

УДК 621.398 – 582

## СТЕНД ДЛЯ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

**Антоненко В.И., Старченко С.В.**

*Донской государственный технический университет*

*E-mail: sergey.starchenko12@mail.ru; viantonen@mail.ru*

Опыт ресурсных испытаний гидроцилиндров свидетельствует о необходимости повышение экономичности и качества испытаний. Для этого был предложен комплексный стенд на базе специального оборудования, позволяющий проводить приемо-сдаточные испытания по ходу ресурсных испытаний гидроцилиндров. Приведено описание конструкции стенда и его систему автоматического управления.

**Ключевые слова:** ресурсные, приемо-сдаточные испытания; гидроцилиндры; гидросистема стенда; система управления моделирование

## OPERATIONAL LIFE TESTS SYSTEMS STAND FOR HYDRAULIC CYLINDERS TESTING

**Antonenko V.I., Starchenko S.V.**

The experience of operational life tests shows the necessity in improvement of quality and performance of tests. For these reasons systems stand based on specially designed hardware was provided to conduct acceptance trials during operational life tests of hydraulic cylinders. Shown is the design description of systems stand and its automatic-control system.

**Keywords:** operational life tests, acceptance trials, hydraulic cylinders, stand hydraulics, automatic-control system, simulation.

### 1. Введение

Гидроцилиндры являются изделиями массового или серийного производства, они на разных этапах жизненного цикла по ГОСТ 22976-78 должны подвергаться приемо-сдаточным, периодическим и типовым испытаниям. В ходе периодических испытаний проводится проверка показателей надежности гидроцилиндров ресурса и наработки на отказ. Наиболее трудоемкими являются ресурсные испытания, которые проводятся или непосредственно на машине в процессе эксплуатации, или на специальных стендах. Исследования в лабораторных и производственных условиях проводятся с целью:

- а) определения рабочих характеристик гидроцилиндров;
  - б) изучения внутренних процессов и влияния их на потери мощности и силовой режим гидроцилиндров;
-

в) выявления зависимости надежности гидроцилиндров от различных факторов и изучения их эксплуатационных качеств.

Основными параметрами, исследуемыми при испытаниях гидроцилиндров, являются давление срагивания и холостого хода, внутренняя и наружная герметичность, удельный объём выносимой рабочей жидкости через уплотнитель штока, прочность, гидромеханический к.п.д., а также ресурс и наработка до отказа.

Актуальность работы заключается в том, чтобы разработать стенд для ресурсных испытаний гидроцилиндров. Цель работы заключается в повышении эффективности ресурсных испытаний, путем разработки гидростенда для ресурсных испытаний гидроцилиндров и для проведения на нём также приемо-сдаточных испытаний путем разработки инновационных технических решений.

## **2. Программа-методика ресурсных испытаний гидроцилиндров.**

Объектом испытаний являются гидроцилиндры.

Количество гидроцилиндров, одновременно подлежащих ресурсным испытаниям, являющихся частью периодических – 2 шт.

Предварительно гидроцилиндры подвергаются на стенде приемо-сдаточным испытаниям, включающих в себя:

Проверка функционирования без нагрузки при разблокированных гидроцилиндрах;

Проверка прочности и наружной герметичности по неподвижным соединениям при давлении  $1,5 p_{ном}$ ;

Определение внутренней утечки в двух крайних положениях в течение 30 сек.;

Определение удельного объема выносимой рабочей жидкости через уплотнитель штока;

Определение давления холостого хода;

Гидроцилиндры, прошедшие приемо-сдаточные испытания устанавливаются на стенд в качестве испытываемого и нагрузочного, блокируются на шасси и прокачиваются в составе схемы для ресурсных испытаний.

Проверка ресурса производится с учетом обеспечения выдержки гидроцилиндров в фиксируемых положениях продолжительностью до 0,5 сек. Так как технический ресурс гидроцилиндров (выбранных в качестве примера, исходя из ТУ 23.2.1954-88 составляет 19200 циклов, то испытания проводят в 4 этапа продолжительностью каждого 25% ресурса- 4800 циклов). Измерение циклов производится счетчиком. После каждого этапа производятся приемо-сдаточные испытания в составе схемы для ресурсных испытаний. При этом при приемо-сдаточных испытаниях в составе схемы для ресурсных испытаний не определяется давление холостого хода.

---

Если все технические характеристики гидроцилиндров соответствуют техническим условиям, то ресурсные испытания продолжаются. После отработки полного технического ресурса производятся прямо-сдаточные испытания в полном объеме. После завершения испытаний следует измерить диаметры гильзы поршня, опорных колец, штока и определить износ трущихся поверхностей.

Для испытаний гидроцилиндров в лабораторных условиях используются различные по конструктивному и схемному исполнению гидравлические стенды. Определяющее значение для стенда имеет принципиальная гидрокинематическая схема. Анализ рекомендуемых стандартами и существующих принципиальных схем [2,3] свидетельствует, что конкретные схемы используются для решения строго определенного круга задач.

### 3. Устройство стенда

Для реализации программы-методики ресурсных испытаний гидроцилиндров, на основании анализа аналогов и прототипов стендов с учетом выявленных недостатков и поставленных задач была разработана гидрокинематическая схема стенда для проведения ресурсных испытаний гидроцилиндров. Принципиальная гидрокинематическая схема приведена на рисунке 1.

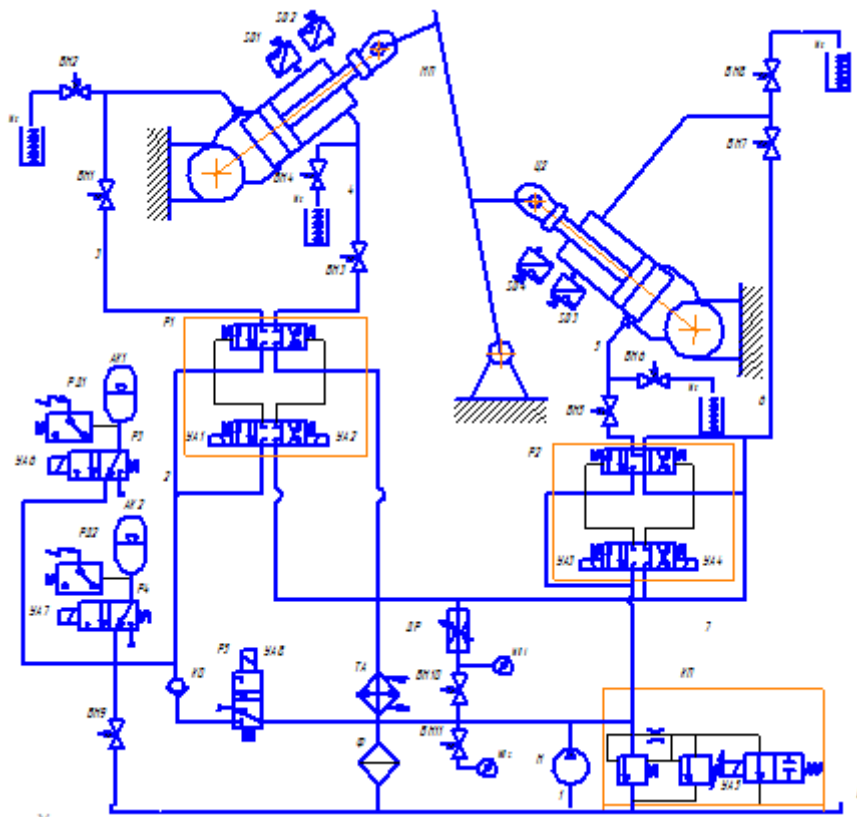


Рисунок 1 – Принципиальная гидрокинематическая схема стенда

Принципиальная гидрокинематическая схема стенда для ресурсных испытаний гидроцилиндров состоит из следующих элементов:

Н - нерегулируемый насос, служит для обеспечения необходимым расходом рабочей жидкости.

КП - предохранительный клапан, служит для ограничения максимального давления в гидросистеме.

ДР – регулируемый дроссель, предназначен для определения давления страгивания и давления холостого хода.

Ц1 – испытываемый гидроцилиндр, функционально предназначен также для создания давления нагружения.

Ц2 – испытываемый гидроцилиндр, функционально только объект испытания.

АК1, АК2 – гидропневмоаккумулятор, предназначен для создания давления нагружения в рабочих полостях цилиндра нагружения.

Р1 - гидрораспределитель, служит для подачи давления к гидроцилиндру нагружения при проведении ресурсных испытаний и определения его параметров при проведении приемо-сдаточных испытаний.

Р2 - гидрораспределитель, служит для подачи давления к испытываемому гидроцилиндру при проведении ресурсных испытаний и определения его параметров при проведении приемо-сдаточных испытаний.

Р3 - гидрораспределитель, служит для подачи давления от аккумулятора АК1 в поршневую полость гидроцилиндра нагружения при проведении ресурсных испытаний

Р4 - гидрораспределитель, служит для подачи давления от аккумулятора АК2 в штоковую полость гидроцилиндра нагружения Ц1 при проведении ресурсных испытаний

Р5 - гидрораспределитель, служит для периодической подзарядки аккумуляторов при проведении ресурсных испытаний, их предварительной зарядки и определении параметров гидроцилиндра Ц1 при проведении приемо-сдаточных испытаний.

МН1, МН2 - манометры служат для контроля низкого давления (холостого хода) и высокого (номинального и при проверке на прочность) соответственно.

ВН1-ВН8 – вентили, обеспечивают определение параметров гидроцилиндров при проведении приемо-сдаточных испытаний.

ВН9 – вентиль, обеспечивает при необходимости разрядку аккумуляторов в ручном режиме.

ВН10, ВН11 – вентили, обеспечивают подключение манометров при проведении испытаний.

МС – мерный сосуд, предназначен для контроля объема утечки рабочей жидкости.

---

SQ1-SQ4 – конечные выключатели, контролируют точки хода гидроцилиндров и обеспечивают работу автоматической системы для управления по пути.

РД1, РД2 – реле давления, контролируют минимальное рабочее давление в гидроаккумуляторах и обеспечивают их автоматическую подзарядку в конечных точках хода гидроцилиндров.

ТА – водяной теплообменник, поддерживает допустимую температуру рабочей жидкости.

Ф - фильтр в сливной магистрали, служит для обеспечения заданной тонкости фильтрации.

МП – механизм платформы шасси, обеспечивает блокировку цилиндров и инерционное нагружение.

Б – гидробак.

Насосная установка содержит основной бак Б, теплообменный аппарат ТА и сливной фильтр Ф, нерегулируемый аксиально – поршневой насос Н, предохранительный клапан непрямого действия с электромагнитным золотником нормально открытого исполнения КП, манометры МН1, МН2, подключаемые вентилями ВН10, ВН11 и регулируемый дроссель ДР. К напорным участкам гидролиний относятся участки 2-6. 1-й участок всасывающий, 7 – сливной.

В соответствии с разработанной программой-методикой ресурсных испытаний гидроцилиндров при работе стенда должны быть реализованы ручной и автоматический режимы работы гидросистемы.

Ручной (приемо-сдаточный) режим позволяет оператору непосредственно произвести запуск гидросистемы в эксплуатацию, предварительную зарядку аккумуляторов, обеспечивает наладочный режим с настройкой реле давления и предохранительного клапана и оперативное проведение комплекса приемо-сдаточных испытаний на каждом из четырех этапов ресурсных испытаний.

Автоматический режим - позволяет оператору запустить автоматический алгоритм управления ресурсными испытаниями, после чего система сама обрабатывает весь процесс каждого из четырех этапов ресурсных испытаний от начала до конца. В автоматическом режиме происходит циклическое функционирование. Цикл включает в себя подзарядку аккумулятора АК1; выдвижение гидроцилиндра Ц2 и втягивание гидроцилиндра Ц1, подзарядку аккумулятора АК2; втягивание гидроцилиндра Ц2 и выдвижение гидроцилиндра Ц1,

В данном режиме все элементы цикла обрабатываются поочередно и непрерывно. Работа гидросистемы в этом режиме может быть прервана нажатием на пульте управления кнопки «Стоп», либо кнопки «АВ. Стоп».

Для реализации данных режимов разработана панель управления.

---

Панель управления является одной из основных частей системы автоматизированного управления. Необходимые режимы работы возможно реализовать, используя ПУ представленный на рисунке 2.

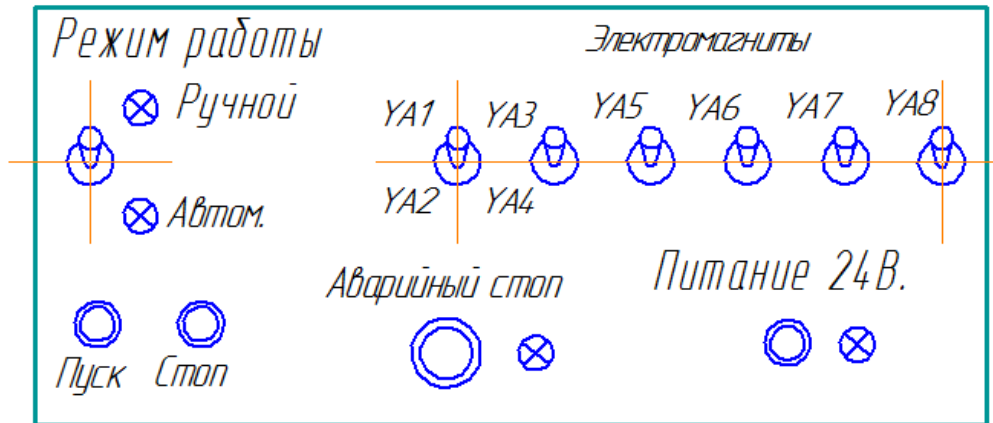


Рисунок 2 - Панель управления гидросистемой станка.

Обозначения на ПУ:

- «Пуск» - кнопка нормально-разомкнутая без фиксации. Обеспечивает запуск автоматического цикла ресурсных испытаний;
- «Стоп» - кнопка нормально-замкнутая без фиксации. Обеспечивает остановку автоматического цикла ресурсных испытаний;
- «Пит. 24В» (SA1) - кнопка нормально-разомкнутая с фиксацией. Подача питания на исполнительные элементы электросхемы;
- «Авт/Руч» (SA2) - тумблер двухпозиционный. Осуществляет переключение между автоматическим и ручным режимом работы;
- «YA1/YA2» (SA3) - тумблер трехпозиционный. Осуществляет включение электромагнитов YA1, YA2 в ручном режиме работы;
- «YA3/YA4» (SA4) - тумблер трехпозиционный. Осуществляет включение электромагнитов YA3, YA4 в ручном режиме работы;
- «YA5» (SA5) - тумблер двухпозиционный. Осуществляет включение электромагнита YA5 в ручном режиме работы;
- «YA6» (SA6) - тумблер двухпозиционный. Осуществляет включение электромагнита YA6 в ручном режиме работы;
- «YA7» (SA7) - тумблер двухпозиционный. Осуществляет включение электромагнита YA7 в ручном режиме работы;
- «YA8» (SA8) - тумблер двухпозиционный. Осуществляет включение электромагнита YA8 в ручном режиме работы;

«Аварийный СТОП» (SA9) - кнопка, нормально-замкнутая с фиксацией. Предназначена для экстренной остановки ГС и включения режима аварийной остановки.

Для построения высокоэффективной системы управления стандом использован программируемый логический контроллер семейства Delta. Разработанная принципиальная электрическая схема системы управления стандом представлена на рисунке 3.

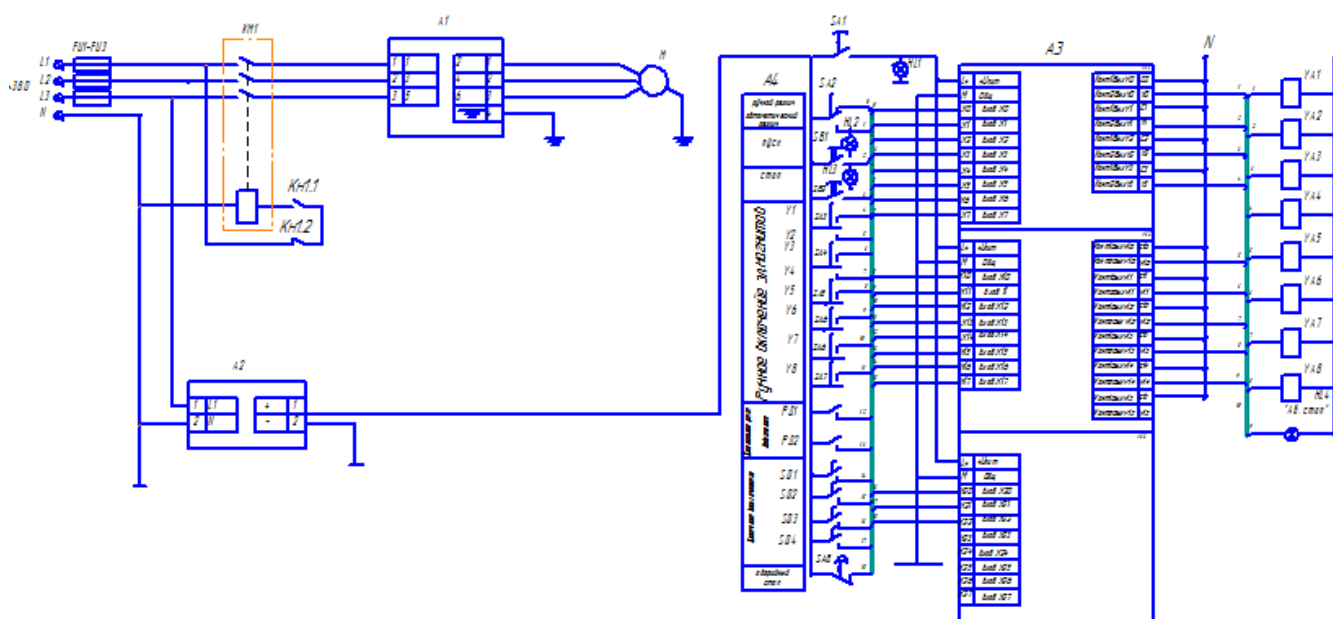


Рисунок 3 – Схема электрическая принципиальная системы управления.

Принципиальная электрическая схема состоит из следующих элементов:

1. A1 – Автомат защиты двигателя. Предназначен для проведения электроэнергии в нормальном режиме и отключения электродвигателей при токах перегрузки, коротких замыканиях.
2. A2 – Блок питания. Обеспечивает необходимое значение мощности и питающего напряжения.
3. A3 - Программируемый логический контроллер. Предназначен для управления гидросистемой испытательного станда.
4. A4 – Панель управления Предназначена для управления данной гидросистемой испытательного станда.
5. KM1, – Пускатель электромагнитный. Обеспечивает пуск приводного асинхронного электродвигателя.
6. FU1, FU2, FU3 – Плавкий предохранитель. Защищает систему от токовой перегрузки.
7. Кн1.1-2.2 – Кнопка сдвоенная. Предназначена для управления пускателем электромагнитным.

8. YA1-YA8 – Электромагнит. Предназначен для управления работой гидрораспределителя и предохранительного клапана непрямого действия.

9. SA1 – Кнопка с фиксацией. Предназначена для включения питания блока и панели управления.

10. SA2 – Тумблер двухпозиционный. Данным тумблером осуществляется переключение между ручным и автоматическим режимами работы.

11. SB1-3 – Кнопки без фиксации. Служат элементами управления гидросистемой. Расположены на панели управления.

12. SA2 – Тумблер трёхпозиционный – управляющий элемент для реализации ручного режима управления.

13. SA3 – Кнопка аварийная – активирует режим аварийной остановки гидросистемы.

14. HL1-3 – Арматура сигнальная для панели управления.

15. HL4 – Арматура сигнальная для режима аварийной остановки.

16. M – Приводной электродвигатель насоса стенда.

Разработанная программа система управления (в статье не приводится) обеспечивает, как ручное управление посредством подачи на входы контролера оперативных воздействий, так и автоматическое управление этапами ресурсных испытаний.

На основании циклограммы автоматического функционирования электромагнитов в ходе ресурсных испытаний составляется специальная таблица. Она содержит количество столбцов, равное количеству управляемых электромагнитов и количество строк, равное количеству элементов цикла. Под элементом цикла понимается отрезок времени, в течении которого состояние всех управляемых электромагнитов неизменно.

В таблице указывается состояние управляемых электромагнитов для каждого элемента цикла. Управляющая программа разрабатывается на языке LAD. В соответствии с таблицей 1 осуществляет включение и выключение исполнительных элементов на соответствующих этапах циклов в автоматическом режиме при проведении ресурсных испытаний. Эта же часть программы может быть использована для реализации ручного режима при проведении приемо-сдаточных испытаний на каждом их четырех этапов ресурсных испытаний.

В качестве управляющего устройства наиболее целесообразно выбрать программируемый логический контроллер, так как данный тип управляющих устройств отличается гибкостью настроек и наиболее целесообразен как с технической, так и с экономической точки зрения.

Для данного проекта был выбран ПЛК отечественно производителя Delta. Выбор обоснован низкой стоимостью продуктов данной компании в сравнении с иностранными производителями, а

---



также, актуальной в настоящее время, политикой импортозамещения. Из общей линейки продукции был выбран ПЛК из серии Delta DVP-SS (DVP-14SS), так как данная серия контроллеров отличается низкой стоимостью, простотой, компактными массогабаритными размерами и возможностью расширения.

Таблица 1 – Состояние исполнительных электромагнитов для различных элементов цикла.

Электромагнит	Элементы рабочего цикла			
	Прямой ход Ц2	Подзарядка АК2	Обратный ход Ц2	Подзарядка АК1
YA1	+			+
YA2		+	+	
YA3	+			
YA4			+	
YA5	+	+	+	+
YA6	+			+
YA7		+	+	
YA8		+		+

Данные устройства представляют из себя центральный процессорный модуль с 14 точками ввода/вывода. Контроллеры типа DVPSS предназначены для решения несложных задач, где не требуется большой объем расчетов.

Они поддерживают все базовые команды, а также наиболее распространенные прикладные инструкции. Один процессорный модуль поддерживает до 256 точек ввода/вывода и до 8 специальных модулей (аналоговые, температурные). DVP-SS не имеют встроенных часов реального времени. Поддерживается протокол Modbus Master/Slave ASCII/RTU.

В качестве остального электрооборудования были выбраны следующие элементы [7]:

- Кнопка В132К20КУ сдвоенная красно-зеленая с подсветкой неон (1НО+1НЗ).
- Пускатель электромагнитный КМ 2251

Пускатели электромагнитные серии КМ предназначены для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором при напряжении до 660В переменного тока частотой 50Гц, а в исполнении с трехполюсными тепловыми реле серии РТЛ (либо аналогичными) – для защиты управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

- Блок питания MDR-20

Варианты входного напряжения: 85-264В переменного тока или 120-370В постоянного тока. Комплекс защит: от короткого замыкания, перегрузки, перенапряжения, перегрева; Ограничение пускового тока, мягкий старт; Механическая подстройка Uвых: +10%, 12В: 12-14, 15В: 15-18, 24В: 24-28, 48В 48-53; Электрическая прочность изоляции: 3кВ переменного тока; Диапазон рабочих температур: -10...+60°C.

- MKS1TM-0.40 Автомат защиты двигателя терромагнитный 0.25-0.40А
- B060XK Арматура сигнальная красная со светодиодом 12-30 В перем. и пост. тока.
- S140K2 Сигнальная арматура 14мм красная с лампой 24В.
- B200FY Кнопка с фиксацией зеленая (1НЗ)
- Тумблеры MA112 ON-ON / MA113 ON-OFF-ON
- Кнопка B290DY с подсветкой-светодиод зеленая (1НЗ) 12-30 В переменного и постоянного тока.
- Кнопка B102E аварийная с фиксацией и возвратом - поворотом (1НО+1НЗ)

#### **Выводы**

В ходе выполнения данной работы, были реализованы все намеченные цели и задачи по разработке стенда для ресурсных испытаний гидроцилиндров

- Изучены требования и методы ресурсных испытаний гидроцилиндров
- Разработана программа-методика ресурсных испытаний гидроцилиндров;
- Проанализирована работа рассматриваемого стенда
- Предложено инновационное техническое решение по разработке системы автоматизированного управления стендом.

Работу в данном направлении целесообразно продолжить, произведя детальный динамический анализ гидросистемы.

#### **Список литературы**

1. ГОСТ 22976-78 Гидроприводы, пневмоприводы и смазочные системы. Правила приемки
  2. ГОСТ 18464-96 «Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Правила приемки и методы испытаний
  3. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро и пневмоприводов / К.Л. Навроцкий.- М.: Машиностроение, 1991. 384 с.
  4. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: Справочник / В.К. Свешников, А.А. Усов. - М.: Машиностроение, 1982. 464 с
  5. <http://www.delta-electronics.info/PLC> Программируемые логические контроллеры.
-

6. <http://emas.su/> On-line каталог электрооборудования
  7. Моделирование гидравлических систем в MATLAB / А.А. Руппель, А.А. Сагандыков, М.С. Корытов – Омск: СибАДИ, 2009. – 172с.
-