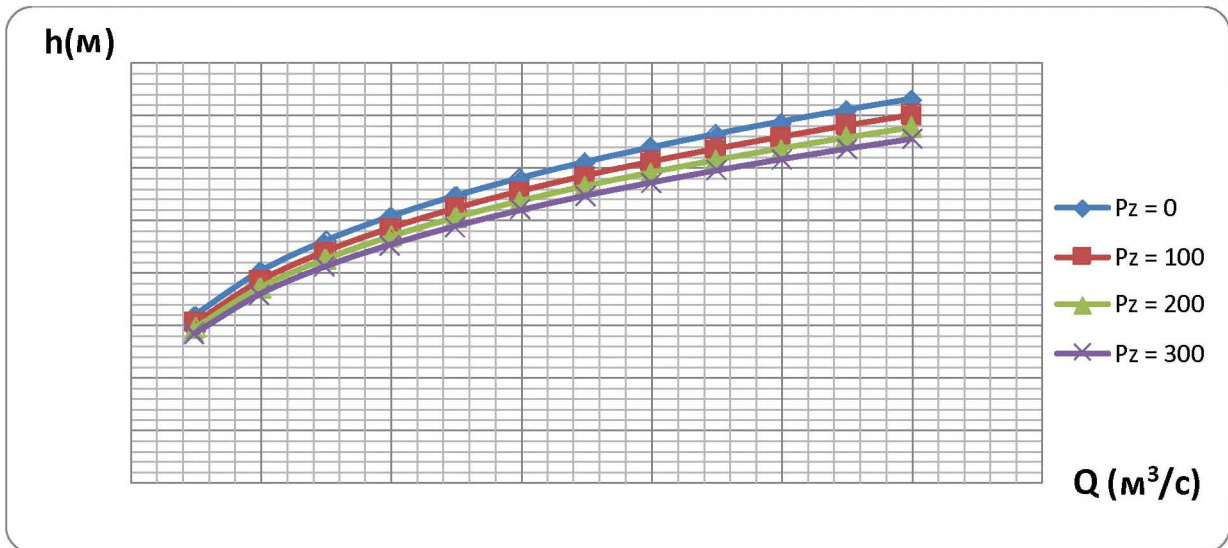


Рис. 3 Зависимость зазора от расхода при статических нагрузках.

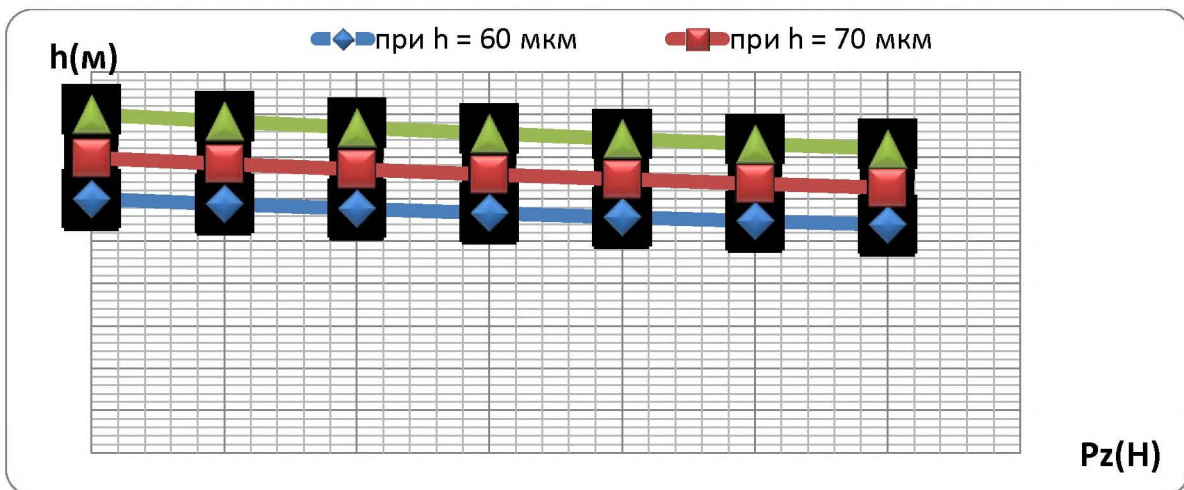


Рис. 4. Зависимость зазора от силы Pz при различных первоначальных значениях

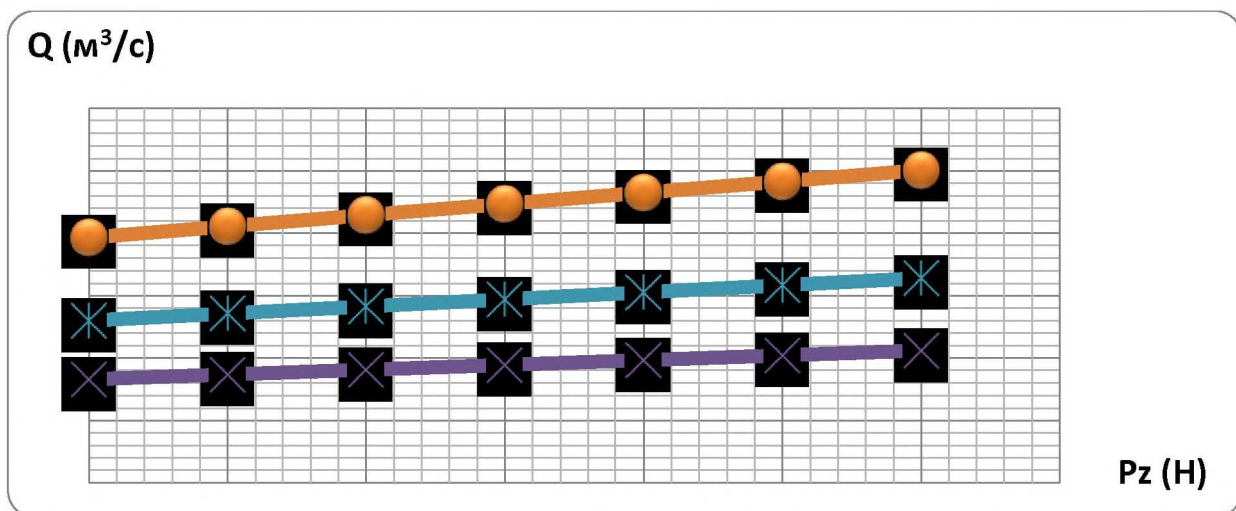


Рис. 5 Изменение расхода в зависимости от нагрузки при автоматической системе регулирования.

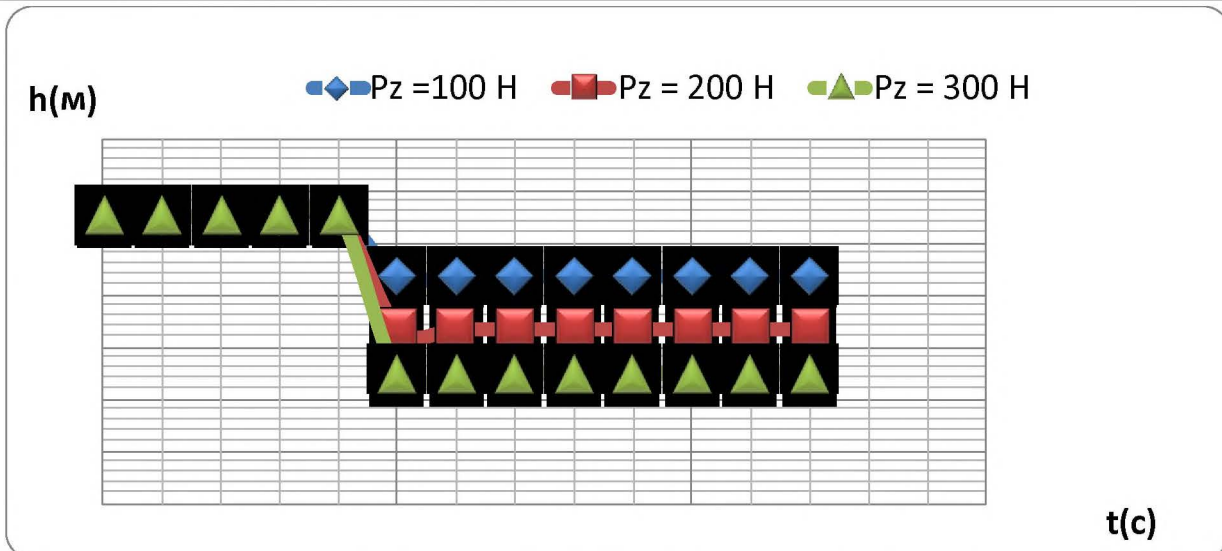


Рис. 6 Зависимость зазора от силы  $P_z$  в динамике.

На рисунках 7 и 8 показан общий вид стэнда для исследования гидростатической опоры.



Рис. 7 Гидростатический стэнд

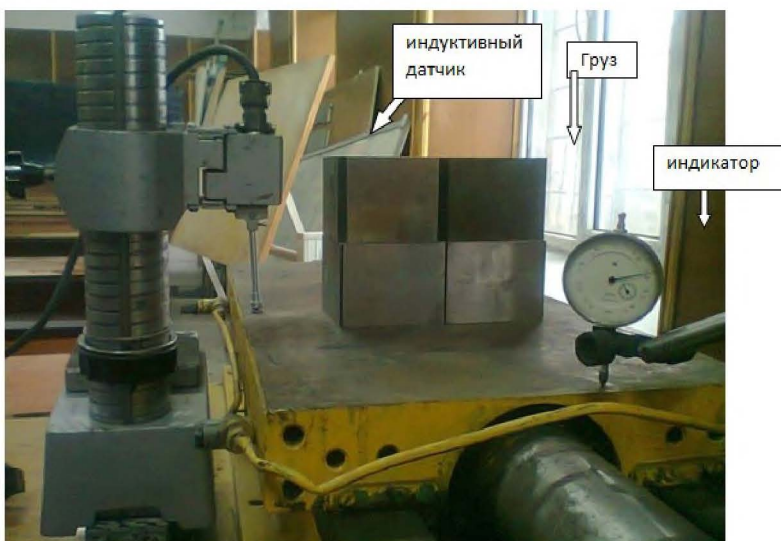


Рис. 8 Гидростатический стэнд (увеличено)

Результаты экспериментальных исследований (таблица 2) показывают, что точность геометрических размеров при обработке на токарном станке с применением двухконтурной автоматической системы повысилась на один класс, что достигается путем автоматического регулирования скорости подачи инструмента и величины зазора в гидростатических направляющих.[11]

Таблица 2 - Параметры технологической системы обработки деталей до оснащения системой автоматического регулирования и после.

<i>Технологическая система без автоматического регулирования</i>	<i>Технологическая система с автоматическим регулированием</i>
<i>Материал заготовки Сталь 40Х, твердость НВ 207</i>	
<i>Размеры: диаметр D = 60 мм, длина L = 350-600 мм</i>	
<i>Гидростатические направляющие (УМ 2434)</i>	
<i>Силовой гидроцилиндр</i>	
<i>Скорость штока ГЦ (без нагрузки)</i>	
V = 0,02 м/с	V = 0,02 м/с
<i>Геометрическая точность</i>	
Квалитет h 10	Квалитет h 9
<i>Шероховатость поверхности</i>	
Ra = 4 – 6 мкм	Ra = 2 – 5 мкм
<i>Первоначальный зазор в ГО (без нагрузки)</i>	
h = 70мкм	h = 70мкм
<i>Зазор в ГО (нагрузка в 200 Н)</i>	
h= 60-63мкм	h= 67-68мкм
<i>Скорость штока ГЦ (нагрузка <math>3 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2</math>)</i>	
V = 0,008 м/с	V = 0,018 м/с

### ВЫВОДЫ

1. Экспериментально установлено, что «жесткость» масляной подушки выше при зазорах меньше 30 - 35 мкм и уменьшается с его возрастанием, следовательно, применение автоматического регулирования актуально при зазорах  $h > 35$  мкм для чистовых и получистовых обработок. Зависимость зазора от расхода практически линейна, коэффициент отклонения от «линейности» составляет не более 15%.
2. Анализ данных при технологической обработке доказывает, что существует практически линейное соотношение между зазором и нагрузкой, коэффициент отклонения от линейности составляет не более 10%. Характер изменения зазора практически одинаков для трех выбранных первоначальных зазоров. Диапазон изменения зазора на гидростатических направляющих составляет для чистовых обработок не более - 8 – 10 мкм, для получистовых - 15 – 20 мкм, что доказывает возможность использования разработанных нами динамометрического резцедержателя с индуктивным датчиком.

### Литература

1. Активный контроль в машиностроении. Справочник / Под. ред. Е. И. Педь. М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
2. Альбом по проектированию приспособлений: Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / Б.М. Базров, А.И. Сорокин, В.А. Губарь и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 121с.
3. Андреев Г.Н., Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Проектирование технологической оснастки: Учебное пособие для высших учебных заведений. – М.: Издательство «Станкин», 1997. – 416с.

4. Андрианов А. И. Прогрессивные методы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1975. – 273 с.
5. Антонов В.Н., Терехов В.А., Тюкин И.Ю. Адаптивное управление в технических системах: Учеб. пособие. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2001. – 244 с.
6. Аришинов В.А., Алексеев Г.А. Резание металлов и режущий инструмент. Учебник для машиностроительных техникумов. - М.: Машиностроение, 1976. - 440с.
7. Ачеркан Н.С., Гаврюшин А.А., Ермаков В.В. и др. Металлорежущие станки. Том 1 – М.: Машиностроение, 1965. – 764 с.
8. Ачеркан Н.С., Гаврюшин А.А., Ермаков В.В. и др. Металлорежущие станки. Том 2 – М.: Машиностроение, 1965. – 628 с.
9. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. ГОСТ 21495 – 76 – М.: Издательство стандартов, 1976. – 35с.
10. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
11. Муслимов А.П., Алмасбеков А.А. Двухконтурное автоматическое устройство регулирования подачи инструмента и зазора в гидростатических направляющих суппорта станка / Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2018. № 2 (46). С. 131-135.