

УДК.: 631.3:63:537

## НАГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ РУКАВОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Султаналиев Бактыбек Сабырбекович (0009-0006-5863-3881)<sup>1</sup>,  
Мелис уулу Данислан (0000-0001-9985-7423)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт машиноведения и автоматики, Бишкек, Кыргызстан

<sup>2</sup> Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И.Скрябина, Бишкек, Кыргызстан

**Аннотация:** Рукав высокого давления (РВД) представляет собой гибкий трубопровод, предназначенный для транспортировки специальных гидравлических и моторных жидкостей, таких как минеральное масло, жидкое топливо, консистентные смазки и водные эмульсии. Он функционирует под давлением, передавая рабочее усилие. РВД обладает высокой гибкостью, способностью выдерживать значительные давления и для его испытания требуются специализированные гидравлические стенды. С помощью специализированных гидравлических стендов определяется влияние изменение объема РВД под высоким давлением жидкости на различные гидравлические параметры. В данной статье представлена гидравлическая схема нагрузочного устройства для испытания рукавов высокого давления.

**Ключевые слова:** рукав высокого давления, нагрузочное устройство, рабочая жидкость, давление жидкости, гидравлическая схема, экспериментальный стенд, насос, предохранительный клапан.

## ЖОГОРКУ БАСЫМДУУ ШЛАНГДАРДЫ СЫНОО ҮЧҮН ЖҮКТӨӨЧҮ ЖАСАЛГА

Султаналиев Бактыбек Сабырбекович (0009-0006-5863-3881)<sup>1</sup>,  
Мелис уулу Данислан (0000-0001-9985-7423)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Машина таануу жана автоматика институту, Бишкек, Кыргызстан

<sup>2</sup> К.И.Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети, Бишкек, Кыргызстан

**Аннотация:** жогорку басымдагы шланг (РВД) - бул минералдык май, суюк күйүүчү майлар, майлар жана суу эмульсиялары сыяктуу атайын гидравликалык жана мотор суюктуктарын ташуу үчүн арналган ийкемдүү түтүк. Ал жумушчу күчүн өткөрүп, басым астында иштейт. РВД өтө ийкемдүү, олуттуу басымга туруштук бере алат жана аны сыноо адистештирилген гидротехникалык стенддерди талап кылат. Адистештирилген гидравликалык стенддерди колдонуу менен суюктуктун жогорку басымы астында жогорку басымдагы суюктуктун көлөмүн ар кандай гидравликалык параметрлерге өзгөртүүнүн таасири аныкталат. Бул макалада жогорку басымдагы түтүктөрдү сыноо үчүн жүктөөчү түзүлүштүн гидравликалык схемасы келтирилген.

**Өзөктүү сөздөр:** жогорку басымдагы шланг, жүктөөчү жасалга, жумушчу суюктук, суюктуктун басымы, гидравликалык схема, эксперименталдык сынама,

## LOAD DEVICE FOR TESTING HIGH-PRESSURE HOSES

**Sultanaliev Baktybek Sabyrbekovich (0009-0006-5863-3881)<sup>1</sup>,  
Melis uulu Danislan (0000-0001-9985-7423)<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Machinery researching and automatics institute, Bishkek, Kyrgyzstan*

<sup>2</sup> *Kyrgyz national agrarian university named K.I.Skryabin, Bishkek, Kyrgyzstan*

**Abstract:** *High-pressure hose (HPH) is a flexible pipeline designed for transporting special hydraulic and motor fluids such as mineral oil, liquid fuel, consistent lubricants, and water-based emulsions. HPH operates under high pressure, transmitting operational force. Its key features include high flexibility and the ability to withstand significant pressures. Specialized hydraulic stands are required for testing HPH. With the help of such hydraulic stands, the impact of changing the volume of HPH under high-pressure fluid is determined on various hydraulic parameters. This article presents the hydraulic diagram of a loading device used for testing high-pressure hoses.*

**Keywords:** *high pressure hose, loading device, working fluid, fluid pressure, hydraulic circuit, experimental stand, pump, safety valve.*

## 1. Введение

Гидравлические системы, применяемые для испытания рукавов высокого давления (РВД) свыше 50 Мпа, играют ключевую роль в обеспечении надежности и безопасности гидравлических машин. Они позволяют тестировать РВД на герметичность, прочность и другие характеристики, гарантируя их работоспособность в различных условиях эксплуатации. Однако существующие методы исследования и гидравлические системы для испытания РВД свыше 50 Мпа, имеют ряд недостатков, которые влияют как на эффективность испытаний, так и на долговечность оборудования.

Одним из ключевых недостатков является ограниченное понимание динамических свойств гидравлических приводов и их компонентов, особенно применительно к РВД при высоких давлениях.

Более перспективным методом расчета силового гидравлического привода является применение теории объемной

жесткости. Теория объемной жидкости предлагает более перспективный подход к расчету силовых гидравлических приводов (Вялов С.А. 2022.-431 с.). В этой теории вместо модуля упругости используется приведенный коэффициент объемной жесткости ( $C_{pr}$ ), который учитывает деформацию как жидкости, так и элементов гидросистемы, включая РВД.

$$C_{pr} = -dp/dV,$$

где  $C_{pr}$ -приведенный коэффициент объемной жидкости,  $dV$ -изменение объема жидкости,  $dp$ -изменение давления жидкости.

Несмотря на преимущества теории объемной жидкости, для РВД такие зависимости пока не разработаны. Поэтому определение приведенного коэффициента объемной жесткости РВД требует проведения экспериментальных исследований.

В Институте машиноведения и автоматики ведутся работы по изучению поведения гидравлической системы и РВД при высоких давлениях (свыше 50 МПа)

(Султаналиев Б. С. 2021. – 65-72 с.). Эти исследования направлены на:

- Изучение изменения свойств рабочих жидкостей гидравлического привода при высоких давлениях.

- Разработку конструкции испытательного стенда для определения (Спр) РВД.

- Проведение экспериментов для определения (Спр) различных типов РВД.

Решение этих задач позволит повысить точность и эффективность испытаний РВД, а также улучшить их надежность и долговечность.

## 2. Материалы и методы исследования

В Институте машиноведения и автоматики проводятся теоретические и экспериментальные исследования в области гидравлических систем, включая системы, работающие при высоких давлениях жидкости, превышающих 50 МПа (Еремьянц В.Э. 2019. – 82-90 с).

В результате изучения технической литературы по гидравлическим системам,

применяемым для испытания рукавов высокого давления (РВД), наиболее близкими по технической сущности к предлагаемой системе являются следующие методы исследования

(Рыбак, А. Т. 2010. – 890-895 с., Борисовец И.В. 2019. 76-79с., Вялов С.А. 2022.-431 с.).

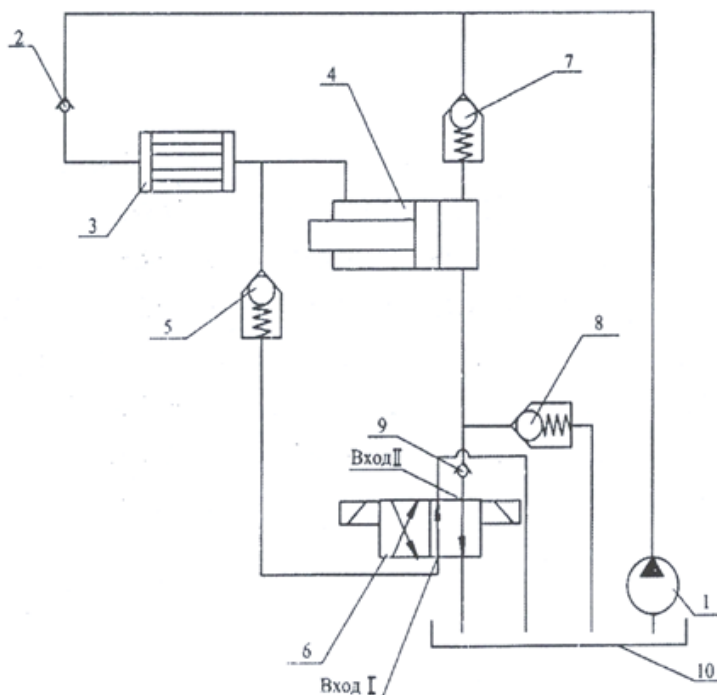
- Методы расчета коэффициента объемной жесткости элементов гидравлических приводов машин (Рыбак, А. Т. 2010. – 890-895 с., Вялов С.А. 2022.-431 с.).

- Описание стенда для экспериментальных исследований жесткостных свойств трубопроводов гидравлических систем (Борисовец И.В. 2019. 76-79с.)

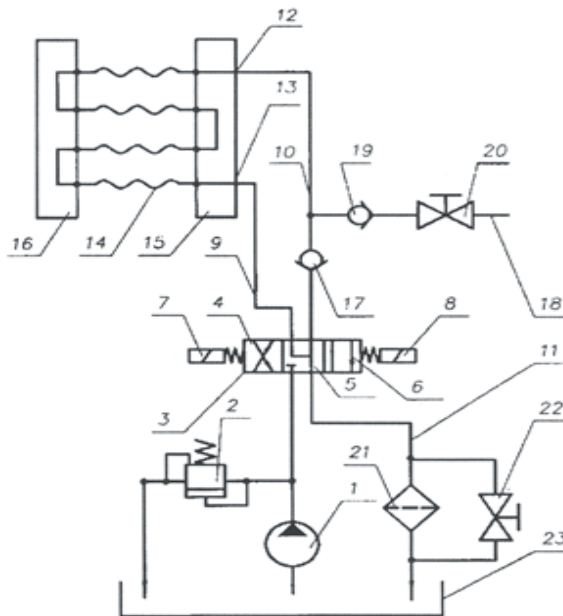
В этих исследованиях:

- Представлены методы расчета коэффициента объемной жесткости элементов гидравлических приводов.

- Описан стенд для экспериментального определения жесткостных свойств трубопроводов, включая коэффициент объемной жесткости.



**Рисунок 1.** Гидравлическая система циклического изменения нагрузки стенда для испытания рукавов высокого давления (Усс И.Н. Патент Республика Беларусь).



**Рисунок 2.** Гидравлическая система испытания рукавов (Пилипенко В.И. Патент Республика Беларусь).

● Показано, что стенд позволяет не только определять коэффициент объемной жесткости трубопровода, но и изучать его поведение при резких изменениях давления.

● Испытания на стенде позволяют также оценить влияние диссипативных сил, возникающих в трубопроводах, на характер изменения давления в них при работе гидравлических приводов в переходных режимах.

А также в дополнение к изучению научной литературы, был проведен анализ патентных решений в области гидравлических систем для испытания рукавов высокого давления (РВД). Наиболее близкими по технической сущности к предлагаемой гидравлической системе являются следующие патенты:

● Патент Республики Беларусь (Усс И.Н. Патент Республика Беларусь, Пилипенко В.И. Патент Республика Беларусь)

Гидравлическая система на рисунке 1 предназначена для применения в испытательных стендах для испытаний рукавов высокого давления, где требуется автоматическое повторение циклов нагружения. Система содержит насос 1, гидравлически соединенный с

управляемым распределителем 6, который в свою очередь связан с гидравлическим мультипликатором давления. Штоковая полость мультипликатора давления соединена с испытываемыми рукавами высокого давления. Насос через первый обратный клапан гидравлически соединен со входом испытываемых рукавов высокого давления, выход которых гидравлически связан как со штоковой полостью гидравлического мультипликатора давления 4, так и посредством первого редуцирующего клапана 5 - с первым входом управляемого распределителя, а через второй редуцирующий клапан 7 насос гидравлически соединен с бесштоковой полостью гидравлического мультипликатора давления, которая в свою очередь соединена с клапаном настройки рабочего давления 8 и через второй обратный клапан со вторым входом управляемого распределителя, оба выхода которого соединены с баком 10.

Управление двухходовым распределителем осуществляется с использованием электрозолотника, который питается через обратный клапан от насоса управления. Кроме того, присутствует еще один насос - насос системы регулирования температуры рабочей жидкости, который

время от времени поставляет рабочую жидкость в контур испытываемых рукавов высокого давления.

Таким образом, рассматриваемый стенд включает в себя три насоса, каждый из которых имеет свою систему предохранения и фильтрации. Эта конструкция стенда сложна и требует значительной мощности электродвигателей. Кроме того, такая гидравлическая система требует тщательной настройки клапанов, золотников и распределителей, которая, в свою очередь, требует периодической проверки, так как она существенно влияет на точность и стабильность динамических процессов.

● Патент Республики Беларусь (Пилипенко В.И. Патент Республика Беларусь, Пилипенко В.И. Патент Республика Беларусь)

Гидравлическая система на рис. 2 испытания рукавов содержит насос 1, соединенный с предохранительным клапаном 2, и управляющий трехпозиционный распределитель 3. Управляющий трехпозиционный распределитель 3 содержит позиции включения 4, 5, 6 и электромагниты 7, 8 и соединен с подводными гидролиниями 9, 10 и сливной магистралью 11. Подводящие

гидролинии 9 и 10 соединены через вход 12 и выход 13 с испытываемыми рукавами 14. Испытываемые рукава 14 подключены к распределительным плитам 15 и 16. В гидролинии 10 установлен обратный клапан 17. На выходе обратного клапана 17 подключена магистраль подачи воздуха 18, в которой установлен обратный клапан 19 так, что его выход соединен с выходом обратного клапана 17, а вход с вентилем 20. В сливной магистрали 11 расположен фильтр 21. Параллельно фильтру 21 установлен вентиль 22. Насос 1 подключен к баку 23 с рабочей жидкостью.

Недостатком данной гидравлической системы, как и предыдущей, является то, что испытания рукавов проводятся при постоянном, высоком давлении. Кроме того, после окончания испытаний, слив рабочей жидкости осуществляется по принципу самотека, что приводит к увеличению времени слива и, как следствие, увеличению потерь рабочей жидкости в гидросистеме.

### 3. Результаты исследования

В Институте машиноведения и автоматики разработана гидравлическая система, предназначенная для исследования влияния изменений свойств рабочих жидкостей на РВД при высоких давлениях.

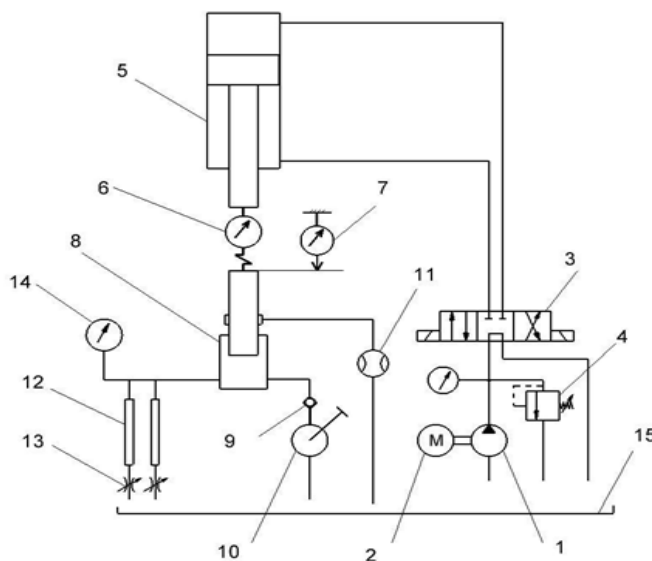


Рисунок 3. Гидравлическая система для исследования рукавов высокого давления

Целью данной работы является разработка гидравлической системы, предназначенного для определения влияния изменений свойств рабочих жидкостей в зависимости от давления при различных геометрических параметрах рукавов высокого давления.

Это устройство относится к устройствам и испытательным стендам для проведения экспериментальных испытаний, где определяется влияние высоких и сверхвысоких давлений рабочей жидкости (от 60 до 200 Мпа) на физические и механические свойства рабочих жидкостей (плотность, вязкость, объемный модуль упругости), а также для испытания труб, шлангов, уплотнений и др.

Для достижения этой цели в гидравлической системе предлагаемого экспериментального стенда, нагрузочное устройство 8 устанавливается на стол гидравлического пресса 5 с гидроприводом, включая насос 1 с предохранительным клапаном 4. Емкость нагрузочного устройства и рукавы высокого давления 12 заполняются гидравлической жидкостью, используя ручной насос 10 с обратным клапаном 9, пока не достигнут необходимый уровень, затем кран закрывается, создавая замкнутое пространство. На шток нагрузочного устройства прикладывается определенная сила, величина которой измеряется с помощью динамометра 6. Под воздействием силы гидроцилиндра происходит перемещение штока и сжатие жидкости в камере нагрузочного устройства. Величина перемещения штока регистрируется с помощью датчика перемещения 7. Количество утечки жидкости через уплотнительные элементы измеряется с помощью расходомера жидкости 11. Для измерения давления и температуры в гидравлической камере нагрузочного устройства установлены датчики давления и температуры.

#### 4. Дискуссия

Вклад исследования

В ходе данной работы была

разработана и исследована гидравлическая система для изучения влияния различных факторов, утечки жидкости, температура и влияние изменений рабочей жидкости в зависимости от давления при различных параметрах рукавов высокого давления (РВД).

Система обладает следующими преимуществами:

- Простота конструкции: Она содержит меньшее количество элементов по сравнению с существующими системами, что повышает надежность и упрощает обслуживание.

- Точность и стабильность: Датчики и приборы позволяют точно измерять параметры испытаний, обеспечивая высокую повторяемость результатов.

- Моделирование динамических нагрузок: Система позволяет проводить испытания с переменным давлением, имитируя реальные условия эксплуатации РВД.

Предложенная гидравлическая система отличается от существующих систем своей простотой, точностью и возможностью моделирования динамических нагрузок. Результаты исследований, полученные с использованием этой системы, дополняют данные других исследований в этой области. В частности: исследования проф. В.Э. Еремянца и Б.С. Султаналиева позволили изучить влияние давления жидкости на ее объемный модуль упругости при давлениях свыше 50 Мпа. Работы С.А. Вялова, И.М. Чукариной, А.В. Щербины, В.Г. Мельникова, С.В. Каверзина и др. посвящены теориям объемной жесткости и вычислению приведенного коэффициента объемной жесткости РВД.

Данная работа: расширяет спектр изучаемых факторов, влияющих на свойства РВД.

Разрабатывает новую гидравлическую систему, позволяющую проводить более точные и комплексные исследования. Получает новые данные, которые могут быть использованы для оптимизации конструкции РВД, разработки новых

методов испытаний и повышения надежности гидравлических систем.

### **5. Выводы**

Таким образом, предлагаемая гидравлическая система позволяет исследовать изменение свойств рабочих жидкостей и упругие характеристики рукавов высокого давления при высоких давлениях жидкости. А также позволяет экспериментально определить приведенный коэффициент объемной жидкости,  $(C_{pr} = -dp/dV)$  что значительно повышает качество теоретических исследований. Использование данной гидравлической системы для испытания рукавов высокого давления позволяет значительно упростить конструкцию по сравнению с существующими аналогами, а также повысить точность и стабильность проводимых испытаний. Это обеспечивает более надежное изучение динамических процессов, подверженных воздействию высокого давления.

### **6. Использованная литература**

1. Вялов, С. А. Коэффициент объёмной жёсткости рукавов высокого давления как показатель динамических свойств гидравлического привода / С. А. Вялов, И. М. Чукарина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 5. – С. 431-437. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-5-431-437. – EDN OWNJLX.
2. Султаналиев, Б. С. Влияние параметров нагрузочного устройства на

утечки жидкости / Б. С. Султаналиев, Д. Мелис уулу, Н. Мелис Кызы // Машиноведение. – 2021. – № 1(13). – С. 65-72. – EDN CMJJNR.

3. Гидравлическая схема циклического изменения нагрузки стенда для испытания гидроузлов // Патент Республика Беларусь №9686. 2006. Усс И.Н., Матюшкин А.М., Пилипенко В.И., Мартынков О.В., Ширвель Р.В., Пищенко А.В.

4. Устройство циклического изменения нагрузки стенда для испытания рукавов высокого давления // Патент Республика Беларусь №1492. 2004. Пилипенко В.И., Усс И.Н., Матюшкин А.М., Мартынков О.В.

5. Еремьянц, В. Э. К методике экспериментальных исследований влияния давления жидкости на ее объемный модуль упругости / В. Э. Еремьянц, Б. С. Султаналиев // Машиноведение. – 2019. – № 1(9). – С. 82-90. – EDN FJKDIM.

6. Рыбак, А. Т. К вопросу определения коэффициента объемной жёсткости элементов гидравлических приводов машин / А. Т. Рыбак, А. Г. Ефименко // Вестник Донского государственного технического университета. – 2010. – Т. 10, № 6(49). – С. 890-895. – EDN NTIJZR.

7. Борисовец, И. В. Исследование причин разрушения рукавов высокого давления при эксплуатации циклических испытаниях / И. В. Борисовец, Т. П. Куренкова // Литье и металлургия. – 2019. – № 2. – С. 76-79. – DOI 10.21122/1683-6065-2019-2-76-79. – EDN ZFCLDJ.