

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

Факультет энергетический


Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов
и производств

Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о.зав. кафедрой


 О.В. Скрипко
« 26 » 06 2021 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Автоматизация исследований процессов в пневмосистеме на стенде
ИПДРТ

Исполнитель

студент группы 74106

 18.06.2021
(подпись, дата)

В.А. Неклюдов

Руководитель


доцент, канд.техн.наук

 21.06.2021
(подпись, дата)

М.Д. Штыкин

Консультант по безопасности
и экологичности

доцент, канд.физ.-мат.наук

 21.06.2021
(подпись, дата)

В.Н. Аверьянов

Нормоконтроль

профессор, д-р техн.наук

 26.06.2021
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о.зав. кафедрой


_____ О.В. Скрипко
И. О. Фамилия

« 26 » 06 2021 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента 741 группы Неклюдова
Валерия Александровича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизация исследований процессов в пневмосистеме на стенде ИПДРТ

(утверждена приказом от 23.04.21. № 812-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы: 15 июня 2021 года.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Технические характеристики стенда ИПДРТ.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

- 1) Учебный стенд для автоматизированного выполнения измерений;
- 2) Приборы и устройства автоматики Пневматической системы;
- 3) Руководство по настройке и подключению преобразователя напряжения L-CARD;
- 4) Особенности работы с программным обеспечением;
- 5) Лабораторные работы выполняемые на стенде;
- 6) Работа с преобразователем напряжения в LabVIEW;
- 7) Безопасность жизнедеятельности.

5. Перечень материалов приложения (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.):

Лист 1: Внешний вид стенда ИПДРТ

Лист 2: Приборы и устройства на стенде ИПДРТ

Лист 3: Схема электрическая принципиальная

Лист 4: Гидравлическая и пневматическая схема стенда ИПДРТ

Лист 5: Преобразователь напряжения измерительный

Лист 6: Использование виртуальных приборов LabVIEW

6. Дата выдачи задания

Руководитель выпускной квалификационной работы: Штыкин Михаил

Дмитриевич, доцент, канд. тех. наук 02.11.2020г

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 02.11.2020г

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 78 с., 44 рисунка, 4 таблицы, 17 источников.

ИЗМЕРИТЕЛЬ-РЕГУЛЯТОР, ДАВЛЕНИЕ, ТЕМПЕРАТУРА, РАСХОД, ПЬЕЗОРЕЗИСТИВНЫЙ ДАТЧИК, ТЕРМОРЕЗИСТИВНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, СЧЕТЧИК, МАНОМЕТР, РОТАМЕТР

Объектом автоматизации является пневматическая часть стенда ИПДРТ для изучения измерительных приборов давления, расхода и температуры воздуха. Цель работы - автоматизация проводимых измерений на базе преобразователя напряжений LCard-E-14-140-M. Методология проводимой работы заключалась в анализе технической документации на оборудование и измерительные приборы стенда, изучении руководств и инсталляция специального программного обеспечения, воссоздании принципиальной электрической схемы по электрической разводке проводов идущих к приборам стенда.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Содержание | 5 |
| Определения, обозначения, сокращения | 8 |
| Введение | 9 |
| 1 Учебный стенд для автоматизированного выполнения измерений..... | 10 |
| 1.1 Принцип работы стенда и устройство стенда | 10 |
| 1.2 Устройство общей части учебного стенда..... | 13 |
| 1.3 Гидравлическая система стенда..... | 16 |
| 1.4 Пневматическая система учебного стенда | 20 |
| 2 Приборы и устройства автоматики Пневматической системы стенда..... | 24 |
| 2.1 Измеритель температуры-«ОВЕН» | 24 |
| 2.2 Термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250..... | 26 |
| 2.3 Датчик давления Delta DPA01 | 27 |
| 2.4 Манометр с повышенным классом точности ТМ5 | 29 |
| 2.5 Счётчик газа | 30 |
| 2.6 Компрессор ВеА Тур К 160-6 | 31 |
| 2.7 Ресивер..... | 32 |
| 3 Руководство по настройке и подключению преобразователя напряжения L-CARD | 33 |
| 3.1 Описание и работа..... | 33 |
| 3.2 Аппаратные характеристики преобразователя напряжения..... | 34 |
| 3.3 Устройство L-Card E14-140M | 35 |
| 3.4 Использование по назначению | 37 |
| 3.5 Первоначальная настройка преобразователя | 38 |
| 3.5.1 Минимальные системные требования. | 38 |
| 3.5.2 Установка драйвера и библиотеки Lusbari | 39 |
| 3.5.3 Установка драйвера и библиотеки LComp | 40 |
| 3.5.4 Установка регистратора LGraph2 | 41 |
| 3.5.5 Процедура подключения модуля E14-140-M..... | 41 |

| | |
|---|----|
| 3.5.6 Конфигурация ПО LGraph2..... | 41 |
| 4 Особенности работы с программным обеспечением | 44 |
| 4.1 Измерение «Температура" | 44 |
| 4.2 Измерение «Расход воздуха» | 45 |
| 4.3 Измерение «Расход воды»..... | 47 |
| 4.4 Измерение «Характеристики» – «Насоса» | 48 |
| 4.5 Пункт меню «Характеристики» – «Компрессора» | 49 |
| 5 Лабораторные работы выполняемые на стенде | 51 |
| 5.1 Измерители давления..... | 51 |
| 5.2 Измерения давления газа..... | 55 |
| 5.1 Измерение расхода газа по методу отсеченного объема..... | 58 |
| 5.1.1 Общие сведения о методе отсеченного объема | 58 |
| 5.1.2 Проведение эксперимента с использованием приборов измерения давления и температуры | 60 |
| 6 Работа с преобразователем напряжения в LabVIEW | 64 |
| 6.1 Асинхронный ввод-вывод | 64 |
| 6.2 Многоканальный ввод на примере простого двухканального осциллографа | 65 |
| 6.3 Работа с дискретными входами/выходами | 67 |
| 6.4 Виртуальные приборы библиотеки Iview.lib | 67 |
| 7 Безопасность жизнедеятельности..... | 69 |
| 7.1 Микроклимат учебного помещения и безопасность рабочего места | 69 |
| 7.2 Основные опасные и вредные факторы при работе со стендом | 71 |
| 7.3 Инструкция по технике безопасности при проведении работ в учебной лаборатории..... | 73 |
| 7.4 Ввод стенда в эксплуатацию | 74 |
| 7.5 Включение стенда в работу..... | 75 |
| Заключение..... | 76 |
| Библиографический список..... | 77 |
| Приложение А..... | 79 |

| | |
|--------------------|----|
| Приложение Б | 81 |
| Приложение В | 82 |
| Приложение Г | 83 |
| Приложение Д..... | 84 |
| Приложение Е | 85 |
| Приложение Ж..... | 86 |

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

КР – клапан редукционный;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЛУ – логическое устройство;

ДД – датчик давления;

ЧЭ – чувствительный элемент;

ДР – дроссель;

ТС – термосопротивление;

ТП – термопара;

ДТ – датчик температуры;

ИПДРТ – измерительные приборы давления, расхода и температуры;

ПД – преобразователь давления;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь.

ВВЕДЕНИЕ

Учебный стенд «Измерительные приборы давления, расхода, температуры» применяется изучении специальных дисциплин на кафедре автоматизации производственных процессов и электротехники. Используется для проведения лабораторно-практических занятий для получения базовых и углубленных профессиональных знаний и навыков при работе с приборами измеряющими давление, расход и температуры разных сред.

В данной работе приводится обзорное описание всего стенда, состоящего из гидравлической и пневматической частей. Каждая из этих частей работает независимо друг от друга. Основное внимание уделено пневматической части, для которой воссоздается принципиальная электрическая схема и разрабатываются методические рекомендации для проведения лабораторных работ по изучению измерительных приборов.

Решаемая научная проблема рассматривается в выпускной работе заключается в автоматизации измерений проводимых при выполнении лабораторных работ на данном стенде и автоматизации измерений в технологических и производственных процессах. Данная проблема решается программно аппаратным комплексом, который развернут на стенде. Состав этого комплекса следующий: измерительные приборы с цифровыми каналами связи, модуль сбора данных и программа обработки данных.

1 УЧЕБНЫЙ СТЕНД ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Учебный стенд для автоматизированного выполнения измерений ИПДРТ (Измерительные приборы давления, расхода, температуры) разработан для выполнения учебных работ по изучению измерительных приборов. Выполнен в виде вертикальной конструкции, на которой расположены изучаемые приборы, установленной на стол, представляющий собой металлическую раму [1].

1.1 Принцип работы стенда и устройство стенда

Стенд представляет собой две части: гидравлическую и пневматическую. Они позволяют производить измерение расхода, давления и температуры жидкости и воздуха различными приборами и способами. Состоит из системы отдачи жидкости, системы подачи воздуха, системы подогрева жидкости, системы измерения количества подаваемой жидкости и воздуха. В качестве газообразной среды используется – воздух и жидкой среды – вода.

Изучаемые устройства и приборы установлены таким образом, что имеют возможность сравнивать между собой показания измерительных приборов различного типа при измерении одного и того же параметра. В качестве исследуемых устройств и приборов используются приборы для измерения расхода, давления и температуры с разным принципом действия или чувствительным элементом.

Температура измеряется с помощью биметаллического термометра и терморезистивных преобразователей с вторичными приборами - измерителями-регуляторами. Давление измеряется с помощью манометров и датчиков давления с вторичными приборами – измерителями-регуляторами. Расход жидкости измеряется объемным способом и с помощью счетчика воды. Расход газа измеряется объемным способом, с помощью ротаметра, расходомера и счетчика газа.

Общий вид стенда «Измерительные приборы давления, расхода, температуры» представлен на рисунок 1.2 и рисунок 1.3.

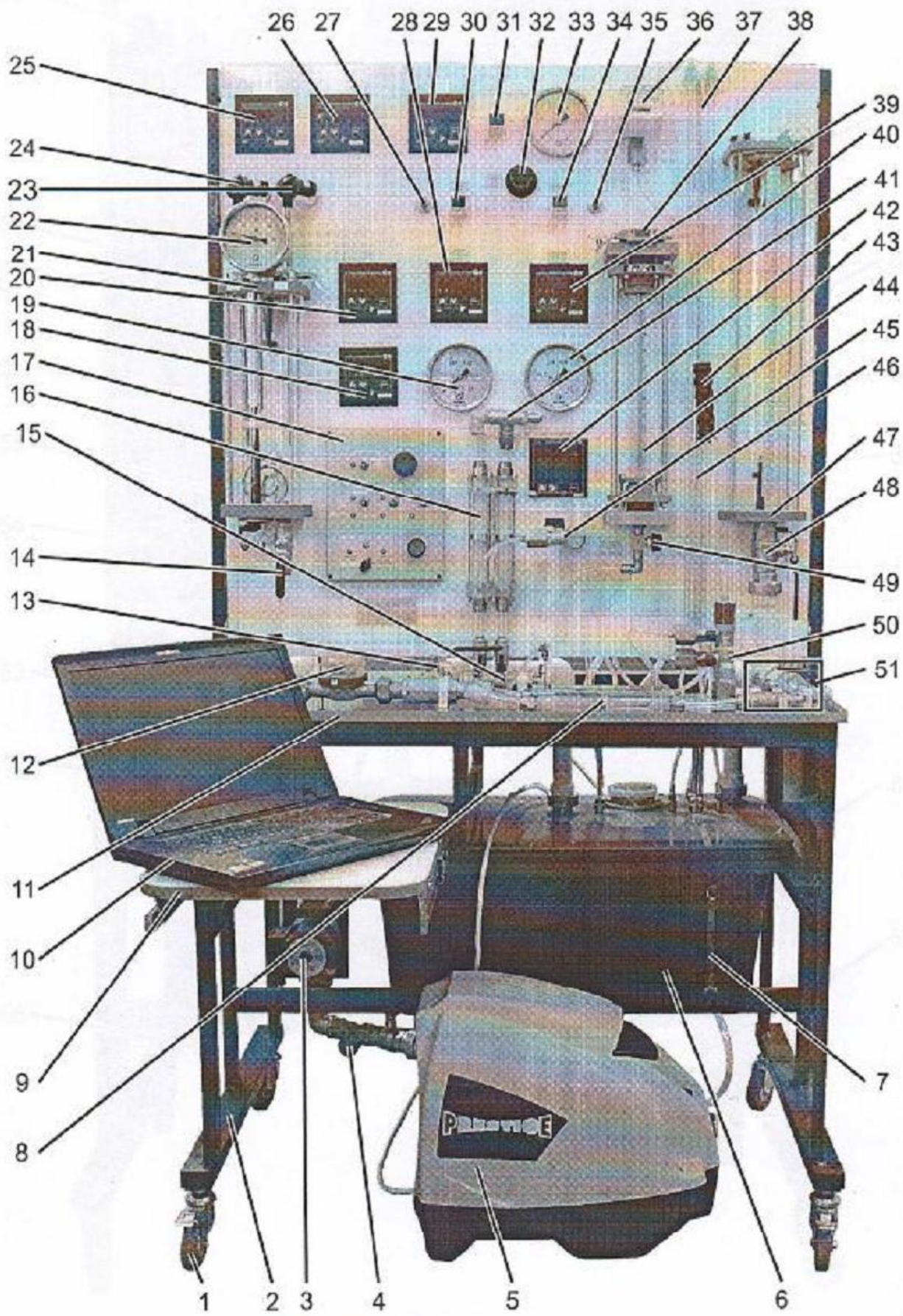


Рисунок 1.1 – Общий вид стенда спереди

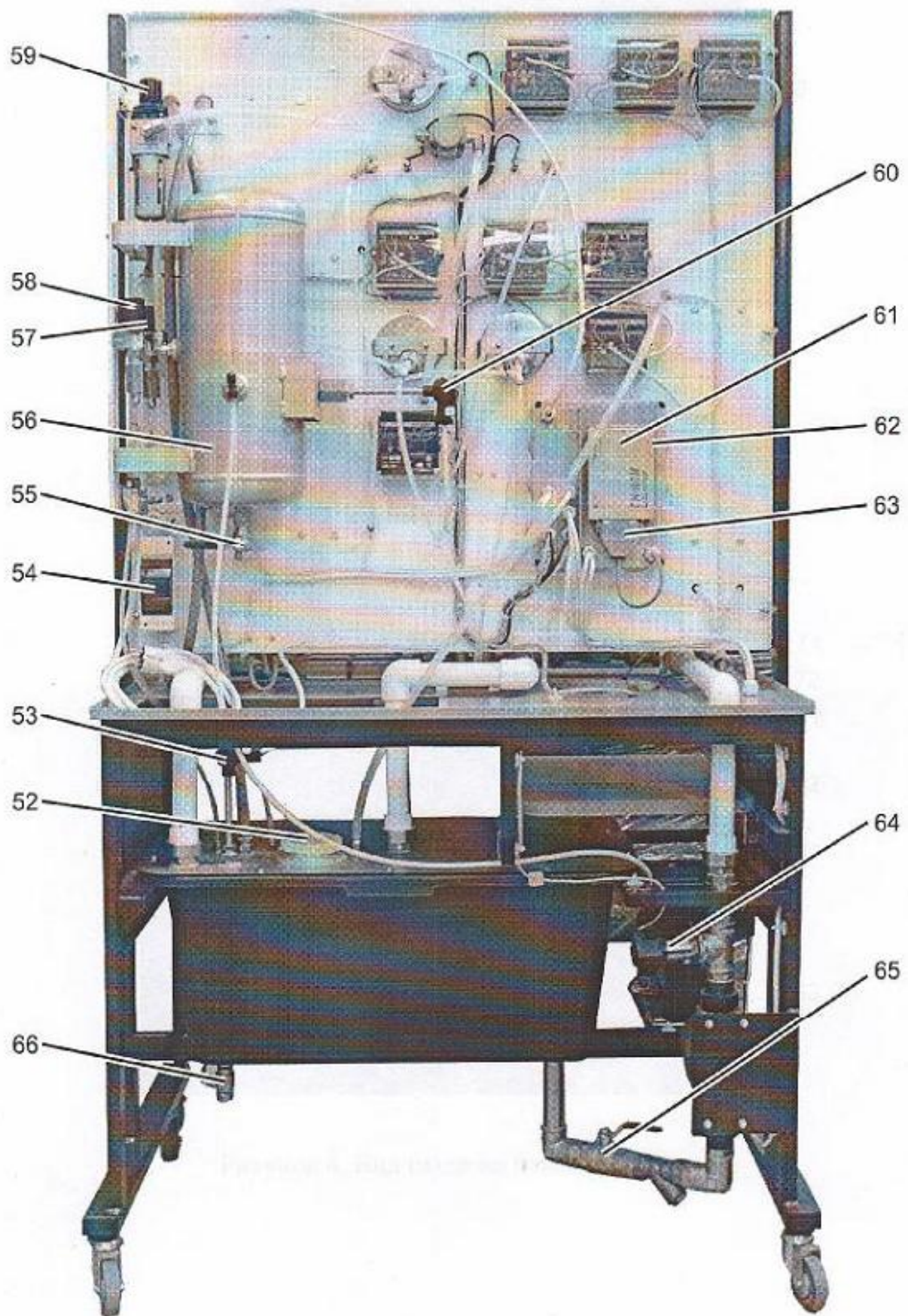


Рисунок 1.2 – Общий вид стенда сзади

Условно, состав оборудования можно разделить на три части: общая часть, гидравлическая и пневматическая системы стенда.

1.2 Устройство общей части учебного стенда

Общая часть стенда и приборы совместно используемые для изучения измерений параметров воды и воздуха, показаны на рисунках 1.1 и 1.2:

- колеса 1, для перемещения стенда;
- несущая рама 2;
- выдвижная полка 9 для установки на нее персонального компьютера (ПК) или ноутбука 10;
- поддон-столешница 11;
- секундомер 42 (счетчик импульсов «Овен» СИ8).
- рукоятка 43 с кнопкой для дистанционного управления секундомером;
- автоматический выключатель 54 для защиты от перегрузок;
- плата АЦП-ЦАП 61 для согласования измерительной системы с компьютером, рисунок 1.3;
- разъем 62 для подключения платы АЦП к компьютеру;
- электрический разъем 63 типа DRB-37F для подключения к плате АЦП;
- разъем 71 для подключения компрессора 5 к сети электропитания посредством штекера 72;



Рисунок 1.3 – Плата АЦП-ЦАП, согласование измерительной системы с ПК
На панели управления, рисунок 1.4, расположены следующие элементы:

– светодиодный индикатор 73, который светится, если включен тумблер «Нагрев»;

– светодиодный индикатор 74, который светится, если включен тумблер «Питание системы управления»;

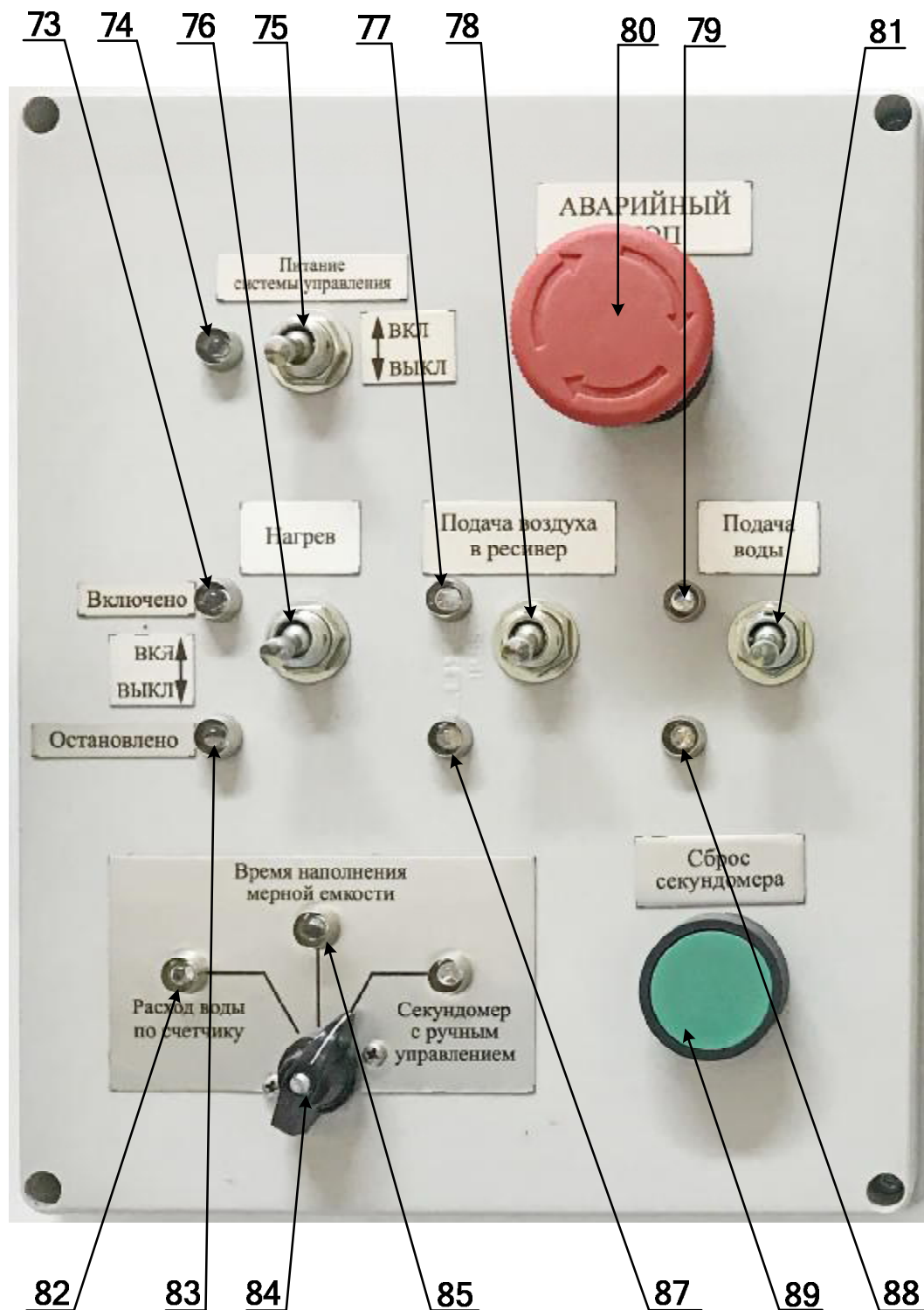


Рисунок 1.4 – Панель управления стендом

– тумблер 75 «Питание системы управления», подающий электропитание

- на все датчики, измерители-регуляторы и остальные тумблеры;
- тумблер 76 «Нагрев», включающий процесс нагрева;
 - светодиодный индикатор 77, который светится, если включен тумблер «Подача воздуха в ресивер»;
 - тумблер 78 «Подача воздуха в ресивер», подающий питание на систему управления компрессором;
 - светодиодный индикатор 79, который светится, если включен тумблер «Подача волю»;
 - кнопка 80 аварийного отключения электропитания всех приборов стенда;
 - тумблер 81 «Подача воды», включающий насос, подающий рабочую жидкость;
 - светодиодный индикатор 82, который светится, если на счетчик импульсов 42 поступают сигналы со счетчика жидкости 12, для индикации частоты импульсов в секунду необходимо нажать кнопку «>>» на счетчике импульсов;
 - светодиодный индикатор 83, который светится, если процесс нагрева остановлен из-за превышения допустимой температуры или низкого уровня жидкости в емкости нагрева;
 - пакетный переключатель 84, который переключает способ управления счетчиком импульсов (секундомером 42);
 - светодиодный индикатор 85, который светится, если электронный секундомер 42 управляется датчиками уровня в мерной емкости 47;
 - светодиодный индикатор 86, который светится, если электронный секундомер 42 управляется нажатием кнопки 43;
 - светодиодный индикатор 87, который светится, если компрессор остановлен в связи с достижением давления в ресивере заданного значения;
 - светодиодный индикатор 88, который светится, если насос остановлен из-за превышения допустимого уровня жидкости в емкости нагрева;
 - кнопки 89 для сброса показаний секундомера 42.

1.3 Гидравлическая система стенда

Устройство гидравлической системы стенда показано на рисунках 1.1 и 1.2, которая в своем составе имеет следующее оборудование:

- насос 3 для подачи жидкости в гидросистему, обозначение на гидравлической схеме, рисунок 1.5 – Н1 (циркуляционный насос отопления WCP 25-60G) с установленным на выходе датчиком давления 64 – ДД6 (преобразователь избыточного давления измерительный ПД100-ДИ);
- фильтр жидкости 4, установленный в линии всасывания насоса;
- гидравлический бак 6;
- указатель 7 уровня жидкости в баке 6;
- две измерительные диафрагмы 8 для работы на воде;
- счетчик жидкости 12, счетчик горячей воды СГВ-20, рисунок 1.6;
- шаровой кран 13 для направления потока жидкости от насоса в бак и слива жидкости из диафрагм 8 в бак 6, обозначение на гидравлической схеме – ВНЗ;
- шаровой кран 14 для набора и слива жидкости в емкость для нагрева жидкости, обозначение – ВН2;
- измеритель-регулятор 18 (измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный «Овен» ТРМ1), подключенный к датчику ДД5 (преобразователь избыточного давления измерительный ПД100-ДИ) давления на выходе насоса;
- манометр 19, для измерения давления жидкости перед диафрагмой, обозначение – МН1;
- измеритель-регулятор 20 (измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный «Овен» ТРМ1) подключенный к терморезистивному преобразователю 53 установленному в баке 6;
- емкость 21, с электронагревателем для нагрева жидкости в емкости, обозначение на гидропневматической схеме – ТЭН1, и датчиками уровня жидкости, обозначение – ДУ1, ДУ2;

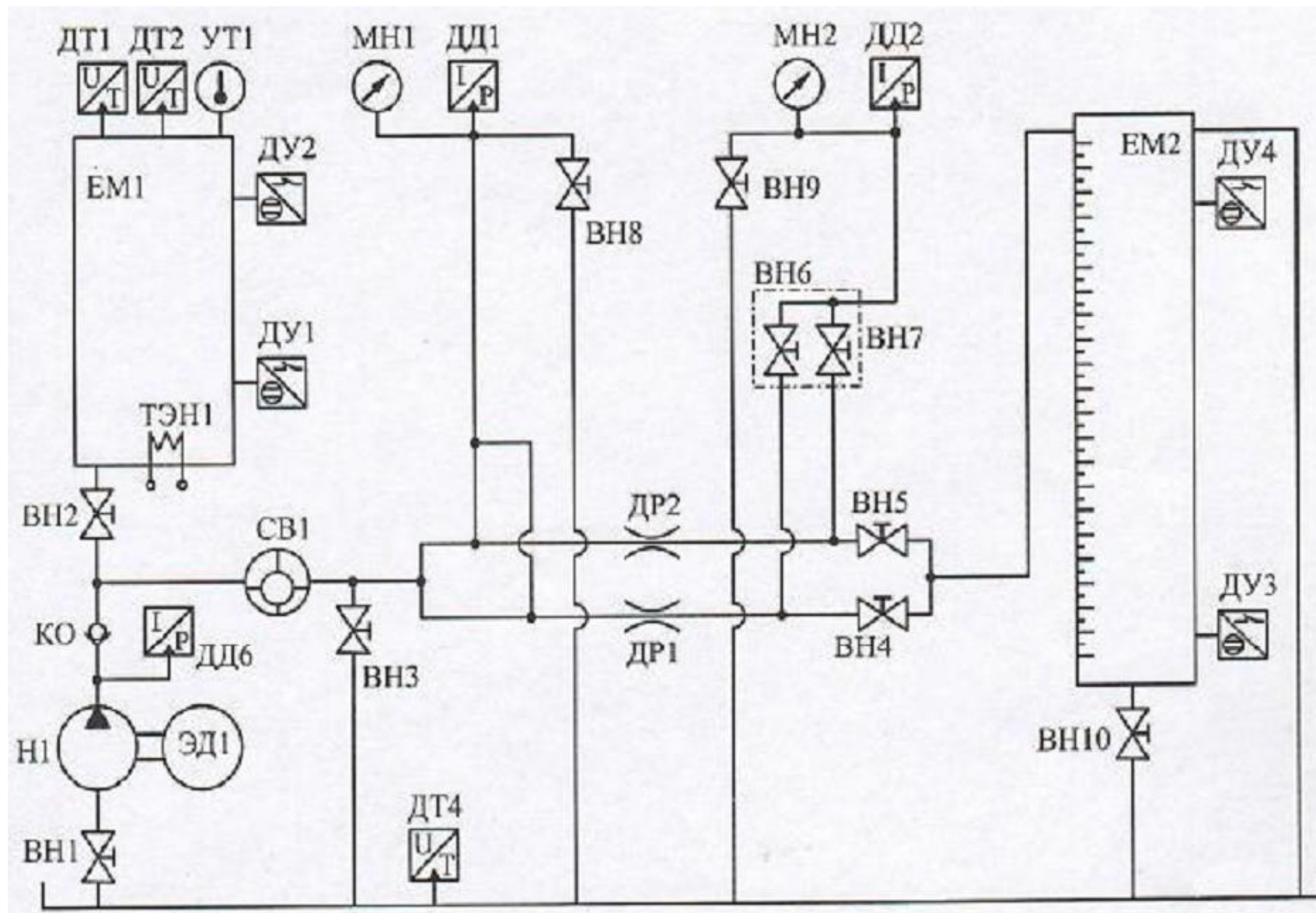


Рисунок 1.5 – Гидравлическая схема стенда

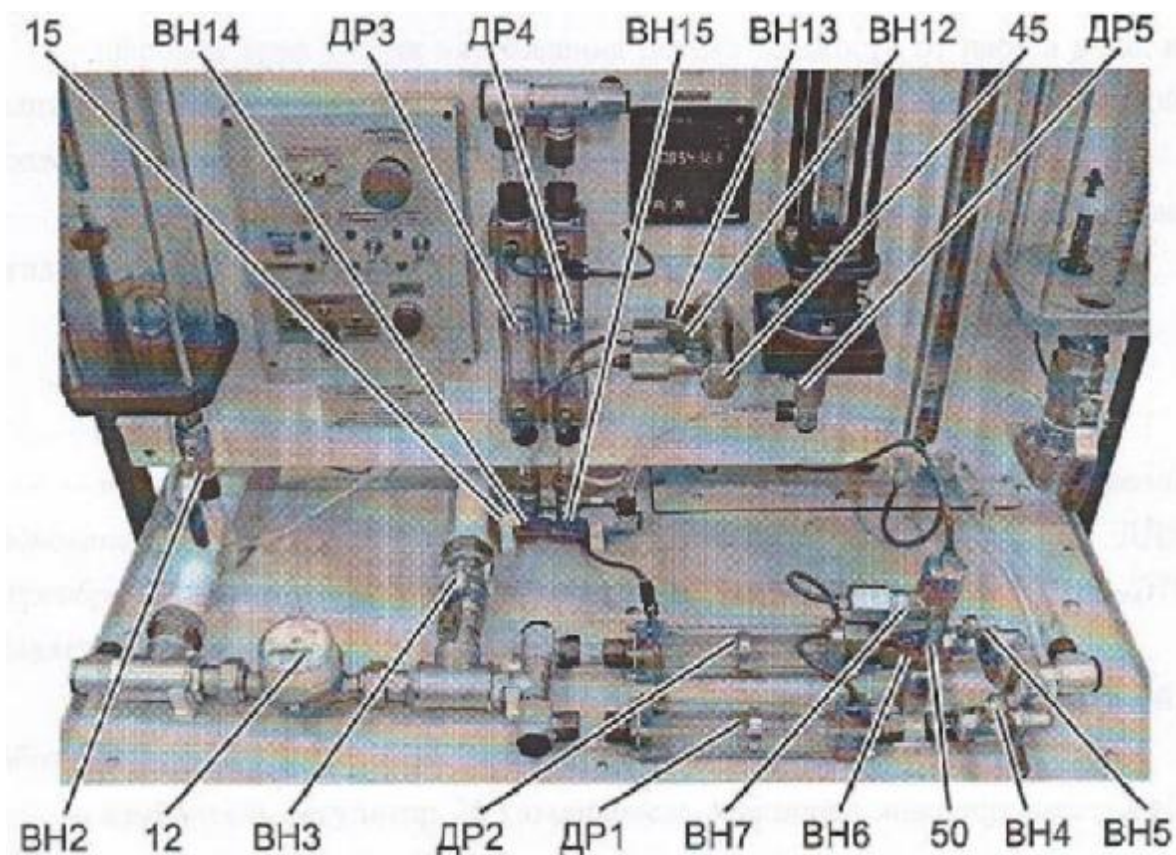


Рисунок 1.6 – Блок диафрагм и СГВ-20

- биметаллический термометр 22 для измерения температуры нагреваемой жидкости;
- неподвижный терморезистивный преобразователь 23, обозначение – ДТ2 (термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250);
- подвижный терморезистивный преобразователь 24, обозначение – ДТ1 (термопреобразователь сопротивления ДТС 035-50М.В3.250);
- измеритель-регулятор 25, подключенный к терморезистивному преобразователю 24 (измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный «Овен» ТРМ1);
- измеритель-регулятор 26, подключаемый к терморезистивному преобразователю 23 (измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный «Овен» ТРМ1);
- измеритель-регулятор 28 (измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный «Овен» ТРМ1), подключенный к датчику 58 (ДД1) (преобразователь избыточного давления измерительный ПД100-ДИ) давления перед диа-

фрагмой для работы с жидкостью.

- линейку 37 для измерения уровня жидкости в дифференциальном манометре;
- измеритель-регулятор 39 измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный «Овен» ТРМ1), подключенный к датчику 57 (ДД2) (преобразователь избыточного давления измерительный ПД100-ДИ) давления в коллекторе 50 (давление за диафрагмами для работы с жидкостью);
- манометр 40, подключенный к коллектору 50 для измерения давления жидкости за диафрагмой, обозначение на гидравлической схеме – МН2;
- мерная емкость 47 (ЕМ2) для измерения расхода объемным способом с датчиками уровня, обозначение на гидравлической схеме – ДУ3, ДУ4;
- шаровой кран 48 для слива жидкости из емкости 47, обозначение на гидравлической схеме – ВН10;
- коллектор 50 для отбора давления жидкости после измерительных диафрагм;
- блок из двух кранов 51 (обозначение на гидравлической схеме – ВН4, ВН5) для подключения измерительных диафрагм 8 к мерной емкости 47;
- заливную горловину 52 для заправки стенда рабочей жидкостью;
- терморезистивный преобразователь 53 для измерения температуры жидкости в баке, обозначение на гидравлической схеме — ДТ4 (термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250);
- датчик 57 (ДД2) (преобразователь избыточного давления измерительный ПД100-ДИ) давления жидкости за диафрагмой;
- датчик 58 (ДД1) (преобразователь избыточного давления измерительный ПД100-ДИ) давления жидкости перед диафрагмой;
- шаровый кран 65 для подачи жидкости из бака к насосу 3, обозначение – ВН1;
- шаровой кран 66 для слива жидкости из бака стенда;
- краны 69 и 70 для удаления воздуха из системы работы с жидкостью (рисунок 1.7), обозначение на гидравлической схеме – ВН8, ВН9;

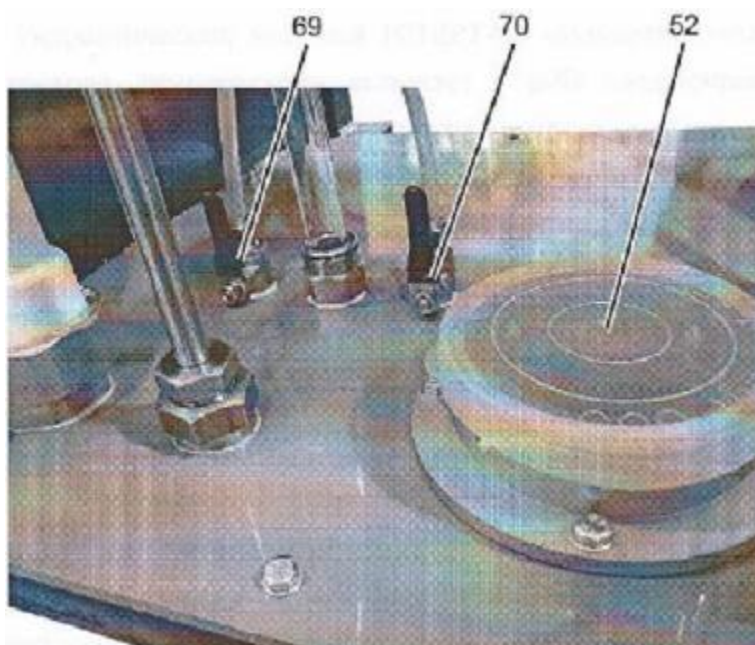


Рисунок 1.7 – Верхняя часть бака с крышкой и трубками

1.4 Пневматическая система учебного стенда

Схема пневматической системы показана на рисунке 1.8, она состоит из следующего приборов и оборудования:

- коллектор 15 отвода воздуха от диафрагм 16, рисунок 1.9;
- пару измерительных диафрагм 16 для работы на воздухе;
- панель управления 17;
- датчик 31 давления в ресивере 56, обозначение на пневматической схеме – ДДЗ (датчик давления Delta DPA01-M(N)-P);
- редукционный клапан 32, позволяющий регулировать давление воздуха, поступающего к диафрагмам из ресивера, на пневматической схеме – КР2;
- манометр 33 давления в ресивере 56, обозначение на пневматической схеме – МНЗ;
- измеритель-регулятор 29 (измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный «Овен» ТРМ1), подключенный к терморезистивному преобразователю 60 (термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250), установленному в ресивере 56;

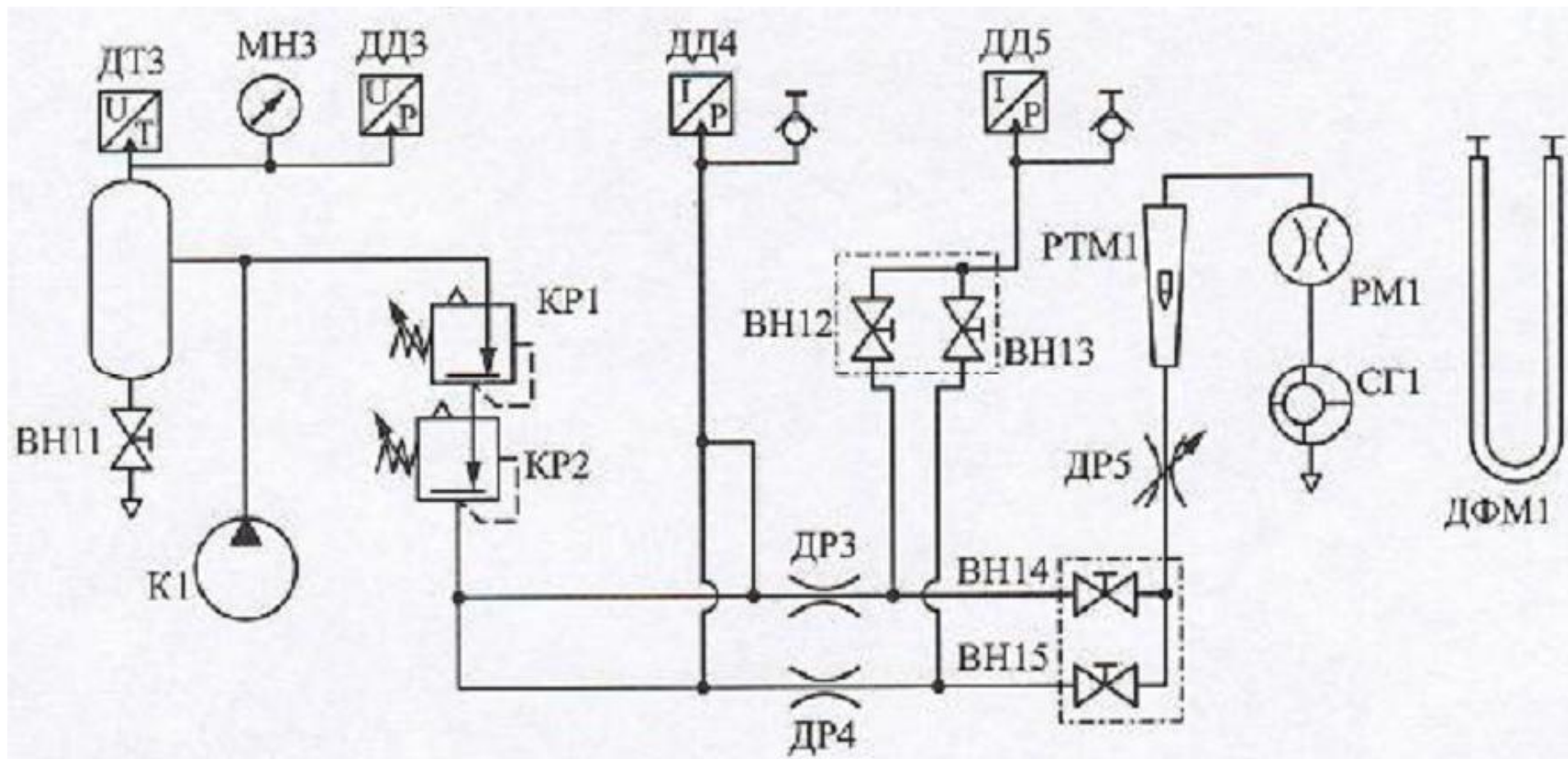


Рисунок 1.8 – Пневматическая схема стенда

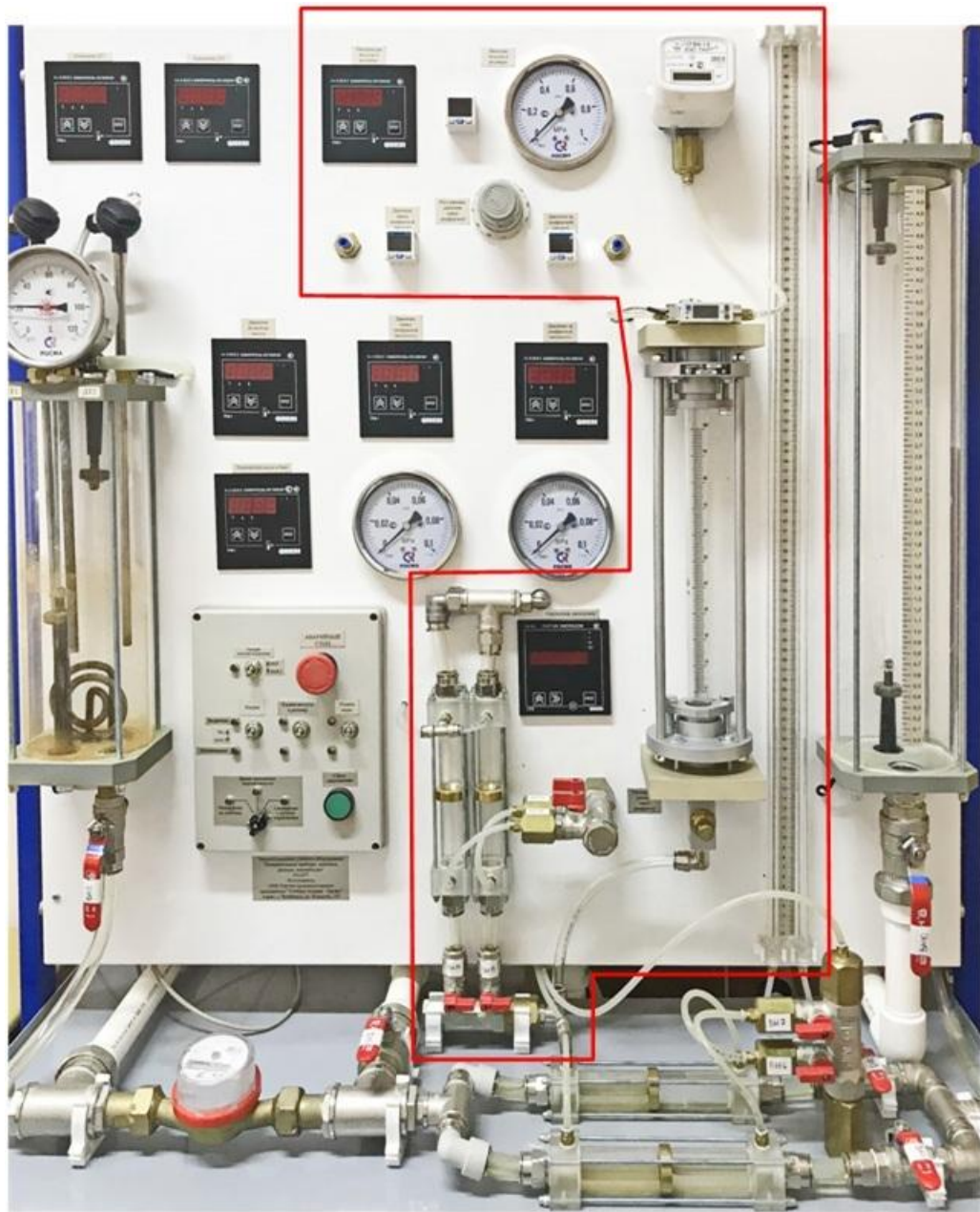


Рисунок 1.9 – Пневматическая система стенда (выделена красной линией)

- датчик 30 давления в коллекторе 41, обозначение – ДД4 (датчик давления Delta DPA01-M(N)-P);
- датчик 34 давления в коллекторе 14, обозначение на пневматической схеме – ДД5 (датчик давления Delta DPA01-M(N)-P);
- быстроразъемное соединение 35 с обратным клапаном для подключения дифференциального манометра 46 к коллектору 15;
- счетчик газа 36 (счетчик газа СГБМ –1,6);
- расходомер воздуха 38 (расходомер SMC PFM750-F01-C);

- коллектор 41 для подачи воздуха в измерительные диафрагмы 16;
- ротаметр 44 (ротаметр с местными показаниями РМ-4-2,5);
- коллектор 45 для отбора давления воздуха после измерительных диафрагм;
- быстроразъемное соединение 27 с обратным клапаном для подключения дифференциального манометра 46 к коллектору 41;
- дифференциальный U-образный манометр 46;
- дроссель 49 для регулировки расхода воздуха через измерительные диафрагмы, обозначение — ДР5;
- шаровой кран 55 для слива конденсата из ресивера, обозначение на пневматической схеме – ВН11, рисунок 1.10;
- ресивер 56;
- редукционный клапан 59, ограничивающий максимальное давление питания измерительных диафрагм;
- терморезистивный преобразователь 60, обозначение на пневматической схеме – ДТЗ (термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250);
- быстроразъемное соединение 67 для подключения гибкого трубопровода 68, соединяющего компрессор 5 с пневматической системой стенда;



Рисунок 1.10 – Ресивер

2 ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТЕНДА

2.1 Измеритель температуры-«ОВЕН»

Измеритель-регулятор ОВЕН ТРМ1 ТРМ1-Щ1.У.У используется на стенде для измерения температуры воздуха в ресивере. Использует для измерения термосопротивление подключенное на его клеммы [2]. На стенде используется прибор щитового исполненияЩ1 (щитовой), рисунок 2.1, с классом точности 0,25.



Рисунок 2.1 – Вид спереди ОВЕН ТРМ1

Напряжение питания прибора 90...245 В, 50 Гц; напряжение встроенного источника питания постоянного тока 24 ± 2 В, используемого для внешних устройств. ТРМ1 комплектуется выходным устройством (УВ) типа «параметр – напряжение» с величиной постоянного напряжения 0...10 В на внешней нагрузке при сопротивлении не более 1 кОм. Расположение клемм прибора показано на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Расположение клемм прибора типа Щ1

Терморезистор установленный в ресивере подключен по трёхпроводной схеме, рисунок 2.3.

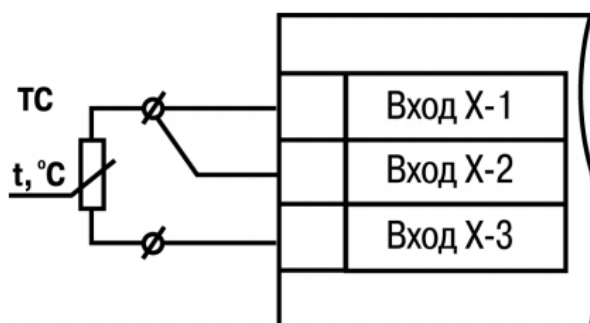


Рисунок 2.3 – Схема подключения терморезистора к ТРМ1

Принцип подключение ВУ с параметром напряжение показан на рисунке 2.4.

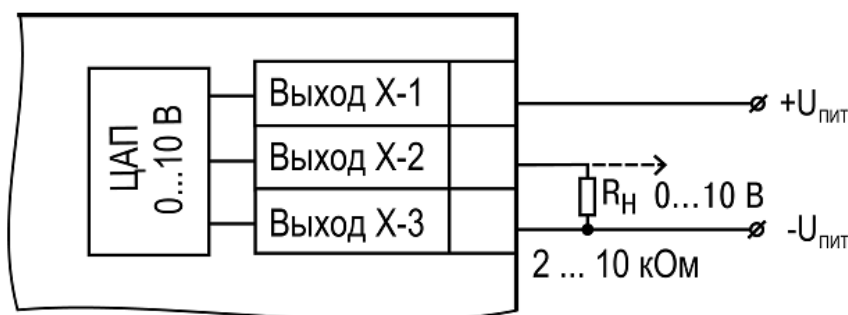


Рисунок 2.4 – Схема подключения ВУ с параметром напряжения
Питания ВУ осуществляется от встроенного источника питания 24 В.
Функциональная схема прибора представлена на рисунке 2.5.

Измеренное значение температуры воздуха в ресивере поступает н логическое устройство, которое его анализирует и рассчитывает выходной сигнал в соответствии с параметрами настройки прибора. Выходное устройство передает управляющий сигнал в виде напряжения 0-10 В в модуль сбора данных.

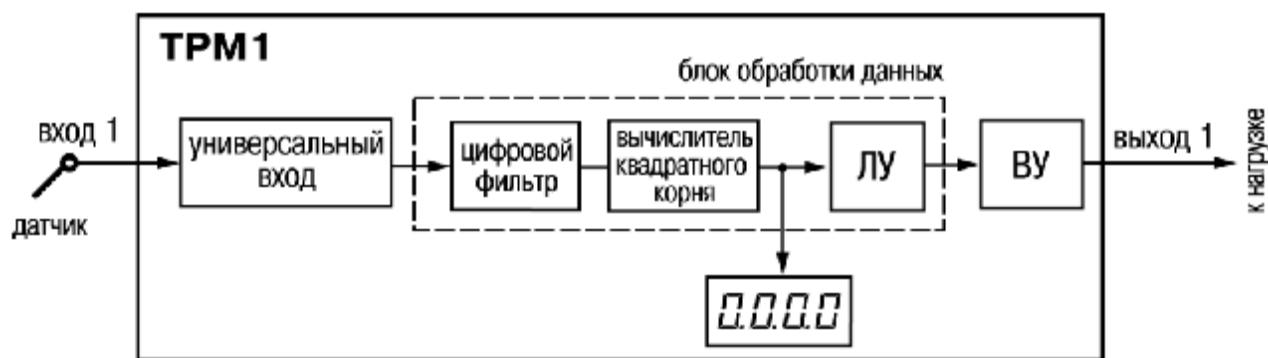


Рисунок 2.5 – Функциональная схема работы канала TRM1

2.2 Термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250

Используется для преобразования температуры воздуха в ресивере в значение сопротивления, рисунок 2.6.

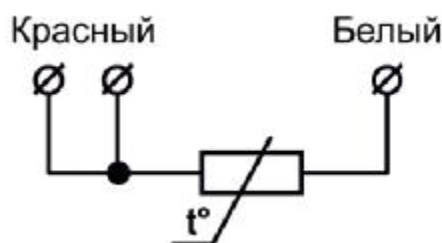
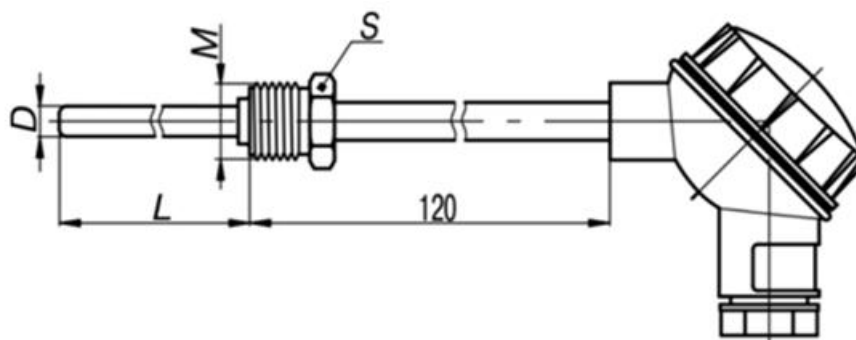


Рисунок 2.6 – Схема внутренних соединений проводов термопреобразователя сопротивления

На стенде установлено термосопротивление с коммутационной головкой и пределом измерения температуры от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, рисунок 2.7 [3].



$D=8\text{ мм}$; $M=20\times 1,5\text{ мм}$; $S=22\text{ мм}$; $L=250\text{ мм}$.

Рисунок 2.7 – Конструкция ДТС-035

Термопреобразователь сопротивления оснащен пластмассовую головкой, длиной 250 мм, рисунок 2.8, со значением тепловой инерции: 10-30 с.

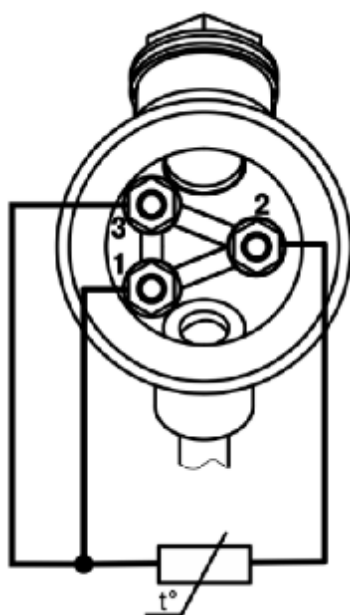


Рисунок 2.8 – Схема подключения к контактам коммутационной головки

2.3 Датчик давления Delta DPA01

Предназначен для контроля давления в системах пневматики на различных типах технологических линий, например, сборочной, упаковочной, производства электронных компонентов, и др., рисунок 2.9.

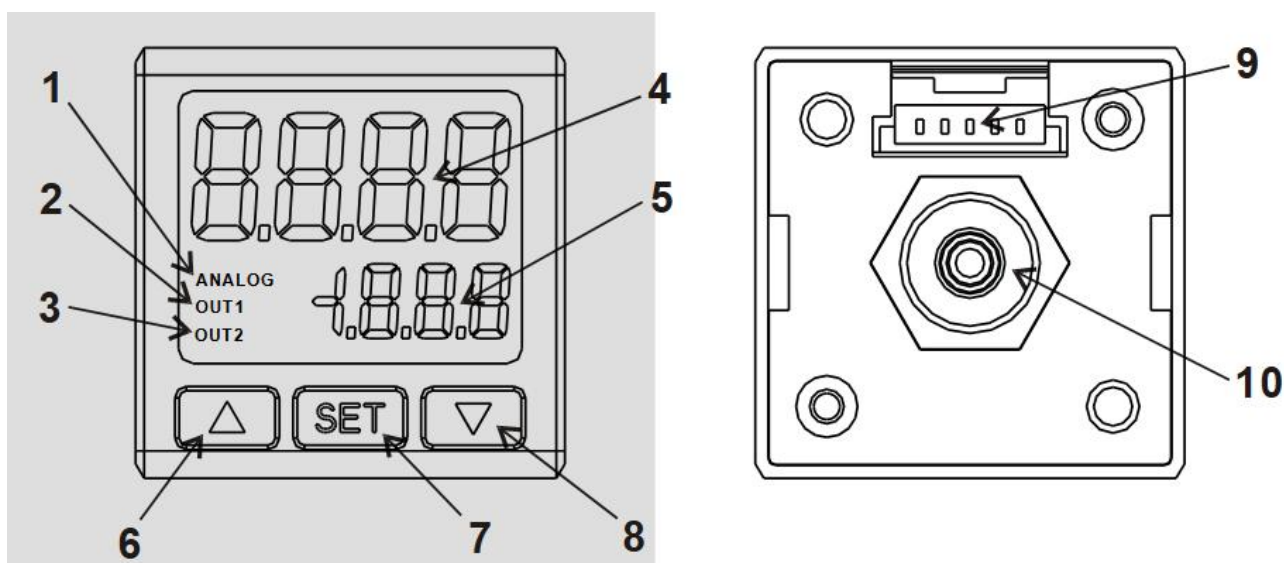


Рисунок 2.9 – Передняя и задняя панель прибора

1 – индикатор аналогового выхода; 2 – индикатор дискретного выхода 1; 3 – индикатор дискретного выхода 2; 4 – индикатор давления и параметров; 5 – индикатор уставок; 6 – клавиша «ВВЕРХ»; 7 – клавиша настройки «SET»; 8 – клавиша «ВНИЗ»; 9 – клеммы питания и вывода; 10 – соединительный штуцер

Характеристики датчика давления [4]:

- диапазон измерения: -100...100кПа;
- точность измерения $\pm 3 \%$ во всем диапазоне;
- напряжение питания =12...24 В, не изолированное;
- потребляемая мощность 40 мА (макс.);
- измеряемая среда газы, не вызывающие коррозию;
- режим энергосбережения;
- 3-х цветная цифровая индикация;
- различные единицы давления (6 типов);
- два транзисторных (PNP/NPN) и один аналоговый выход;
- быстрая установка нуля;
- функция копирования параметров;
- функция безопасного управления;
- установка времени отклика (от 2мс до 5сек);
- наружный диаметр штуцера 1/8 РТ, внутренний диаметр М5.

На стенде установлены три различных датчика давления Delta.

1. Измерение давления перед диафрагмой производится датчиком давления DeltaDPA01MP6W3030204:

- диапазон измерения: -100...100 кПа;
- тип выхода: NPN выход +1...5 В;
- тип штуцера: наружный диаметр 1/8 РТ, внутренний диаметр М5.

2. Измерение давления за диафрагмой производится датчиком давления DeltaDPA01MP6W3090025:

- диапазон измерения: -100...100 кПа;
- тип выхода: NPN выход +1...5 В;
- тип штуцера: наружный диаметр 1/8 РТ, внутренний диаметр М5.

3. Измерение давления воздуха в ресивере производится датчиком давления DeltaDPA10MP6W15050355:

- диапазон измерения: -100...1000 кПа;
- тип выхода: NPN выход +1...5 В;
- тип штуцера: наружный диаметр 1/8 РТ, внутренний диаметр М5.

Схема подключения перечисленных датчиков и назначение контактов показаны на рисунках 2.10 и 2.11.

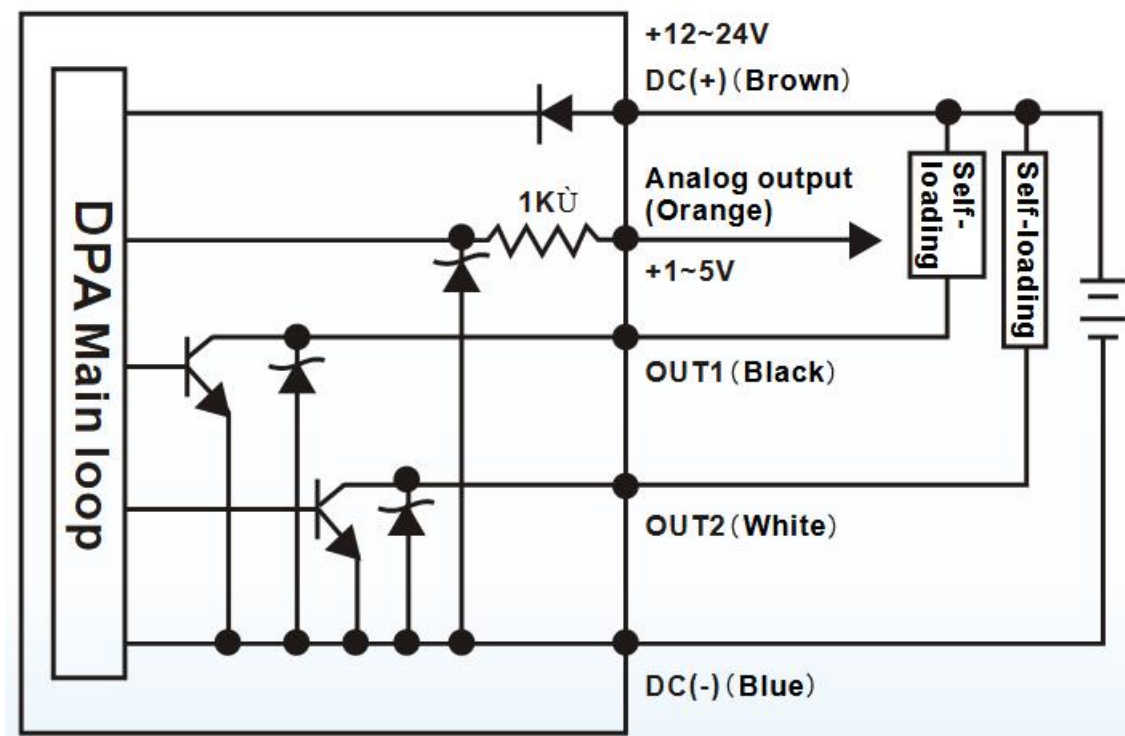


Рисунок 2.10 – Схема подключения датчиков с аналоговым выходом NPN (+1...5 В)

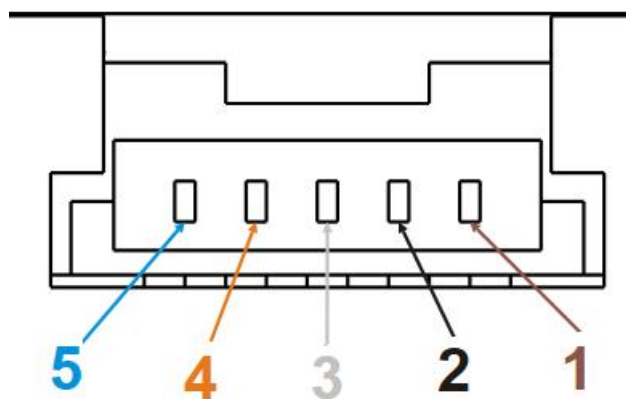


Рисунок 2.11 – Назначение контактов

1 - «+» питания (коричневый); 2 - OUT1 – дискретный выход 1 (черный); 3 - OUT2 – дискретный выход 2 (белый); 4 - Аналоговый выход (оранжевый); 5- «-» питания (синий)

2.4 Манометр с повышенным классом точности ТМ5

Манометр общетехнический 1 класса точности, тип ТМ5, диаметром 100

мм, с диапазоном измерения 0...0,1 МПа [5]. Установлен на стенде для измерения давления в ресивере, внешний вид и размеры показаны на рисунке 2.12.

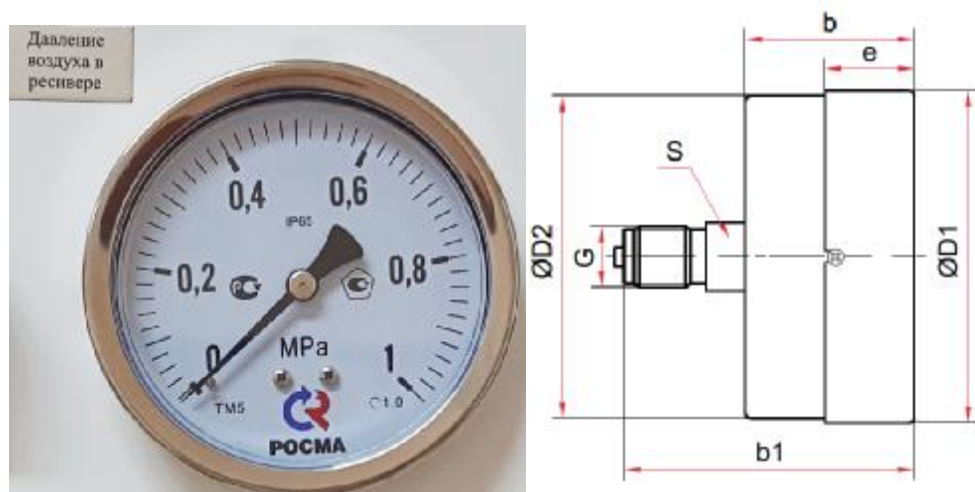


Рисунок 2.12 – Конструкция манометра ТМ5

Чувствительный элемент прибора трибно-секторный механизм, медный сплав. Межповерочный интервал 2 года.

2.5 Счётчик газа

На стенде установлен счетчик газа СГБМ–1,6 БЕТАР (счетчик газа бытовой малогабаритный), для измерения объема воздуха при проведении лабораторных работ [6], рисунок 2.13.

Основные технические характеристики:

- максимальный расход 1,60 м³/ч;
- класс защиты от проникновения пыли и воды IP54;
- класс точности 1,5.

Число равное пройденному объему воздуха через счетчик выводится на отсчетное устройство выполненное в виде жидкокристаллического индикатора. Порядок отсчета цифр следующий: цифры слева до точки показывают объем в кубических метрах, три цифры после точки показывают объем в десятых, сотых и тысячных долях кубического метра.



Рисунок 2.13 – Внешний вид счетчика газа СГБМ

2.6 Компрессор ВеА Тур К 160-6

Безмасляный компрессор со встроенным ресивером на 6 литров. Оборудован манометром, реле управления и регулятором давления, рисунок 2.14.



Рисунок 2.14 – Внешний вид компрессора

Основные характеристики:

- подача 160 литров/мин;
- рабочее давление 8 бар;
- шум 90 dB (A);
- частота вращения 1400 об/мин;
- потребляемая мощность 1,1 кВт;
- напряжение питания 220 В;
- вес 9 кг.

2.7 Ресивер

Ресивер AIRTANKVBAT10A1 – исполнение из углеродистой стали, рисунок 2.15.

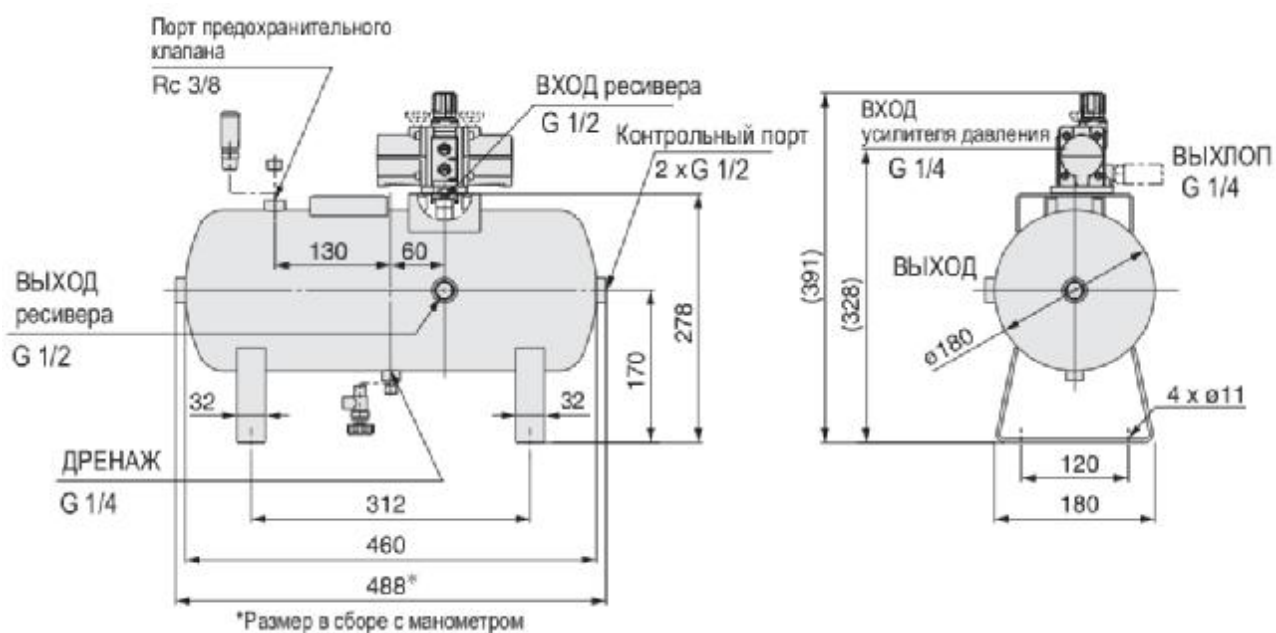


Рисунок 2.15 – Конструкция ресивера VBAT10AF-Q

Основные характеристики:

- объем резервуара 10 л;
- максимальное рабочее давление 2,0 МПа;
- присоединительные отверстия G1/2;
- вес 10 кг.

3 РУКОВОДСТВО ПО НАСТРОЙКЕ И ПОДКЛЮЧЕНИЮ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ L-CARD

3.1 Описание и работа

Преобразователь напряжения L-CARD, установленный на стенде, используется для сбора и преобразования аналоговых сигналов с измерителей-регуляторов, расходомеров и др. приборов. Осуществляет преобразование и передачу этих сигналов в ПК. Для этих целей применен внешний модуль АЦП/ЦАП типа L-CARDE14-141M [7].

Данный модуль предназначен для организации многоканальных измерительных систем ввода, вывода и преобразования аналоговой и цифровой информации. Имеет в своем составе 14 битный АЦП с частотой дискретизации 200 КГц, для подключения возможно использовать до 16 дифференциальных каналов или 32 с «общей землей». Наличием USB интерфейса позволяет подключать к любому ПК.

Выбор диапазонов измерения осуществляется программно. Синхронизация АЦП возможна по внешнему синхросигналу или по уровню входного сигнала. Есть режим межмодульной синхронизации [8].

Применение цифрового сигнального процессора и загрузка прикладных программ позволяют реализовывать различные функциональные алгоритмы и специализированные режимы работы модуля при низкоуровневом программировании.

Принцип действия

Принцип действия преобразователя основан на аналого-цифровом преобразовании входных сигналов по отношению к внутреннему источнику опорного напряжения. Измерение напряжения электрического тока производится на одном или нескольких измерительных входах (одноканальный или многоканальный режимы работы преобразователя, соответственно) с использованием встроенного коммутатора входных сигналов. Максимальное количество каналов – 16 или 32 в зависимости от схемы подключения. Работа преобразова-

теля осуществляется под управлением персонального компьютера, подключение к которому обеспечивается посредством интерфейса USB.

Конструкция преобразователя состоит из печатной платы с электронными компонентами, пластмассового корпуса и разъемами для подключения внешних электрических цепей, рисунок 3.1.



Рисунок 3.1 – Корпус преобразователя напряжения E14-140M

Программное обеспечение.

Программное обеспечение (ПО) состоит из встроенного ПО преобразователя и внешнего ПО, устанавливаемого на персональный компьютер. Встроенное ПО реализовано аппаратно и является метрологически значимым. Подробные метрологические характеристики преобразователя приводятся в [9, табл.4].

Внешнее ПО обеспечивает выполнение следующих функций:

- управление режимом работы преобразователя;
- вычисление напряжения постоянного электрического тока;
- вычисление напряжения переменного электрического тока;
- формирование значений выходных сигналов для воспроизведения напряжения постоянного или переменного электрического тока.

3.2 Аппаратные характеристики преобразователя напряжения

Входное сопротивление (по измерительным входам) в одноканальном режиме работы преобразователя составляет не менее 10 МОм. Устойчив к перегрузкам входным измерительным сигналом:

- напряжением постоянного тока ± 30 В при включенном питании;

- напряжением постоянного тока ± 10 В при выключенном питании.

Диапазон напряжений на цифровых входах:

- от минус 0,2 до плюс 0,6 В («логический ноль»);
- от плюс 2,4 до плюс 5,0 В («логическая единица»).

Обеспечивают прием и перечу цифровой информации по интерфейсу типа USB и сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, установленных техническими условиями, при питании напряжением постоянного тока ($5 \pm 0,25$) В посредством кабеля, входящего в комплект поставки. Потребляемая мощность не более 2,5 Вт. Остальные аппаратные и программные характеристики L-Card E14-140M представлены в [7].

3.3 Устройство L-Card E14-140M

На боковых панелях прибора расположены:

- разъем для подключения кабеля USB;
- светодиодный индикатор «GL», отображающий состояние связи по интерфейсу USB;
- разъем «ANALOG» типа DF37M служит для подключения измерительных входов АЦП и выходов ЦАП к внешним электрическим цепям;
- разъем «DIGITAL» типа DB37F предназначен для подключения цифровых линий;

Работа прибора описывается функциональная схемой приведенной на рисунке 3.2. Преобразователь напряжения E14-140M содержит следующие функциональные блоки:

- 1) AT91SAM7S – ARM-контроллер типа AT91SAM7S256, осуществляющий внутреннее управление E14-140 и поддерживающий интерфейс USB, а также отладочный интерфейс JTAG;
- 2) EEPROM – энергонезависимая память объемом 1Кбайт типа M95080;
- 3) Коммутатор – коммутатор аналоговых сигналов на основе мультиплексоров, предназначенный для коммутации сигналов с аналоговых входов, подключаемых к разъему ANALOG, на вход усилителя;
- 4) Усилитель – прецизионный операционный усилитель с входным кас-

кадом на полевых транзисторах. Усилитель имеет 4 дискретно заданных коэффициента усиления и управляется логикой ПЛИС;

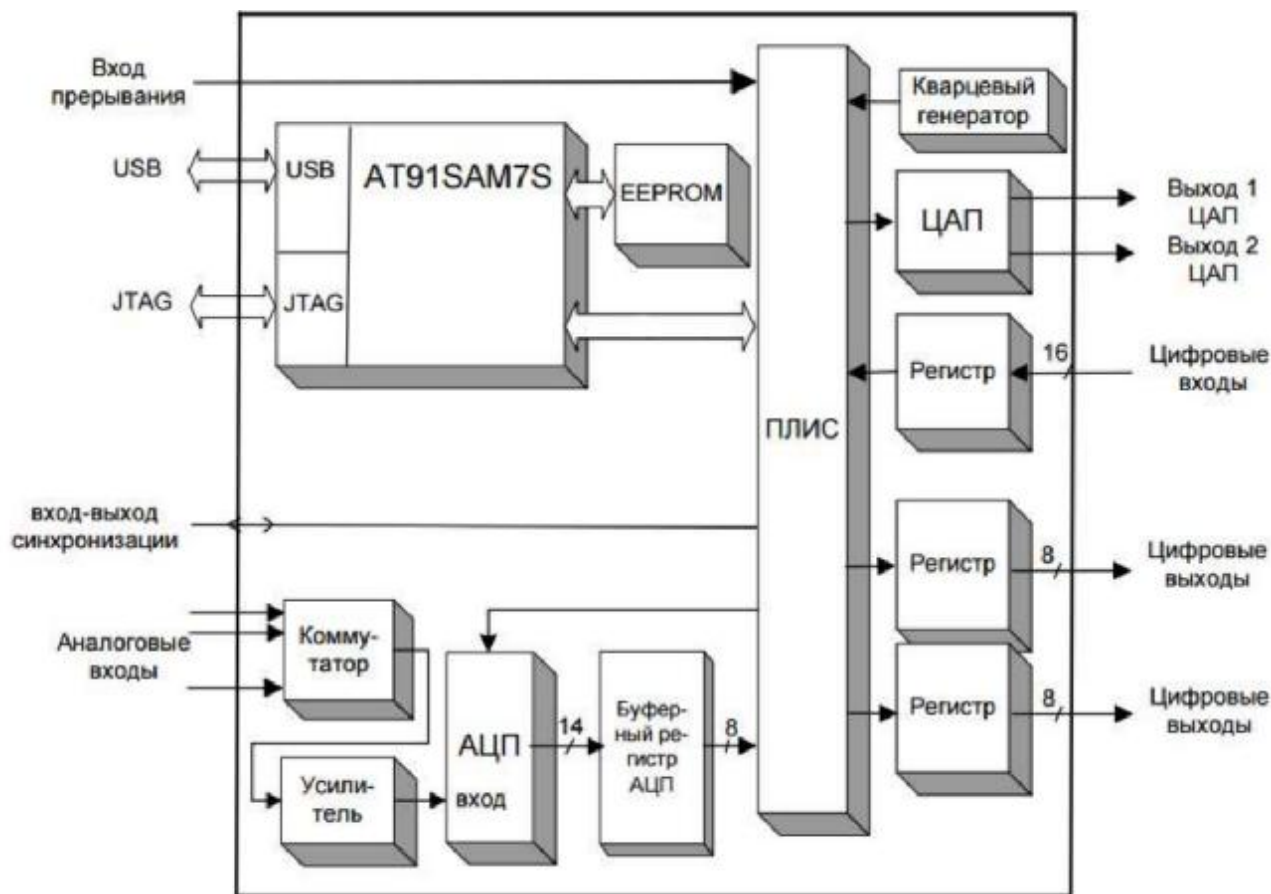


Рисунок 3.2 – Функциональная схема E14-140M

- 5) Буферный регистр АЦП – буфер, хранящий один 14-битный отсчет АЦП в формате 8+8 бит с расширенным знаком дополнительного кода;
- 6) ПЛИС – ПЛИС типа EPM570T100I5, формирующая из входных сигналов ARM-контроллера выходные управляющие сигналы для АЦП, ЦАП, входного и выходного цифровых регистров. Также ПЛИС осуществляет синхронизацию устройств преобразователя, подавая тактовый сигнал от кварцевого генератора и задавая делители частоты независимо для АЦП и ЦАП;
- 7) Кварцевый генератор – генератор тактовых сигналов для ARM-контроллера, ПЛИС, АЦП и ЦАП;
- 8) ЦАП – двухканальный ЦАП 16 бит;
- 9) Регистр цифровых входов – 16-разрядный регистр сдвига с параллельным входом. Регистр стробирует данные с цифровых входов на разъеме

DIGITAL и последовательно подает их на вход ПЛИС;

10) Регистр цифровых выходов – регистр, позволяющий синхронно управлять 16-ю выходными цифровыми линиями на разъеме DIGITAL.

Описание работы схемы

При подключении к компьютеру происходит подача напряжения питания +5В от шины USB и первичная инициализация устройств преобразователя. Аналоговый сигнал поступает с разъема ANALOG на вход коммутатора, который конфигурирует сигнальные линии в соответствии с программно заданным режимом коммутации – дифференциальным или с общей землей.

С выхода коммутатора сигнал поступает на входы управляемого усилителя с программно переключаемым коэффициентом усиления. Коэффициент усиления задается переключением цепей обратной связи двухканального операционного усилителя с помощью аналогового коммутатора, управляемого логикой ПЛИС. Всего доступно четыре коэффициента усиления, соответствующие четырем пределам измерений напряжений. С выходов двухканального усилителя сигнал поступает на вход АЦП, частота дискретизации которого задается ПЛИС.

Выходы АЦП буферизированы с помощью 16-разрядного буферного регистра, реализованного с помощью регистров сдвига с параллельной загрузкой данных. Сигналы на загрузку данных в регистр, синхронизации и сдвиг данных формируются внутренней логикой ПЛИС под управлением контроллера AVR. С последовательного выхода буферного регистра данные поступают в ПЛИС, где происходит расширение 14-разрядного результата преобразования до 16 разрядов за счет дополнения знаковыми разрядами. Далее отсчеты АЦП поступают из ПЛИС в контроллер AVR и передаются в ЭВМ по интерфейсу USB для последующей обработки.

3.4 Использование по назначению

Эксплуатационные ограничения. Схема включения преобразователя должна предусматривать исключение протекания в цепях AGND – GND, GND – корпус PC, AGND – GND – корпус PC сквозных токов, приводя-

щих к выходу преобразователя и связанного с ним оборудования из строя.

На измерительные входы преобразователя допускается подавать напряжение, значение которого не выше пределов измерения для используемой модификации.

При питании внешних аналоговых цепей от разъемов «ANALOG» и «DIGITAL» преобразователя необходимо соблюдать ограничения по нагрузке.

Подготовка к использованию и использование. Подготовку преобразователя к использованию заключается в 2-часовой выдержке преобразователя при температуре применения, если температура хранения отличалась от температуры применения, и подключении преобразователя к управляющей ПЭВМ, к аналоговым и цифровым измерительным цепям.

Подключение E14-140M. Прибор подключают к порту USB персонального компьютера посредством кабеля из комплекта поставки преобразователя. Наличие установленной интерфейсной связи с персональным компьютером индицируется свечением индикатора «GL», расположенного на корпусе преобразователя рядом с разъемом «USB».

Подключение измерительных входов АЦП и выходов ЦАП E14-140 к внешним электрическим цепям осуществляют посредством разъема «ANALOG» (тип DB-37M) в соответствии с обозначением и назначением контактов, указанными в [7, табл. 12].

Подключение цифровых входов и выходов к внешним электрическим цепям осуществляют посредством разъема «DIGITAL» (тип DB-37F) в соответствии с обозначением и назначением контактов в [7, табл. 13].

3.5 Первоначальная настройка преобразователя

3.5.1 Минимальные системные требования.

Для работы необходимого программного обеспечения потребуется [10]:

- 32-разрядный (x86) или 64-разрядный (x64) процессор с тактовой частотой 1 ГГц или выше;
- 265 МБ ОЗУ;
- 70 МБ свободного места на жестком диске;

– ОС Windows не ниже версии XP (на некоторых компьютерах возможна работа программ в операционной системе Windows 2000);

– Графическое устройство DirectX 9 с драйвером WDDM 1.0 или более поздней версии.

Дополнительные требования для использования некоторых функций:

– Доступ в Интернет;

– Оптимальное разрешение дисплея – не ниже 1280x1024;

– Для записи результатов на USB-flash или DVD и компакт-диски требуется порт USB или совместимый оптический дисковод;

При первом использовании модуля E14-140M перед началом работы необходимо установить следующие программные продукты:

– драйверы и библиотеки Lusbari

<http://www.lcard.ru/download/lusbari34.exe>;

– драйвера и библиотеки LComp <http://www.lcard.ru/download/lcomp.exe>;

– регистратор-самописец LGraph2

<http://www.lcard.ru/download/lgraph2.zip>.

Для обеспечения полной функциональной поддержки модуля E14-140-M настоятельно рекомендуем установить драйверы и библиотеки LComp. В этом случае процедуру установки Lusbari можно пропустить.

3.5.2 Установка драйвера и библиотеки Lusbari

Для установки минимально необходимых драйверов и библиотек под ОС Windows, необходимо скачать и запустить установщик Lusbari <http://www.lcard.ru/download/lusbari34.exe>.

Нажать кнопку «Извлечь» для продолжения. По завершении распаковки установщик закроется автоматически

Для корректной работы системы с драйверами и библиотеками Lusbari дополнительно потребуется:

1. Скопировать бинарный файл библиотеки \DLL\Bin\Lusbari.dll в директорию \Windows\system32 - вручную либо воспользовавшись готовым командным файлом \DLL\CopyLusbari.bat в режиме «Запуск от имени администрато-

ра».

2. Если при подключении к USB модуль E14-140-M отображается в «Диспетчере устройств» некорректно, необходимо вручную указать расположение установленных драйверов. Нажмите правой кнопкой мыши на наименовании устройства и выберите «Обновить драйверы»

В открывшемся окне выберите «Выполнить поиск драйверов на этом компьютере», укажите расположение каталога с установленными драйверами и библиотекой Lusbari, воспользовавшись кнопкой «Обзор».

Нажмите «Далее» для продолжения. Система выполнит установку необходимых драйверов, после чего модуль E14-140-M должен корректно отображаться в «Диспетчере устройств».

3.5.3 Установка драйвера и библиотеки LComp

Для установки необходимых драйверов и библиотек под ОС Windows, необходимо скачать и запустить установщик LComp <http://www.lcard.ru/download/lcomp.exe>.

Подтвердите разрядность системы нажатием «ОК». В открывшемся окне мастера установки нажмите «Далее» для продолжения.

Ознакомьтесь с лицензионным соглашением и нажмите «Принимаю» для продолжения.

Выберите компоненты пакета, необходимые к установке (минимально - L-Card SDK). Нажмите «Далее» для продолжения.

Выберите каталог на диске, в который Вы хотите установить программу (по нажатию кнопки «Обзор»), или оставьте адрес, указанный по умолчанию. Подтвердите установку продукта нажатием кнопки «Установить»

В процессе установки Вам будет предложено запустить Мастер установки драйверов устройств. Для продолжения нажмите «Далее».

В случае появления предупреждения системы безопасности Windows подтвердите установку нажатием кнопки «Установить» (флаг «Всегда доверять программному обеспечению L Card Ltd.» оставьте включенным).

По завершении установки драйверов нажмите «Готово».

3.5.4 Установка регистратора LGraph2

Для регистрации и визуализации данных в системе Windows необходимо скачать и запустить установщик программы LGraph2 <http://www.lcard.ru/download/lgraph2.zip>.

Выберите каталог на диске, в который Вы хотите установить программу (по нажатию кнопки «Browse»), или оставьте адрес, указанный по умолчанию. Нажмите «Next» для продолжения.

Подтвердите установку продукта нажатием кнопки «Next». При необходимости сохранить лог установки нажмите «Save File» и выберите место назначения лога.

По завершении установки нажмите «Finish».

Система предложит выполнить перезагрузку. Перезагрузите компьютер после установки программы нажатием кнопки «Restart».

3.5.5 Процедура подключения модуля E14-140-M

Подключите модуль E14-140-M к USB. Светодиодный индикатор дважды мигнет красным светом.

Если драйвера модуля установлены корректно, светодиодный индикатор будет непрерывно гореть красным светом. В противном случае индикатор погаснет. В процессе сбора данных светодиодный индикатор будет мигать красным светом. После подключения устройства система может отобразить окно настройки оборудования, которое автоматически закроется через несколько секунд.

3.5.6 Конфигурация ПО LGraph2

Запустите программу LGraph2 (путь по умолчанию: \Program Files (x86)\LGraph\lgraph2.exe), выберите пункт меню Параметры АЦП > Настройка оборудования и убедитесь, что модуль E14-140-M присутствует в перечне подключенного оборудования. В противном случае нажмите кнопку «Обновить список».

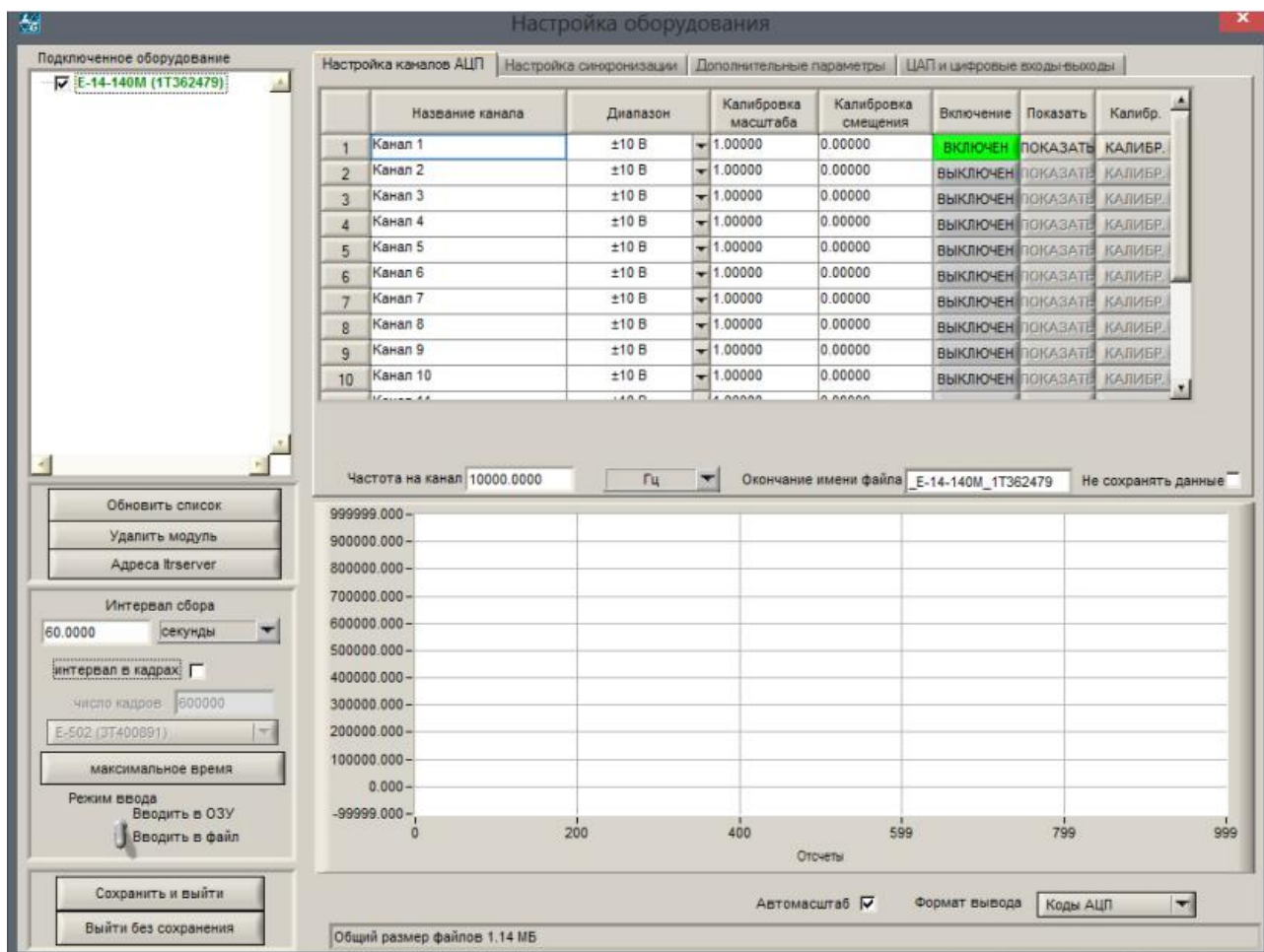


Рисунок 3.3 – Конфигурация ПО LGraph2

Для продолжения нажмите «Сохранить и выйти».

Для регистрации сигналов датчиков подключите их к 37-контактному аналоговому разъему E14-140-M. Цифровой источник данных подключается с противоположной стороны корпуса. В окне «Настройка оборудования» включите нужные каналы измерения и нажмите «Сохранить и выйти». Для отображения сигналов датчиков используйте режим «Просмотр» (включается нажатием одноименной кнопки на нижней панели управления LGraph2).

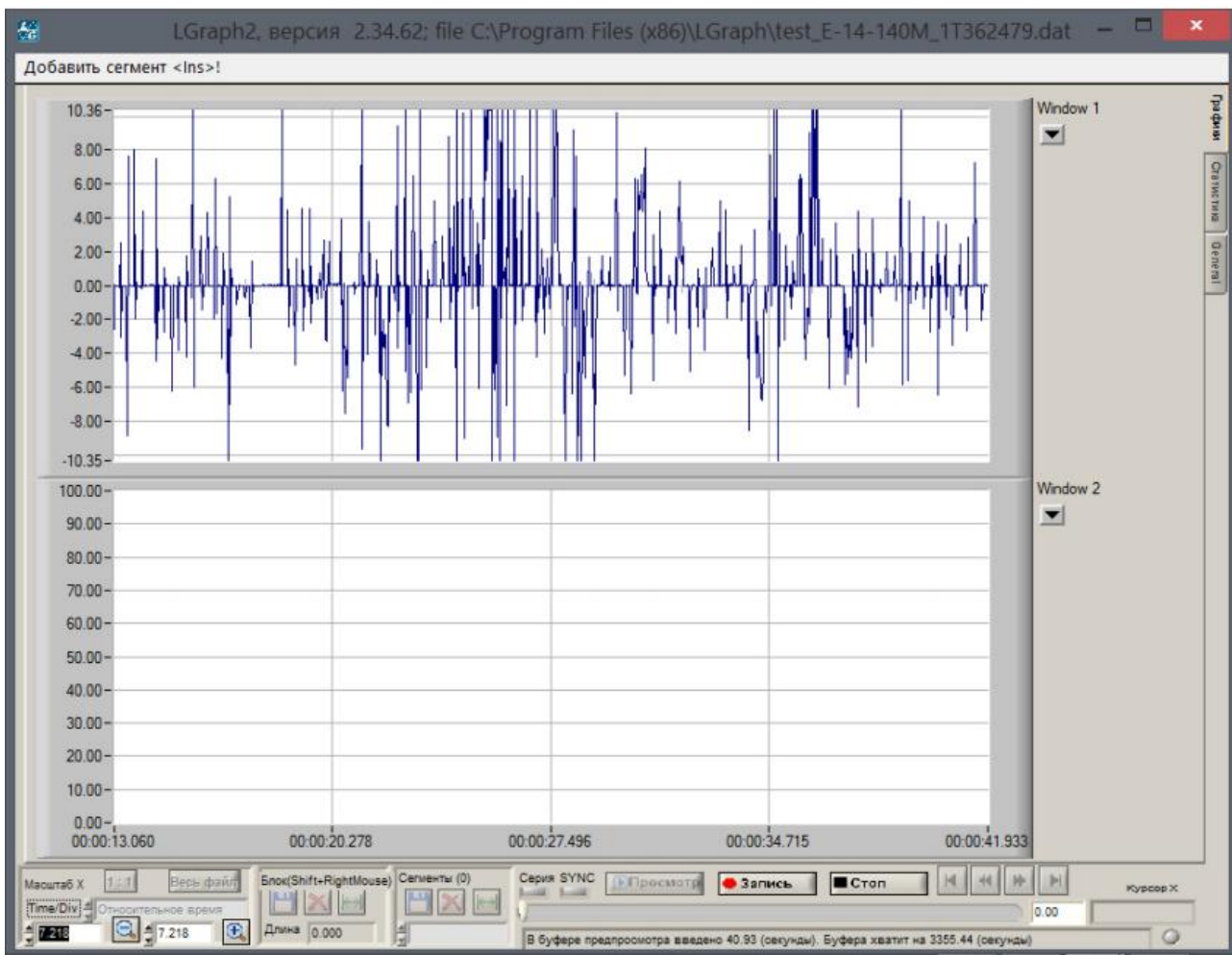


Рисунок 3.4 – Отображение данных

4 ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ

Программное обеспечение (ПО) «Программа измерений» используется для проведения автоматизированных измерений на стенде ИПДРТ-01 «Измерительные приборы давления, расхода, температуры». Программное обеспечение устанавливается обычным копированием файлов: ИПДРТ_измерения.exe, Lusbapi.dll, koef.dat (тарировочные коэффициенты датчиков) в нужный каталог. Перед установкой программы необходимо установить драйвер для платы L-CARDE14-141M.

После запуска программы появляется главное окно, показанное на рисунке 4.1, в верхней строке которого расположено основное меню выбора вида измерения для проведения опытов с приборами гидравлической и пневматической частями стенда.



Рисунок 4.1 – Стартовое окно

4.1 Измерение «Температура»

Данный пункт меню предназначен для опытов связанных с измерением температуры, после вызова которого появляется окно, показанное на рисунке 4.2. По данным измерений строится зависимость температуры воды от времени.

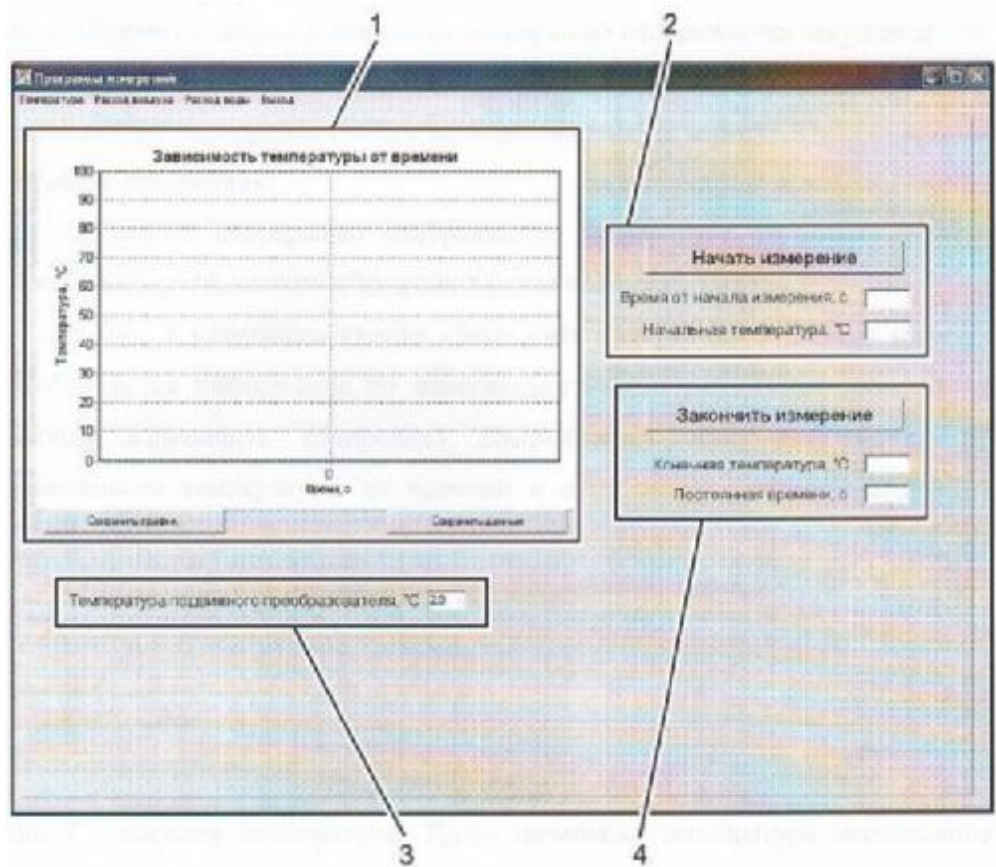


Рисунок 4.2 – Рабочее окно «Температура»

В данном окне реализован расчет переходного процесса (ПХ) и параметров:

– t_c – постоянной времени переходного процесса;

$T_{\text{кон}}$ – конечной температуры переходного процесса,

по формуле (для ПХ имеющего экспоненциальный вид):

$$T = T_{\text{кон}} + (T_{\text{нач}} - T_{\text{кон}})e^{-\frac{t}{t_c}}; \quad (4.1)$$

где T – текущая температура;

$T_{\text{нач}}$ – начальная температура переходного процесса.

4.2 Измерение «Расход воздуха»

При выборе данного пункта меню появляется окно, для проведения опытов связанных с измерением расхода воздуха, показанное на **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

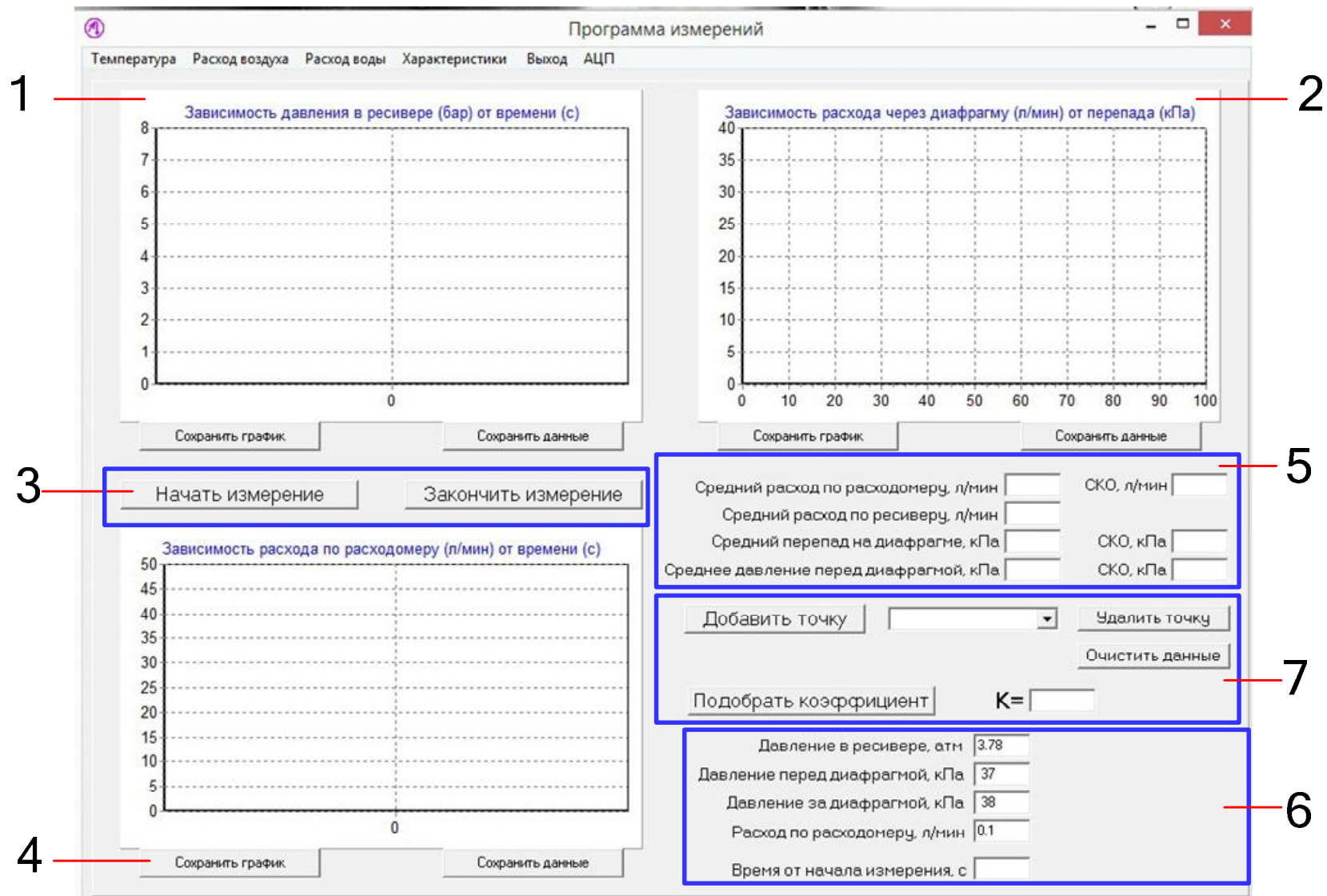


Рисунок 4.3 – Оконный интерфейс «Расход воздуха»

Области 1, 2, 4 предназначены для графического отображения измеряемых величин. Под ними размещены кнопки, для сохранения графической информации в виде рисунка, или данных в текстовый файл, по которым был построен график. Во время проведения измерений невозможно сохранение данных!

В области 3 расположены кнопки «Начать измерения» для запуска и «Закончить измерение» остановки измерения. При нажатии кнопки «Начать измерение» производится сбор данных: значения давления и температуры в ресивере, давлений на входе и выходе из измерительной диафрагмы, расхода воздуха и длительности проведения измерения. Зависимость давления в ресивере от времени выводится в области 1. В области выводится график изменения расхода. Периодичность сохранения точек составляет 10 раз в секунду, наибольшее время сбора данных - 15 мин.

Для прекращения сбора данных необходимо нажать «Закончить измерение», после чего производится математическая обработка данных, результаты которой отображаются в области 5.

Область 7 предназначена тарировки измерительных диафрагм, подбора коэффициента и добавления/удаления точек.

4.3 Измерение «Расход воды»

Данный пункт меню предназначен для опытов связанных с измерением расхода, после вызова которого появляется окно, показанное на рисунке 4.4. По данным измерений строится зависимость расхода воды через диафрагму от перепада давления.

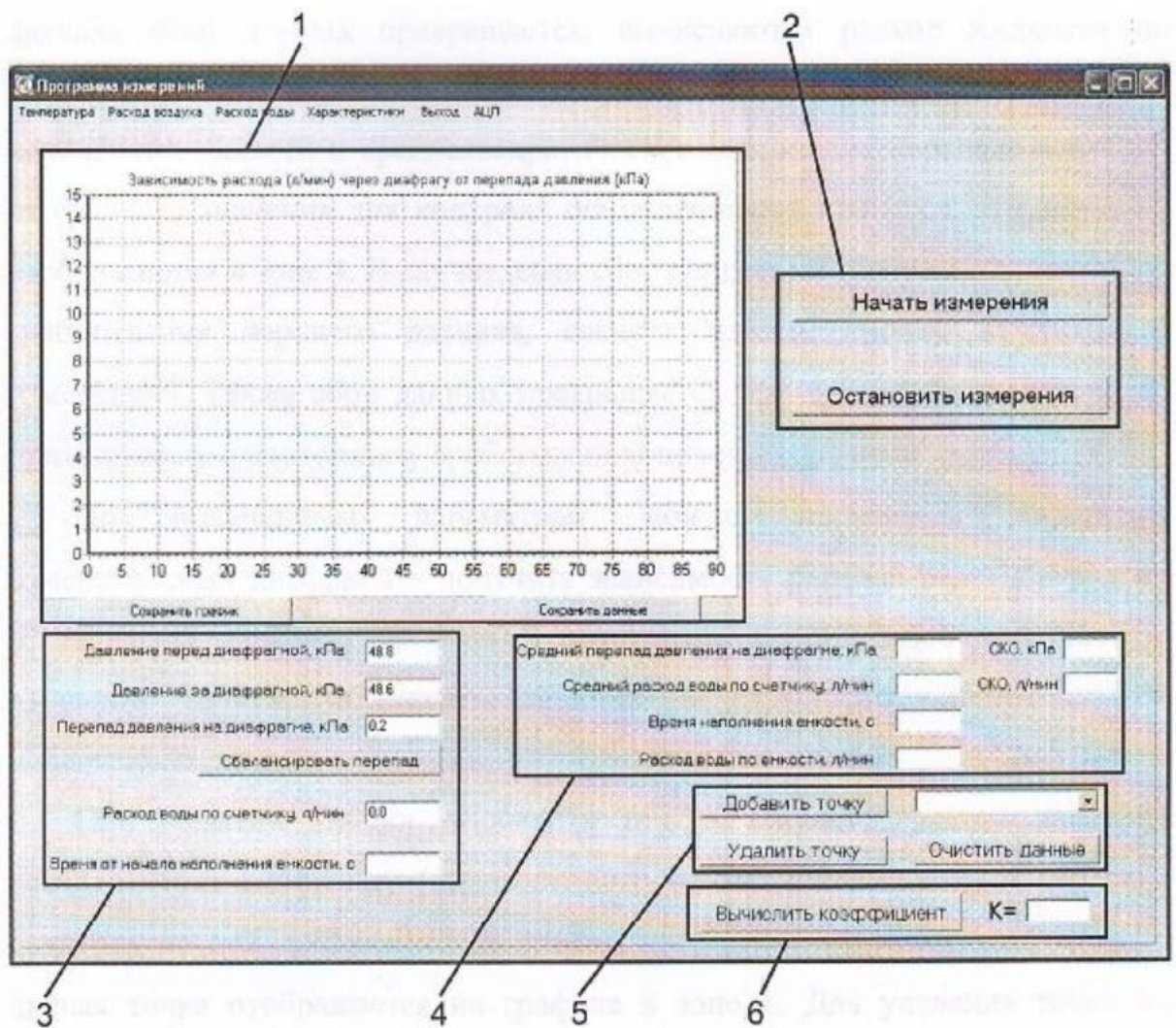


Рисунок 4.4 – Оконный интерфейс «Расход воды»

4.4 Измерение «Характеристики» – «Насоса»

Данный пункт меню предназначен для опытов связанных с измерением характеристик водяного насоса, после вызова которого появляется окно, представленное на рисунке 4.5. По данным измерений строится зависимость давления на выходе насоса от расхода.

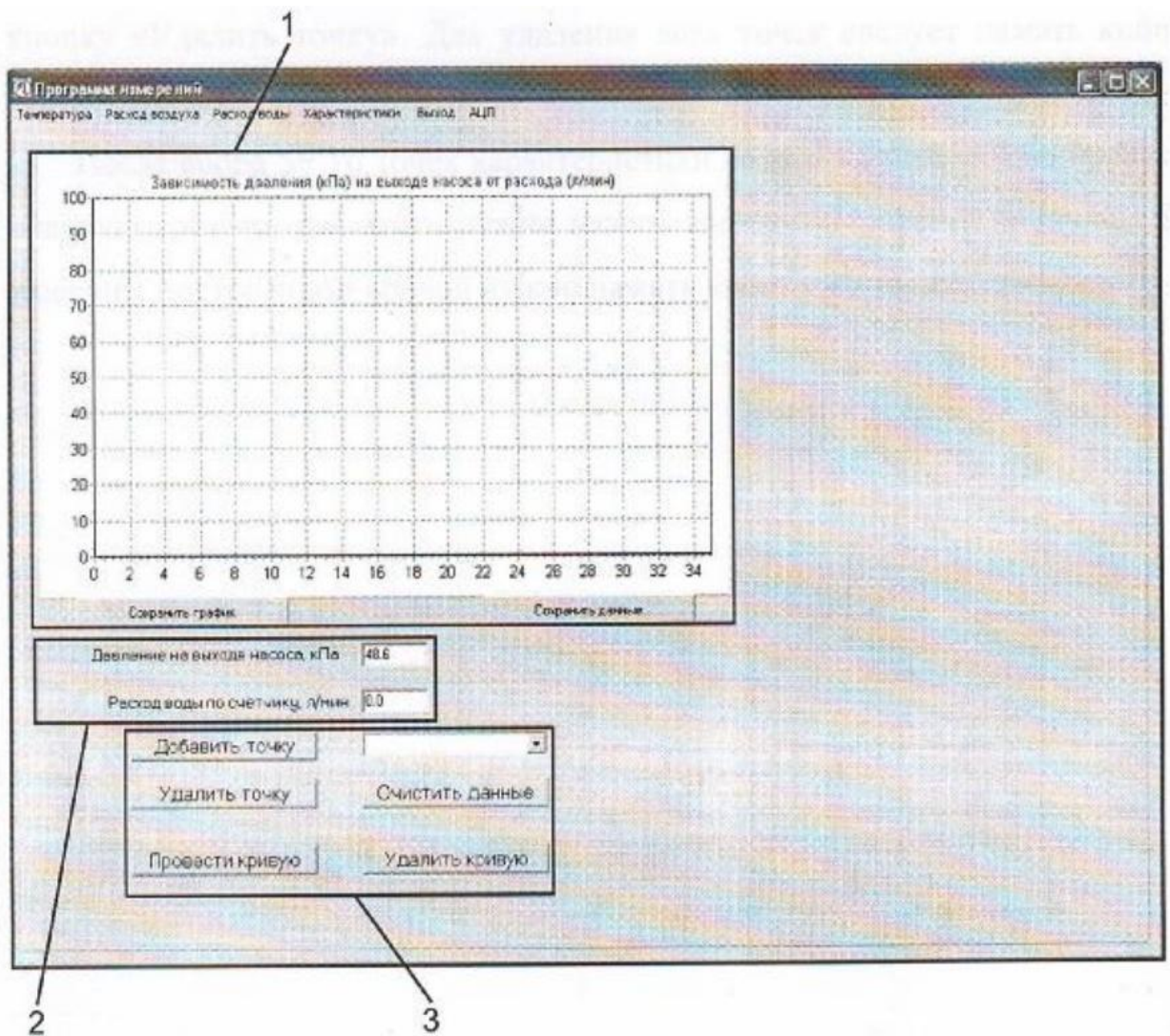


Рисунок 4.5 – Оконный интерфейс «Характеристика насоса»

4.5 Пункт меню «Характеристики» – «Компрессора»

Данный пункт меню предназначен для опытов связанных с изучением характеристик воздушного компрессора, графическое окно данного пункта показанное на рисунке 4.6. В данном пункте строится зависимость давления в ресивере от времени и зависимость расхода воздуха подаваемого компрессором, от давления.

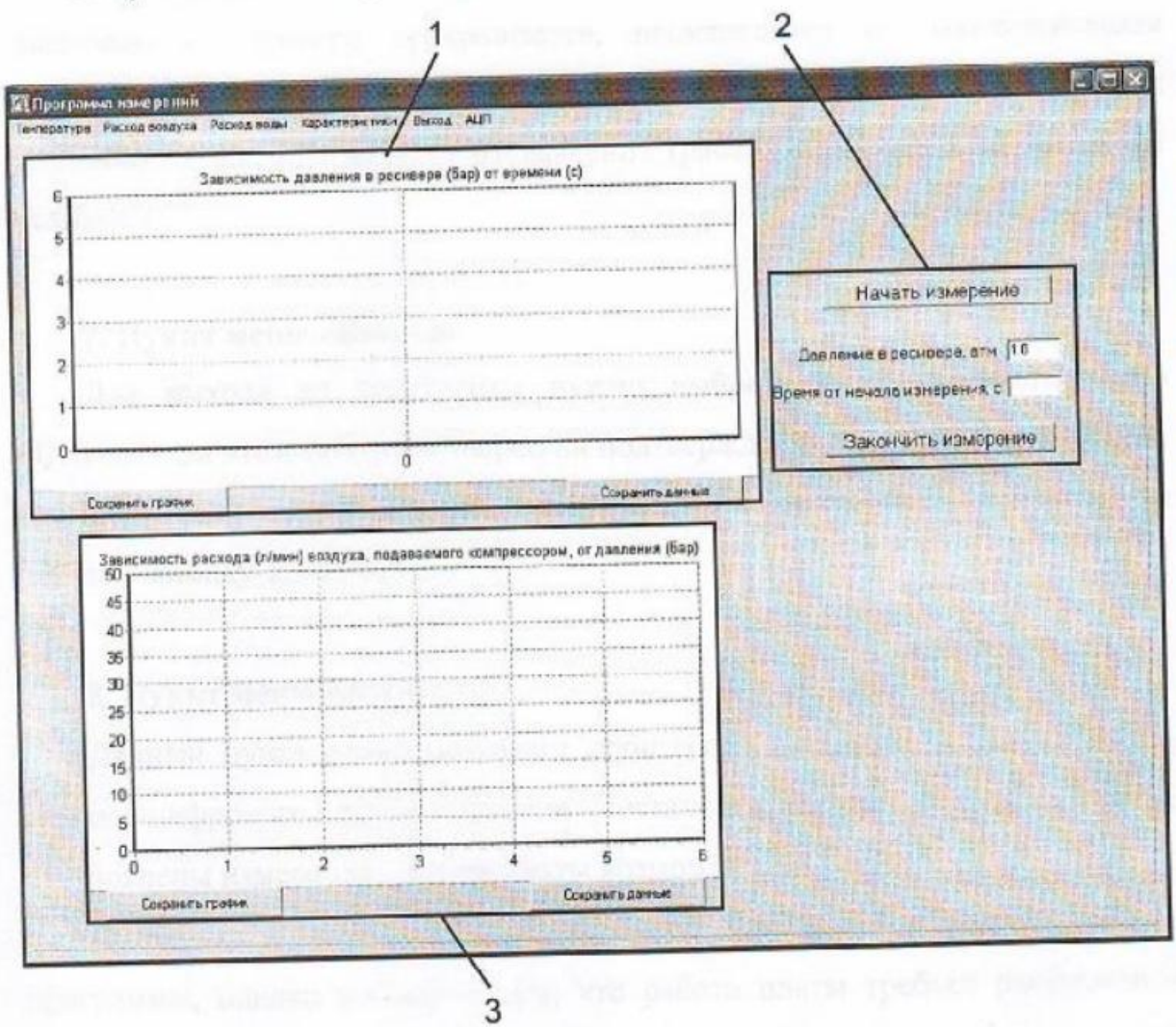


Рисунок 4.6 – Оконный интерфейс «Характеристика компрессора»

5 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА СТЕНДЕ

Стенд позволяет проводить лабораторные работы непосредственно с использованием приборов давления, расхода и температуры, снимая показания вручную, или с помощью «Программы измерений».

5.1 Измерители давления

Цель работы: изучение принципов работы, устройства, определение относительной погрешности измерения пьезорезистивного датчика давления,

Принцип действия

Пьезорезистивный принцип измерения давления основан на изменении удельного сопротивления вещества при деформации. В пьезорезистивных датчиках давления используются монокристаллические кремниевые сенсоры с диффузионными пьезорезисторами. Упругим элементом в которых служит кремниевая мембрана.

Устройство пьезорезистивного сенсора, показано на рисунке 5.1.

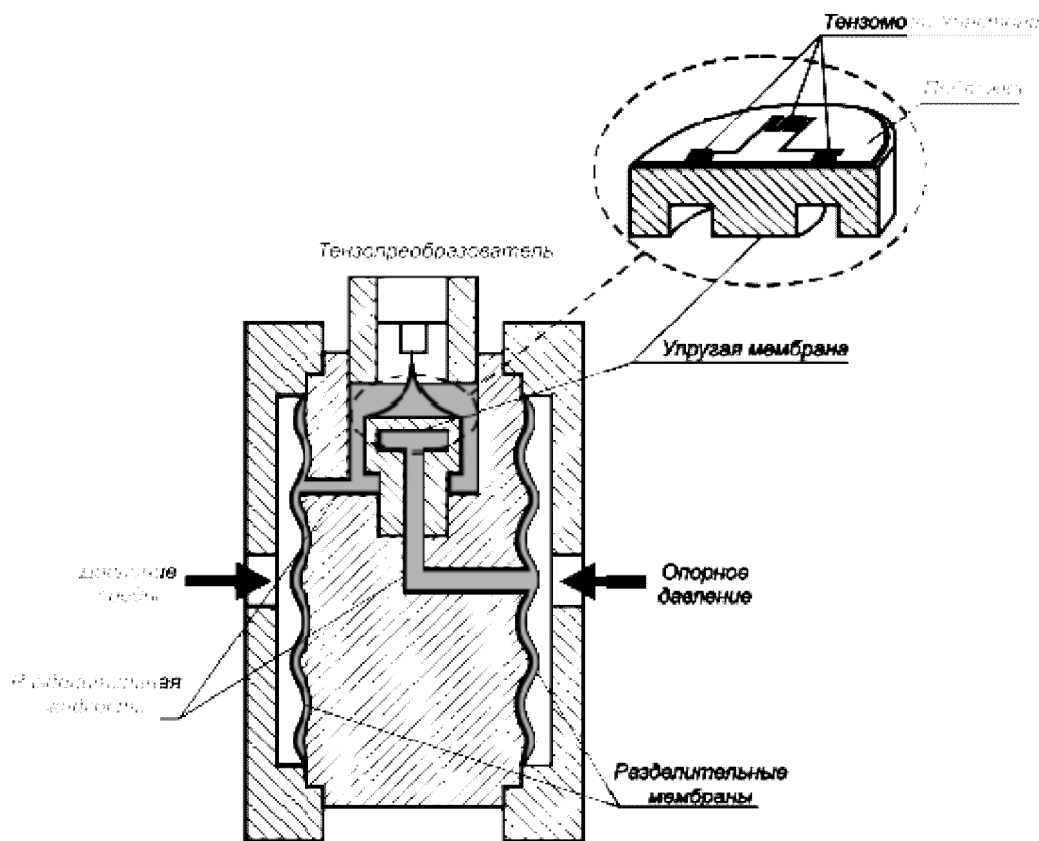


Рисунок 5.1 – Устройство пьезорезистивного сенсора

Пьезорезистивный сенсор, содержит закрепленную на стеклянном основании упругую мембрану, на которой имеется мост Уитстона. Деформация мембраны преобразуется в электрический сигнал.

Функциональная схема датчика давления с аналоговым и цифровым сигналом сенсора показана на рисунке 5.2.

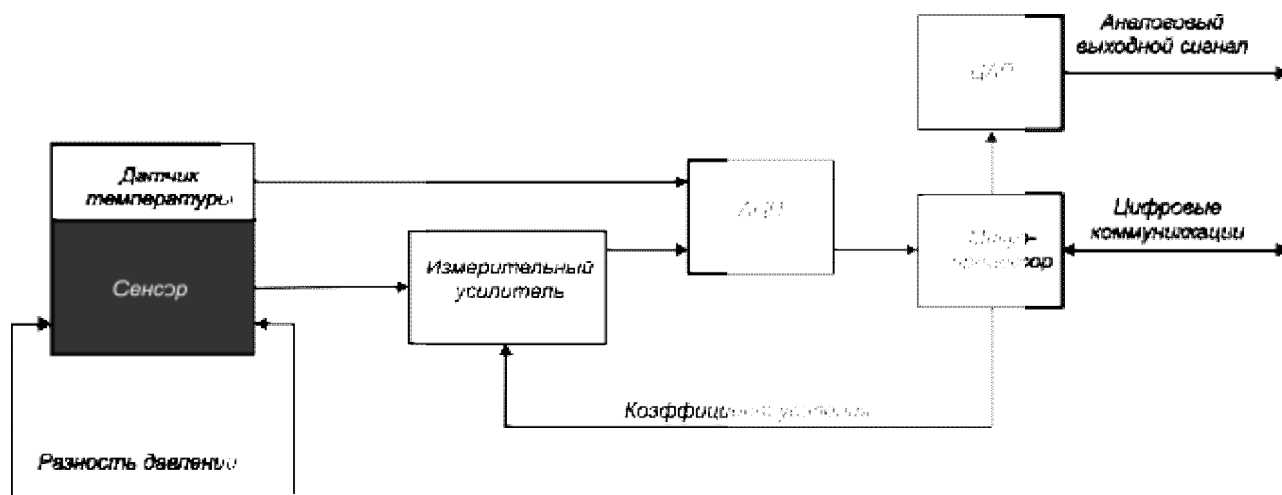


Рисунок 5.2 – Функциональная схема датчика давления пьезорезистивного типа

Используемые приборы

ВН12 и ВН13 – краны отвода воздуха от диафрагм в коллекторе 15.

ВН14 и ВН 15 краны отбора давления воздуха после измерительных диафрагм в коллекторе 45.

ДД4 – датчик давления перед диафрагмой.

ДД5 – датчик давления за диафрагмой.

КР2 – редукционный клапан регулирования давления воздуха из ресивера.

Проведение эксперимента

Изучение пьезорезистивных датчиков давления осуществляется в пневматической части стенда.

Алгоритм проведения эксперимента.

1. Вращая ручку в сторону стрелки со знаком "—" до упора, установить необходимое давление на выходе редукционного клапана КР2,
2. Закрыть кран ВН14 и ВН15, рисунок 5.3.
3. Открыть кран ВН12 и ВН13.



Рисунок 5.3 – Блок диафрагм краны ВН12-15

4. Включить компрессор выключателем «Подача воздуха в ресивер», на пульте управления.
5. Послеавтоматического отключения компрессора записать показания датчиков давления ДД4 (перед диафрагмой) и ДД5 (за диафрагмой) в таблице 5.1.
6. Вращая ручку в сторону стрелки со знаком "+", редукционного клапана КР2, добиться показаний ДД4 и ДД5 в пределах 10-15 кПа и занести показани-

ния датчиков давления ДД4, ДД5 в таблице 5.1.

7. Повторить пункт бнесколько раз (допустим повышая каждый раз давление на 10-15 кПа) до достижения давления 90–95 кПа по датчикам ДД4 и ДД5.

8. Рассчитать среднее значение давления по данным двух измерителей давления, абсолютную и относительную погрешность измерений [13].

Абсолютная погрешность – это разница между измеренной датчиком величиной $X_{\text{изм}}$ и действительным значением $X_{\text{д}}$ этой величины:

$$\Delta = X_{\text{изм}} - X_{\text{д}}. \quad (5.1)$$

В качестве действительного значения давления берем среднее значение измеренного давления по двум измерителям ДД4 и ДД5:

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{ДД4}} + P_{\text{ДД5}}}{2}, \quad (5.2)$$

абсолютную погрешность измерения находим по формулам:

$$\Delta P_{\text{ДД4}} = |P_{\text{ср}} - P_{\text{ДД4}}|, \quad (5.3)$$

$$\Delta P_{\text{ДД5}} = |P_{\text{ср}} - P_{\text{ДД5}}|. \quad (5.4)$$

Относительная погрешность измерения δ находится как отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины:

$$d = \frac{\Delta}{X_{\text{д}}} \cdot 100\%. \quad (5.5)$$

Относительную погрешность измерения давления датчиков ДД4 и ДД5 находим по формулам:

$$dP_{\text{ДД4}} = \frac{\Delta P_{\text{ДД4}}}{X_{\text{ср}}} \cdot 100\%; \quad (5.6)$$

$$dP_{\text{ДД5}} = \frac{\Delta P_{\text{ДД5}}}{X_{\text{ср}}} \cdot 100\% . \quad (5.7)$$

Результаты сводятся в таблицу 5.1.

9. Сравнить рассчитанные погрешности с классом точности измерителя.

Для сравнения погрешностей с классом точности прибора необходимо рассчитать его наибольшую абсолютную погрешность ΔX_{max} , по формуле:

$$\Delta X_{\text{max}} = \frac{k \cdot X_{\text{max}}}{100\%}, \quad (5.8)$$

где k – класс точности прибора;

X_{max} – предельное значение измеряемой величины, т.е. наибольшее ее значение, которое можно измерить по шкале прибора.

11. Сделать вывод об оптимальном диапазоне измерения давления для данных измерителей давления.

Таблица 5.1 – Результаты измерения давления воздуха

| № | $P_{\text{ДД4}}$, кПа | $P_{\text{ДД5}}$, кПа | $P_{\text{ср}}$, кПа | $\Delta P_{\text{ДД4}}$, кПа | $\Delta P_{\text{ДД5}}$, кПа | $\delta P_{\text{ДД4}}$, % | $\delta P_{\text{ДД5}}$, % |
|---|---------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 19,1 | 19,8 | 19,5 | 0,4 | 0,3 | 1,80 | 1,80 |
| 2 | 25,3 | 26 | 25,7 | 0,3 | 0,4 | 1,36 | 1,36 |
| 3 | 30,8 | 31,3 | 31,1 | 0,3 | 0,3 | 0,81 | 0,81 |
| 4 | 44,8 | 45,7 | 45,3 | 0,5 | 0,5 | 0,99 | 0,99 |
| 5 | 54,4 | 55,3 | 54,9 | 0,4 | 0,5 | 0,82 | 0,82 |
| 6 | 63,4 | 64,4 | 63,9 | 0,5 | 0,5 | 0,78 | 0,78 |
| 7 | 74,5 | 75,5 | 75,0 | 0,5 | 0,5 | 0,67 | 0,67 |
| 8 | 81,7 | 82,6 | 82,2 | 0,5 | 0,4 | 0,55 | 0,55 |
| 9 | 94,1 | 95,2 | 94,7 | 0,6 | 0,5 | 0,58 | 0,58 |

5.2 Измерения давления газа

Цель работы: Изучение способа измерения давления газас помощью дифференциального манометра, построенного на базе пьезометров.

Принцип действия

Работа дифференциального манометра основана на основном уравнении гидростатики, рисунок 5.4.

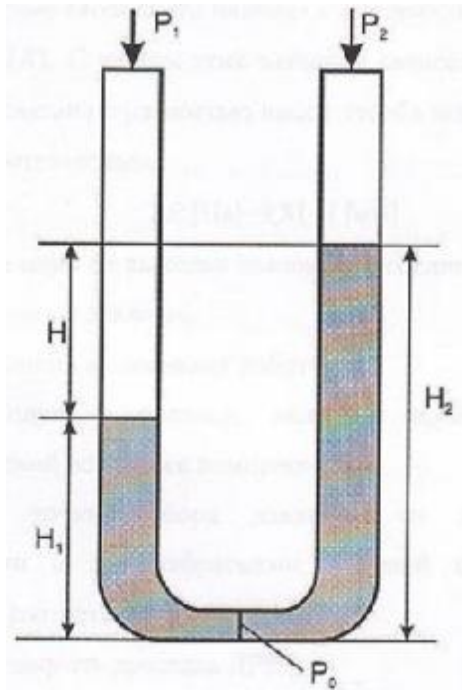


Рисунок 5.4 – Дифференциальный манометр

В соответствии с основным уравнением гидростатики получаем систему уравнений для правой и левой трубки пьезометра:

$$\begin{aligned} P_0 &= P_1 + r \cdot g \cdot H_1 \\ P_0 &= P_2 + r \cdot g \cdot H_2 \end{aligned} \quad (5.9)$$

где r – плотность жидкости в пьезометре;

g – ускорение свободного падения.

Вычитая одно уравнение из другого, получаем:

$$P_1 - P_2 = r \cdot g \cdot (H_2 - H_1). \quad (5.10)$$

Таким образом, зная плотность жидкости, которой заправлен пьезометр, величину ускорения свободного падения, разность давлений определяется разностью высот жидкостных столбов.

Подготовка эксперимента

Для заправки манометра используется вода, плотность которой

составляет $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения принимаем равным $g=9,81 \text{ м/с}^2$, тогда разность давлений воздуха (кПа), связана с разностью высот столба жидкости (мм), следующим соотношением:

$$\Delta P_1[\text{Па}] = 9,81 \cdot H[\text{мм}]. \quad (5.11)$$

Пьезометр, один из выходов которого соединен с атмосферой измеряет относительное давление.

Порядок выполнения эксперимента

1. Подать воздух в ресивер, включив компрессор, дождаться автоматической остановки компрессора.
2. Соединить точки отбора давления из коллекторов перед диафрагмами и за диафрагмами с левой и правой трубками пьезометра соответственно.
3. Полностью закрыть дроссель ДР5.
4. Открыть краны ВН12, ВН14. Закрыть ВН13, ВН 15.
5. Настроить редукционным клапаном КР2 давление в коллекторе перед диафрагмами на величину давления 25-30 кПа, давление контролировать по датчику ДД4.
6. Убедиться, что разности высот столбов жидкости в пьезометре нет.
7. **Плавно** открыть дроссель ДР5 до возникновения разности столбов жидкости 40-60 мм.
8. Записать показания ДД4, ДД5 и разность высот столбов жидкости в пьезометре в
Таблица 5.2.
9. Открыть дроссель до увеличения разности столбов жидкости на 40-60 мм.
10. Повторить пункты 8, 9 для измерения в 10... 12 точках по разности давлений.
11. Закрыть дроссель ДР5.
12. Сбросить давление клапаном КР2.
13. Вычислить разность показаний ДД4 и ДД5, а также ΔP по разности

столбов жидкости, сравнить полученные величины.

14. Сделать выводы.

Внимание! Не превышайте давление настройки редакционного клапана в 40 кПа, поскольку это может привести к разрушению трубок пьезометра.

Регулировку дросселя ДР5 необходимо осуществлять плавно, чтобы разность давлений по датчикам ДД4 в ДД5 не превышала 9 кПа. В противном случае может произойти попадание воды из пьезометрических трубок в датчики давления воздуха.

Таблица 5.2 – Результаты измерения давления воздуха

| № | ДД4, кПа | ДД5, кПа | $\Delta P_{\text{ДД}}$, кПа | H_1 , мм | H_2 , мм | $\Delta P_{\text{пьез}}$, кПа | Δz , кПа | δ , % |
|---|-------------|-------------|---------------------------------|------------|------------|-----------------------------------|------------------|--------------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

5.1 Измерение расхода газа по методу отсеченного объема

Цель работы: освоение способа измерения расхода газа по методу замера падения давления в отсеченном объеме.

5.1.1 Общие сведения о методе отсеченного объема

Расход определяется количеством жидкости или газа, проходящим через сечение трубы в единицу времени. Объемный расход Q , это количество вещества проходящего через сечение, измеряется в объемных единицах. Массовый расход M , измеряется в единицах массы.

Способ измерения расхода по падению давления в отсеченном объеме основан на газовых законах, а именно на уравнении Менделеева – Клайперона.

$$P \cdot V = M \cdot R \cdot T, \quad (5.12)$$

где P – давление газа;

V – объем занимаемый газом;

M – масса газа;

T – температура газа.

Принцип измерения приведен на рисунке 5.5. При постоянном объеме изменение массы газа приводит к изменению его давления и температуры.

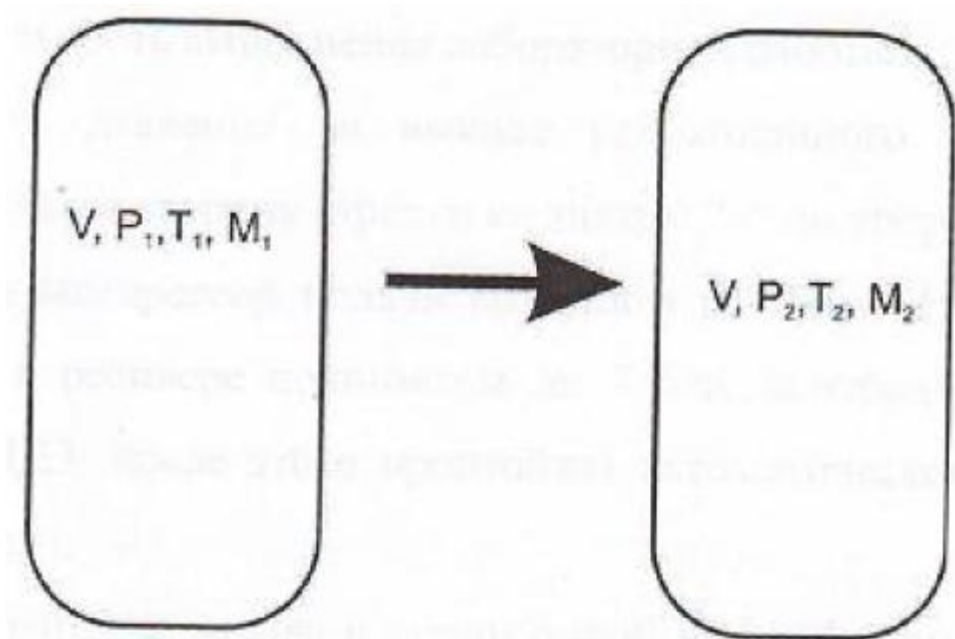


Рисунок 5.5 – Принцип измерения расхода газа при постоянном объеме

Поэтому, измеряя давление и температуру для двух состояний газа в постоянном объеме (емкости) за промежуток времени t , можно определить средний объемный расход газа, который для нормальных условий определяется по формуле:

$$Q = \frac{V}{t} \left(\frac{P_1}{R \cdot T_1} - \frac{P_2}{R \cdot T_2} \right) \cdot \frac{1}{r_{\text{ну}}}, \quad (5.13)$$

где $r_{\text{ну}}$ – плотность газа при нормальных условиях, давление 101325 Па, температура 293 К.

Учитывая, что $r_{\text{ну}} = \frac{P_{\text{ну}}}{R \cdot T_{\text{ну}}}$, имеем

$$Q = \frac{V}{t} \left(\frac{P_1}{T_1} - \frac{P_2}{T_2} \right) \cdot \frac{T_{\text{ну}}}{P_{\text{ну}}}. \quad (5.14)$$

Нужно иметь в виду, что при использовании датчиков температуры созна-

чительной инерционностью измерения и больших расходах, т.е. быстром падении давления в ресивере, достоверно измерить можно только конечное давление. Для такого случая принимают какой-либо из законов расширения газа: адиабатический или изотермический

Объемный расход при адиабатическом истечении из емкости

$$Q_A = \frac{V \cdot P_1}{t \cdot T_1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^\gamma \right] \cdot \frac{T_{\text{н\ddot{u}}}}{P_{\text{н\ddot{u}}}}, \quad (5.15)$$

где $\gamma=1,4$ – показатель адиабаты.

Объемный расход при изотермическом истечении из емкости

$$Q_{\text{И}} = \frac{V \cdot P_1}{t \cdot T_1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \right] \cdot \frac{T_{\text{н\ddot{u}}}}{P_{\text{н\ddot{u}}}}. \quad (5.16)$$

5.1.2 Проведение эксперимента с использованием приборов измерения давления и температуры

Используемые приборы:

ДДЗ – датчик измеряющий давления в ресивере;

ВН12 и ВН13 – краны отвода воздуха из диафрагм;

ВН14 и ВН 15 краны отбора давления воздуха в ротаметр;

ДД4 – датчик давления перед диафрагмой;

ДД5 – датчик давления за диафрагмой;

КР2 – редукционный клапан регулирования давления воздуха поступающего к диафрагмам.

Алгоритм выполнения работы

Подготовка к эксперименту.

1. Вращая ручку редукционного клапана КР2 (в сторону стрелки со знаком "—") до упора, уменьшить давление перед диафрагмами, контролируя его по датчику ДД4.

2. Включить компрессор на пульте управления. Поднять давление в реси-

вере до 0,5МПа, контролировать давление по датчику ДДЗ. Отключить компрессор.

3. Открыть краны в одной из линий, например ВН12 и ВН14. Краны другой линии ВН13 и ВН15 должны быть закрыты.

4. Закрыть дроссель ДР5, находится на ротаметре.

Эксперимент 1.

5. Редукционным клапаном КР2 отрегулировать давление до 30 кПа. Для чего вращать ручку в сторону стрелки со знаком "+". Контролировать датчиком ДД4 давление перед выбранной линией.

6. Приоткрыть дроссель и выставить предпочтительный расход воздуха, измерять с помощью расходомера SMC PFM750-F01-C, установленного на ротаметре. Отрегулировать клапаном КР2 давление до 30 кПа измеряя его по датчиком ДД4.

7. Закрыть кран ВН14, подающий воздух на ротаметр.

Опыт 1.

8. Заполнить в Таблица 5.3 начальные давление в $P_{рд}$ и температуру T_p в ресивере.

9. Запустить секундомер и одновременно с этим открыть кран ВН14, наблюдать появление расхода воздуха через ротаметр.

10. Продолжать опыт пока давление в ресивере упадет не менее чем на 30 кПа, затем одновременно остановить секундомер и закрыть кран ВН14.

11. Записать в таблицу 5.3 давление в ресивере $P_{рп}$, и время продолжительности опыта по секундомеру.

Опыт 2.

12. Записать в таблицу 5.3 давление в ресивере $P_{рд}$ и температуру T_p .

13. Запустить секундомер и одновременно с этим открыть кран ВН14, наблюдать появление расхода воздуха через ротаметр.

14. Продолжать опыт пока давление в ресивере упадет не менее чем на 60 кПа, затем одновременно остановить секундомер и закрыть кран ВН14.

15. Записать в таблицу 5.3 давление в ресивере $P_{рп}$, и время продолжи-

тельности опыта по секундомеру.

Опыт 3

16. Записать таблицу 5.3 давление в ресивере $P_{рд}$ и температуру T_p .

17. Запустить секундомер и одновременно с этим открыть кран ВН14, наблюдать появление расхода воздуха через ротаметр.

18. Продолжать опыт пока давление в ресивере упадет не менее чем на 100 кПа, затем одновременно остановить секундомер и закрыть кран ВН14.

19. Записать в таблицу 5.3 давление в ресивере $P_{рп}$, и время продолжительности опыта по секундомеру.

Эксперимент 2.

20. Открыть кран ВН14.

21 Открыть дроссель для увеличения расхода. Скорректировать клапаном КР2 давление до 30 кПа по ДД4. Закрыть кран ВН14.

22. Открыть кран ВН14, приоткрыть дроссель и выставить предпочтительный расход воздух (отличающийся от расхода в первом эксперименте), измерять с помощью расходомера SMC PFM750-F01-C, установленного на ротаметре. Отрегулировать клапаном КР2 давление до 30 кПа измеряя его по датчиком ДД4и закрыть кран ВН14.

23. Повторить пункты первого эксперимента два-три раза.

24 Закрыть краны ВН12, ВН4 дроссель на ротаметре. Уменьшить давление на выходе редукционного клапана КР2.Выключить компрессор.

25. Провести расчеты адиабатического Q_A и изотермического $Q_{и}$ расхода истечения воздуха, определить погрешности измерений, записать вводы.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: при включении компрессора в ходе эксперимента следует закрыть кран на выходе из диафрагмы, дождаться накачки ресивера до давления 7 бар и отключения компрессора. После этого можно продолжать эксперименты. Компрессор автоматически включается при падении давления в ресивере до 2 бар при включенном тумблере «Подача воздуха в ресивер».

Таблица 5.3 – Результаты измерений расхода газа

| ОПЫТ | $P_{Рд}$, бар | T_P , К | $P_{Рп}$, бар | t , с | Q_A , л/мин | $Q_{И}$, л/мин | δQ_A , % | $\delta Q_{И}$, % |
|------------------|----------------|-----------|----------------|---------|---------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Эксперимент 1 | | | | | | | | |
| | 3,92 | 25,4 | 3,5 | 100 | 0,655 | 0,478 | 3,86 | 1,36 |
| | 3,5 | 25,2 | 2,9 | 150 | 0,620 | 0,459 | 1,69 | 2,71 |
| | 2,9 | 25,1 | 1,85 | 253 | 0,617 | 0,478 | 2,17 | 1,35 |
| $Q_{ср}$, л/мин | | | | | 0,630 | 0,472 | | |
| Эксперимент 2 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| $Q_{ср}$, л/мин | | | | | | | | |
| Эксперимент 3 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| $Q_{ср}$, л/мин | | | | | | | | |

6 РАБОТА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ НАПРЯЖЕНИЯ В LABVIEW

Для работы в среде LabView с модулем преобразователем напряжения E-14-140M разработана библиотека виртуальных приборов (файл «lview.lib»). Также приводятся три примера использования основных возможностей модуля и виртуальных приборов (ВП) LabVIEW:

- асинхронное чтение данных АЦП;
- синхронное чтение данных АЦП;
- работу с дискретными входами/выходами.

Библиотека виртуальных приборов «lview.lib» использует промежуточную DLL библиотеку «lview.dll», написанную на языке Borland C 5.04. Исходные тексты этой DLL входят в комплект поставки, поэтому, при желании, пользователь может легко изменять или добавлять новые виртуальные приборы по образцу и подобию.

Для работы в среде LabView достаточно установить драйвер LCOMP и можно сразу загружать примеры, которые также находятся в файле «lview.lib».

6.1 Асинхронный ввод-вывод

Асинхронные функции позволяют в любой момент считать текущее значение на указанном аналоговом канале или установить требуемое напряжение на выходе ЦАП. Асинхронные функции не дают возможности считать массив отсчетов АЦП с определенной частотой или осуществить непрерывный вывод данных на ЦАП.

После запуска и до нажатия на кнопку STOP, производится непрерывный опрос первых четырех каналов АЦП с отображением напряжения на соответствующих индикаторах и, также, при помощи элемента ЦАП можно управлять его выходным напряжением, рисунок 6.1. При этом при преобразовании кодов в физическую величину (в напряжение) используются функции, которые учитывают встроенные калибровочные коэффициенты.

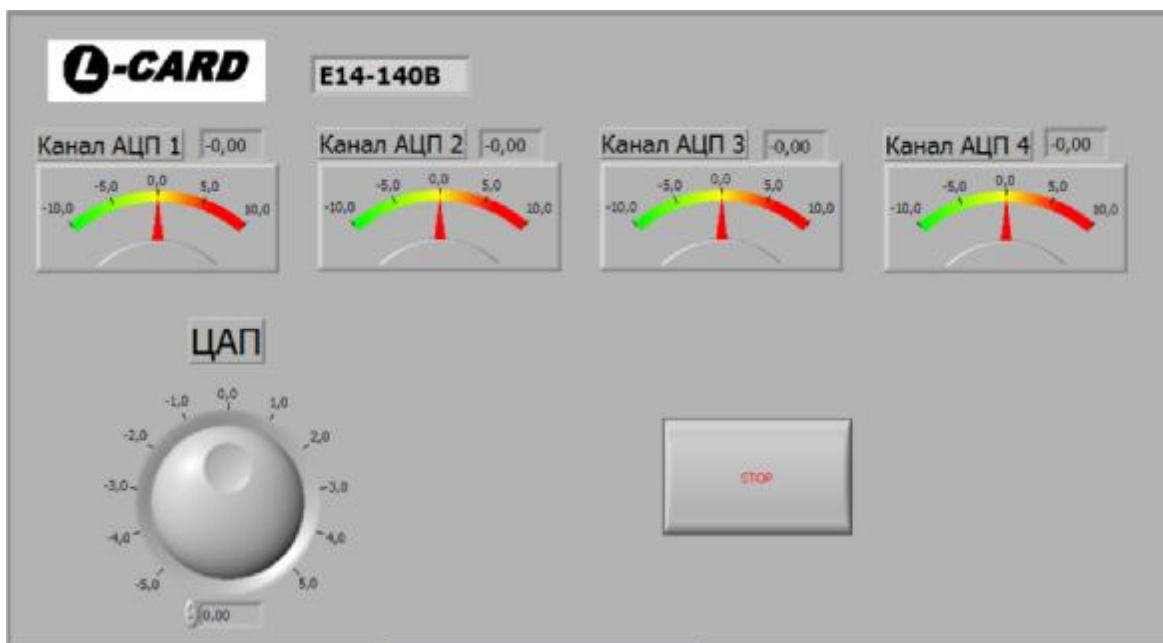


Рисунок 6.1 – Окно ВПП «Асинхронный ввод-вывод»

6.2 Многоканальный ввод на примере простого двухканального осциллографа

Виртуальный прибор пользователя (ВПП) «Двухканальный осциллограф», рисунок 6, разработан для синхронного многоканального считывания данных с указанной частотой опроса (частотой дискретизации), при котором считанные данные отображается на экране в виде осциллограммы.

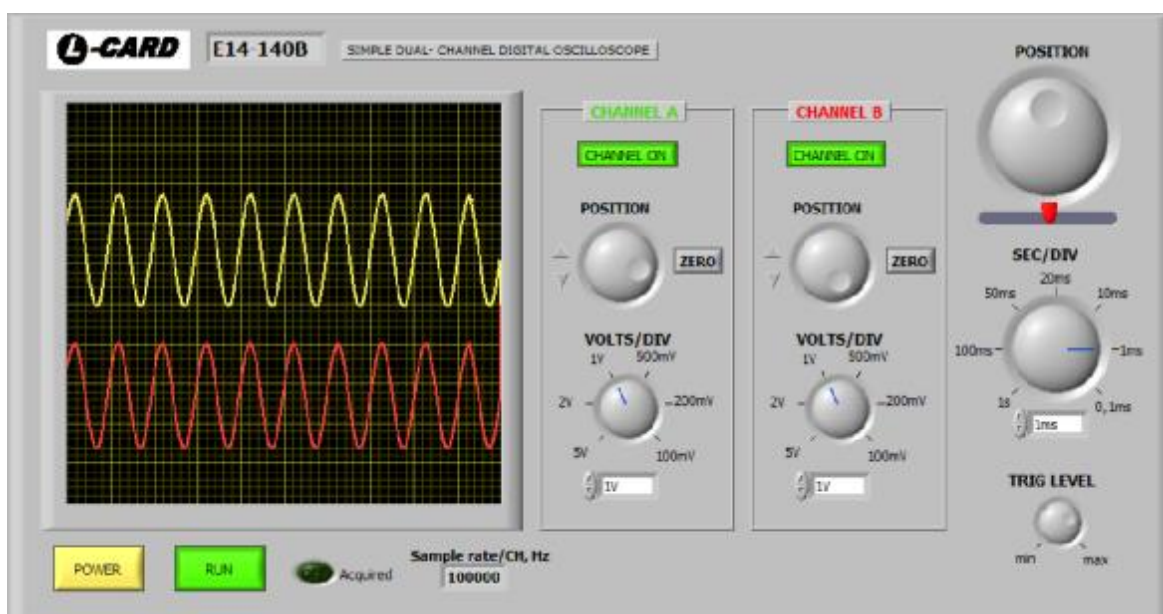


Рисунок 6.2 – Окно ВПП «Двухканальный осциллограф»

Для платы E14-140M максимальная частота дискретизации составляет

200 кГц на один канал, т.е. если считывать данные только с одного канала АЦП, то максимальная частота будет 200 кГц, если считывать данные с 2-ух каналов, то максимальная частота дискретизации будет 100 кГц на канал.

Пользователь задает требуемую частоту дискретизации, размер внутреннего буфера, в который будут поступать данные при чтении с модуля и размер пакета. Размер пакета определяет размер порции данных в двухбайтных словах получаемых от модуля АЦП за один цикл обмена. Все остальные параметры сбора данных для заданной частоты дискретизации устанавливаются автоматически.

При реализации функции развертки сигнала по времени применен простейший алгоритм равномерного прореживания массива. Т.е. для отображения сигнала при большой цене деления по шкале времени отбрасывается часть точек исходного массива, т.к. разрешение экрана ограничено. Следует иметь в виду, что применение подобного алгоритма может привести к нарушению критерия Найквиста и как следствие может возникнуть эффект, известный как эффект наложения спектров (aliasing).

После запуска виртуального прибора на экране отображаются исследуемые сигналы.

Пользователь имеет возможность:

- включения/выключения требуемого канала кнопками «CHANNEL ON»;
- изменения масштаба сигнала по амплитуде переключателями «VOLTS/DIV» и времени переключателем «SEC/DIV»;
- смещения сигнала по вертикали регулятором «POSITION» и возвращения его в нулевое положение кнопками «ZERO»;
- смещения сигнала по горизонтали регулятором «POSITION», текущее положение отображается индикатором внизу регулятора;
- установки уровня триггера регулятором «TRIG LEVEL»;
- остановки/запуска сбора данных кнопкой «STOP/RUN»;
- выключения виртуального прибора кнопкой «POWER».

6.3 Работа с дискретными входами/выходами

Внешний вид виртуального прибора пользователя для работы с дискретными сигналами, рисунок 6. Показано использование асинхронных функций чтения и записи цифровых линий.

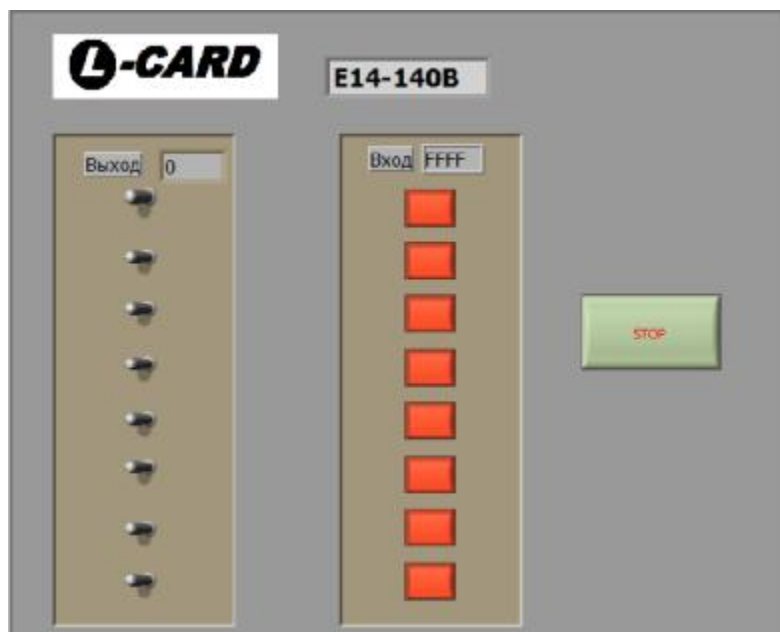
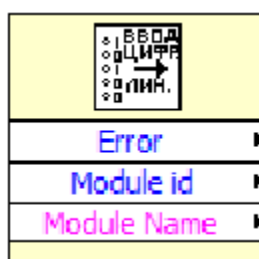


Рисунок 6.3 – Окно ВПП «Дискретные сигналы»

6.4 Виртуальные приборы библиотеки lview.llb

Для разработки виртуальных приборов пользователя использовались виртуальные приборы среды LabVIEW компании National Instruments и ВП библиотеки lview.llb разработанной компанией ЗАО Л-Кард.



LV_OpenModule.vi

Назначение: Данный прибор устанавливает связь с первым найденным модулем. Его следует вызывать один раз перед использованием остальных виртуальных приборов.

Входные параметры: отсутствуют.

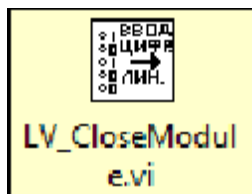
Выходные параметры:

Error - при успешной инициализации возвращает единицу, при ошибке,

например, если модуль не найден, возвращает ноль;

ModuleId – идентификатор модуля. Для модуля E14-140 равен 1. Если подключен иной модуль идентификатор принимает значение 255;

ModuleName – строка содержащая имя модуля и его ревизию.

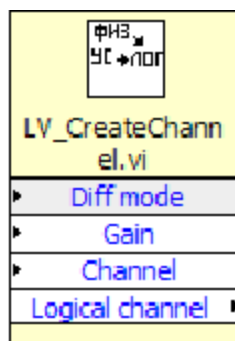


CloseModule.vi

Назначение: Данный прибор следует вызывать после завершения работы для освобождения интерфейса связи с модулем.

Входные параметры: отсутствуют.

Выходные параметры: отсутствуют.



LV_CreateChannel.vi

Назначение: Создает номер канала АЦП, в который входит как номер канала, так и диапазон.

Входные параметры:

Gain – идентификатор диапазона измерения (смотреть описание на соответствующую плату). По умолчанию выбран максимальный диапазон измерения;

Channel - число от 0 до 31 (0 соответствует первому каналу АЦП, 31 соответствует 32-му каналу АЦП);

Diff mode – режим подключения (0 соответствует дифференциальному подключению, 1 соответствует 32-канальному режиму с общей землей).

Выходные параметры:

Logical channel - параметр, который может быть использован в других приборах, задает как физический канал АЦП, так и диапазон измерения.

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, проведена оценка состояния микроклимата помещения, где расположен учебный стенд «Измерительные приборы давления, расхода и температуры», уровень шума, вибрации и электромагнитных излучений. Разработана инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ на стенде ИПДРТ, рекомендации по расположению светильников и правила подготовки и включения стенда.

7.1 Микроклимат учебного помещения и безопасность рабочего места

Помещение оборудовано естественной вентиляцией, которая осуществляется через вентиляционные проемы. Для проветривания помещения используются два окна. Выделения вредных веществ отсутствуют.

Требования к микроклимату в высшем учебном заведении разрабатываются согласно санитарным и строительным нормам и правилам. Например часто применяемый стандарт СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения» [14]. Также рекомендуется использовать нормативный документ СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях», регулирующий охрану здоровья обучающихся [15]. В этих документах установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия, которые устанавливаются в зависимости от времени года.

Параметры учебного помещения. Рабочая площадь составляет 36 м², ЭВМ в помещении – четыре, на один компьютер с жидкокристаллическим видео–дисплейным терминалом требуется не менее 4,5 м². Т.о. на четыре учебных места требуется минимум 18 м², требование по площади выполняется.

Результаты исследований, проведенные в лабораторном помещении, представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Факторы микроклимата (подчеркнутые значения соответствуют летнему периоду)

| Наименование фактора, ед. измерения | Оптимальная норма | Фактический уровень фактора | Продолжительность воздействия (часы/%) |
|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------|--|
| 1. температура, °С | | | |
| - теплый период | 23-25 | 23,7 | <u>100</u> |
| - холодный период | 22-24 | 22,4 | 100 |
| 2. Скорость движения воздуха, м/с | <u>0,1</u> 0,1 | <u>0,07</u> 0,06 | |
| 3. Относительная влажность воздуха, % | 40-60 | <u>56,6</u> 41,2 | |

Параметры микроклимата соответствуют нормам.

Важным фактором безопасности является рациональная организация операторского места пользователя персонального компьютера. Для этого необходимо убедиться, что конструкции всех элементов операторского места, взаимное расположения, соответствует эргономическим требованиям и учитывает характер выполняемой оператором деятельности. основные положения заключаются в следующем:

- расстояние между столами с компьютерами не должна быть менее 2,0 м;
- расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов должны быть не менее 1,2 м;
- конструкция стула или кресла должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы, и иметь возможность изменения положения тела человека для уменьшения статического напряжения мышц шеи, области плеча и спины для предупреждения развития утомления;
- снижения нагрузки на глаза достигается оптимальным расположением видеодисплея. Верхний край должен находиться на уровне глаз на расстоянии приблизительно 50 см, рисунок 7.1;

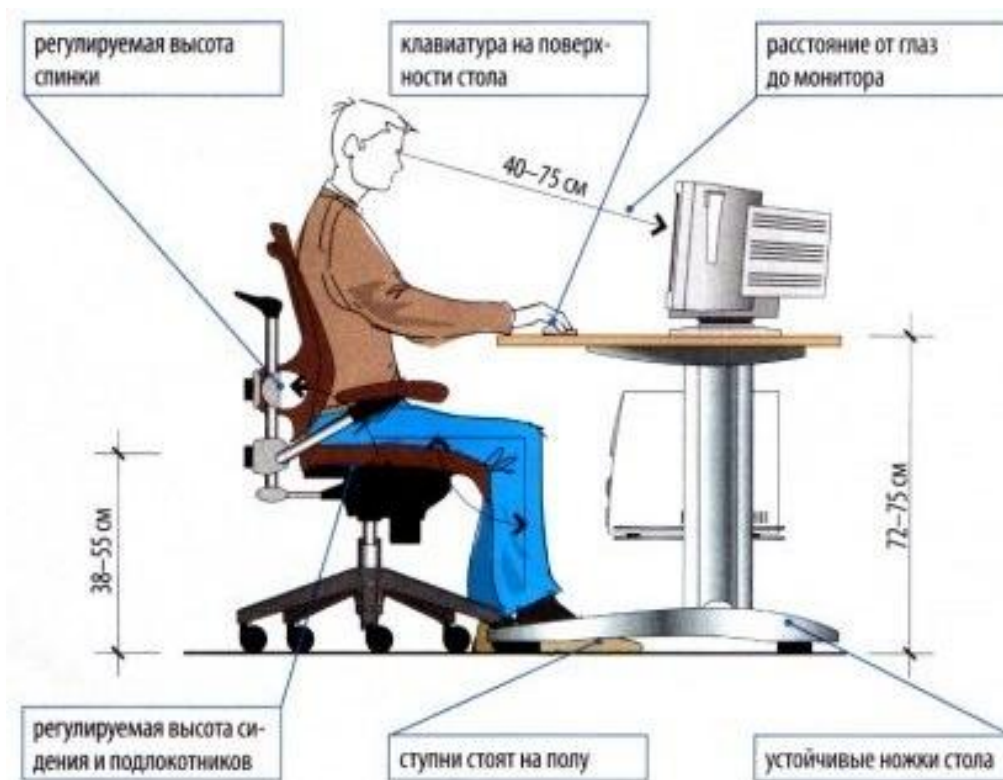


Рисунок 7.1 – Оптимальное расположение за компьютером

- клавиатуру рекомендуется устанавливать на поверхности стола на расстоянии 10-30 см от края, обращенного к пользователю или на специальной поверхности с возможностью регулировке по высоте, отделенной от столешницы;
- требования к компьютерному креслу, возможность регулирования его высоты и угла наклона спинки.

7.2 Основные опасные и вредные факторы при работе со стендом

Уровень шума и вибрации. Постоянные шумы и вибрации на учебном месте отсутствуют. Основным источникам акустических шумов в помещении является шум создаваемый персональными компьютерами, величина максимального уровня шума которых составляет не более 30 дБа (по техническому паспорту), что меньше допустимого 50 дБа уровня шума при умственном труде, требующем сосредоточенности. Измеренный уровень шума в учебном помещении составляет 42 дБа, что также соответствует норме. Структурный шум, то есть шум, излучаемый поверхностями колеблющихся конструкций стен, перекрытий, перегородок здания в звуковом диапазоне частот, практически отсутствует. Окна помещения расположено во внутреннюю часть двора, имеют

двойное остеклением, поэтому уличные шумы и вибрации сведены к минимуму.

Электромагнитные излучения. Жидкокристаллические мониторы не являются источниками рентгеновского излучения, но являются источниками незначительного электромагнитного излучения, не превышающих значений установленных в СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях" [16].

На учебных местах используется 22,8-дюймовые мониторы LGc частотой кадров не менее 60 Гц. Для данной частоты установлен предельно допустимый уровень 25 В/м. По итогам измерений установлено, что уровень напряженности не превышает 10 В, что соответствует норме.

Электробезопасность. Источником питающего напряжения является сеть переменного тока с напряжением 220 В. В соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» для снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций должны выполняться следующие требования:

- стабилизированное электропитание ПЭВМ (с отклонением от 220 В не более 10% - 15%), осуществляется использованием бесперебойных блоков питания;

- фильтрация электрических помех, использование сетевого фильтра;

- заземление (зануление) металлических корпусов стенда, измерительных прибора и персональных компьютеров. Производится с помощью стандартной электрической евровилки и контура заземления в аудитории, соединенного с заземлителем здания.

- исправная изоляция питающих электрических кабелей;

- установка автоматов защиты электрической сети на этажном вводном щитке;

- использование устройства защитного отключения рассчитанное на пожарную безопасность и от поражения электрическим током.

Освещенность учебного места. Помещение, в котором проводятся лабо-

раторные работы, должно иметь естественное и искусственное освещение. Искусственное освещение в помещениях с персональными компьютерами должно осуществляться системой общего равномерного освещения, которое следует выполнять в виде сплошной или прерывистой линии светильников. Линии должны быть расположены сбоку от учебных мест, параллельно линии зрения пользователя, при рядном расположении столов. При расположении столов с ПК по периметру, светильники должны располагаться локализовано над столами, ближе к краю стола, обращённому к оператору [14].

7.3 Инструкция по технике безопасности при проведении работ в учебной лаборатории

1. К работе в лаборатории допускаются студенты, которые прошли инструктаж по технике безопасности с соответствующей записью в журнале:

- вводный инструктаж по охране труда и первичный инструктаж на рабочем месте;
- повторный инструктаж по охране труда не реже 1 раза в полугодие;
- инструктаж по оказанию первой медицинской помощи при несчастных случаях;
- инструктаж по пожарной безопасности.

2. Перед началом работы проводится внешний осмотр приборов стенда и оснащения лаборатории. Проверяется наличие всех частей стенда на своих местах, надежность защитного заземления, исправность проводов и разъемов. Замеченные неполадки немедленно устраняются.

2.1. Проверяется наличие и исправность измерительных приборов, специального рабочего инструмента, и средств противопожарной защиты.

2.2. Необходимо тщательно изучить описание измерительных приборов и порядок выполнения лабораторной работы.

3. Студент обязан строго выполнять указания данные в описании проведения работы или полученных от преподавателя. Особое внимание уделять выполнению мер техники безопасности при работе с электро- гидро- и пневмооборудованием. Не превышать предельных нагрузок, токов, напряжений и дав-

лений жидкости или газов.

3.1. Включение приборов осуществляется в последовательности, указанной в руководстве по эксплуатации данных приборов.

3.2. Запрещается использовать инструмент и приборы, не относящиеся к выполняемой на занятии лабораторной работе.

3.3. Запрещается отходить от работающего стенда.

4. О любой замеченной неисправности или отклонении в работе оборудования, необходимо немедленно сообщить преподавателю.

4.1. При создавшемся аварийной ситуации необходимо обесточить стенд, другое оборудование или всю силовую электросеть лаборатории, выключив автомат на вводном этажно щитке.

4.2. При загорании проводов или электроприборов, находящихся под током, следует немедленно обесточить установку, вызвать пожарную команду и тушить огонь порошковым огнетушителем.

4.4. При попадании человека под напряжение необходимо немедленно принять меры по отключению электропитания, освобождению пострадавшего от действия электрического тока, вызвать скорую помощь и до прибытия врача оказывать ему первую медицинскую помощь.

7.4 Ввод стенда в эксплуатацию

1. Перед началом эксплуатации стенд заправляется рабочей жидкостью – специально подготовленной водой. Перед заправкой нужно убедиться, что кран слива 66 на баке закрыт. Рабочая жидкость заливается через горловину 52, рисунок 1.2, Заправка осуществляется постепенно, с постоянным отслеживанием по уровнемеру. Рабочая жидкости представляет собой очищенную воду с добавлением антикоррозионных присадок, объем заливаемой воды 18-20 л.

2. Стенд необходимо соединить с помощью быстроразъемного соединения с компрессором 67.

3. Компрессора подключить к разъему 71, на тыльной стороне пульта управления, рисунок 1.3.

4. Закрывать кран 55 сброса воздуха из ресивера 56.

7.5 Включение стенда в работу

1. Включить питание стенда выключателем «Питание системы управления» на лицевой части панели управления.

2. Данная операция выполняется перед включением насоса. Открыть кран 65 и 13.

3. Включить питание насоса выключателем «Подача воды», шланги подачи жидкости к диафрагмам должны заполниться водой. Если после включения насоса в течение 5 с заполнение шлангов водой не происходит, то необходимо выключить насос и проверить выполнение п.2.

4. Включить подачу воздуха в ресивер на пульте управления – выключатель «Подача воздуха».

5. Проверить, что на измерителе-регуляторе 26, показания ДТ2, установлена температура отключения не выше 60 °С, иначе произвести корректировку.

6. Заполнить емкость 21 водой до уровня на 8 см ниже верхней крышки. Для этого открыть кран 14 набора жидкости ВН2 и закрыть кран ВН3 (слива жидкости из диафрагм), после наполнения закрыть кран ВН2, открыть кран ВН3, выключить насос.

7. Заполнить пьезометрические трубки 37 рабочей жидкостью на половину высоты (450 мм);

8. Удалить воздух из линий измерения давления жидкости, для этого включить электропитание насоса тумблером «Подача воды», открыть краны ВН8, ВН9 (поз. 69, 70, установлены на крышке бака), открыть краны ВН6, ВН7, закрыть краны ВН4, ВН5, ВН3, дождаться удаления воздуха из диафрагм, после чего закрыть краны ВН8, ВН9.

9. После проведения всех пунктов 1–8 стенд полностью готов к проведению лабораторных работ в соответствии с материалом «Описание лабораторных работ ИПДРТ-01-00.000.000 ПЗ». В ходе проведения лабораторных работ с пневматической частью стенда необходимо плавно менять регулировку клапана КР1 и не превышать давления в 100 кПа в коллекторах, иначе будут повреждены датчики давления ДД4, ДД5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате разработки автоматизации измерений на стенде ИПДРТ получены следующие результаты:

- установлено и настроено программное обеспечение позволяющее автоматизировать измерение давления, расхода и температуры;

- собрана обширная техническая и программная документация по измерителю напряжений LCard-E14-140-M для использования в будущих разработках автоматизации стенда;

- воссоздана электрическая принципиальная схема стенда.

В дальнейшем, полученные результаты, возможно будет использовать для разработки новых автоматизированных лабораторных работ на стенде ИПДРТ, а также возможной модернизации стенда в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по эксплуатации ИПДРТ-01-00.000.000 РЭ. Типовой комплект учебного оборудования «Измерительные приборы давления, расхода, температуры. ООО НПП «Учебная техника - Профи». Челябинск. 2015. – 19 с.
2. Руководство по эксплуатации. ТРМ1. Измеритель-регулятор микро-процессорный одноканальный. OWEN. Москва. 2018. – 108 с.
3. Руководство по эксплуатации. OWEN ДТС. Термопреобразователь сопротивления. OWEN. Москва. 2020. – 30 с.
4. DELTA [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – DeltaElectronics, Датчики Delta. Цифровые датчики (измерители - преобразователи) давления воздуха. Режим доступа : http://www.deltronics.ru/product/sensors/series_203.html?vkl=har-vkl. – 02.05.2021.
5. РОСМА [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – ЗАО «РОСМА», Манометры с повышенным классом точности. Режим доступа : https://rosma.spb.ru/manometers/standartnoe_ispolnenie_s-povyshennym-klassom-tochnosti/. – 03.05.2021.
6. БЕТАР [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – ООО ПКФ «БЕТАР», Счетчики газа СГБМ-1,6. Режим доступа : <http://betar.ru/catalog/schetchiki-gaza/cgbm-1-6/#docs>. – 04.05.2021.
7. Руководство по эксплуатации. Преобразователь напряжения измерительный L-CARD. ДЛИЖ.411618.0080 РЭ. Москва. 2018. – 43 с.
8. Свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.34.390.A № 68764. Приложение к свидетельству. Описание типа средства измерений: преобразователи напряжения измерительные L-CARD. Москва. 2017. – 15 с.
9. Р 50.2.077-2014 ГСИ. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения. М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
10. LCARD [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – © ООО «Л Кард», 2020. Отличия модуля E14-140-M от своего предшественника E14-140. Режим досту-

па : https://www.lcard.ru/download/difference_e14-140-m.pdf. – 25.05.2020.

11. Инструкция по первоначальной настройке. Преобразователь напряжения измерительный E14-140-M. Ревизия 1.0.0. Москва. 2018. – 18 с.

12. Инструкция по применению. Работа с модулями фирмы L-CARD в среде LabView. Москва. 2018. – 24 с.

13. Пономарев, С.В. Метрология, стандартизация, сертификация : учебник для вузов / С.В. Пономарев, Г.В. Шишкина, Г.В. Мозгова. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с.

14. Свод правил СП 118.13330.2012* "Общественные здания и сооружения". Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 29 декабря 2011 г. N 635/10) (с изменениями и дополнениями).

15. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.4.2.2821– 10 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях".

16. СанПиН 2.2.4.1191-03. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

17. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.

Техническое задание

1 Введение

Данное техническое задание распространяется на учебный стенд ИПДРТ (исследование приборов давления, расхода и температуры). Разработка автоматизации измерений с использованием преобразователя напряжения LCard E14-140M.

Заказчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Амурский государственный университет.

Исполнитель:

Проект осуществляется на основании следующих документов:

–Федеральный государственный стандарт направления подготовки бакалавров 15.03.04 автоматизации технологических процессов и производств;

–Учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 автоматизации технологических процессов и производств;

Сроки начала и окончания работ по разработке системы:

Начало: **дд.мм.гггг**

Окончание: **дд.мм.гггг**

2 Характеристика объекта автоматизации

1. Система представляет собой стенд состоящий из гидравлической и пневматической частей. Каждая из которых позволяет проводить измерения расхода, давления и температуру жидкости и воздуха соответствующими приборами;

2. Стенд входит в состав учебного оборудования состоит из подсистем:

– подачи рабочей жидкости;

– подачи воздуха;

– подогрева рабочей жидкости;

– системы измерения параметров и расхода подаваемой жидкости и воздуха;

3. Изучаемые устройства и приборы установленные на стенде имеют возможность сравнения показаний между собой, при измерении одного и того же параметра измерительными приборами различного типа.

4. Для изучения и исследований используются приборы измерения расхода, давления и температуры с отличающимся друг от друга принципом действия.

3 Цели разработки

Разработка программно-аппаратного комплекса для ручного и автоматизированного изучения приборов, исследования их принципов и возможностей измерений.

Задачи проекта:

1. Разработка пневматической схемы работы пневматической системы стенда ИПДРТ.

2. Разработка принципиальной электрической схемы пневматической системы стенда.

3. Разработка руководства по работе с программой измерений для приборов стенда, подключенных к модулю LCard E14-140M.

4. Разработка лабораторных работ и примеров их проведения, для изучения приборов измерения давления, расхода и температуры воздуха.

5. Разработка руководства пользователя для работы с виртуальными приборами LabVIEW, используемыми для изучения измерений проводимых в пневматической системе стенда.