

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»

Основы систем топливозаправочных станций
Лабораторный практикум

Благовещенск
Издательство АмГУ
2020

Основы систем топливозаправочных станций. Лабораторный практикум / сост.: Аревков М.А. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2020. – 52 с.

Лабораторный практикум для подготовки к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Заправочные системы и станции» предназначен для подготовки бакалавров по направлению 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика».

© Амурский государственный университет, 2020

© Аревков М.А. (составитель), 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	5
2. ИНСТРУКЦИЯ ПО РАБОТЕ С ПРОГРАММОЙ	10
Лабораторная работа №1. Изучение устройства станции и схемы подачи топлива и заправки объекта	15
Лабораторная работа №2. Изучение работы схемы при сливе топлива из объектива в емкости топливной станции	25
Лабораторная работа №3. Изучение способов измерения расхода топлива	29
Лабораторная работа №4. Исследование характеристик центробежного насоса	33
Лабораторная работа №5. Исследование гидравлических характеристик фильтра	37
Лабораторная работа №6. Исследование гидравлических характеристик трубопроводов	40
Лабораторная работа №7. Исследование гидравлических характеристик управляющих клапанов	44
Лабораторная работа №8. Исследование характеристик эжектора	47
Лабораторная работа №9. Исследование характеристик компрессора	50
БИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	52

ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие представляет собой сборник указаний к лабораторным работам по дисциплине «Заправочные системы и станции».

Учебный стенд «Основы систем топливозаправочных станций» позволяет изучить процессы работы топливных заправочных станций, исследования гидравлических характеристик трубопроводов и управляющих клапанов.

Измерительная система учебного стенда позволяет определять давление в различных точках системы, расход и объем жидкости, поступающей к потребителю.

Задание на выполнение работы студенты получают на подгруппы по 3-5 человек. Студенты работают самостоятельно под руководством преподавателя.

Перед лабораторной работой необходимо используя методические указания составить отчет по теоретической части работы и усвоить основные положения. В начале лабораторной работы проводится проверка усвоения материала лабораторной работы в тестовой или устной форме.

В ходе работы каждый студент вносит в отчет все полученные данные, строит необходимые графики и т.п.

По окончании лабораторной работы каждый студент должен провести анализ полученных результатов и сделать выводы. Отчет по лабораторным работам защищается каждым студентом индивидуально.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Конструкции стенда представлены на рисунках 1 и 2. Учебный стенд представляет собой рамную металлическую конструкцию.

Стенд содержит:

Таблица 1 – Основы систем топливозаправочных станций вид спереди

№ п/п	Название
1.	Стальная рамная конструкция
2.	Емкость объемом 50л имитирующая «заправщик»
3.	Заливная горловина
4.	Кран
5.	Автомат питания стенда
6.	Столешница для ноутбука
7.	Ноутбук
8.	Кнопка электронного секундомера
9.	Блок управления и индикации измеряемых параметров
10.	Мерная емкость объемного способа измерения расхода $h=345\text{мм}$, $d=114\text{мм}$
11.	Шкала измерения объема в диапазоне 3,3л и датчиком уровня
12.	Воздушный эжектор для создания вакуума с максимальной производительностью (скорость всасывания) 6,1 л/мин относительно атмосферного давления
13.	Емкость объемом 30л имитирующая «потребителя»
14.	Кран шаровый с цапгами под пневматическую трубку 6 мм
15.	Задвижка регулируемая G1 с рабочим давлением 0,6МПа
16.1	Клапаны управления с диаметром условного прохода 25мм с пневмоуправлением при рабочем давлении не более 1,6МПа
16.2	Клапаны управления
16.3	Клапаны управления
16.4	Клапаны управления
17.	Датчик расхода / счетчик количества жидкости с импульсным выходным сигналом
18.1.	Кран шаровый G1 с рабочим давлением 0,6МПа
18.2.	Кран шаровый G1 с рабочим давлением 0,6МПа
19.	Центробежный насос, производительность 60л/мин при отсутствии нагрузки и развиваемым максимальным напором 35м
20.	Фильтр
21.	Клапан обратный

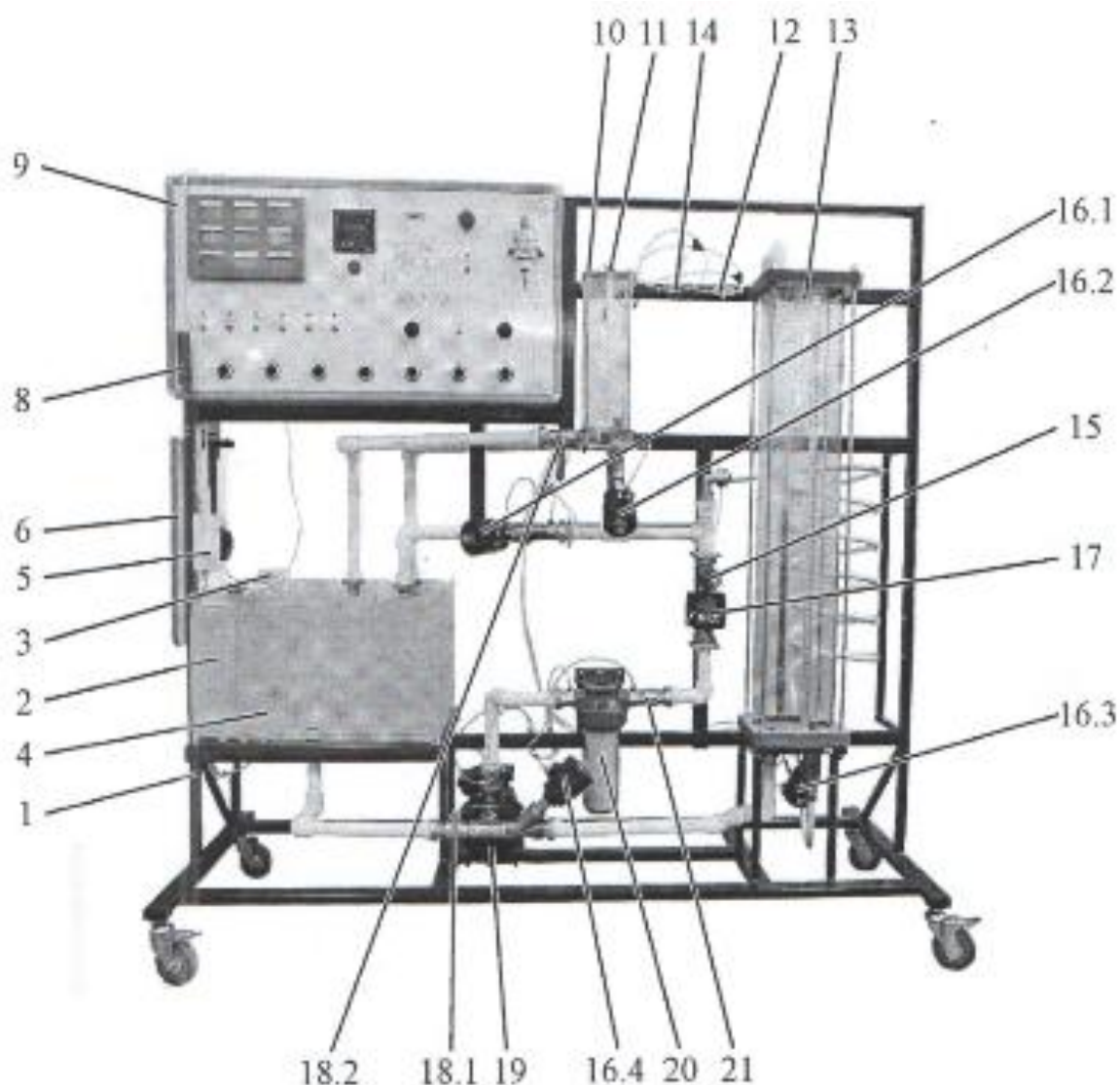


Рисунок 1 – Стенд «Основы систем топливозаправочных станций», вид спереди

Таблица 2 – Блок управления и индикации измеряемых параметров

Блок управления и индикации измеряемых параметров	
22.	Расходомер
23.1	Индикатор времени
23.2	Индикатор давления на входе насоса
23.3	Индикатор давления на выходе насоса
23.4	Индикатор расхода
23.5	Индикатор давления активного потока
23.6	Индикатор давления пассивного потока
23.7	Индикатор перепада давления на фильтре
23.8	Индикатор перепада давления на трубопроводе
23.9	Индикатор перепада давления на клапане

24.	Редукционный клапан блока подготовки воздуха
25.	Редукционный клапан КР1
26.	Редукционный клапан КР2
27.	Кнопка «Аварийный стоп»
28.	Дроссель ДР1
29.	Счетчик импульсов
30.	Кнопка сброса показаний с счетчика импульсов
31.	Тумблер питания системы управления
32.1	Переключатель режима работы
32.2	Переключатель режима работы
32.3	Переключатель режима работы
32.4	Переключатель режима работы
32.5	Переключатель режима работы
32.6	Переключатель режима работы
32.7	Переключатель режима работы
33.1	Тумблер переключения режима работы
33.2	Тумблер переключения режима работы
33.3	Тумблер переключения режима работы
33.4	Тумблер переключения режима работы
33.5	Тумблер питания насоса
33.6	Тумблер питания компрессора

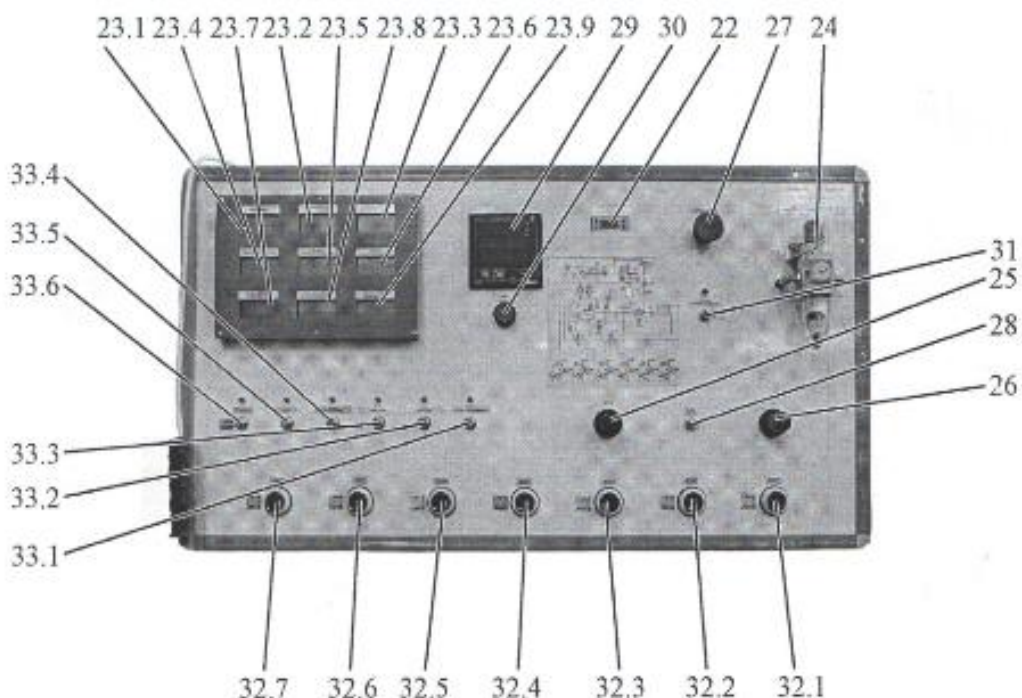


Рисунок 2 – Блок управления и индикации измеряемых параметров.

Стенд обеспечивает следующие режимы работы:

Задается количество жидкости, которое необходимо передать от «заправщика» к «потребителю». Рабочая жидкость (дистиллированная вода) из емкости, имитирующей «заправщик» подается насосом на выходе которого установлен фильтр. Фильтр обеспечивает очистку от ржавчины, хлора и органических веществ. Подаваемая насосом жидкость через обратный клапан и систему измерения расхода поступает к «потребителю». Система автоматически прекращает свою работу, как только количество топлива, поданное потребителю, равняется заданному.

Если нужно измерить расход объемным способом, то применяется мерная емкость. Во избежание ее перенаполнения, в системе предусмотрена автоматическое прекращение работы насоса при появлении сигнала с датчика уровня.

Режим «подготовка» необходим для предварительного заполнения центробежного насоса.

Процесс «заправки» может выполняться как с пульта ручного управления, так и автоматически с ноутбука.

Переключение режимов работы осуществляется с помощью клапанов по сигналам с ноутбука, который выполняет одновременно роль контроллера управления, а также тумблеров на панели.

В режиме «Слив из потребителя» осуществляется опорожнение емкости «потребителя» в емкость «заправщика».

В процессе работы необходимо контролировать уровень воды в баках.

После выполнения процесса заправки осуществляется процесс «продувки» системы для удаления остатков топлива из перекачивающей системы.

Для заправки стенда жидкостью на емкости, имитирующей «заправщика» установлена заливная горловина, а для слива рабочей жидкости установлен кран.

Давление в пневматической системе стенда регулируется редуционным

клапаном блока подготовки воздуха, величина давления контролируется по манометру на стенде.

Редукционный клапан КР1 устанавливает давление активного потока эжжектора.

Для управления клапанами установлены пневматические распределители с ручным управлением.

Давление в линии управления клапана регулируется редукционным клапаном КР2.

Питание насоса и компрессора включается – тумблерами.

Таблица 3 – Характеристики стенда

Напряжение питания, В	220
Частота питающей сети, Гц	50
Потребляемая мощность, не более, кВт	2
Габаритные размеры, не более, мм	
Длина	1850
Глубина	705
Высота	1830
Масса стенда в незаправленном состоянии, не более, кг	180
Объем емкости «заправщика», л	50
Объем емкости «потребителя», л	30
Заправляемый объем жидкости, л	70

2. ИНСТРУКЦИЯ ПО РАБОТЕ С ПРОГРАММОЙ

Программа предназначена для совместной работы со стендом и позволяет выполнять автоматизированный сбор данных в части лабораторных работ.

Работать с программой допускается оператор, имеющий базовые навыки работы с персональным компьютером в операционной среде MS Windows 2000/XP/Vista/7/8/10. Все файлы, записываемые программой, выбираются оператором, им же указывается их местоположение на жестком диске.

Запуск программы

При запуске программы на экране появляется окно, показанное на рисунке 1.

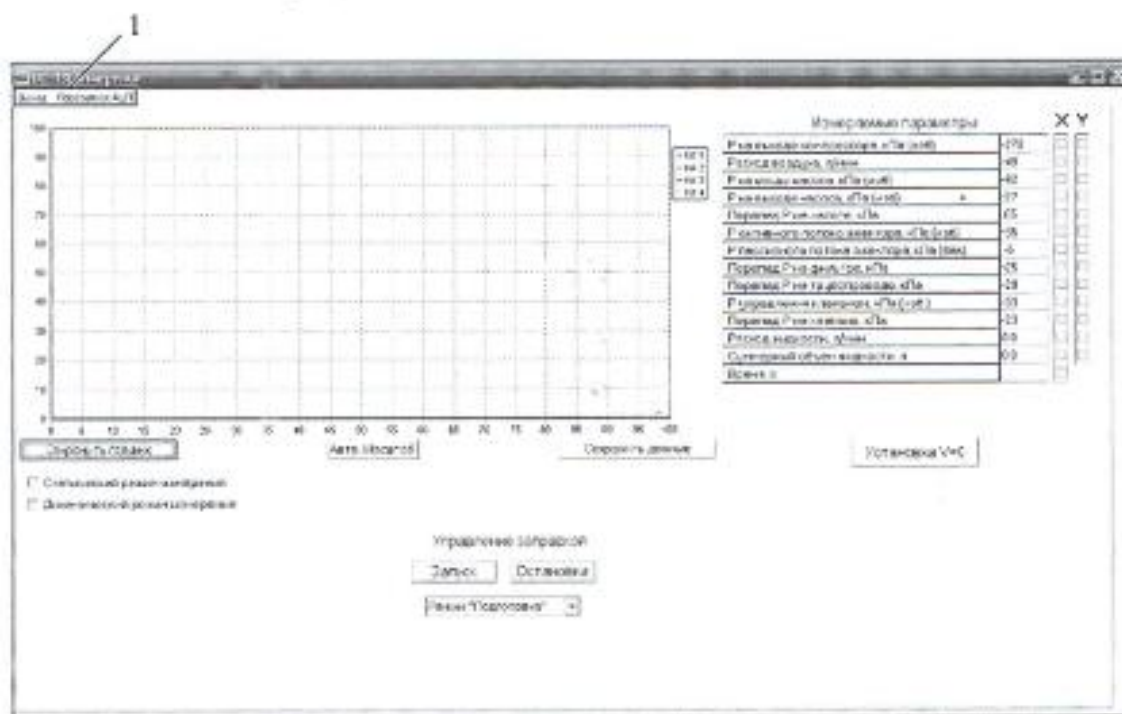


Рисунок 3 – Окно программы при запуске

В зоне, обозначенной 1, расположено основное меню программы, позволяющее произвести перезапуск АЦП и выйти из программы.

Пункт меню «Выход» позволяет завершить работу с программой.

Перезапуск АЦП: позволяет произвести перезапуск платы аналого-цифрового преобразования.

Рабочая область программы

При выборе подпункта «Управление и регистрация» на экране появится окно, показанное на рисунке 4.

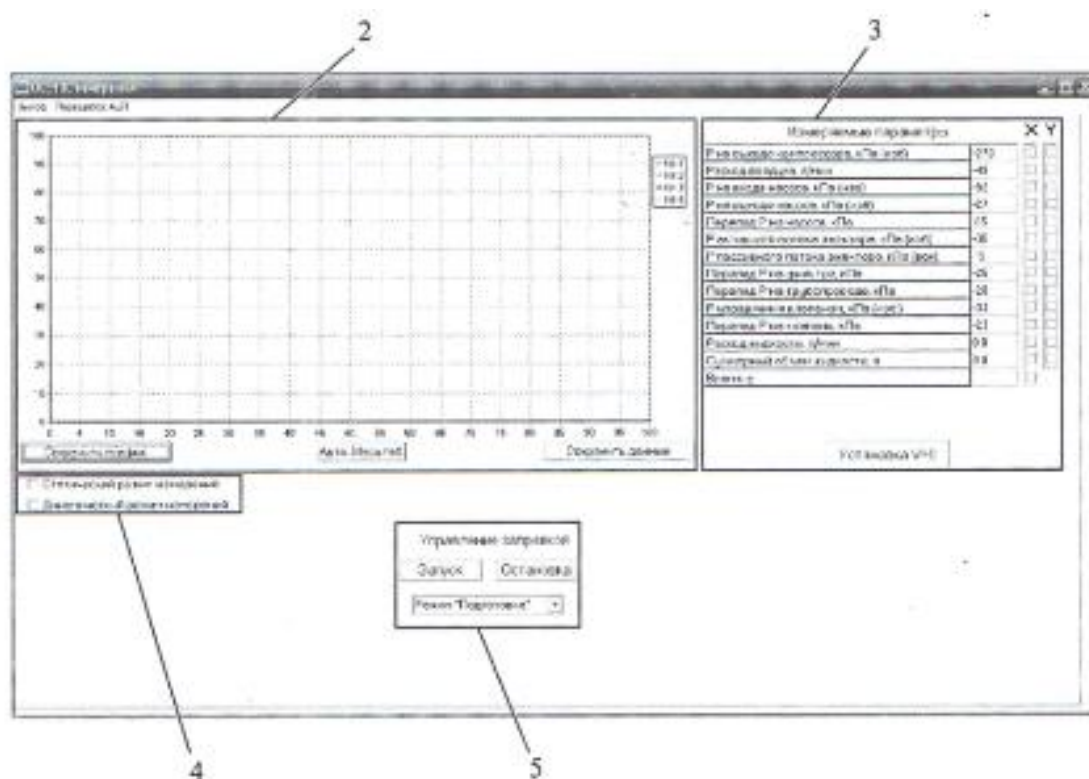


Рисунок 4 – Рабочая область программы

В зоне 2 размещено графическое поле, на котором осуществляется построение графических зависимостей измеряемых величин друг от друга. Под графическим полем размещены три кнопки.

Кнопка «Сохранить график» позволяет сохранить графическую информацию как рисунок. Кнопка «Авто-масштаб» позволяет включить автоматическое масштабирование осей диаграммы по отображаемым на них данным. Кнопка «Сохранить данные» позволяет сохранить информацию в

тестовом редакторе.

В зоне 3 размещены флажки для выбора типа измерений. В качестве аргумента (X) может быть выбран только один параметр, в качестве функций (Y) до 10 параметров.

В зоне 4 расположены флажки выбора режима измерения «Статический режим измерений» и «Динамический режим измерений».

В зоне 5 расположены выпадающий список для выбора режима работы стенды и кнопки для запуска и остановки выбранного.

При установке в зоне 4 флажка «Статический режим измерения» появляется окно, показанное на рисунке 5. Добавление точек в массив сохраняемых и отображаемых на графике данных при этом режиме производится вручную, путем нажатия на кнопку «Добавить точку» в зоне 6. При необходимости добавленные точки можно удалить по одной (начиная с последней добавленной) путем нажатия на кнопку «Удалить точку», либо все собранные данные путем нажатия на кнопку «Удалить все точки».

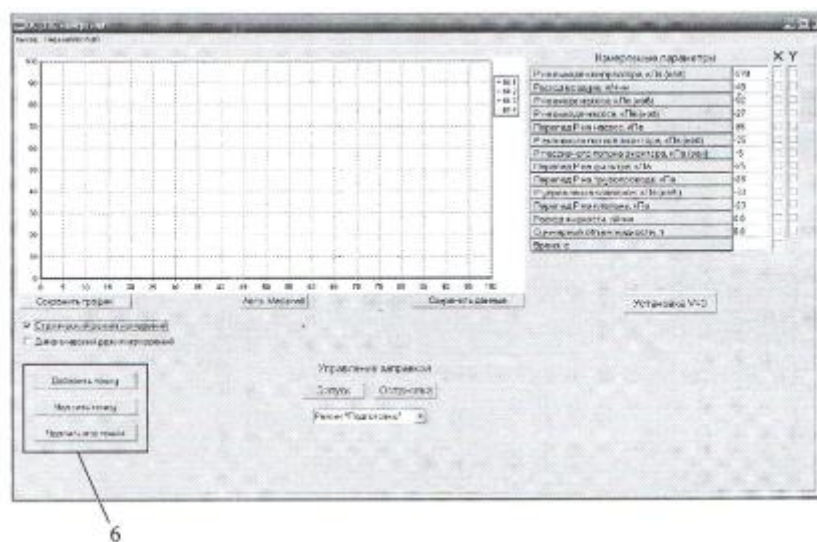


Рисунок 5 – Рабочее окно «Управление и регистрация». Статический режим.

При установке в зоне 4 флажка «Динамический режим измерения» появляется окно, показанное на рисунке 6. В зоне 7 расположены кнопки «Запуск измерения» и «Остановка измерения», а также разворачивающийся

список, позволяющий изменять временной шаг между сохраняемыми точками. Запуск сбора данных осуществляется при нажатии на кнопку «Запуск измерения». Добавление точек в массив сохраняемых и отображаемых на графике данных в этом режиме производится автоматически с выбранным шагом по времени. Сбор данных прекращается после нажатия на кнопку «Остановка измерения». При этом в массив измерений сохраняются все измеряемые параметры, то есть после завершения измерений можно строить любые графики зависимостей измеренных величин друг от друга, изменяя расстановку флажков в столбцах X и Y.

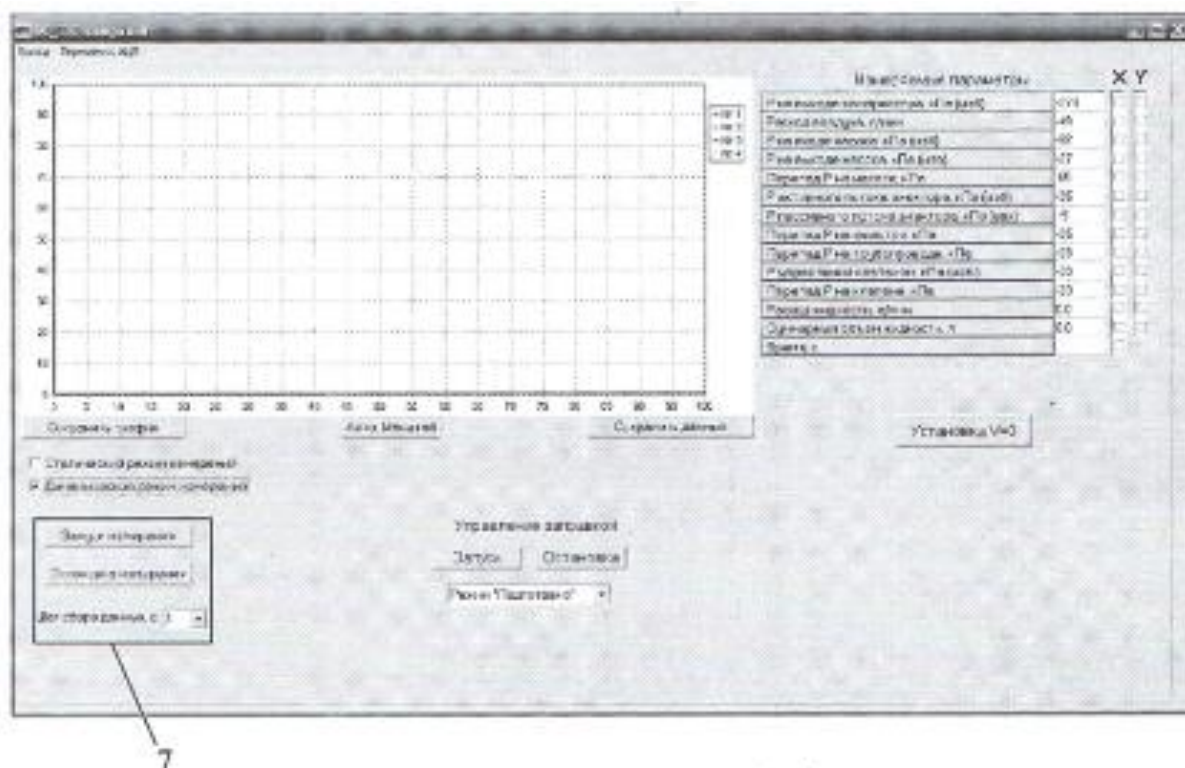
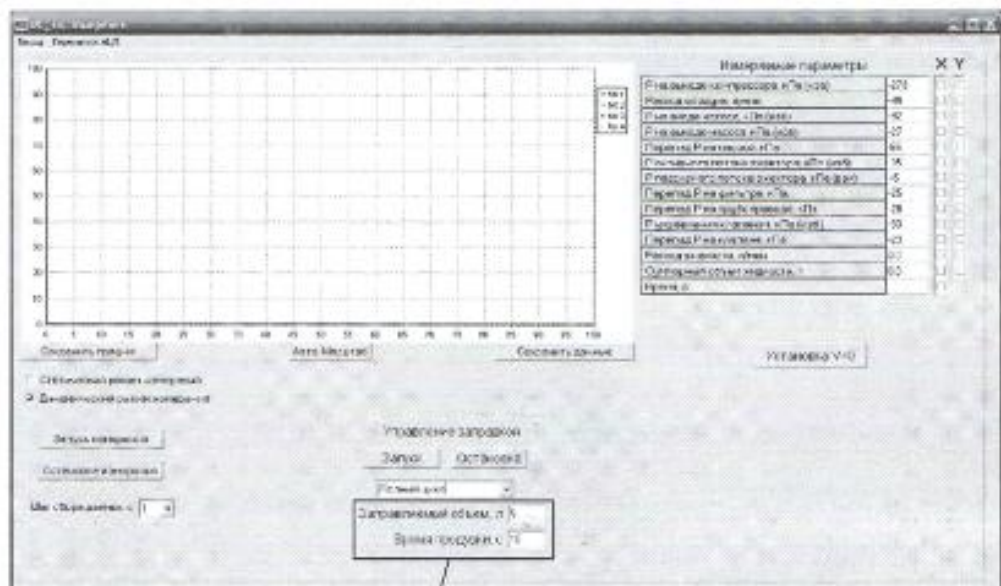


Рисунок 6 – Рабочее окно «Управление и регистрация».
Динамический режим.

При выборе в области «Управление заправкой» режимов «Заправка», «Продувка», «Полный цикл» появятся дополнительные поля показанных на рисунке 7, в которых необходимо задать параметры работы. В частности, при

выборе пункта «Полный цикл» необходимо будет указать заправляемый объем и время продувки.



8

Рисунок 7 – Дополнительные поля при выборе режима работы «Полный цикл»

Лабораторная работа №1. Изучение устройства станции и схемы подачи топлива и заправки объекта

Целью работы является: изучение устройства топливозаправочной станции, её режимов работы, методов управления системой подачи топлива и заправки объекта.

Теоретические основы: для проведения процедуры заправки объекта предусмотрены следующие режимы работы:

Подготовка. По команде к эжектору подводится активный поток сжатого воздуха, создаваемый компрессором. Эжектор создает разрежение в емкости ЕМ 1, которая соединена с трубопроводной системой стенда. Таким образом осуществляется заливка насоса и трубопроводной системы. Наличие жидкости в емкости ЕМ1 свидетельствует о том, что трубопроводная система заполнена водой.

Заправка. Задается количество жидкости, которое необходимо передать из заправщика потребителю. После этого включается питание насоса. Нагнетаемая жидкость через систему измерения расхода поступает к потребителю. Как только количество топлива, поданное потребителю, становится равным заданному, система автоматически прекращает подачу.

Продувка. После выполнения процесса заправки остатки топлива из трубопроводной системы потоком сжатого воздуха удаляются в бак.

Стенд позволяет осуществлять переключение режимов работы (Подготовка, Заправка, Продувка) в ручном режиме — с помощью пневматических кнопок КН1-КН7, в полуавтоматическом режиме с помощью тумблеров и электропневматических распределителей Р1-Р6, в автоматическом режиме с помощью ноутбука и электропневматических распределителей Р1-Р6.

Ход выполнения работы:

Работа в ручном режиме

1. Включить питание стенда;
2. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл»;
3. Включить питание компрессора К1;
4. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7;
5. Полностью открыть краны КШ1, КШ3, задвижку ЗД1. Краны (КШ2, КШ4) и задвижка ЗД1 должны быть закрыты. Закрывать дроссель ДР 1;
6. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха по установить давление на выходе БПВ1 6 Бар. Давление контролировать по манометру, установленному на БПВ 1.

Режим подготовка

1. Ручку редукционного клапана КР1 повернуть против часовой стрелки до упора;
2. Переключить кнопки КН2, КН5 в положение «Вкл»;
3. Повернув ручку редукционного клапана КР1 установить давление на входе эжектора 500-550 кПа, величину давления контролировать по табло «Давление активного потока»;
4. Дождаться появления жидкости в емкости ЕМ 1;
5. Если через 20-30 секунд жидкость не поступит в емкость повернуть ручку редукционного клапана по часовой стрелке, увеличив давление на входе эжектора;
6. При заполнении емкости ЕМ1 на 1/2 от общего объема переключить пневматические кнопки КН2, КН5 в положение «Выкл».

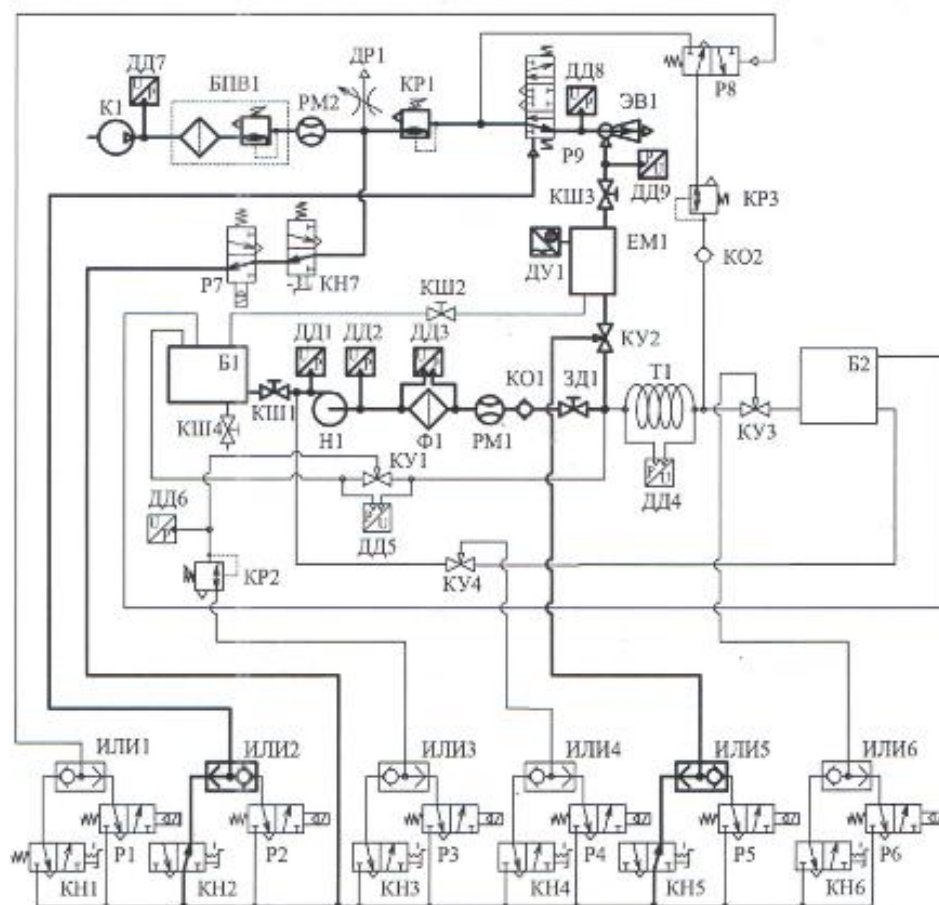


Рисунок 8 – Гидропневматическая схема стенда при работе в режиме «Подготовка» при ручном способе управления.

Режим заправка

1. Переключить кнопку КН6 в положение «Вкл»;
2. Нажать кнопку Сброс показаний, расположенную на панели управления стендом;
3. Включить питание насоса, переключив соответствующий тумблер. Начнется заправка объекта;
4. Объем жидкости, поданный объекту, отображается на табло счетчика импульсов СИ-8;
5. По достижению требуемого объема (8 литров) переключить кнопку КН6 в положение «Выкл»;
6. Выключить питание насоса.

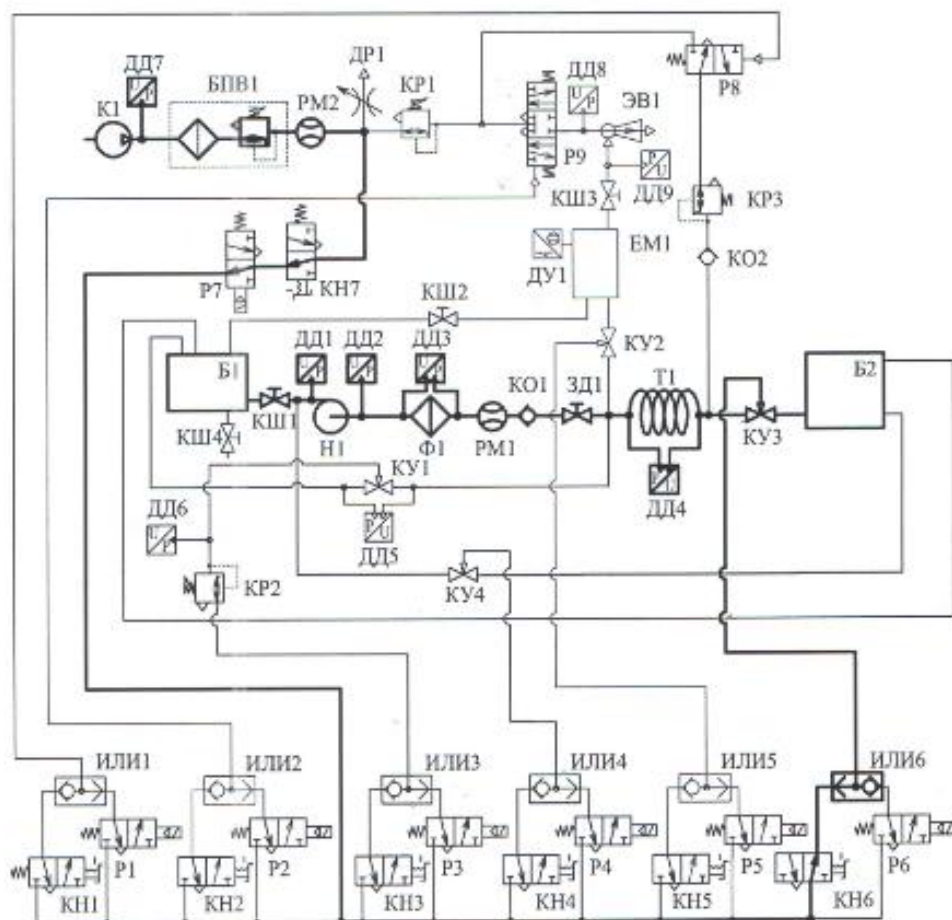


Рисунок 9 – Гидропневматическая схема стенда при ручном способе управления.

Режим продувка

1. Повернуть ручку редукционного клапана КР2 по часовой стрелке до упора;
2. Повернуть ручку редукционного клапана КР1 против часовой стрелки до упора;
3. Переключить кнопку КН3 в положение «Вкл»;
4. Повернув ручку редукционного клапана КР1 по часовой стрелке добиться вытеснения жидкости из трубопровода заправочной станции в бак Б1 через патрубок, установленный в верхней крышке бака;
5. Переключить кнопку КН3 в положение «Выкл»;

6. Выключить питание электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
7. Выключить питание компрессора К1.

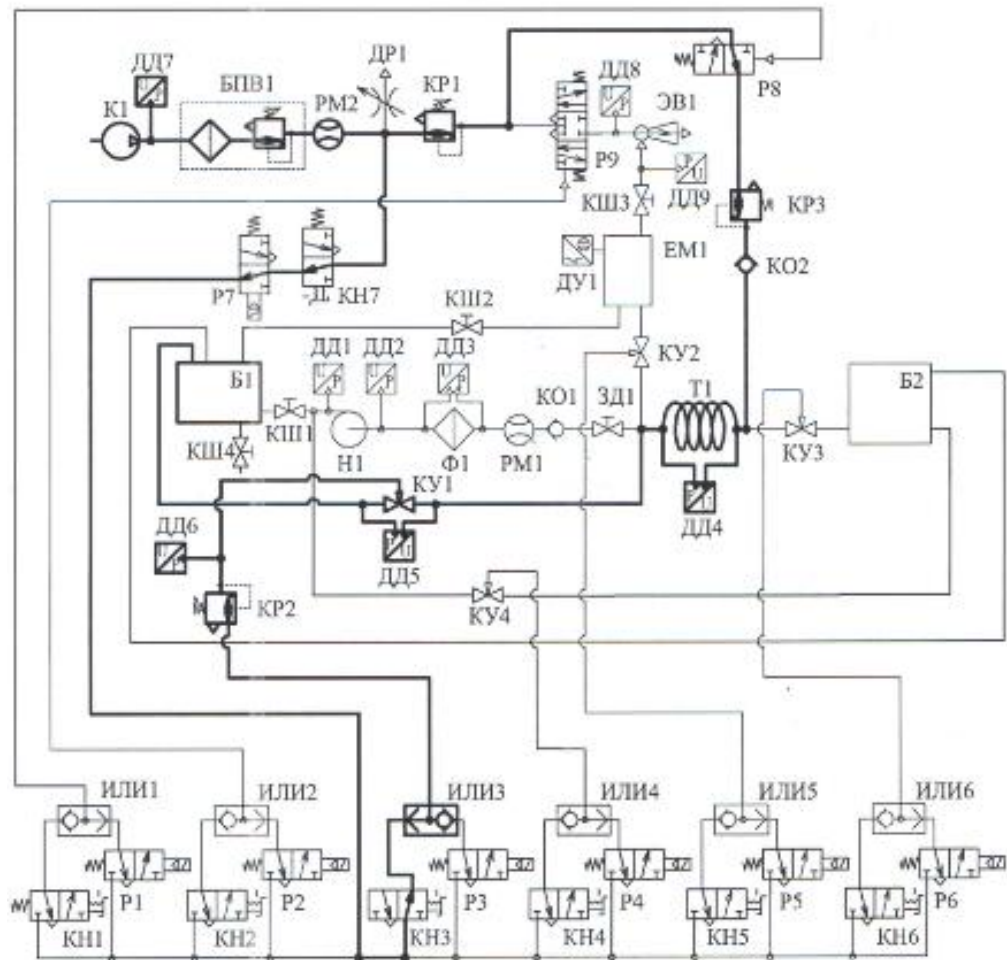


Рисунок 10 – Гидропневматическая схема стенда при ручном способе управления.

Работа в полуавтоматическом режиме

1. Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
2. Кнопки К1 –К6 переключить в положение «Выкл»;
3. Включить питание компрессора К1;
4. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
5. Полностью открыть краны КШ1, КШ3, задвижку ЗД1. Краны (КШ2, КШ4) и задвижка ЗД1 должны быть закрыты. Закрыть дроссель ДР1;
7. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха по установить давление на выходе БПВ1 6 Бар.

Режим подготовка

1. Тумблер «Подготовка» переключить в положение «Вкл»;
2. Повернув ручку редукционного клапана КР1 установить давление на входе эжектора 500-550 кПа, величину давления контролировать по табло «Давление активного потока»;
3. При поступлении сигнала от датчика уровня, расположенного в емкости ЕМ1, подготовка станции к заправке будет завершена;
4. По окончании режима переключить тумблер «Подготовка» в положение «Выкл»;

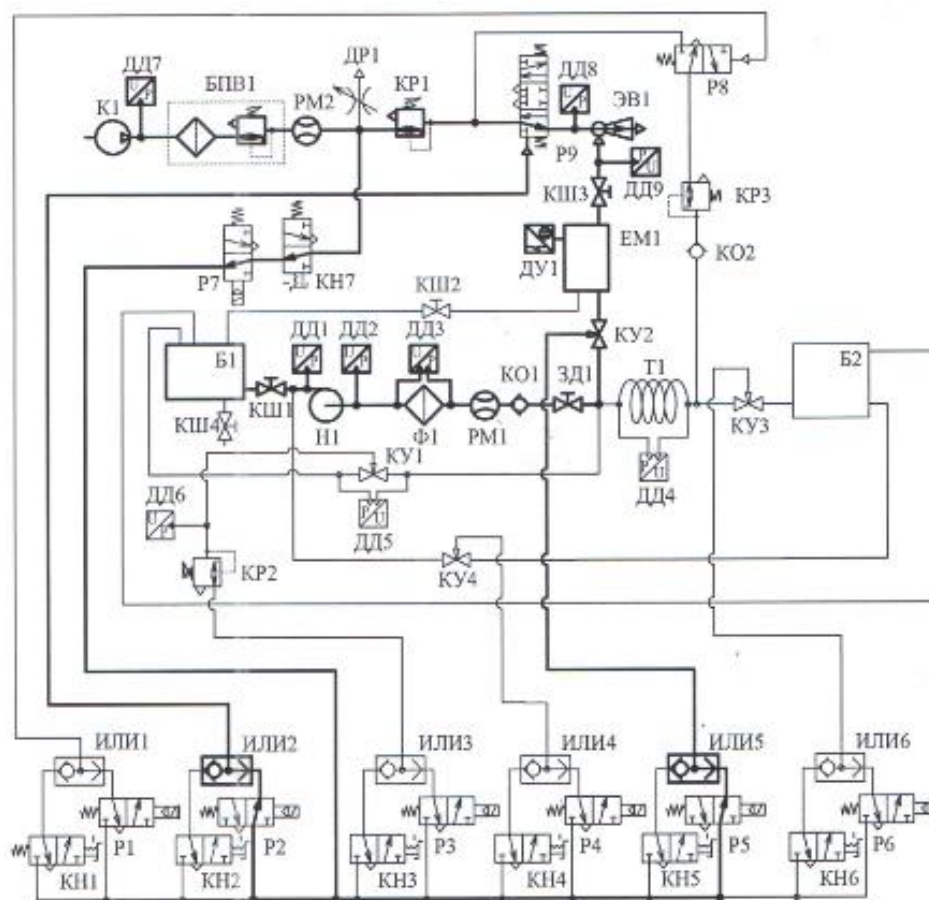





Рисунок 11 – Гидропневматическая схема стенда при работе в режиме «Подготовка» при полуавтоматическом способе управления.

Режим заправка

1. Задать количество жидкости (объем) которое необходимо подать в объект (8 л.), для этого необходимо запрограммировать счетчик импульсов СИ-8 следующим образом:
 - а. Нажать кнопку ПРОГ (не следует удерживать кнопку более 2 секунд). На табло счетчика появятся символы У1;
 - б. Повторно нажать кнопку ПРОГ;
 - с. Нажимая кнопку  выбрать редактируемый разряд для устанавливаемого объема;

- d. Нажимая кнопку  установить заданную цифру в выбранном разряде. Объем устанавливается в литрах;
- e. Нажать кнопку ПРОГ, затем , затем ПРОГ;
2. Переключить тумблер «Заправка» в положение «Вкл»;
 3. По достижению заданного объема (8 литров) заправка объекта будет остановлена;
 4. По окончании режима переключить тумблер «Заправка» в положение «Выкл».

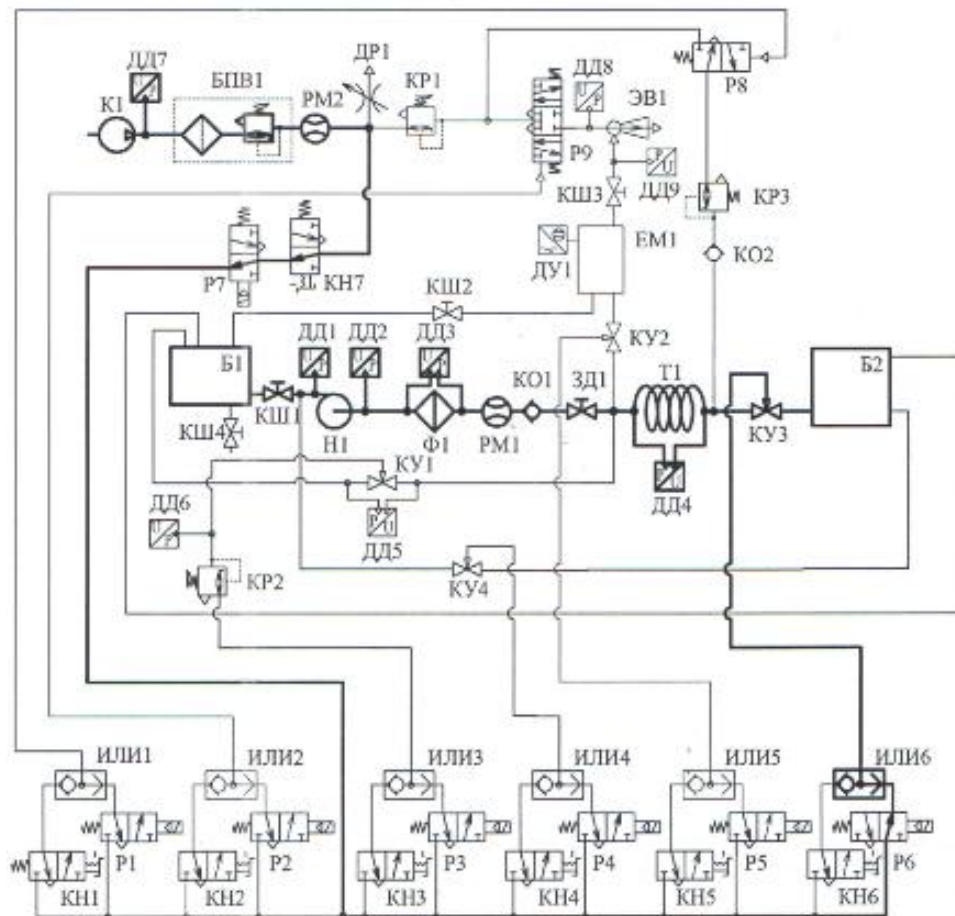


Рисунок 12 – Гидропневматическая схема станда при работе в режиме «Заправка» при полуавтоматическом способе управления.

Режим продувка

1. Переключить тумблер «Продувка» в положение «Вкл»;
2. Наблюдать за процессом вытеснения жидкости из трубопровода заправочной станции в бак Б1 через патрубок, установленный в верхней крышке бака;
3. По истечении нескольких секунд режим «Продувка» будет остановлен;
4. По окончании режима переключить тумблер «Продувка» в положение «Выкл»;
5. Выключить питание электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
6. Выключить питание компрессора К 1.

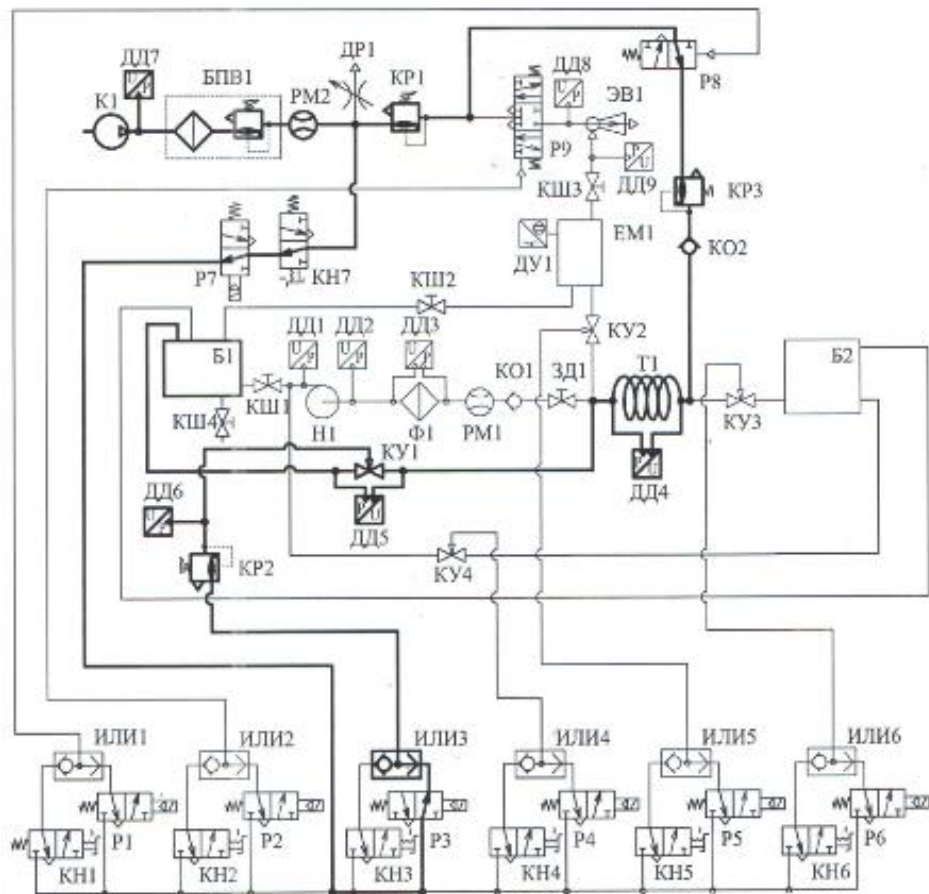


Рисунок 13 – Гидропневматическая схема стенда при работе в режиме «Продувка» при полуавтоматическом способе управления.

Работа в автоматическом режиме

1. Подключить ноутбук к стенду, подключение осуществляется кабелем с разъемом USB;
2. Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
3. Включить ноутбук, запустить программу;
4. Кнопки К1 –К6 переключить в положение «Выкл.»;
5. Включить питание компрессора К1;
6. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
7. Полностью открыть краны КШ1, КШ3, задвижку ЗД1. Остальные краны и задвижки должны быть закрыты. Закрыть дроссель ДР 1;
8. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха по установить давление на выходе БПВ1 6 Бар;
9. Повернув ручку редукционного клапана КР1 против часовой стрелки до упора. Затем по часовой стрелке на 3-4 оборота;
10. В программе выбрать пункт: «Полный цикл». Установить заданный объем жидкости, который необходимо подать в объект в соответствующем поле программы (8 л.), установить время продувки — 10 секунд;
11. Нажать кнопку «Запуск»;
12. Наблюдать за выполнением режимов: «Подготовка», «Заправка», «Продувка» в автоматическом режиме;
13. При необходимости нажать кнопку «Остановка» и прекратить выполнение программы;
14. После выполнения режимов работы закрыть программу, выключить питание системы управления стенда;
15. Выключить питание компрессора К1 и системы управления.

Лабораторная работа №2. Изучение работы схемы при сливе топлива из объекта в емкости топливной станции

Цель работы является: изучение устройства топливозаправочной станции, работы станции при сливе жидкости из объекта в емкости топливной станции.

Стенд позволяет осуществлять слив топлива из объекта в емкости станции в ручном режиме, с помощью пневматических кнопок КН1-КН7 и в полуавтоматическом режиме, с помощью тумблеров и электропневматических распределителей Р1-Р6.

Ход выполнения работы:

Слив топлива из объекта в ручном режиме

1. Включить электропитание стенда тумблером "Питание системы управления";
2. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл»;
3. Включить питание компрессора К1;
4. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
5. Заполнить объект жидкостью (смотреть лабораторную работу №1);
6. Полностью открыть задвижку ЗД1. Закрывать кран КШ1 и дроссель ДР1;
7. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха установить давление на выходе БПВ1 4 Бар;
8. Повернуть ручку редукционного клапана КР2 по часовой стрелке до упора;
9. Переключить кнопки КН3, КН4 в положение «Вкл»;

10. Включить питание насоса;
11. При опустошении объекта переключить КН3, КН4 в положение «Выкл»;
12. Выключить питание насоса;
13. Выключить электропитание стенда переключив тумблер "Питание системы управления".

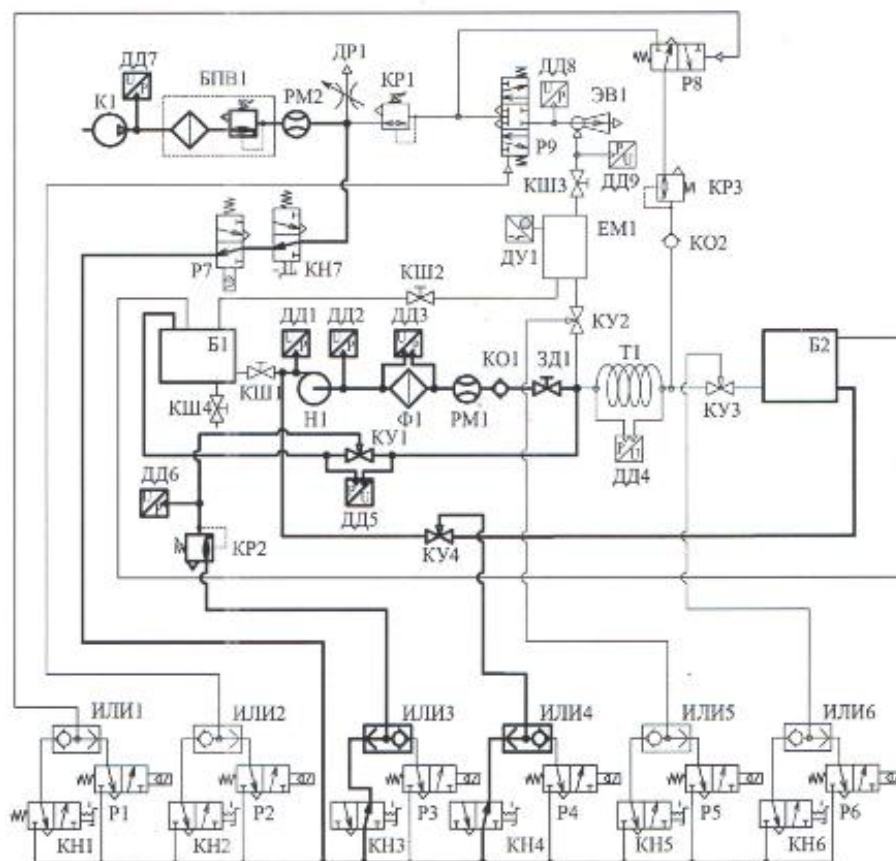


Рисунок 14 – Гидропневматическая схема стенда при работе в режиме «Слив из потребителя» при ручном способе управления.

Слив топлива из объекта в полуавтоматическом режиме

1. Включить электропитание стенда тумблером "Питание системы управления";
2. Включить питание компрессора К1;

3. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
4. Заполнить объект жидкостью (смотри лабораторную работу №1);
5. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл»;
6. Полностью открыть задвижку ЗД1. Закрывать кран КШ1 и дроссель ДР1;
7. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха установить давление на выходе БПВ1 5 Бар;
8. Переключить тумблер "Слив из потребителя" в положение Вкл. Из объекта будет откачено 5 литров жидкости;
9. Переключить тумблер "Слив из потребителя" в положение «Выкл»;
10. При наличии жидкости в объекте повторить пункты 9-10 до полного опорожнения;
11. Выключить электропитание стенда переключив тумблер "Питание системы управления".

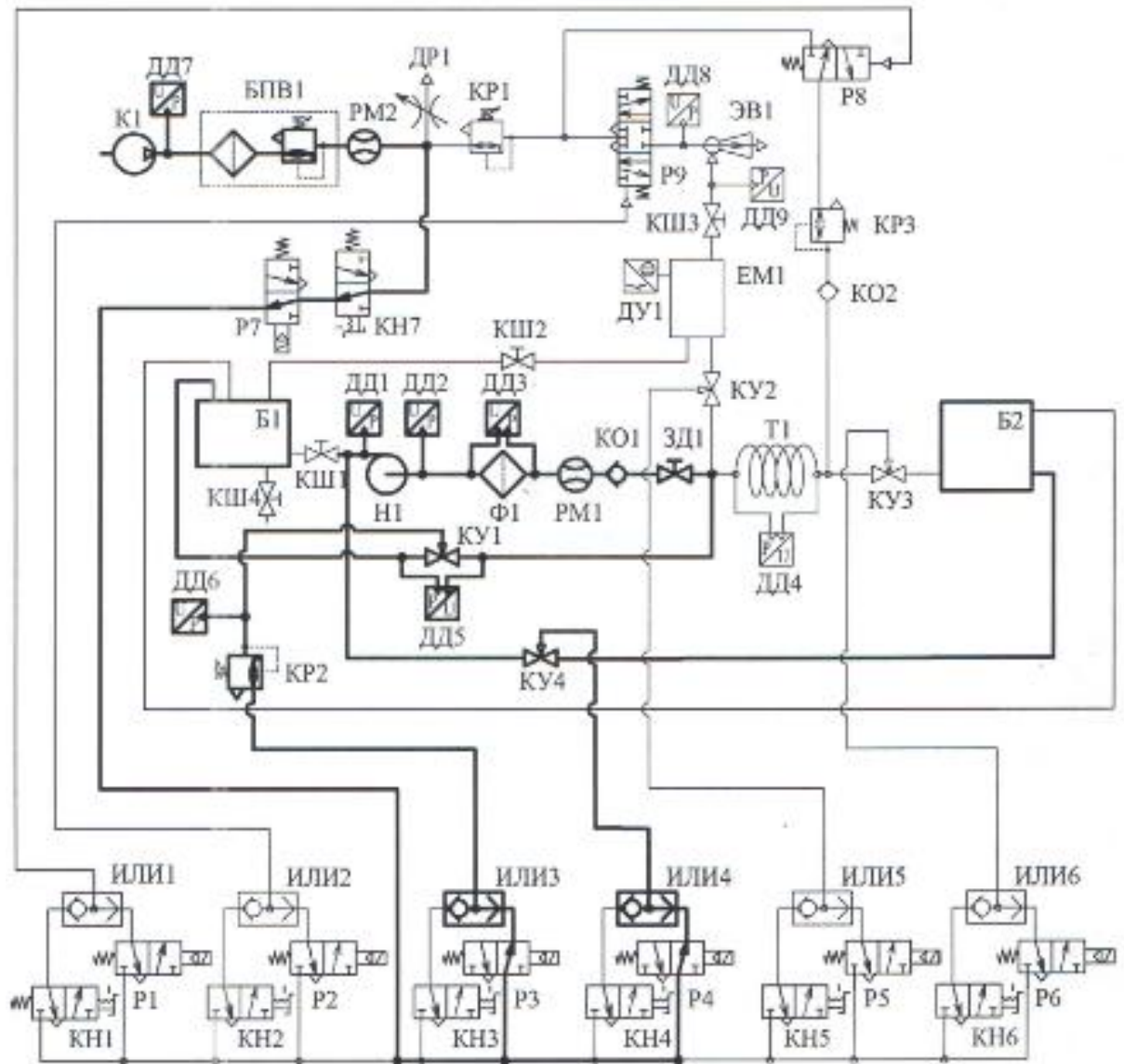


Рисунок 15 – Гидропневматическая схема стенда при работе в режиме «Слив из потребителя» при полуавтоматическом способе управления.

Лабораторная работа №3. Изучение способов измерения расхода топлива

Цель работы является: изучение и сравнение способов измерения объема и расхода жидкости, приборов для измерения расхода.

Расходомер-счетчик

Расход — это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу в единицу времени. Различают объемный расход Q , когда количество вещества измеряется в объемных единицах, и массовый M , когда оно измеряется в единицах массы.

На стенде установлен жидкостный расходомер FMT II, работающий по тому же принципу, что и турбинный счетчик.



Рисунок 16 – Расходомер FMT II

Расходомер FMT II состоит из измерительной камеры с турбинным колесом и крышки, в которую интегрированы электронный блок обработки данных, дисплей и клавиатура. Турбинное колесо снабжено магнитной парой, которая при регистрации объемного расхода передает счетные импульсы на реле с герконами в электронном блоке обработки данных.

Электронный сигнал от расходомера передается на счетчик импульсов СИ-8.

Ход выполнения работы:

1. Включить электропитание стенда тумблером "Питание системы управления";
2. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл»;
3. Включить питание компрессора К1;
4. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
5. Полностью открыть задвижку ЗД1 и краны КШ1, КШ3. Закрыть кран КШ2 и дроссель ДР1;
6. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха установить давление на выходе БПВ1 5 Бар. Давление контролировать по манометру, установленному на БПВ1;
7. Включить питание насоса переключив соответствующий тумблер;
8. Переключить кнопку КН5 в положение «Вкл»;
9. Залить в емкость небольшое количество жидкости. Выключить питание насоса;
10. Открыть кран КШ2. Жидкость начнет сливаться из емкости ЕМ1. Когда уровень жидкости достигнет отметки 0, закрыть кран КШ2;
11. Включить питание насоса;
12. Переключить пневматическую кнопку КН5 в положение «Вкл» и одновременно нажать кнопку секундомера;

13. При наполнении емкости срабатывает датчик уровня, который отключит подачу насоса, в момент отключения необходимо отпустить кнопку секундомера;

14. Переключить пневматическую кнопку КН5 в положение «Выкл»;

15. Переключить тумблер включения питания насоса в положение «Выкл»;

16. Записать показания секундомера t и счетчика количества жидкости РМ1 V_1 ;

17. Объем жидкости, поступившей в емкость до момента срабатывания датчика, составит 2,9 литра;

18. Нажать кнопку Сброс показаний, расположенную на панели управления;

19. Повернуть задвижку ЗД1 по часовой стрелке на 3-4 оборота;

20. Повторить действия, указанные в пунктах 10-18 для данной настройки задвижки ЗД1;

21. Повернуть задвижку ЗД1 по часовой стрелке на 3-4 оборота;

22. Повторить действия, указанные в пунктах 10-18 для данной настройки задвижки ЗД1;

23. Повернуть задвижку ЗД1 по часовой стрелке на 3-4 оборота;

24. Повторить действия, указанные в пунктах 10-18 для данной настройки задвижки ЗД1;

25. Для каждого эксперимента вычислить значения расхода для объема измеренного по показаниям счетчика количества жидкости Q_1 и для объема, измеренного по шкале на емкости ЕМ1 Q_2 .

$$Q_i = V_i/t;$$

Таблица 4 – Измерения лабораторной работы №3

№ опыта	V_1 , л	V_2 , л	t , с	Q_1 , л/с	Q_2 , л/с
1		2,9			
2		2,9			
3		2,9			
4		2,9			
5		2,9			

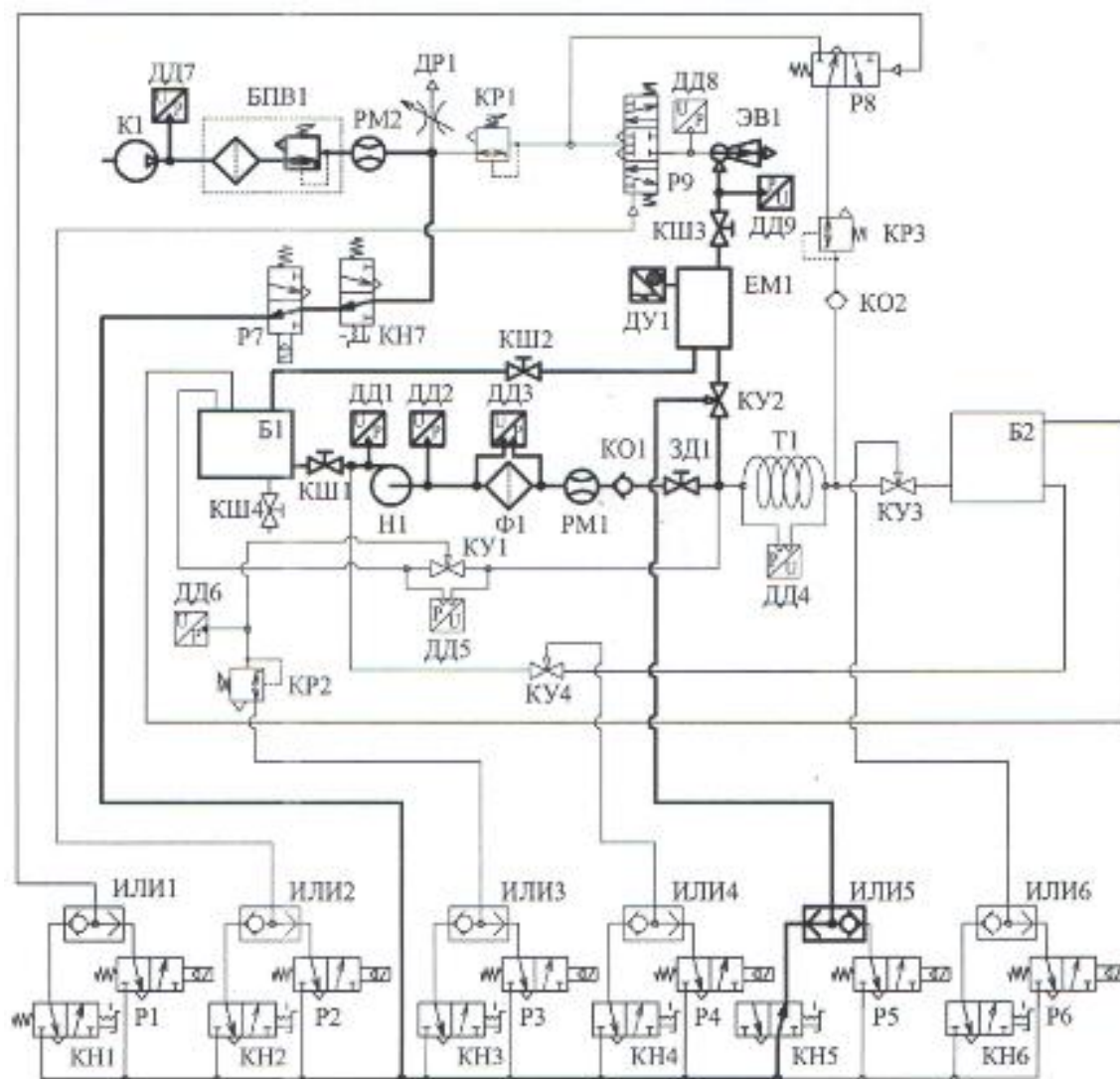


Рисунок 17 – Гидропневматическая схема стенда для выполнения лабораторной работы №3.

Лабораторная работа №4. Исследование характеристик центробежного насоса

Цель работы является: экспериментальное построение напорной и кавитационной характеристик центробежного насоса.

Данная лабораторная работа выполняется с использованием ноутбука, возможно выполнение работы в статическом или динамическом режимах измерения.

Ход выполнения работы:

Построение напорной характеристики

1. Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
2. Включить ноутбук и запустить программу;
3. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл»;
4. Включить питание компрессора К1;
5. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
6. Полностью открыть задвижку ЗД1 и краны КШ1, КШ3;
7. Закрыть кран КШ2 и дроссель ДР1;
8. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха установить давление на выходе БПВ1 5 бар. Давление контролировать по манометру, установленному на БПВ1;
9. Переключить пневматическую кнопку КН3 в положение «Вкл»;
10. Включить питание насоса, переключив соответствующий тумблер;

11. В диалоговом окне программы выбрать «Статический режим измерений». Выбрать построение зависимости перепада давления на насосе от расхода по показаниям расходомера РМ1;
12. Дождаться установившихся значений расхода по расходомеру Р1, после чего нажать кнопку «Добавить точку»;
13. Повернуть ручку задвижки ЗД1 по часовой стрелке на 2-3 оборота;
14. Повторить действия по пунктам 8-9 до полного закрытия задвижки ЗД1;
15. Выключить питание насоса и питание системы управления;
16. Проанализировать полученную характеристику насоса. Сделать **ВЫВОДЫ**.

Построение кавитационной характеристики

1. Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
2. Включить ноутбук, дождаться загрузки операционной системы, запустить программу;
3. Включить питание компрессора К1;
4. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
5. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл»;
6. Полностью открыть задвижку ЗД1 и краны КШ1, КШ3;
7. Закрыть кран КШ2 и дроссель ДР1;
8. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха установить давление на выходе БПВ1 5 бар. Давление контролировать по манометру, установленному на БПВ1;
9. Переключить пневматическую кнопку КН3 в положение «Вкл»;

10. Включить питание насоса, переключив соответствующий тумблер;
11. В диалоговом окне программы выбрать «Статический режим измерений». Выбрать построение зависимости перепада давления на насосе от расхода по показаниям расходомера РМ1;
12. Закрывая задвижку ЗД1, установить расход на выходе насоса (по показаниям РМ1 равным 12 ± 2 л/мин. Нажать кнопку «Добавить точку»;
13. Плавно закрывая кран КШ1, уменьшить давление (увеличить разряжение) на всасывании насоса Н2 на 8-10 кПа;
14. Повернув вентиль задвижки ЗД1, установить расход на выходе насоса равным 12 ± 2 л/мин. Нажать кнопку «Добавить точку»;
15. Повторить действия по пунктам 13-14 до давления всасывания - 80...-85 кПа или невозможности поддержания расхода;
16. Полностью открыть кран КШ1;
17. Выключить питание насоса и питание системы управления;
18. Проанализировать полученную характеристику насоса. Сделать **ВЫВОДЫ.**

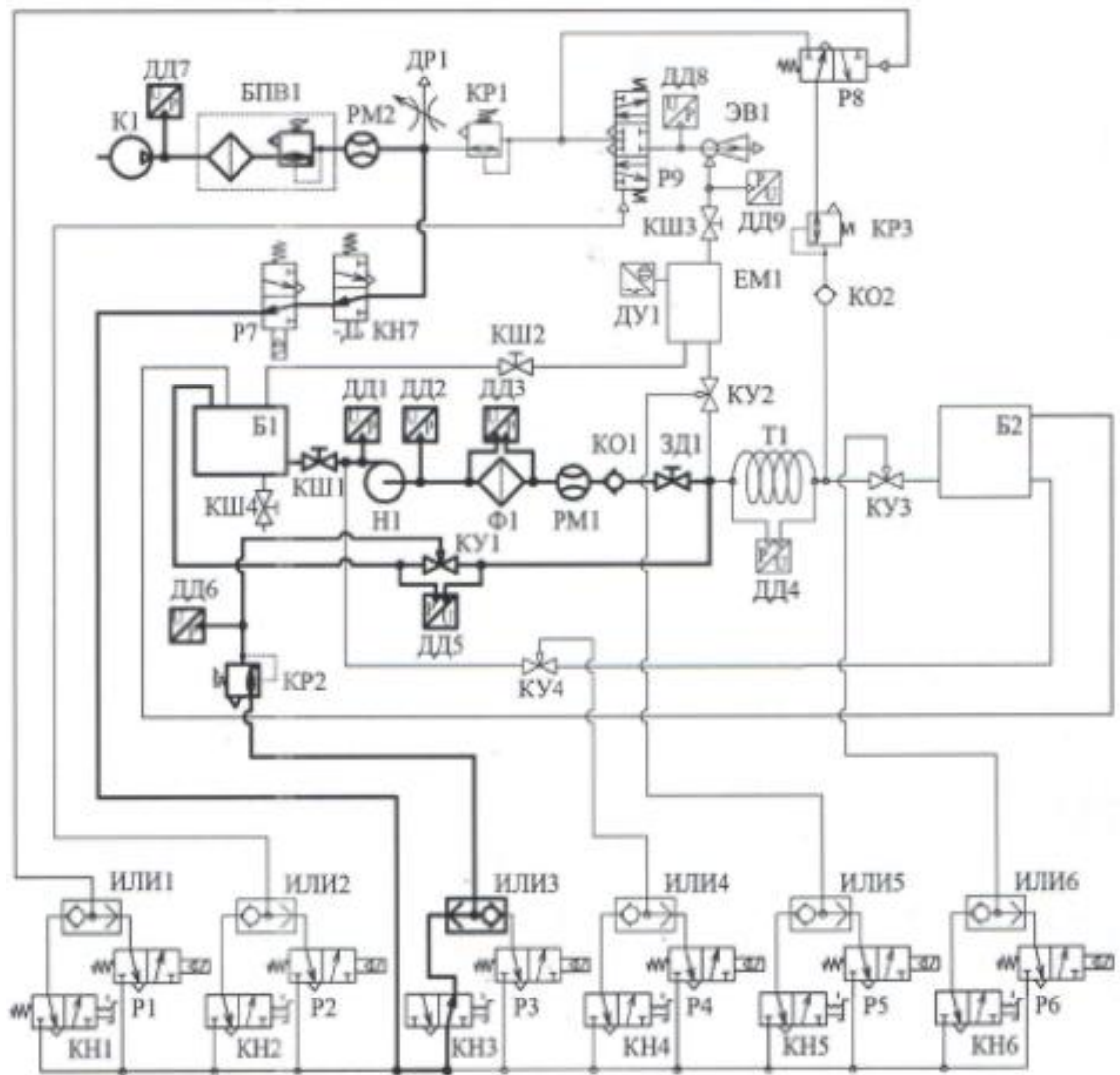


Рисунок 18 – Гидропневматическая схема стенда для выполнения лабораторной работы №4.

Лабораторная работа №5. Исследование гидравлических характеристик фильтра

Цель работы является: экспериментальное определение потерь напора на место сопротивления (фильтре), построение его характеристики, получение экспериментального значения коэффициента гидравлического сопротивления.

Данная лабораторная работа выполняется с использованием ноутбука, возможно выполнение работы в статическом и динамическом режимах измерения.

Ход выполнения работы:

1. Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
2. Включить ноутбук, дождаться загрузки операционной системы, запустить программу;
3. Включить питание компрессора К1;
4. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
5. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл»;
6. Полностью открыть задвижку ЗД1 и краны КШ1, КШ3;
7. Закрывать кран КШ2 и дроссель ДР1;
8. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха, установить давление на выходе БПВ1 5 бар. Давление контролировать по манометру, установленному на БПВ1;
9. Повернуть ручку редукционного клапана КР2 по часовой стрелке до упора;
10. Переключить пневматическую кнопку КН6 в положение «Вкл»;

11. Установить галочки в столбце X напротив строки «Расход жидкости», в столбце Y напротив строки «Перепад давления на фильтре»;

12. В окне программы в динамическом режиме, установить галочку в графе «Динамический режим измерений», и выбрать шаг сбора данных;

13. В окне программы, в статическом режиме, установить галочку в графе «Статический режим измерений», в дальнейшем для каждого измерения необходимо будет нажать кнопку «Добавить точку» для того, чтобы отобразить точку на графике;

14. Включить питание насоса, переключив соответствующий тумблер;

15. Записать значения подачи насоса и перепада давления на фильтре;

16. Повернуть ручку задвижки ЗД1 по часовой стрелке на 2-3 оборота;

17. Повторить действия по пункты 15-16 до полного закрытия задвижки ЗД1;

18. Выключить питание насоса и питание системы управления;

19. Проанализировать полученный график зависимости перепада давления на фильтре от расхода $\Delta P=f(Q)$;

20. Рассчитать среднюю скорость течения жидкости, используя зависимости:

$$v = \frac{Q}{A};$$

$$A_1 = \pi d^2/4,$$

где $d = 25$ мм;

21. Вычислить коэффициент сопротивления фильтра:

$$\zeta_{\phi} = \Delta P/\rho \times v^2;$$

Таблица 5 – Измерения лабораторной работы №5

№ опыта	ΔP , кПа	Q, л/с	ϑ , м/с
1			
2			
3			
4			
5			

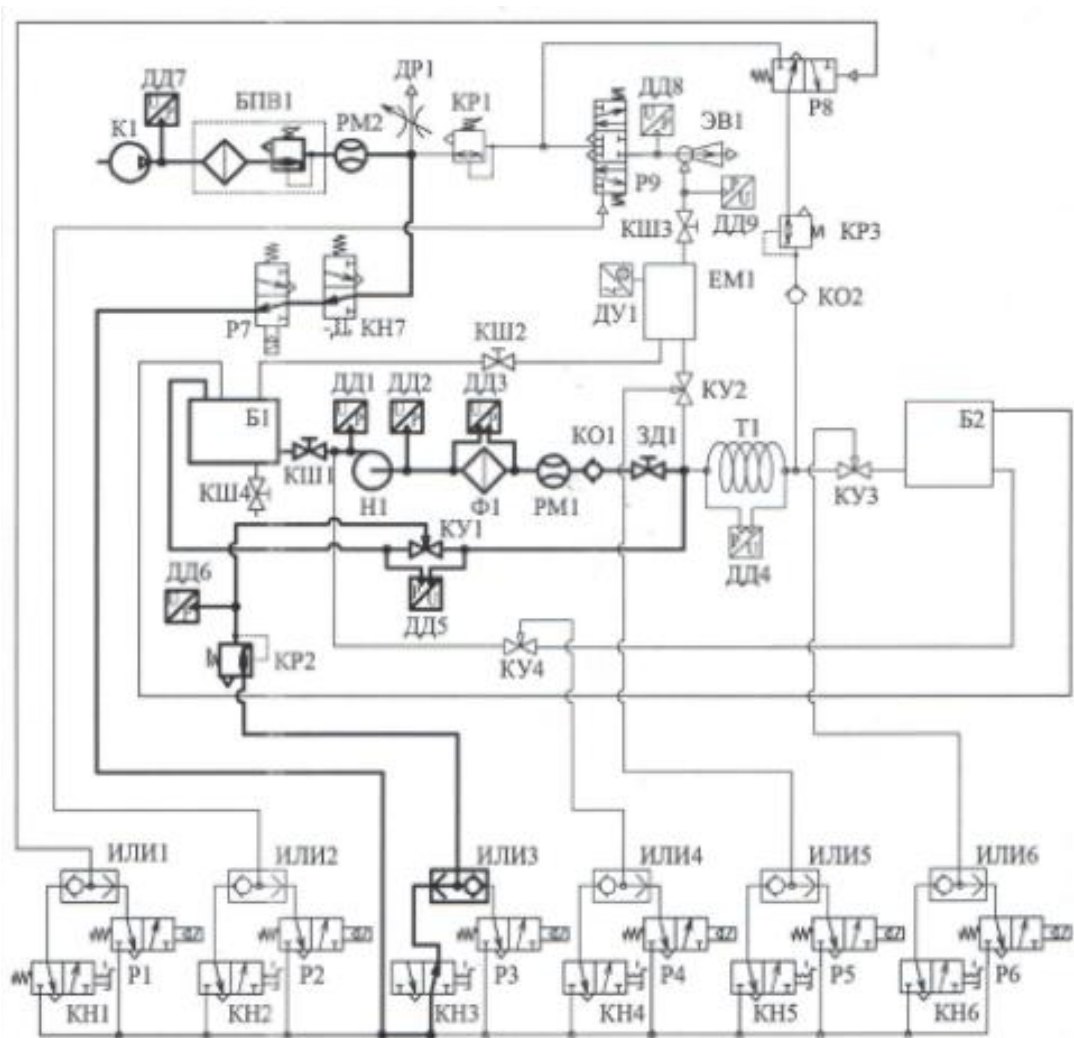


Рисунок 19 – Гидропневматическая схема для выполнения лабораторной работы №5.

Лабораторная работа №6. Исследование гидравлических характеристик трубопроводов

Цель работы является: экспериментальное определение потерь напора по длине исследуемого трубопровода, построение его напорной характеристики, получение экспериментального значения коэффициентов гидравлического сопротивления и трения. Работа выполняется для трубопроводов Т1 (внутренний диаметр $d_{вн}= 12$ мм, длина 6м).

Данная лабораторная работа выполняется с использованием ноутбука, возможно выполнение работы в статическом или динамическом режимах.

Ход выполнения работы:

1. Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
2. Включить ноутбук, дождаться загрузки операционной системы, запустить программу;
3. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл»;
4. Включить питание компрессора К1;
5. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
6. Полностью открыть задвижку ЗД1 и краны КШ1, КШ3;
7. Закрыть кран КШ2 и дроссель ДР1;
8. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха установить давление на выходе БПВ1 5 Бар. Давление контролировать по манометру, установленному на БПВ1;
9. При построении характеристики в окне программы в динамическом

режиме, установить галочку в графе «Динамический режим измерений», и выбрать шаг сбора данных. Для каждого последующего опыта построения будут проводиться автоматически, с указанным выше интервалом времени;

10. При построении характеристики в окне программы в статическом режиме, установить галочку в графе «Статический режим измерений», в дальнейшем для каждого измерения необходимо нажать кнопку «Добавить точку», для того чтобы отобразить точку на графике;

11. Включить питание насоса переключив соответствующий тумблер;

12. Записать значения подачи насоса и перепада давления на трубопроводе;

13. Повернуть ручку задвижки ЗД1 по часовой стрелке на 2-3 оборота;

14. Повторить действия по пунктам 12-13 до полного ЗД1;

15. Выключить питание насоса и питание системы управления;

16. Рассчитать перепад напора на трубопроводе:

$$H_{тр} = \Delta P / (\rho \cdot g);$$

17. Рассчитать потери напора по длине трубопровода. Учитывая, что расход жидкости при каждом измерении постоянен (т.е. скоростной напор по длине трубопровода неизменен), потери полного напора определяются по формуле:

$$\Delta H^{abc} = H_{ВХ}^{abc} - H_{ВЫХ}^{abc} = H_{ВХ}^{abc} + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2g} - H_{атм}^{abc} - \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2g} = H_{ВХ}^{abc} - H_{атм}^{abc} = \Delta h,$$

* следовательно $\Delta h^{изб} = H_{ex}^{изб}$ для всех значений подач.

* так как оси трубопроводов расположены в горизонтальной плоскости, геометрические напоры для всех сечений равны, поэтому здесь и далее в записи уравнения Бернулли они не приводятся

Рассчитать среднюю скорость жидкости $v_{cp} = \frac{Q}{A}$, величину скоростного напора $\frac{v^2}{2g}$, критерий Рейнольдса $Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$ (для воды кинематическая вязкость $\nu = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$). Определить режим течения жидкости в

трубопроводе.

Из формулы Дарси-Вейсбаха ($\Delta h = \zeta \frac{v^2}{2 \cdot g}$, $\zeta = \lambda \cdot \frac{l}{d_{\text{вн}}}$) выразить и найти

экспериментальную величину коэффициента сопротивления трубопровода $\zeta_{\text{э}}$

и коэффициент гидравлического трения:

Рассчитать теоретически

$$\zeta_{\text{э}} = \frac{\Delta P}{\left[\frac{v^2}{2 \cdot g} \right]} = \frac{2 \cdot \Delta h \cdot g}{v^2};$$

$$\lambda_{\text{э}} = \frac{\zeta_{\text{э}} \cdot d_{\text{вн}}}{l};$$

18. Рассчитать теоретическую величину коэффициента гидравлического трения в предположении турбулентного течения – $\lambda_{\text{т}}$ (например по Формуле

Альтшуля $\lambda_{\text{т}} = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.25}$ и в предположении ламинарного течения

$\lambda_{\text{т}}^1 = \frac{64}{\text{Re}}$, сравнить с экспериментальной ($\Delta = 0,01 \text{ мм}$ – эквивалентная

шероховатость испытываемой трубы).

Таблица 6 – Измерения лабораторной работы №6

№	Q, л/с.	ΔP, кПа	v, м/с	Re	$\frac{v^2}{2 \cdot g}$ м	Δh м	$\zeta_{\text{э}}$	$\lambda_{\text{э}}$	$\lambda_{\text{т}}$	$\lambda_{\text{т}}^1$
1										
2										
3										
4										
5										
6										

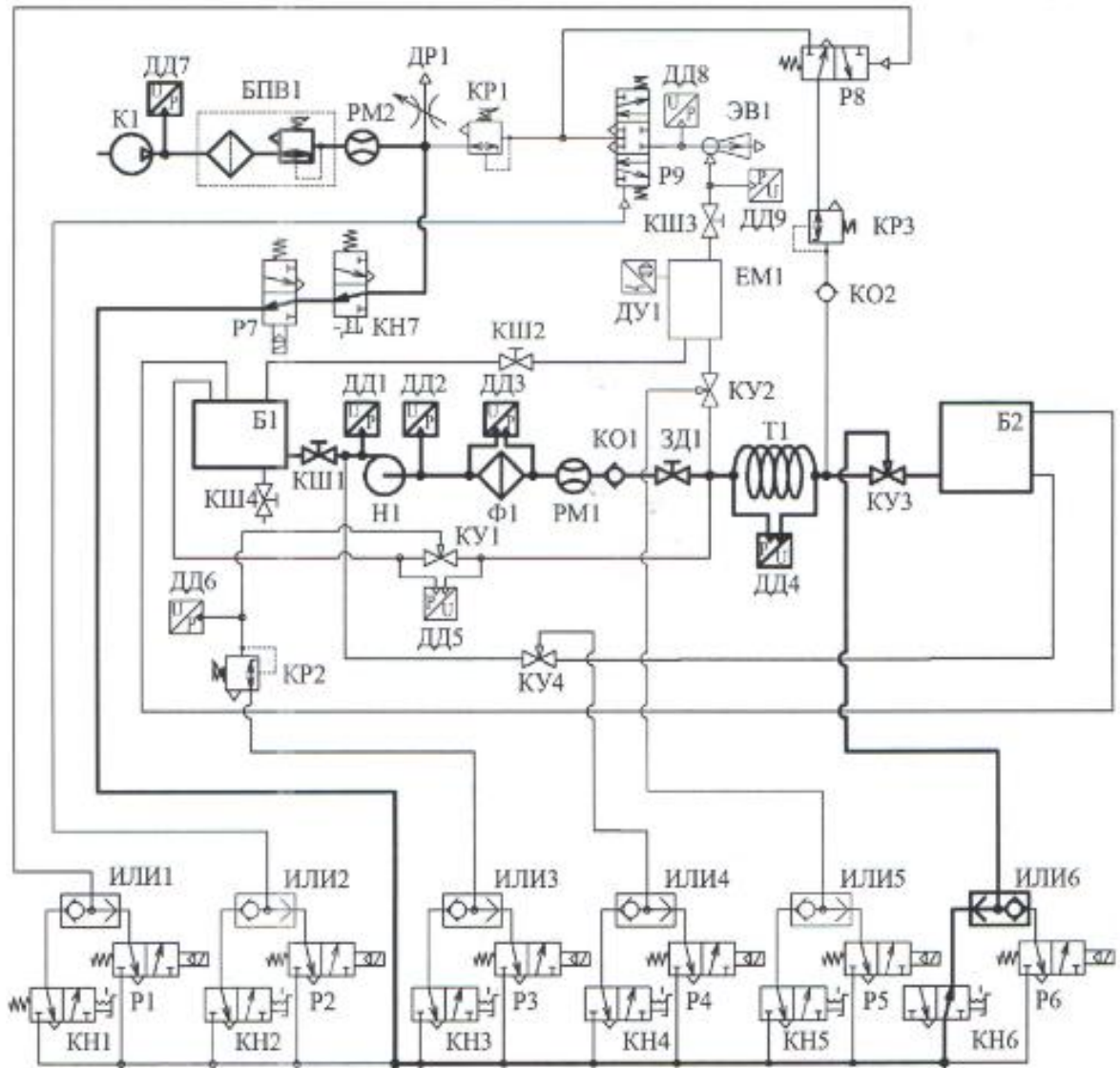


Рисунок 20 – Гидропневматическая схема стенда для выполнения лабораторной работы №6

Лабораторная работа №7. Исследование гидравлических характеристик управляющих клапанов

Цель работы является: экспериментальное построение предельной расходно-перепадной характеристики управляющего клапана, изучение зависимости расхода через клапан от давления в линии управления при постоянном перепаде давления.

Ход выполнения работы:

1. Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
2. Включить ноутбук, дождаться загрузки операционной системы, запустить программу;
3. Включить питание компрессора К1;
4. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
5. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл»;
6. Полностью открыть задвижку ЗД1 и краны КШ1, КШ3;
7. Закрыть кран КШ2 и дроссель ДР1;
8. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха по установить давление на выходе БПВ1 5 Бар. Давление контролировать по манометру, установленному на БПВ1;
9. Повернуть ручку редукционного клапана КР2 по часовой стрелке до упора;
10. Переключить пневматическую кнопку КН3 в положение «Вкл»;
11. Включить питание насоса переключив соответствующий тумблер;
12. В диалоговом окне программы выбрать «Статический режим

измерений». Выбрать построение зависимости перепада давления на клапане управления от расхода по расходомеру РМ1. В столбце X выбрать пункт: «Расход жидкости», в столбце Y «Перепад P на клапане»;

13. Дождаться установившихся значений расхода по расходомеру Р1 (может занять 40-60 с), после чего нажать кнопку «Добавить точку»;

14. Частично закрывая задвижку уменьшить расход через задвижку на 4-5 л/мин;

15. Повторить действия по пунктам 15-16 до значений расхода 3-5 л/мин;

16. Сохранить данные и график на жесткий диск компьютера. Нажать кнопку «Удалить все точки»;

17. В диалоговом окне программы выбрать «Статический режим измерений». Выбрать построение зависимости расхода по расходомеру РМ1 от давления в линии управления клапана;

18. Изменяя открытие задвижки ЗД1 добиться перепада давления на задвижке равным 50 ± 2 кПа;

19. Дождаться установившихся значений расхода по расходомеру РМ1 (может занять 20-30 с), после чего нажать кнопку «Добавить точку»;

20. Повернув ручку редукционного клапана КР1 уменьшить давление в линии управления на 0,5 Бар. Давление контролировать по показаниям в программе;

21. Повторить действия по пунктам 13-15 до давления 1 Бар;

22. Выключить питание насоса и системы управления;

23. Проанализировать полученные данные. Сделать выводы.

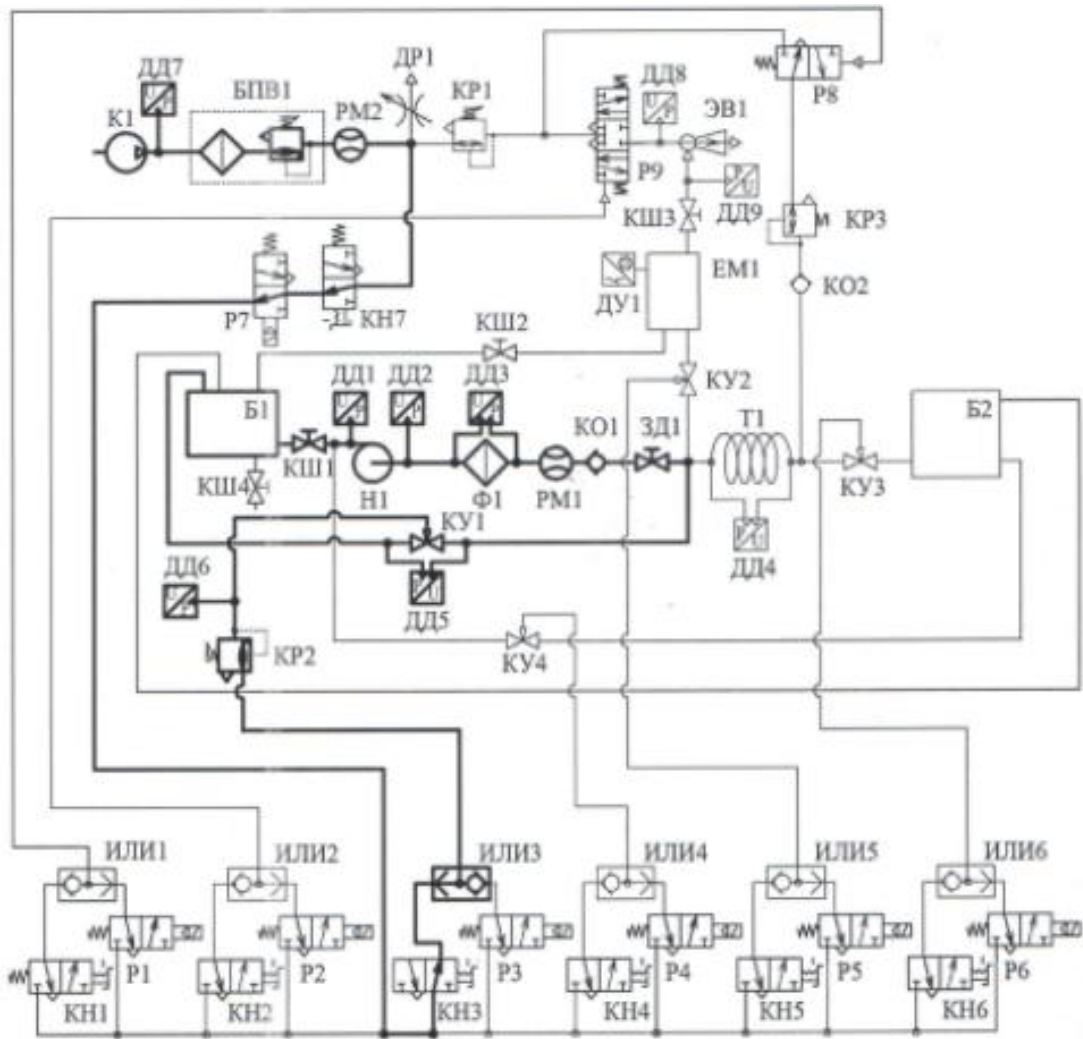


Рисунок 21 – Гидропневматическая схема стенда для выполнения лабораторной работы №7.

Лабораторная работа №8. Исследование характеристик эжектора

Цель работы является: экспериментальное построение зависимости вакуума $p_и$, создаваемого эжектором (давление в приемной камере эжектора), от рабочего давления p_1 (давление питание эжектора).

Ход выполнения работы:

1. Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
2. Включить ноутбук, дождаться загрузки операционной системы, запустить программу;
3. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл.»;
4. Включить питание компрессора К1;
5. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
6. Закрыть дроссель ДР1;
7. Поворачивая ручку клапана блока подготовки воздуха по установить давление на выходе БПВ1 6,5 Бар. Давление контролировать по манометру, установленному на БПВ1;
8. Закрыть кран КШЗ;
9. В целях предотвращения разрушения стенда запрещается при выполнении данной работы сообщать эжектор с мерной емкостью. Запрещается открывать кран КШЗ;
10. В диалоговом окне программы выбрать «Статический режим измерений». В столбце X выбрать давление активного потока эжектора, в столбце Y;
11. Поворачивая регулировочную рукоятку редукционного клапана КР1 по часовой стрелке, установить давление активного потока эжектора 100 кПа. Контролировать давление по табло на панели управления;

12. Дождаться установления постоянного значения давления пассивного потока эжектора p_2 , после чего записать его значение в таблице нажать в программе кнопку «Добавить точку»;
13. Повторить действия по пунктам 8 и 9 для всех величин давления питания эжектора из таблицы;
14. Выключить питание компрессора К1;
15. Поворачивая против часовой стрелки до упора регулировочную рукоятку редукционного клапана КРР1, входящего в состав компрессора К1, установить давление на выходе компрессора равным нулю;
16. Выключить питание системы управления и питание стенда;
17. Построить график зависимости вакуума p_2 создаваемого насосом от рабочего (подводимого) давления p_1 ;
18. Сравнить полученный экспериментально график, с графиком, приведенным на рисунке 22. Сделать выводы.

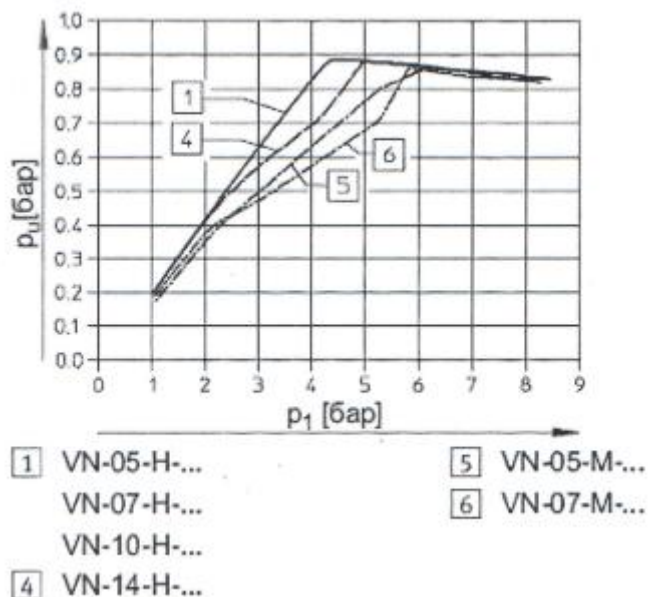


Рисунок 22 – Зависимость вакуума p_2 создаваемого эжектором от рабочего давления (давления питания) p_1

Таблица 7 – Измерения лабораторной работы №8

Давление питания эжектора-р1 (кПа)	100	150	200	250	300	350	400	500
Давление в приемной камере эжектора - рu (кПа)								

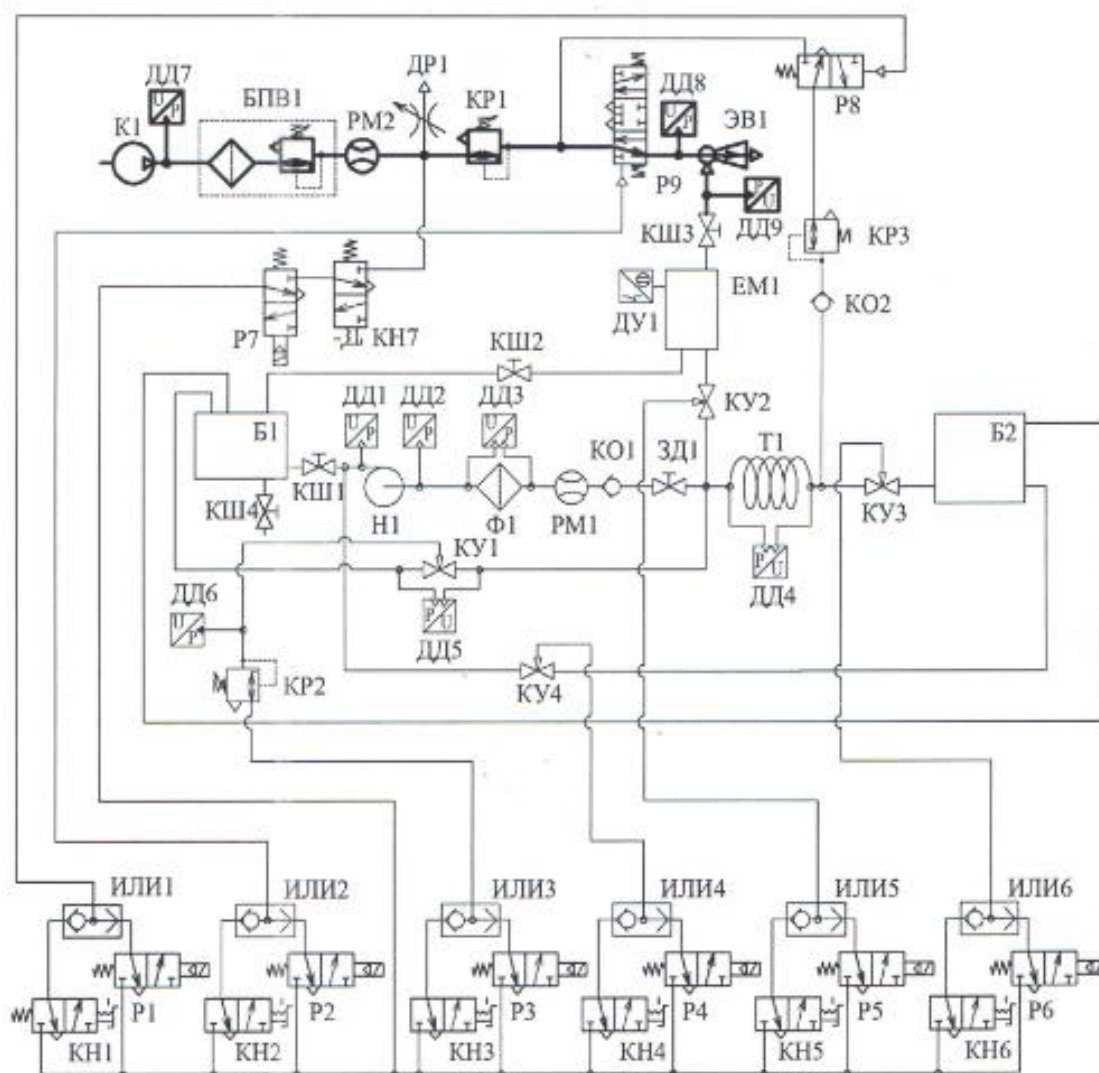


Рисунок 23 – Гидропневматическая схема стенда для выполнения лабораторной работы №8

Лабораторная работа №9. Исследование характеристик компрессора

Цель работы является: Экспериментальное построение рабочих характеристик поршневого компрессора в координатах давление в линии нагнетания компрессора - объемный расход.

Ход выполнения работы:

1. Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления»;
2. Включить ноутбук, дождаться загрузки операционной системы, запустить программу;
3. Включить подачу воздуха к пневматической системе стенда кнопкой КН7, расположенной на панели управления стендом;
4. Кнопки К1-К6 переключить в положение «Выкл»;
5. Повернуть ручку клапана блока подготовки воздуха (БПВ1) по часовой стрелке до упора. Давление контролировать по манометру, установленному на БПВ1;
6. Полностью открыть дроссель ДР1;
7. В диалоговом окне программы выбрать «Статический режим измерений». Выбрать построение зависимости давления в линии нагнетания насоса, от расхода воздуха по показаниям РМ2;
8. Включить питание компрессора К1;
9. Дождаться установления постоянных значений давления и расхода;
10. В окне программы нажать кнопку «Добавить точку»;
11. Поворачивая регулировочную рукоятку дросселя часовой стрелке, установить давление в линии нагнетания компрессора 50 кПа;
12. Дождаться установления постоянных значений давления и расхода;
13. В окне программы нажать кнопку «Добавить точку»;
14. Поворачивая регулировочную рукоятку дросселя часовой стрелке, установить давление в линии нагнетания компрессора на 50 кПа;

15. Повторить действия, указанные в пунктах 10-11;
16. Проанализировать полученную характеристику компрессора.
Сделать выводы.

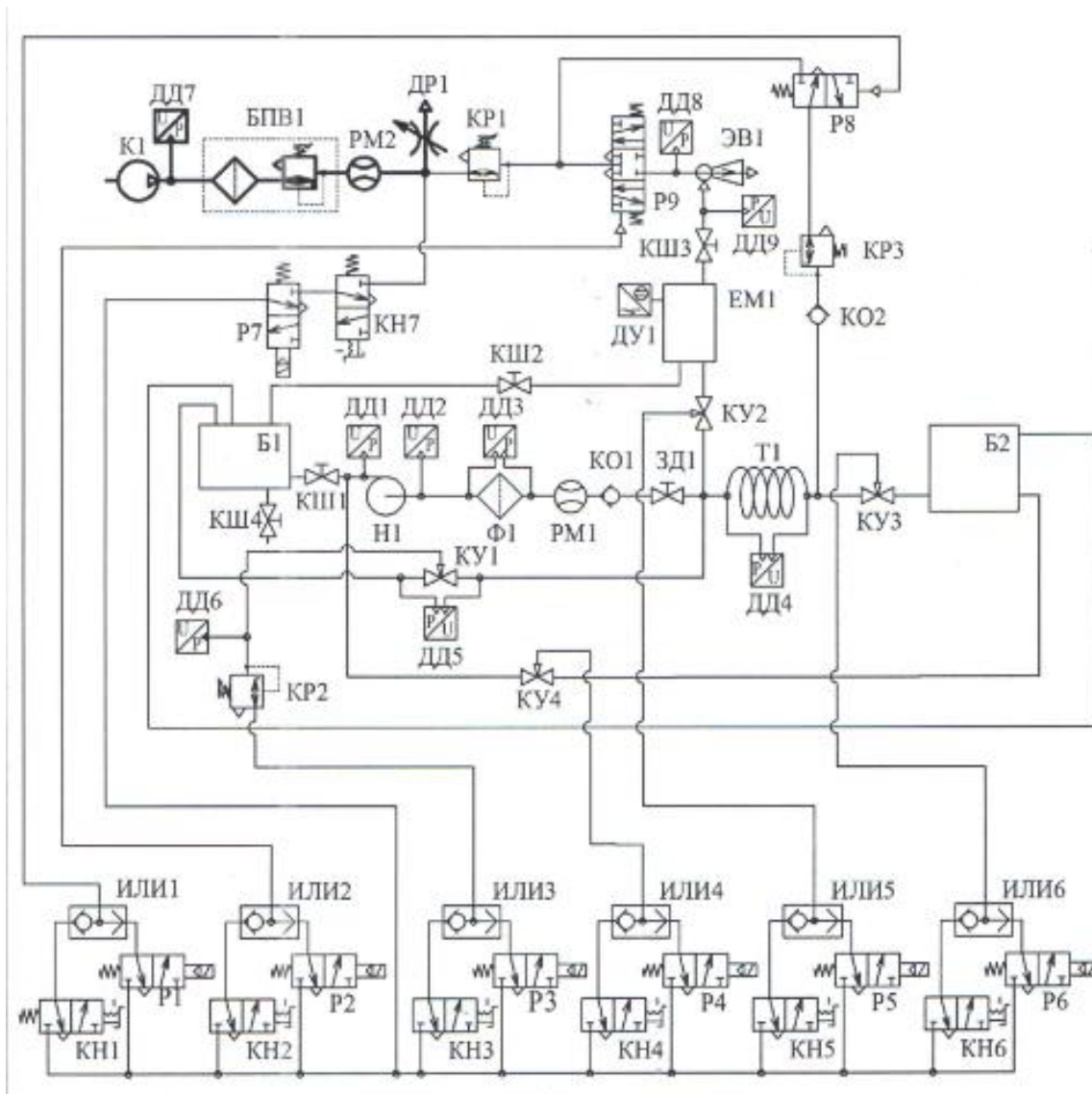


Рисунок 24 – Пневматическая схема стенда для выполнения лабораторной работы №9.

БИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шарапов В.С. Основное оборудование систем заправки и газоснабжения ракет космического назначения. Учебное пособие для вузов. / В.С. Шарапов, Г.П. Бирюков, А.С. Фадеев М.: Издательство «РЕСТАРТ», 2011 - 148 с.