


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  
Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в  
энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ


И.о.зав. кафедрой

 О.В. Скрипко  
« 08 » июля 2020 г.


**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Автоматизация исследований процессов в гидросистеме на стенде  
ИПДРТ

Исполнитель  
студент группы 641об  1.07.2020 В.С. Хижняк  
(подпись, дата)

Руководитель  
профессор, д-р техн.наук  08.07.2020 О.В. Скрипко  
(подпись, дата)

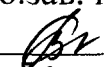
Консультант по безопасности  
и экологичности  
доцент, канд физ.-мат. наук  02.07.2020 В.Н. Аверьянов  
(подпись, дата)

Нормоконтроль  
профессор, д-р техн.наук  08.07.2020 О.В. Скрипко  
(подпись, дата)

Благовещенск 2020

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  
« 08 » июля 2020 г.

### ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента 641 группы Хижняка Владислава Сергеевича

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

(утверждена приказом от 30.04.2020. № 810-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной проекта: 1 июля 2020 года.

3. Исходные данные к курсовому проекту: 1) ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств; 2) Учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

- 1) Разработка структурной схемы работы гидравлической части стенда;
- 2) Разработка принципиальной электрической схемы;
- 3) Разработка руководства по настройке и подключению модуля LCard-E14-140M;
- 4) Разработка руководства по установке специального программного обеспечения для работы с преобразователем напряжения;
- 5) Разработка примеров использования L-Card-E-14-140M в среде LabVIEW.

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

*Лист 1: Внешний вид стенда ИПДРТ;*

*Лист 2: Средства автоматизации используемые на стенде ИПДРТ;*

*Лист 3: Схемы автоматизации стенда;*

*Лист 4: Принципиальная электрическая схема стенда;*

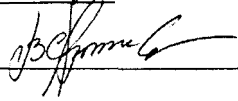
*Лист 5: Преобразователь напряжения измерительный L-CARD-E14-140-M;*

*Лист 6: Применение виртуальных приборов LabVIEW.*

6. Дата выдачи задания 10.03.2020

Руководитель выпускной квалификационной работы Скрипко Ольга Валерьевна, профессор кафедры АПП и Э, доктор техн. наук.

Задание принял к исполнению (дата): 10.03.2020

  
(подпись студента)

## РЕФЕРАТ

Дипломная бакалаврская работа содержит 75 с., 53 рисунка, 7 таблиц, 14 источников.

ДАВЛЕНИЕ,                    ТЕМПЕРАТУРА,                    РАСХОД,                    ДАТЧИК,  
ТЕРМОРЕЗИСТИВНЫЙ                    ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ,                    СЧЕТЧИК,  
ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ НАСОС, СЧЁТНЫЙ МЕХАНИЗМ

Объектом разработки является стенд для изучения измерительных приборов давления, расхода и температуры. Цель работы - автоматизация проводимых измерений на базе преобразователя напряжений LCard-E-14-140-M. Метод разработки заключался в анализе технической документации на стенд, руководств пользователя программного обеспечения и руководств по специальному программному обеспечению. Также использовался метод воссоздания принципиальной электрической схемы по электрической разводке проводов идущих к приборам стенда.

## Содержание

Введение	7
1 Состав, устройство и работа стенда ИПДРТ	8
1.1 Основные технические данные и характеристики стенда	8
1.2 Конструкция стенда	8
1.3 Подключение стенда к сети и подготовка к работе	20
1.4 Работа стенда	21
2 Приборы и устройства автоматики гидравлической части стенда	23
2.1 Циркуляционный насос отопления WCP 25-60G	23
2.2 Преобразователь давления измерительный ПД100	24
2.3 Счётчик горячей воды СГВ-20	25
2.4 Биметаллический термометр	27
2.5 Термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250	28
2.6 Измеритель -регулятор ТРМ1	30
3 Техническое описание USB-модуля E14-140M	35
3.1 Общие сведения	35
3.2 Метрологические и аппаратные характеристики преобразователя напряжения L-Card E14-140M	37
3.3 Устройство L-Card E14-140M	39
3.4 Использование по назначению	41
3.5 Первоначальная настройка преобразователя	43
3.5.1 Минимальные системные требования.	43
3.5.2 Установка драйвера и библиотеки Lusbari	44
3.5.3 Установка драйвера и библиотеки LComp	49
3.5.4 Установка регистратора LGraph2	53
3.5.5 Процедура подключения модуля E14-140-M	55
3.5.6 Конфигурация ПО LGraph2	55
4 Работа с E-14-140M в среде LabVIEW	58
4.1 Асинхронный ввод-вывод	58

4.2 Многоканальный ввод на примере простого двухканального осциллографа	59
4.3 Работа с дискретными входами/выходами	61
4.4 Виртуальные приборы библиотеки lview.lib	61
5 Руководство по работе с программой измерений	64
6 Безопасность жизнедеятельности	71
6.1 Основные опасные и вредные факторы при работе со стендом	71
6.2 Инструкция по технике безопасности при работе со стендом	71
Заключение	75
Библиографический список	76
Приложение А	78
Приложение Б	80
Приложение В	81
Приложение Г	82
Приложение Д	83
Приложение Е	84
Приложение Ж	85

## ВВЕДЕНИЕ

Комплект лабораторного оборудования «Измерительные приборы давления, расхода, температуры» предназначен для проведения лабораторно-практических занятий в учреждениях начального профессионального, среднего профессионального и высшего профессионального образования, для получения базовых и углубленных профессиональных знаний и навыков при изучении способов измерения давления, расхода и температуры жидкости и газа, а также способов создания и регулирования давления и расхода жидкости и газа. Исполнение стендовое, компьютерная версия.

Стенд учебный ИПДРТ-01 «Измерительные приборы давления, расхода, температуры» предназначен для проведения лабораторных работ по изучению приборов измерения давления, расхода и температуры жидкости и газа. Одновременно работы проводятся с группой из 2...3 обучаемых.

Стенд позволяет задавать и определять температуру, давление и расход двух сред различными способами измерений. В стенде используется газообразная среда – воздух и жидкая среда – вода.

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.

# 1 СОСТАВ, УСТРОЙСТВО И РАБОТА СТЕНДА ИПДРТ

Комплект учебного оборудования «Измерительные приборы давления, расхода, температуры» предназначен для проведения лабораторных работ по изучению приборов давления, расхода и температуры жидкости и газа. Выполнен в виде рамной конструкции из стола на колесах с местом для размещения ноутбука [1].

## 1.1 Основные технические данные и характеристики стенда

Комплект представляет собой пневмогидравлическую систему, позволяющую осуществлять 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, для чего используется газообразная среда - воздух и жидкая среда - вода.

Исследуемые устройства и приборы установлены на стенде 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 различные приборы для измерения расхода, давления и температуры.

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.

## 1.2 Конструкция стенда

Учебный стенд «Измерительные приборы давления, расхода, температуры» включает в себя следующие элементы, рис. 1.1:



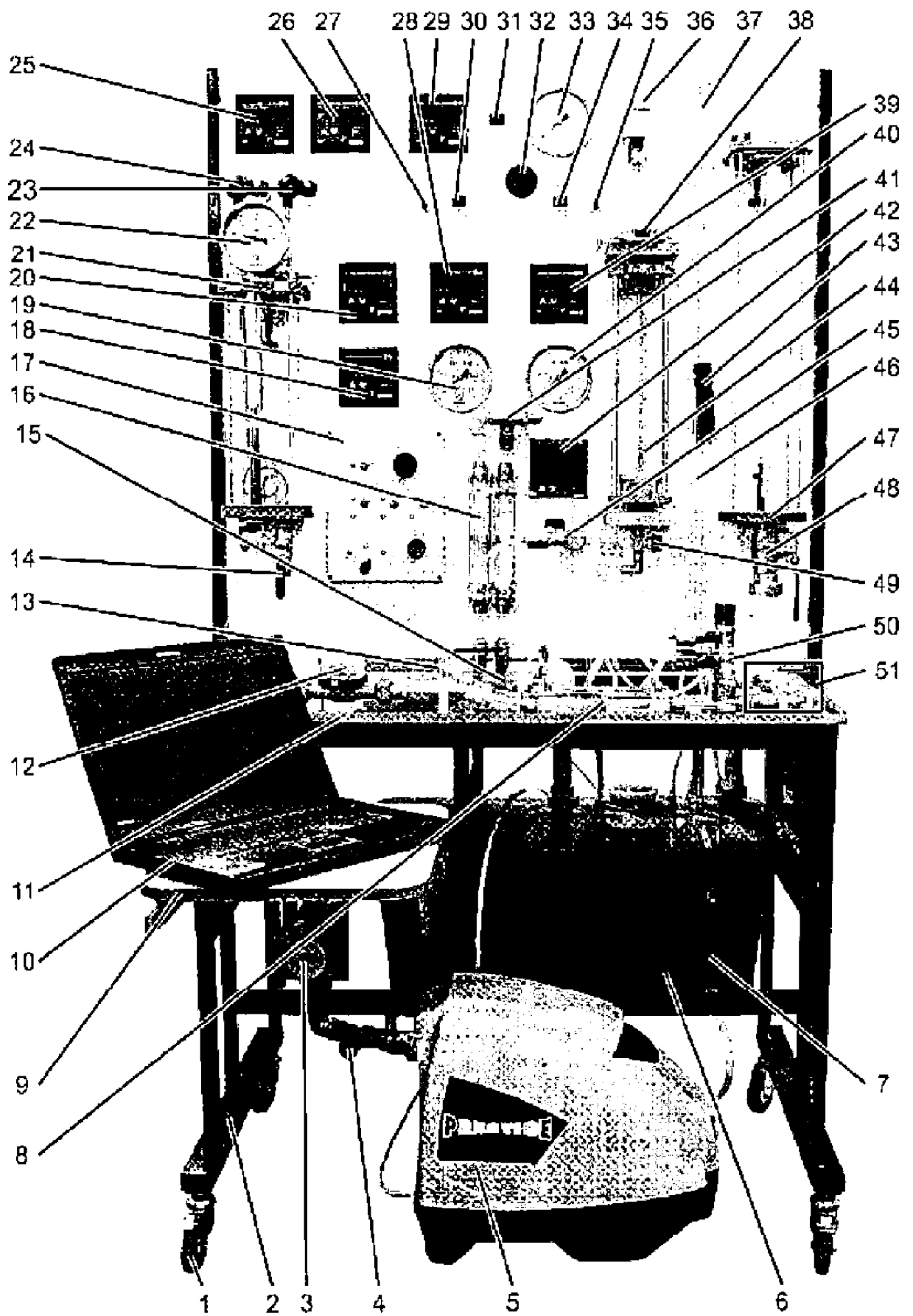


Рисунок 1.1 – Вид стенда ИПДРТ спереди

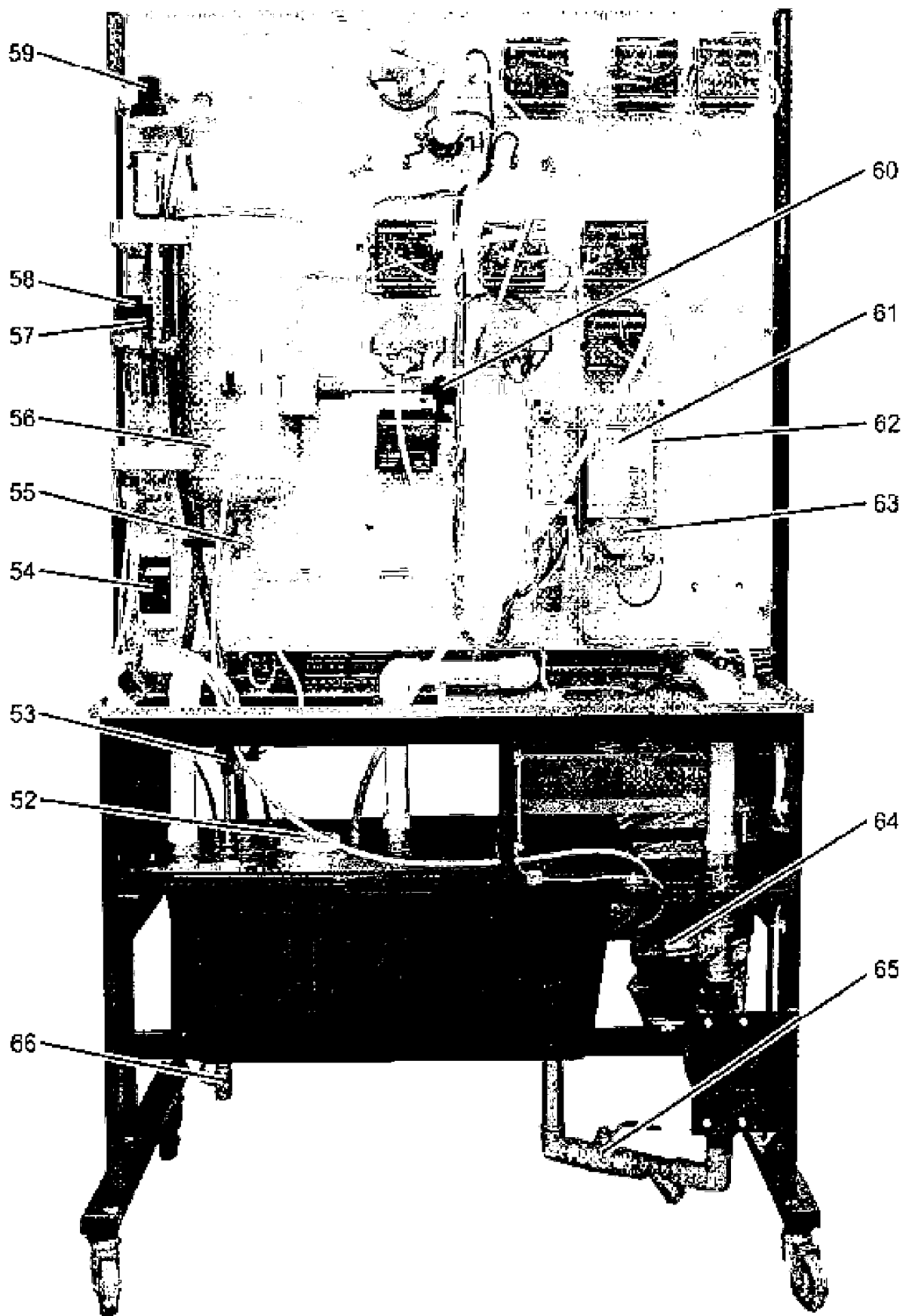


Рисунок 1.2 – Вид стенда ИПДРТ сзади

- колеса 1, позволяющие перемещать стенд по ровному полу;
- несущую раму 2;
- насос 3 для подачи жидкости в гидросистему, обозначение на гидравлической схеме, рис. 1.4 – 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;
- пару измерительных диафрагм 8 для работы на воде;
- выдвижную полку 9 для установки на нее управляющей ПЭВМ (персональной электронно-вычислительной машины) 10 стенда (ноутбук);
- поддон-столешница 11;
- счетчик жидкости 12 (счетчик горячей воды СГВ-20), рис. 1.3;

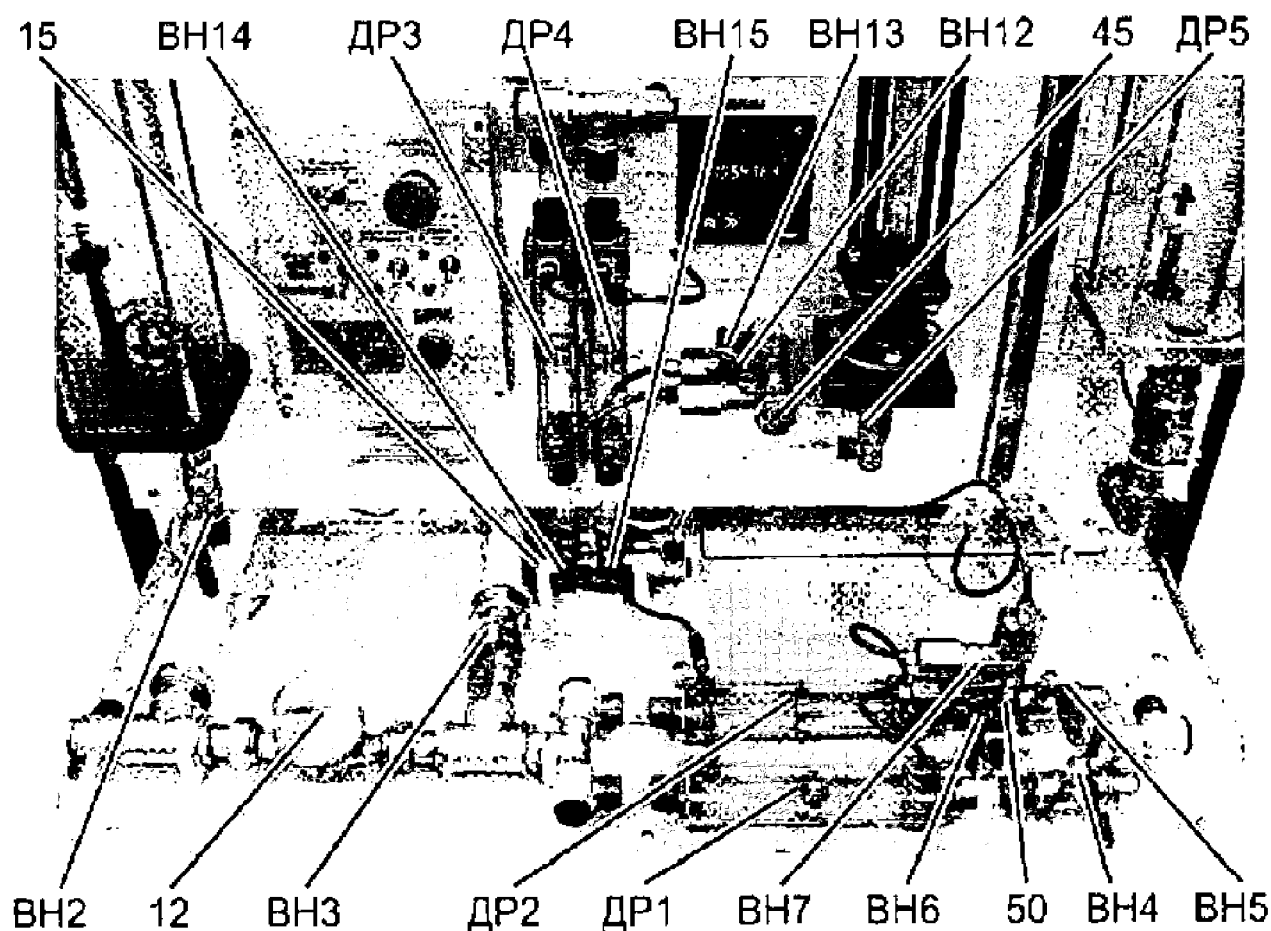


Рисунок 1.3 – Блок диафрагм

- шаровой кран 13 для направления потока жидкости от насоса в бак и слива жидкости из диафрагм 8 в бак 6, обозначение на гидропневматической схеме – ВНЗ;
- шаровой кран 14 для набора и слива жидкости в емкость для нагрева жидкости, обозначение – ВН2;
- коллектор 15 отвода воздуха от диафрагм 16;
- пару измерительных диафрагм 16 для работы на воздухе;
- панель управления 17;
- 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;
- 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);

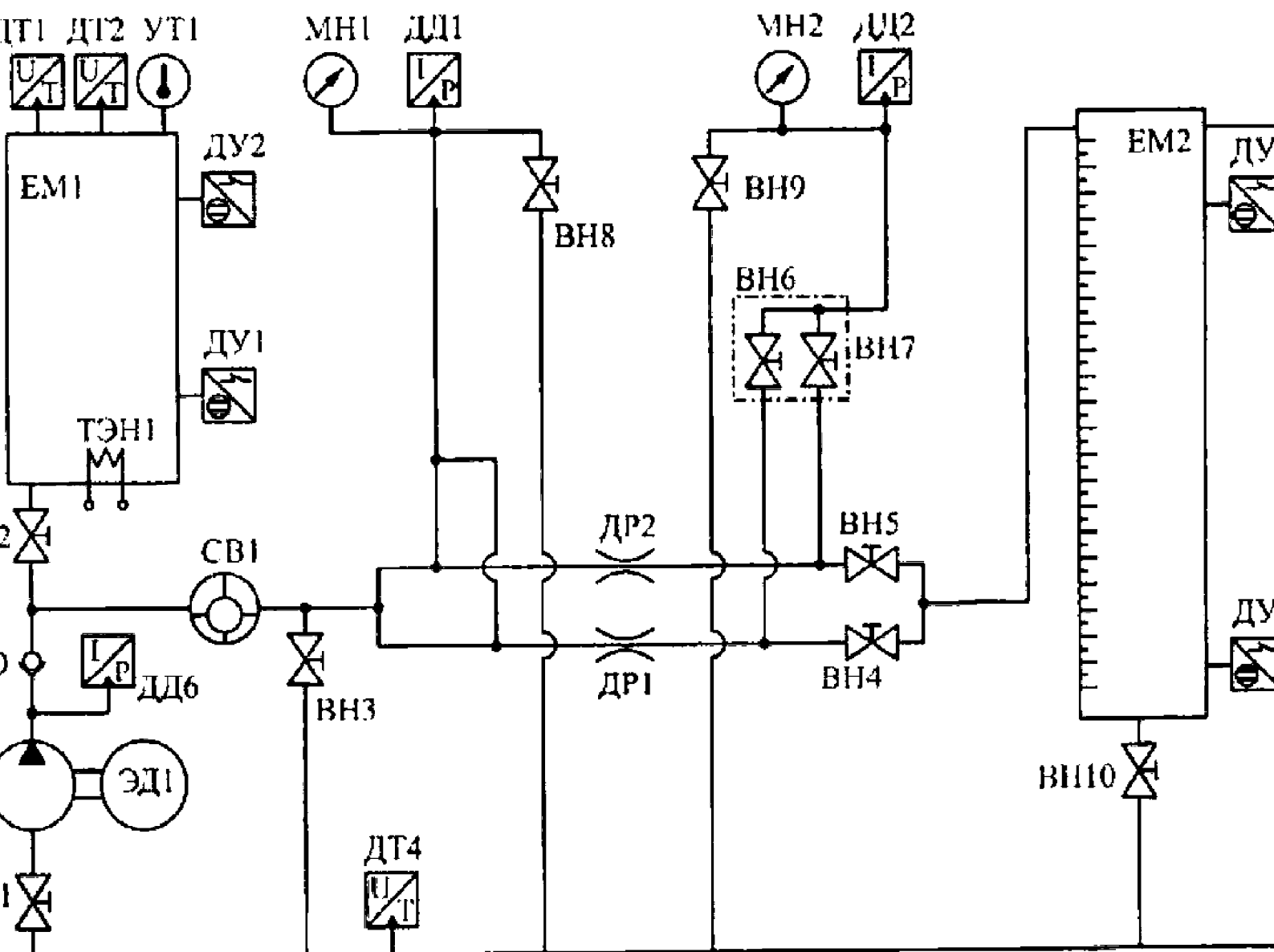


Рисунок 1.4 – Гидравлическая часть стенда

- измеритель-регулятор 26, подключаемый к терморезистивному преобразователю 23 (измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный «Овен» ТРМ1);
- быстроразъемное соединение 27 с обратным клапаном для подключения дифференциального манометра 46 к коллектору 41;
- измеритель-регулятор 28 (измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный «Овен» ТРМ1), подключенный к датчику 58 (ДД1) (преобразователь избыточного давления измерительный ПД100-ДИ) давления перед диафрагмой для работы с жидкостью.
- измеритель-регулятор 29 (измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный «Овен» ТРМ1), подключенный к терморезистивному преобразователю 60 (термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250), установленному в ресивере 56;
- датчик 30 давления в коллекторе 41, обозначение - ДД4 (датчик давления Delta DPA01-M(N)-P);
- датчик 31 давления в ресивере 56, обозначение на гидропневмосхеме – ДД3 (датчик давления Delta DPA01-M(N)-P);
- редукционный клапан 32, позволяющий регулировать давление воздуха, поступающего к диафрагмам из ресивера, на гидропневмосхеме – КР2;
- манометр 33 давления в ресивере 56, обозначение на гидропневмосхеме – МН3;
- датчик 34 давления в коллекторе 14, обозначение на гидропневмосхеме – 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);
- линейку 37 для измерения уровня жидкости в дифференциальном манометре;
- расходомер воздуха 38 (расходомер SMC PFM750-F01-C);
- 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 гидропневмосхеме – МН2;

– коллектор 41 для подачи воздуха в измерительные диафрагмы 16;

– секундомер 42 (счетчик импульсов «Овен» СИ8).

– рукоятка 43 с кнопкой для дистанционного управления секундомером;

– ротаметр 44 (ротаметр с местными показаниями РМ-4-2,5);

– коллектор 45 для отбора давления воздуха после измерительных диафрагм;

– дифференциальный U-образный манометр 46;

– мерная емкость 47 (ЕМ2) для измерения расхода объемным способом с датчиками уровня, обозначение на гидропневмосхеме – ДУ3, ДУ4;

– шаровой кран 48 для слива жидкости из емкости 47, обозначение на гидропневмосхеме – ВН10;

– дроссель 49 для регулировки расхода воздуха через измерительные диафрагмы, обозначение - ДР5;

– коллектор 50 для отбора давления жидкости после измерительных диафрагм;

– блок из двух кранов 51 (обозначение на гидропневмосхеме – 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 гидропневмосхеме - ДТ4 (термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250);

– автоматический выключатель 54 для защиты от перегрузок;

– шаровой кран 55 для слива конденсата из ресивера, обозначение на гидропневмосхеме – ВН11, рис. 1.5;

– ресивер 56;

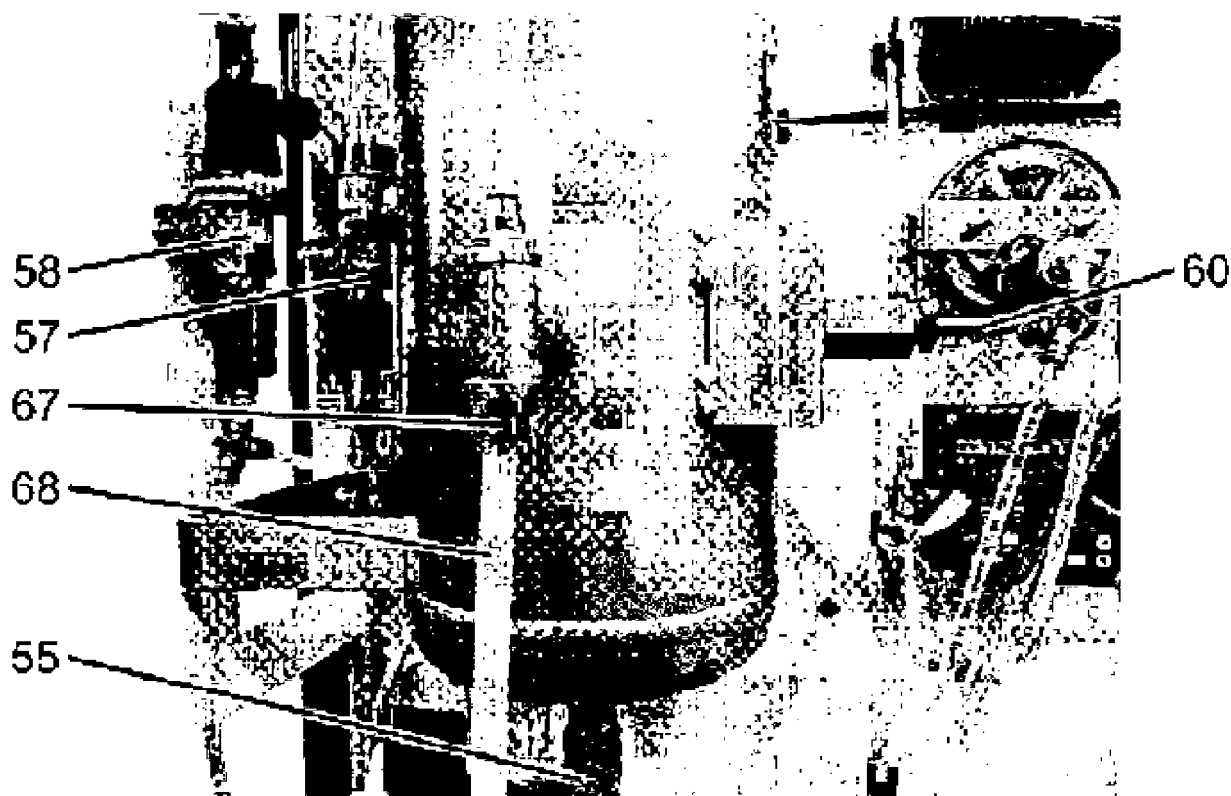


Рисунок 1.5 – Вид на ресивер и датчики давления воды

- 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;
- редукционный клапан 59, ограничивающий максимальное давление питания измерительных диафрагм;
- терморезистивный преобразователь 60, обозначение на гидропневмосхеме – ДТЗ (термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250);
- плата АЦП-ЦАП 61 для согласования измерительной системы с компьютером;
- разъем 62 для подключения платы АЦП к компьютеру;
- электрический разъем 63 типа DRB-37F для подключения к плате АЦП;
- шаровый кран 65 для подачи жидкости из бака к насосу 3, обозначение – ВН1;
- шаровой кран 66 для слива жидкости из бака стенда;



– быстросъемное соединение 67 для подключения гибкого трубопровода 68, соединяющего компрессор 5 с пневматической системой стенда;

– краны 69 и 70 для удаления воздуха из системы работы с жидкостью, обозначение на гидropневмосхеме – ВН8, ВН9, рис. 1.6;

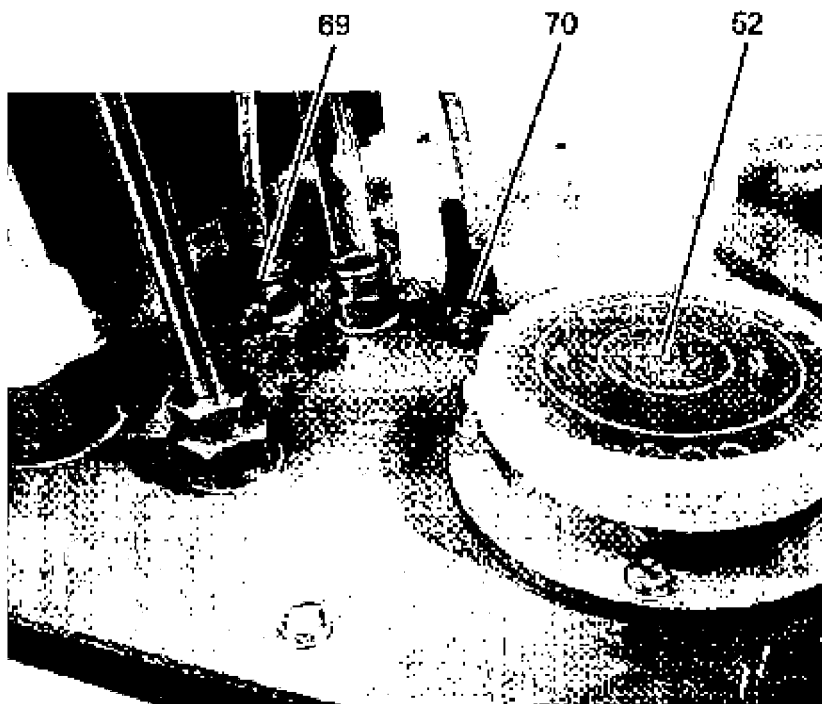


Рисунок 1.6 – Вид на крышку бака

– разъем 71 для подключения компрессора 5 к сети электропитания посредством штекера 72, рис. 1.7;

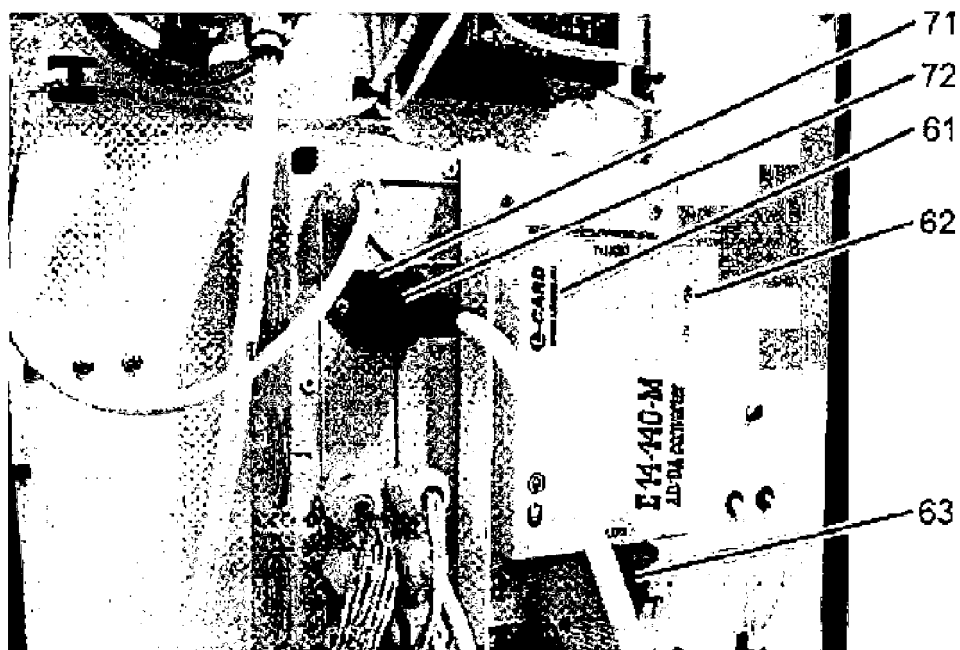


Рисунок 1.7 – Вид сзади на панель управления

На панели управления, рис. 1.8, расположены следующие элементы:

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

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

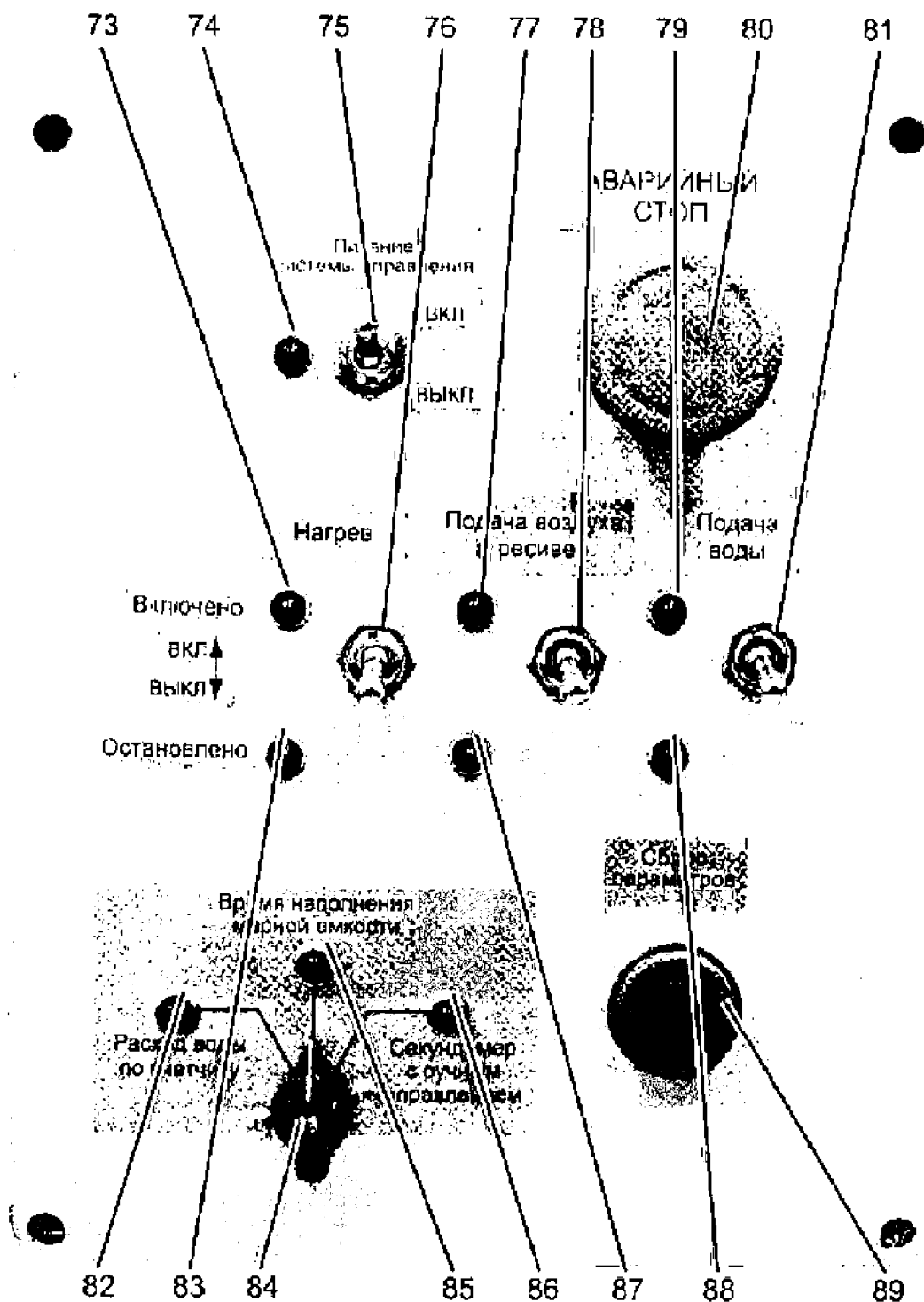


Рисунок 1.8 – Панель управления

- 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 воды»;
- 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 Подключение стенда к сети и подготовка к работе**

1. Перед началом работы необходимо осуществить заправку стенда рабочей жидкостью. Перед заправкой убедиться, что кран 66 (рис. 1.2) на сливе бака закрыт. Заправлять стенд необходимо через заливную горловину (поз. 52,

рис. 1.2). В качестве рабочей жидкости рекомендуется очищенная вода с добавлением антикоррозионных присадок. Количество заливаемой воды 18-20 л. Заправку необходимо осуществлять постепенно, отслеживая уровень по уровнемеру (поз. 7, рис. 1.1).

2. Электропитание стенда осуществляется от сети переменного тока с частотой 50 Гц, напряжением 220 В, допустимым током не менее 10 А.

3. Соединить гибким трубопроводом (поз. 68, рис. 1.5) компрессор с быстросъемным соединением (поз. 67).

4. Подключить штекер компрессора (поз. 72, рис. 1.7) к разъему (поз. 71) на тыльной стороне блока управления (поз. 17, рис. 1.1).

5. Закрывать кран (поз. 55, рис. 1.2) сброса воздуха из ресивера.

#### **1.4 Работа стенда**

1. Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления».

2. Перед включением насоса, подающего рабочую жидкость, необходимо открыть кран 65 (ВН11 и кран 13 (ВН3)).

3. Включить электропитание насоса тумблером «Подача воды», при этом прозрачные шланги подвода жидкости к диафрагмам должны заполниться водой, если после включения насоса шланги в течение 5 с не заполняются водой, необходимо выключить насос и произвести действия в соответствии с п.2.

4. Включить подачу воздуха в ресивер путем включения тумблера «Подача воздуха».

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

6. Заполнить емкость 21 рабочей жидкостью до уровня примерно на 8 см ниже верхней крышки, для чего открыть кран ВН2 (поз. 14, рис. 1.1) и закрыть кран ВН3, после наполнения до указанного уровня закрыть кран ВН2 и открыть кран ВН3, выключить насос.

7. Заполнить пьезометрические трубки водой на половину высоты (450

мм по мерной шкале)

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».

10. 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.

## 2 ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СТЕНДА

### 2.1 Циркуляционный насос отопления WCP 25-60G

Конструктивное исполнение с «мокрым» ротором. Монтируются непосредственно в линию. Корпус насосов изготовлен из чугуна, рабочее колесо – из полимерных материалов, корпус электродвигателя – из алюминия [2]. Три скорости работы (трехпозиционное ступенчатое регулирование), выбираемые ручным переключением вращающейся ручки на клеммной коробке, характеристики насоса указаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики насос WCP 25-60G

Напор	м вод. ст.	0,5-6,0
Производительность	м <sup>3</sup> /ч	0,5-2,7
Максимальное давление	атм	10
Максимальная температура жидкости	°С	110
Мощность	кВт	0,093
Питание	В/Гц	230/50

Монтаж производится непосредственно на трубопроводе, предпочтительно на вертикальном; ни в коем случае не в нижней точке (чтобы предотвратить накопление отложений в насосе и его блокировку). Стрелка на корпусе мотора указывает направление потока. Запорные клапаны должны быть установлены до и после насоса, чтобы облегчить проведение работ по обслуживанию, проверке, замене и т. п. В то же время необходимо выполнять установку так, чтобы протекающая вода не попадала на мотор и блок управления.

Циркуляционный насос следует, по возможности, устанавливать как можно дальше от трубных изгибов, колен и узлов разветвления, чтобы избежать турбулентных вихрей в потоке всасывания, вызывающих повышенный шум во время работы насоса. Перед установкой циркуляционного

насоса тщательно промойте систему. Для этой цели используйте ТОЛЬКО теплую воду с температурой 80°C. Затем полностью слейте воду из системы, чтобы устранить из контура циркуляции любые вредные включения.

Циркуляционный насос ВСЕГДА устанавливайте так, чтобы обеспечить положение оси вала насоса в горизонтальном положении, а клеммной коробки – сверху или сбоку (рис. 2.1). Монтажные работы проводите таким образом, чтобы исключить попадание капель жидкости на электродвигатель и клеммную коробку как во время установки, так и во время технического обслуживания.

Не добавляйте в воду, залитую в контур циркуляции, присадки, произведенные на основе углеводов и ароматических веществ. Если необходимо использовать антифриз, то его концентрация не должна превышать 40%.

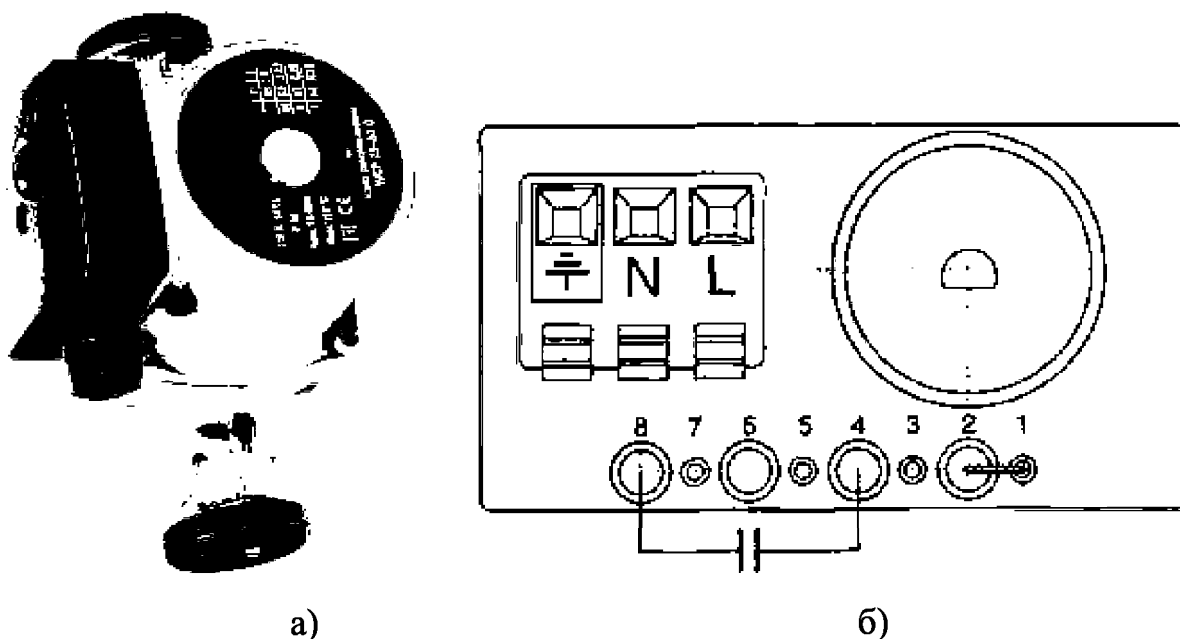


Рисунок 2.1 – Внешний вид (а) и схема подключения насоса WCP 25-60G (б)

Если возникла необходимость в извлечении электродвигателя из кожуха насоса, то при установке его на место тщательно проверьте правильность положения уплотнения.

## 2.2 Преобразователь давления измерительный ПД100

Преобразователь ОВЕН ПД100-ДИ0.1-111-1.0 обеспечивает непрерывное преобразование измеряемого избыточного давления, нейтральных и



неагрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал 4-20 мА и обладает следующими характеристиками [3]:

- верхний предел измерения давления: 0,1 МПа;
- класс точности: 1,0;
- тип интерфейса: 4-20 мА;
- потребляемая мощность: не более 0,8 Вт.

Преобразователь состоит из корпуса 1, штуцера 2, нормирующего преобразователя 3 и кабельного ввода 4, рис. 2.2.

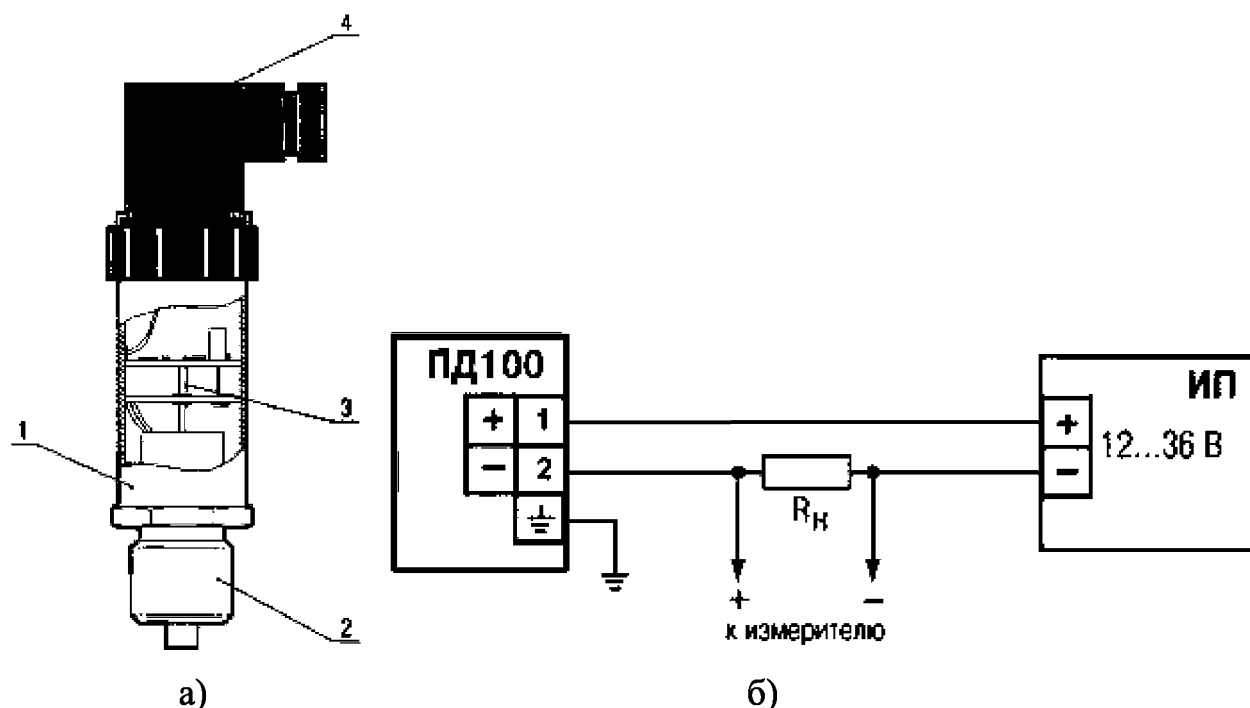


Рисунок 2.2 – Внешний вид (а) и схема подключения ПД100 (б)

Перед первым включением преобразователя необходимо убедиться в правильности монтажа и электрического подключения. После подачи электропитания на преобразователь необходимо проконтролировать наличие выходного сигнала.

### 2.3 Счётчик горячей воды СГВ-20

Счетчики с диаметром условного прохода 20 мм предназначены для измерения объема питьевой воды протекающей по трубопроводу при температуре от плюс 5 плюс 90 °С при давлении не более 1,0 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>), рис. 2.3.

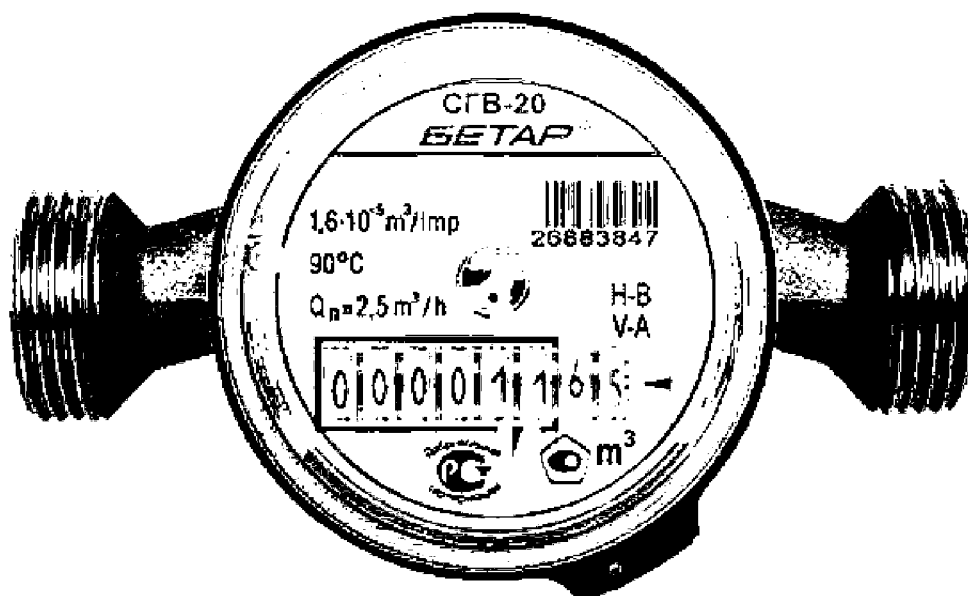


Рисунок 2.3 – Счётчик горячей воды СГВ-20

Основные технические характеристики счетчика [4]:

1. Температура окружающего воздуха, от 5 до 50 °С;
  2. Относительная влажность окружающего воздуха, до 80 %;
  3. Расход воды:
    - максимальный  $Q_{max}=5,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
    - номинальный  $Q_n=2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
    - переходный  $Q_t=0,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
    - минимальный  $Q_{min}=0,05 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
  4. Порог чувствительности, не более  $0,025 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
  5. Пределы допускаемой относительной погрешности счетчика, равны в диапазоне расходов:
    - от  $Q_{min}$  до  $Q_t$ :  $\pm 5,0 \%$ ;
    - от  $Q_t$  до  $Q_{max}$ :  $\pm 2,0 \%$ ;
  6. Емкость индикаторного устройства:  $99999,999 \text{ м}^3$ .
- Счетчик содержит блок для дистанционного считывания сигнала с релейной схемой. Выходной сигнал имеет следующие параметры импульсов:
- цена деления одного импульса,  $\text{м}^3$  -  $0,01$ ;
  - ток, мА - от  $0,1$  до  $50$ ;
  - напряжение, В - от  $0,5$  до  $18$ .

Таблица 2.2 – Назначение выводов импульсного выхода

Цвет изоляции провода	Полярность	Назначение
Черный	-	Объемный расход (съем показаний)
Синий	+	
Красный	+	Сигнал воздействия внешнего магнитного поля
Желтый	•	

### Устройство и работа

Принцип действия счетчика состоит в измерении числа оборотов крыльчатки, вращающейся под действием протекающей воды. Количество оборотов крыльчатки пропорционально объему протекающей воды. Вращение крыльчатки передается на счетный механизм, обеспечивающий за счет понижающего редуктора возможность снятия показаний объема воды.

Счетный механизм изолирован от проточной части счетчика с помощью латунной крышки и уплотнительного кольца и имеет возможность поворота вокруг своей оси для удобства снятия показаний.

Интегратор счетного механизма имеет 8 оцифрованных барабанчиков для указания объема воды:

- первые 5 барабанчиков слева (цифры черные) указывают объем протекающей воды в кубических метрах, последующие 3 барабанчика (цифры красные) соответственно в десятых, сотых, тысячных долях кубического метра. Для дистанционного съема показаний имеется преобразователь с устройством контроля линии телеметрического выхода;

- последний барабанчик имеет дополнительные деления для указания десятитысячных долей кубического метра (одно деление соответствует 0,0002 м<sup>3</sup>).

- сигнальная звездочка служит для индикации работы счетчика и оптоэлектронного съема сигналов при поверке.

- индикаторное устройство имеет дополнительно установленный магнито-управляемый герметизированный контакт, обеспечивающий получение импульсного дистанционного сигнала с ценой 0,01 м<sup>3</sup>/имп.

### 2.4 Биметаллический термометр

Термометр биметаллический предназначены для измерения температуры

различного рода веществ практически во всех фазовых состояниях, рис. 2.4.

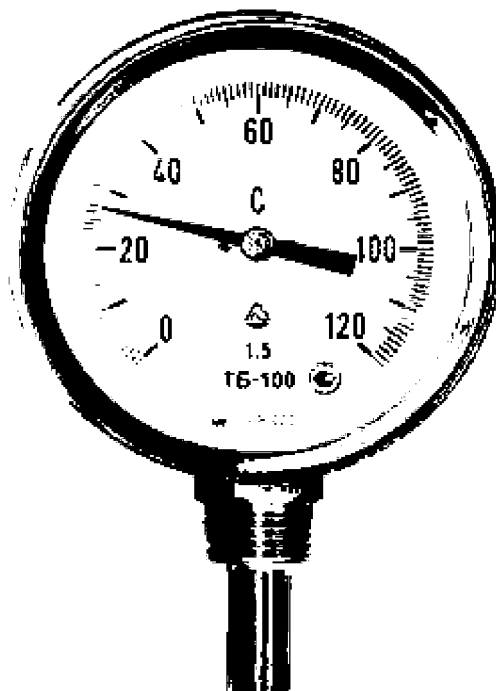


Рисунок 2.4 – Термометр биметаллический ТБП 100/50/ТЗ-(0-120)С

Технические характеристики:

- диаметр корпуса D (мм): 100;
- класс точности: 2,5;
- диапазон измерения: от -20 до 120 °С;
- защита: IP 43;

Исполнение:

- корпус - металл гальванизированный;
- циферблат - металл, окрашенный в белый цвет;
- стекло - техническое;
- измерительный элемент - биметаллическая спиральная пружина;
- присоединительный штуцер - медный сплав;
- исполнение корпуса с радиальным расположением штуцера (Р).

### **2.5 Термопреобразователь сопротивления ДТС035-50М.В3.250**

Предназначены для температурных измерений твердых, жидких и газообразных сред, неагрессивных к защитной арматуре и материалу чувствительного элемента (ЧЭ) датчика, рис.2.5.

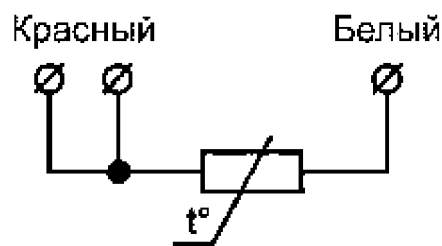


Рисунок 2.5 – Трехпроводная схема внутренних соединений проводов с одним ЧЭ

Термосопротивление с коммутационной головкой позволяет измерять температуру от  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , рис.2.6. Подключение к измерительной линии производится медным кабелем [5].

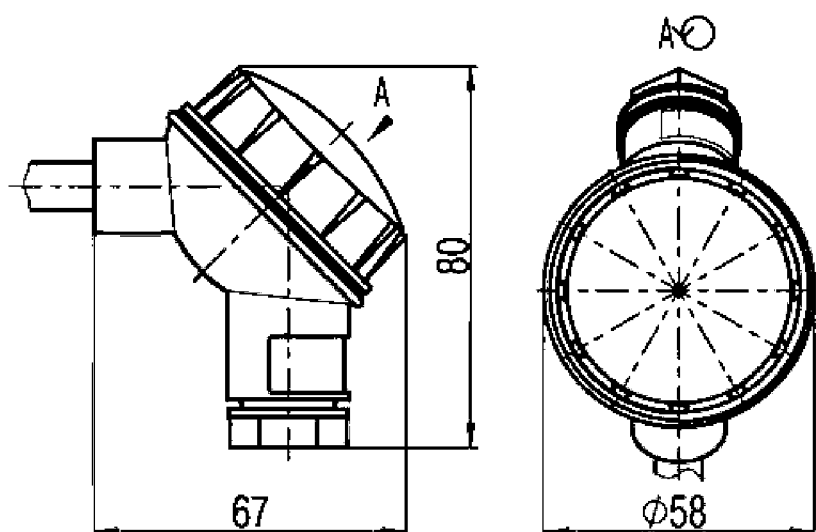


Рисунок 2.6 – Конструктивное исполнение коммутационной головки  
Номинальные статические характеристики (НСХ) по ГОСТ 6651-2009:  
ТСМ 50М и 100М ( $W_{100} = 1,428$ ,  $\alpha = 0,00428\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

Термосопротивление имеет пластмассовую головку с трехпроводной схемой подключения, рис. 2.7. Длина монтажной части 250 мм, рис.2.8. Показатель тепловой инерции: 10-30 с.

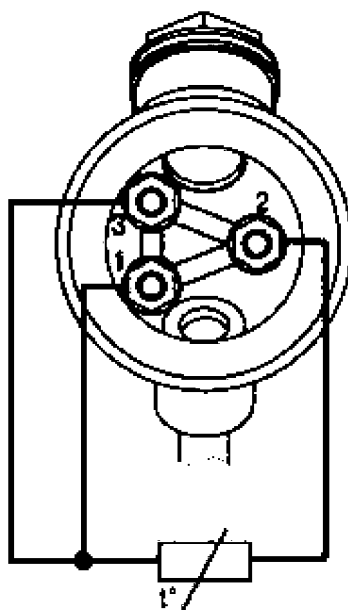


Рисунок 2.7 – Трехпроводная схема подключения проводов к клеммам пластмассовой коммутационной головки с одним ЧЭ

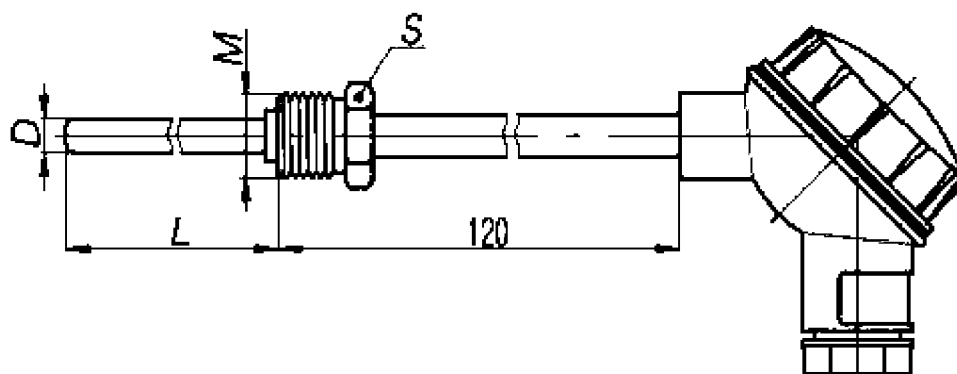


Рисунок Б.2 – Конструктивные исполнения 035, 045 и 145

Таблица Б.2 – Конструктивные исполнения 035, 045 и 145

Конструктивное исполнение	Размеры, мм			Материал защитной арматуры	Длина монтажной части L, мм*
	D	M	S		
035	8	20 × 1,5 мм**	22	Сталь 12Х18Н10Т	60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000
045	10				
145	6				

Рисунок 2.8 – Конструктивное исполнение ДТС035

## 2.6 Измеритель -регулятор ТРМ1

**Терморегулятор** ОВЕН ТРМ1 предназначен для измерения, регистрации или регулирования температуры теплоносителей и различных сред в холодильной технике, сушильных шкафах, печах различного назначения и другом технологическом оборудовании, а также для измерения других физических параметров (веса, давления, влажности и т. п.).

Класс точности 0,5 (термопары)/0,25 (другие типы сигналов). Корпус типа Щ1 (щитовой), рис.2.9.



Рисунок 2.9 – Внешний вид ОВЕН ТРМ1

### Назначение и функции

Прибор предназначен для измерения и регулирования температуры (при использовании в качестве датчиков ТС, ТП или пирометров) и других физических параметров, значения которых датчиками могут быть преобразованы в напряжение постоянного тока или в унифицированный сигнал постоянного тока.

Прибор позволяет выполнять следующие функции:

- измерение температуры или других физических величин (давления, влажности, расхода, уровня и т.п.) в одной точке с помощью стандартных датчиков, подключаемых к универсальному входу прибора;
- скоростные измерения (0,1 секунд) с использованием унифицированных датчиков тока;
- обработку входных сигналов:
- цифровую фильтрацию и коррекцию;
- масштабирование унифицированного сигнала для отображения на

индикаторе физической величины;

- вычисление и индикацию квадратного корня из измеряемой величины;
- регулирование измеряемой величины по двухпозиционному (релейному) закону или сигнализация по П- или U-образной логике;
- отображение текущего измерения на встроенном светодиодном цифровом индикаторе;
- сохранение при отключении питания в энергонезависимой памяти функциональных параметров прибора, заданных при настройке.
- формирование выходного тока 4...20мА или напряжения 0...10В для регистрации или управления исполнительными механизмами по П-закону (при использовании в качестве выходного устройства ЦАП).

Основные технические прибора указаны на рисунке 2.10.

Наименование	Значение
Диапазон переменного напряжения питания для всех типов корпусов: напряжение частота	90 ... 245 В 47 ... 63 Гц
Потребляемая мощность (для приборов с переменным напряжением питания)	не более 10 Вт
Диапазон постоянного напряжения питания (кроме модификаций с выходами СЗ в корпусе Щ1, Щ2, Н, Д)	20...375 В (номинальное напряжение 24 В)
Потребляемая мощность (только для приборов с типом корпуса Щ11)	не более 7 ВА
Напряжение встроенного источника питания постоянного тока	24 ± 2,4 В
Максимальный выходной ток встроенного источника питания: для модификаций с переменным напряжением питания 90...245 В	80 мА 50 мА
Время опроса входа: ТС ТП унифицированные сигналы постоянного напряжения и тока для приборов в корпусах Н, Щ1, Щ2 и Д для приборов в корпусе Щ11	не более 0,8 сек не более 0,4 сек не более 0,4 сек не более 0,1 сек

Рисунок 2.10 – Характеристики прибора

Выходное устройство электромагнитное реле: 8 А при 220 В 50...60 Гц  $\cos\varphi > 0,4$ .

Назначение контактов клеммника, показано на рис. 2.10.





Рисунок 2.11 – Назначение контактов клеммной колодки прибора в щитовом исполнении Щ1

Подключение ТС по трёхпроводной схеме, рис. 2.11. В приборе используется трехпроводная схема подключения ТС. Допускается соединение ТС с прибором по двухпроводной линии только с обязательным выполнением определенных условий.

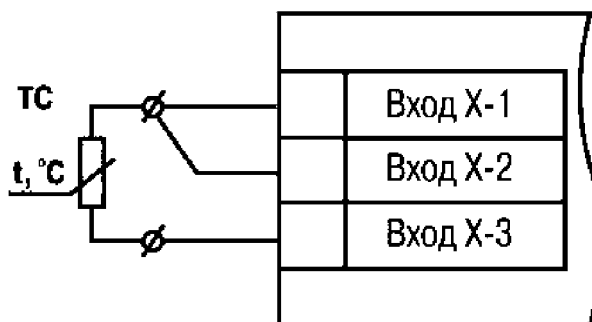


Рисунок 2.10 – Трёхпроводная схема подключения ТС

Подключение нагрузки к выходному устройству (ВУ) типа Р, рис. 2.12.

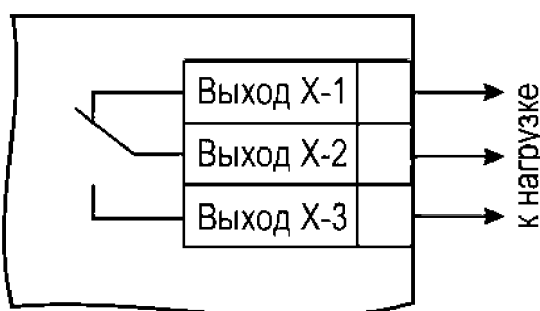


Рисунок 2.13 – Схема подключения к ВУ типа Р

### Принцип работы

При обработке измеренного значения выполняются следующие функции:

- цифровая фильтрация измерений (для ослабления влияния внешних импульсных помех на эксплуатационные характеристики прибора);
- коррекция измерительной характеристики датчиков (для устранения

начальной погрешности преобразования входных сигналов и погрешностей, вносимых соединительными проводами);

– вычисление квадратного корня с учетом настроек масштабирования. Выполняется для работы с унифицированными датчиками, сигнал которых пропорционален квадрату измеряемой величины (например, датчики расхода жидкости или газа).

Функциональная схема прибора, рис. 2.14.

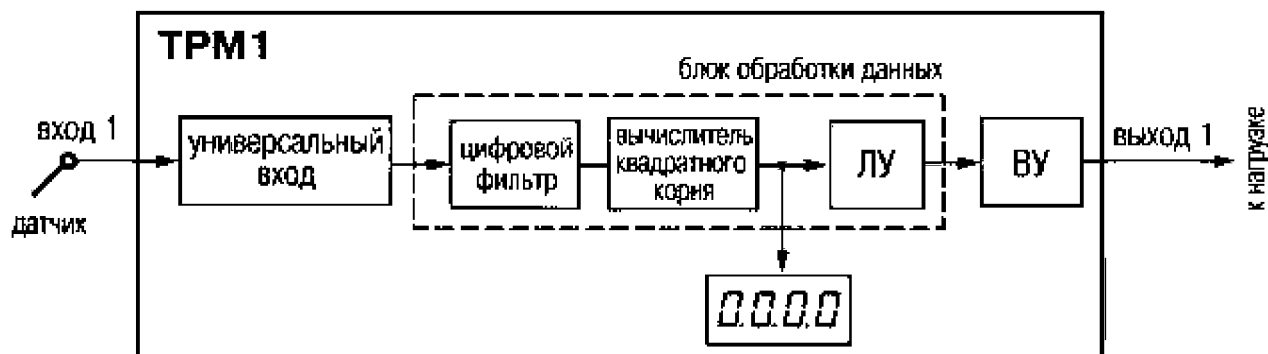


Рисунок 2.14 – Функциональная схема прибора

Измеренное значение используется как входное значение для логического устройства (ЛУ), которое анализирует входное значение и формирует выходной сигнал в соответствии с выбранными параметрами настройки.

Выходное устройство ВУ передает управляющие сигналы на исполнительные механизмы. ВУ может быть дискретного или аналогового типа.

## 3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ USB-МОДУЛЯ E14-140M

### 3.1 Общие сведения

Для преобразования аналоговых сигналов с измерителей-регуляторов стенда и передачи их в ПК используется внешний модуль АЦП/ЦАП типа L-CARD E14-141M, поз. 62 (рис.1.7).

**E14-140M** – предназначен для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации с наличием USB интерфейса для подключения к ПК. **E14-140M** имеет АЦП 14 бит/ 200 КГц для подключения до 16 дифференциальных каналов или 32 с «общей землёй».

**Выбор диапазонов измерения осуществляется программно.** Синхронизация АЦП возможна по внешнему синхросигналу или по уровню входного сигнала. Есть режим межмодульной синхронизации [7].

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

Конструктивно преобразователь выполнен на основе печатной платы

с электронными компонентами, деталями и разъемами, предназначенными для подключения внешних электрических цепей. Выпускается пластмассовом корпусе, внешний вид и место пломбирования преобразователя представлены на рис. 3.1

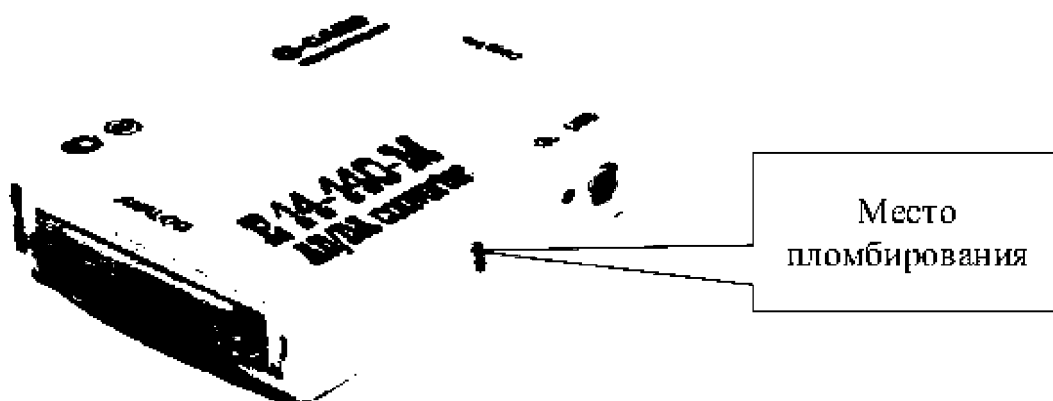


Рисунок 3.1 – Внешний вид преобразователя E14-140M и место пломбирования

**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, основные технические характеристик показаны в таблица 3.1.

Таблица 3.1 – Метрологические и технические характеристики преобразователя E14-140M

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений напряжения постоянного тока, В	от -10 до +10
Пределы допускаемой приведенной (к верхнему значению предела измерений) основной погрешности измерений напряжения постоянного тока, %, для пределов:	
– 10 и 2,5 В	±0,05
– 0,6 В	+0,1
– 0,15 В	±0,5
Диапазон измерений напряжения переменного тока в диапазоне частот от 0,02 до 99 кГц, В	от 10 <sup>-1</sup> до 7

Подробные метрологические характеристики преобразователя приводятся в [7, табл.4]. Влияние встроенного ПО учтено при нормировании метрологических характеристик преобразователя. Идентификационное наименование ПО L-Card t E14-140M.

Внешнее ПО является метрологически значимым и 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.

Вклад внешнего ПО в суммарную погрешность измерений незначителен, так как определяется погрешностью вычислений, являющейся ничтожно малой величиной по сравнению с аппаратной погрешностью преобразователей.

Уровень защиты встроенного и внешнего ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений – «средний» в соответствии с Р 50.2.077-2014.

### **3.2 Метрологические и аппаратные характеристики преобразователя напряжения L-Card E14-140M**

Преобразователь обеспечивают свои технические характеристики в пределах норм, установленных техническими условиями, по истечении времени установления рабочего режима, равного 10 мин.

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

- напряжением постоянного тока  $\pm 30$  В при включенном питании;
- напряжением постоянного тока  $\pm 10$  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.

Некоторые аппаратные характеристики прибора показаны на рисунке 3.2.

Таблица 3.2 – Аппаратные характеристики L-Card E14-140M

<b>Характеристика, возможность</b>	<b>E14-140-M</b>
Тип контроллера	ARM-контроллер AT91SAM7S256 с тактовой частотой ядра 48 МГц, внутреннее ОЗУ – 64 кБ
Тип ПЛИС внутреннего управления	EPM570T100C5 (570 логических ячеек)
Штатная возможность пользовательского программирования контроллера	предоставляется
Штатная возможность подключения отладочных средств	предоставляется через JTAG-разъём, доступный при снятии нижней крышки корпуса.
Обработка синхросигнала сигнала INT (старта сбора данных)	Аппаратная (посредством ПЛИС), но возможно и средствами ARM-контроллера
Функция триггера Шмитта на входе INT	Присутствует
Аналоговая синхронизация старта преобразований АЦП	Реализована аппаратными средствами ПЛИС. Это обеспечивает повышенную точность синхронизации.
Цифровая синхронизация старта преобразований АЦП	Реализована аппаратными средствами ПЛИС. Реакция на сигнал старта детерминирована – до 1-го периода установленной частоты преобразования АЦП.

Рисунок 3.1 – Аппаратные характеристики L-Card E14-140M

Остальные аппаратные и программные характеристики L-Card E14-140M представлены в [9].

### 3.3 Устройство L-Card E14-140M

Конструкция прибора состоит из пластмассового корпуса с закрепленными внутри печатной платой и элементами объемного монтажа [10]. Корпус скрепляется при помощи винтовых соединений и пломбируется после сборки, рис. 3.1. На боковых поверхностях корпуса расположены: разъем «USB» для подключения кабеля USB, светодиодный индикатор «GL», отображающий состояние связи по интерфейсу USB, разъем «DIGITAL» типа DB37F для подключения цифровых линий, разъем «ANALOG» типа DF37M для подключения измерительных входов АЦП и выходов ЦАП к внешним электрическим цепям.

Функциональная схема E14-140M приведена на Рисунок 3..

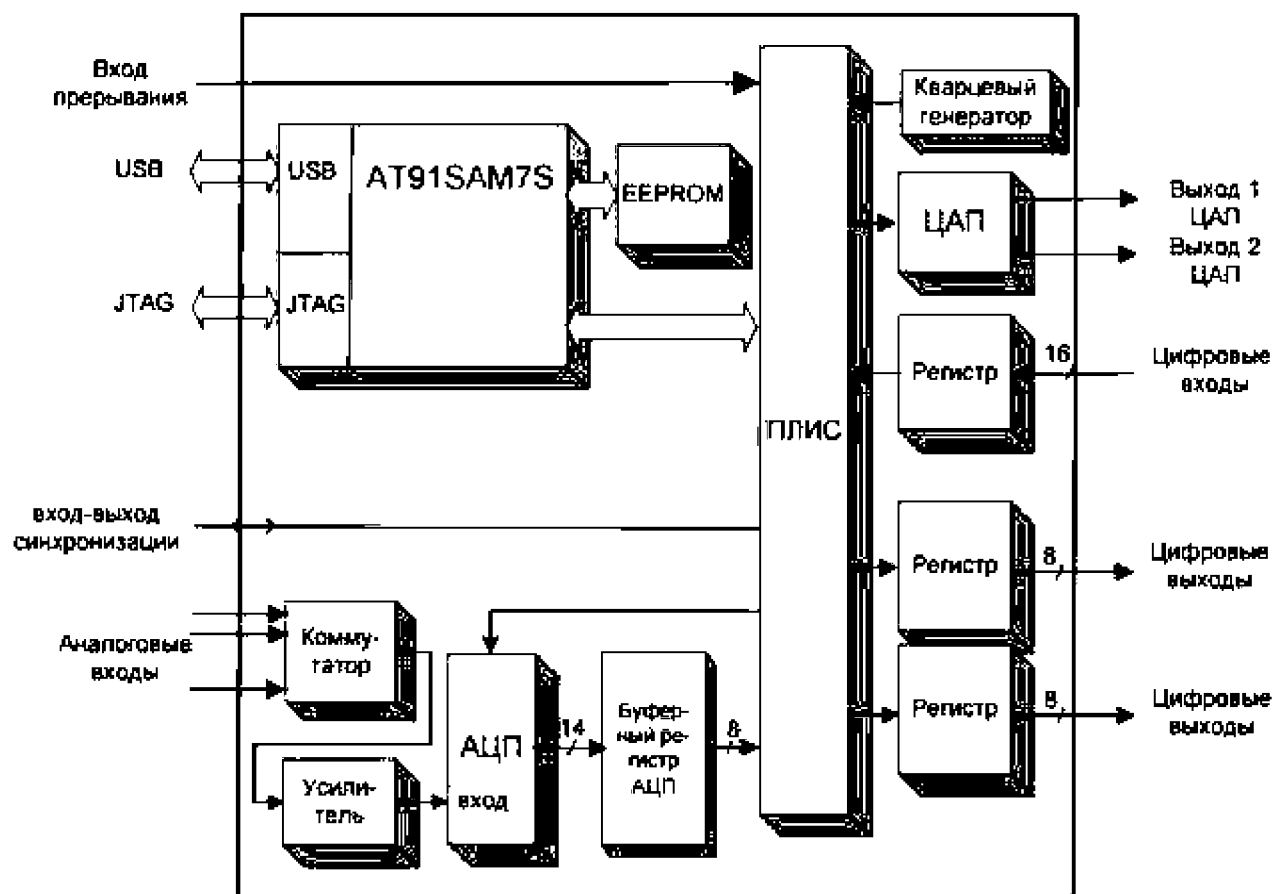


Рисунок 3.3 – Функциональная схема E14-140M

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

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, приводящих 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 таблице 3.3.

Таблица 3.2 – Назначение контактов разъёма «ANALOG»

Номер контакта	Обозначение и назначение контакта	Номер контакта	Обозначение и назначение контакта
1	DAC1 – выход ЦАП 1	20	INT – вход внешней синхронизации
2	DAC2 – выход ЦАП 2	21	GND32 – «общий провод» для 32-канальной схемы подключения
3	AGND – «аналоговая земля»	22	Вход X16
4	Вход Y16	23	Вход X15
5	Вход Y15	24	Вход X14
6	Вход Y14	25	Вход X13
7	Вход Y13	26	Вход X12
8	Вход Y12	27	Вход X11
9	Вход Y11	28	Вход X10
10	Вход Y10	29	Вход X9
11	Вход Y9	30	Вход X8
12	Вход Y8	31	Вход X7
13	Вход Y7	32	Вход X6
14	Вход Y6	33	Вход X5
15	Вход Y5	34	Вход X4
16	Вход Y4	35	Вход X3
17	Вход Y3	36	Вход X2
18	Вход Y2	37	Вход X1
19	Вход Y1		

Примечание: При дифференциальном подключении «X» – неинвертирующие входы, «Y» – инвертирующие входы

Подключение цифровых входов и выходов к внешним электрическим цепям осуществляют посредством разъема «DIGITAL» (тип DB-37F) в соответствии с обозначением и назначением контактов, указанными в таблице 3.3. Ответная часть разъема входит в комплект поставки E14-140.

Таблица 3.3 – Назначение контактов разъёма «DIGITAL»

Номер контакта	Обозначение и назначение контакта	Номер контакта	Обозначение и назначение контакта
1	IN1	20	OUT1
2	IN2	21	OUT2
3	IN3	22	OUT3
4	IN4	23	OUT4
5	IN5	24	OUT5
6	IN6	25	OUT6
7	IN7	26	OUT7
8	IN8	27	OUT8
9	IN9	28	OUT9
10	IN10	29	OUT10
11	IN11	30	OUT11
12	IN12	31	OUT12
13	IN13	32	OUT13
14	IN14	33	OUT14
15	IN15	34	OUT15
16	IN16	35	OUT16
17	Digital GND	36	DigitalGND
18	+3.3 В	37	+5 В
19	INT		

### 3.5 Первоначальная настройка преобразователя

#### 3.5.1 Минимальные системные требования.

Для работы необходимого программного обеспечения потребуется [11]:

- 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>.

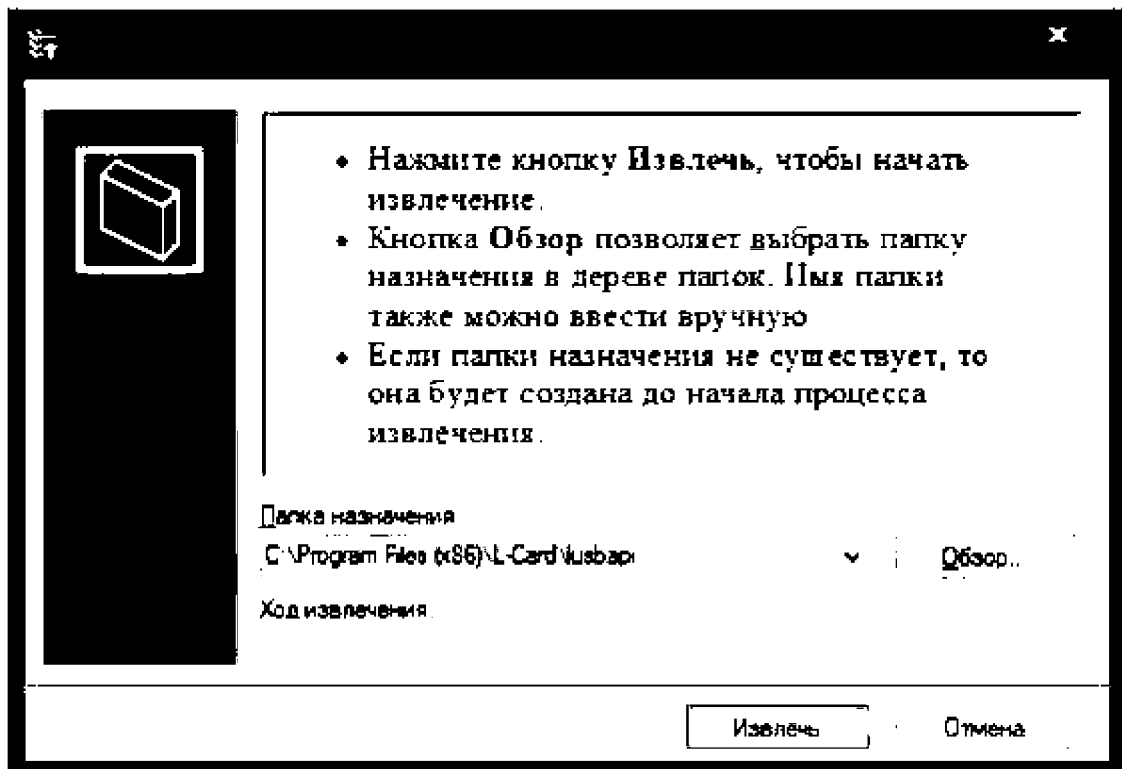


Рисунок 3.2 – Запуск установщика

Нажать кнопку “Извлечь” для продолжения. По завершении распаковки установщик закроется автоматически

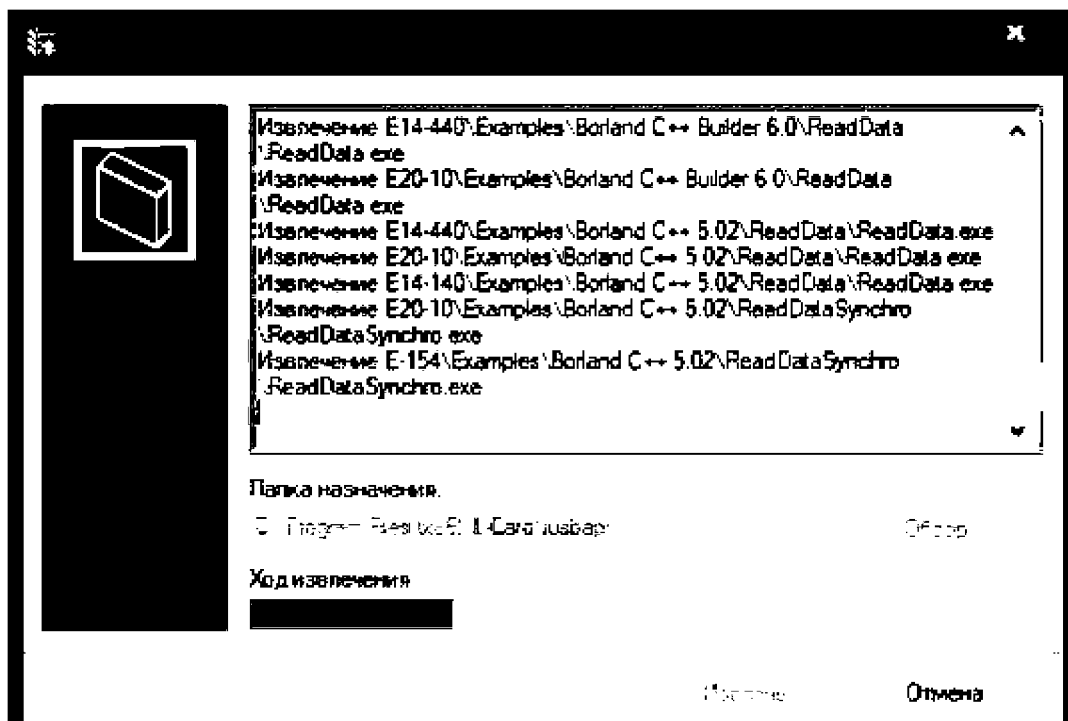


Рисунок 3.3 – Распаковка архива

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

1. Скопировать бинарный файл библиотеки \DLL\Bin\Lusbapi.dll в директорию \Windows\system32 - вручную либо воспользовавшись готовым командным файлом \DLL\CopyLusbapi.bat в режиме “Запуск от имени администратора”.

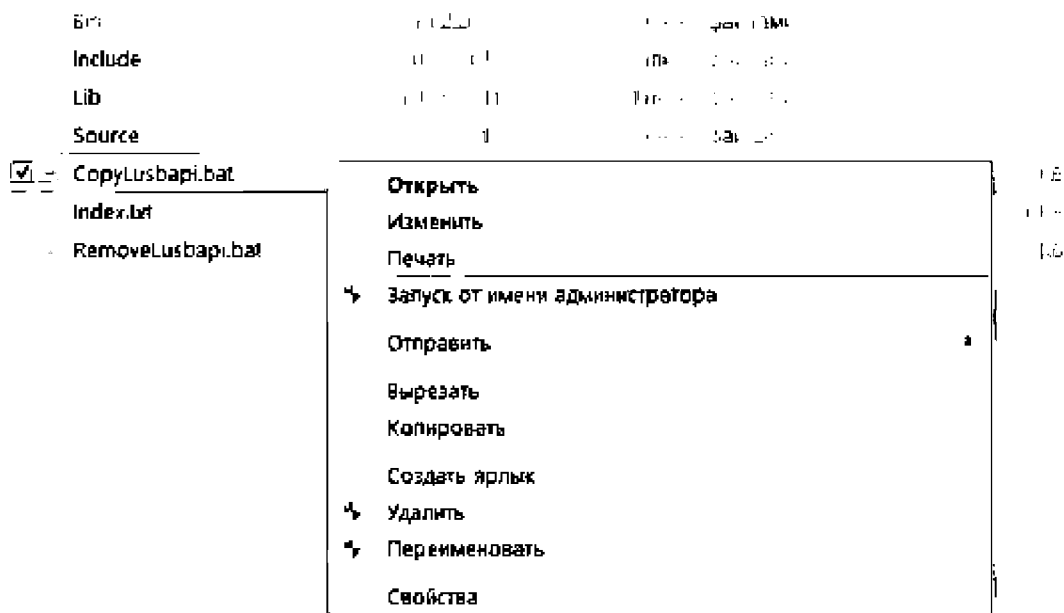


Рисунок 3.4 – Запуск от имени Администратора

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”

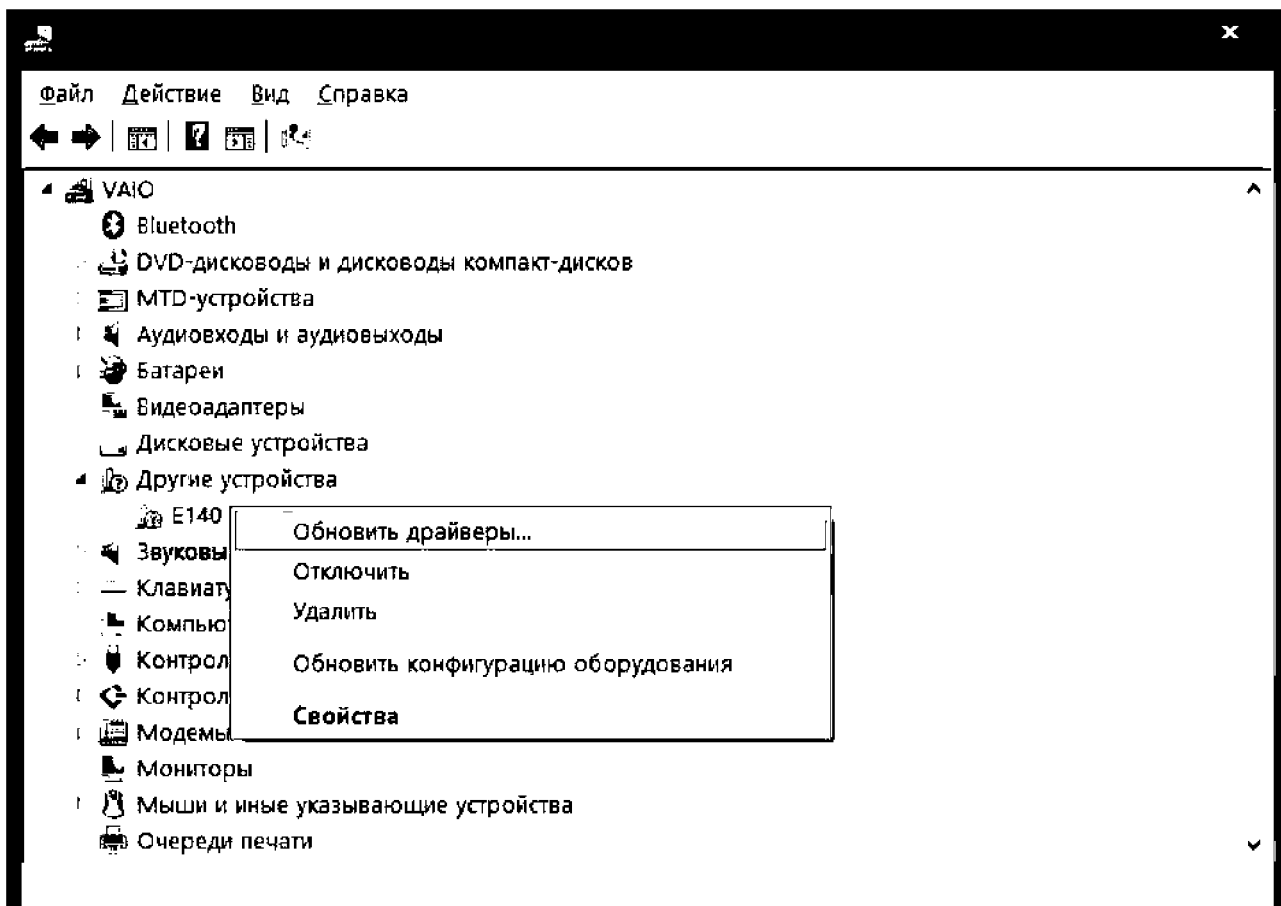


Рисунок 3.5 – Обновить драйверы

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 отобразиться в “Диспетчере устройств”.

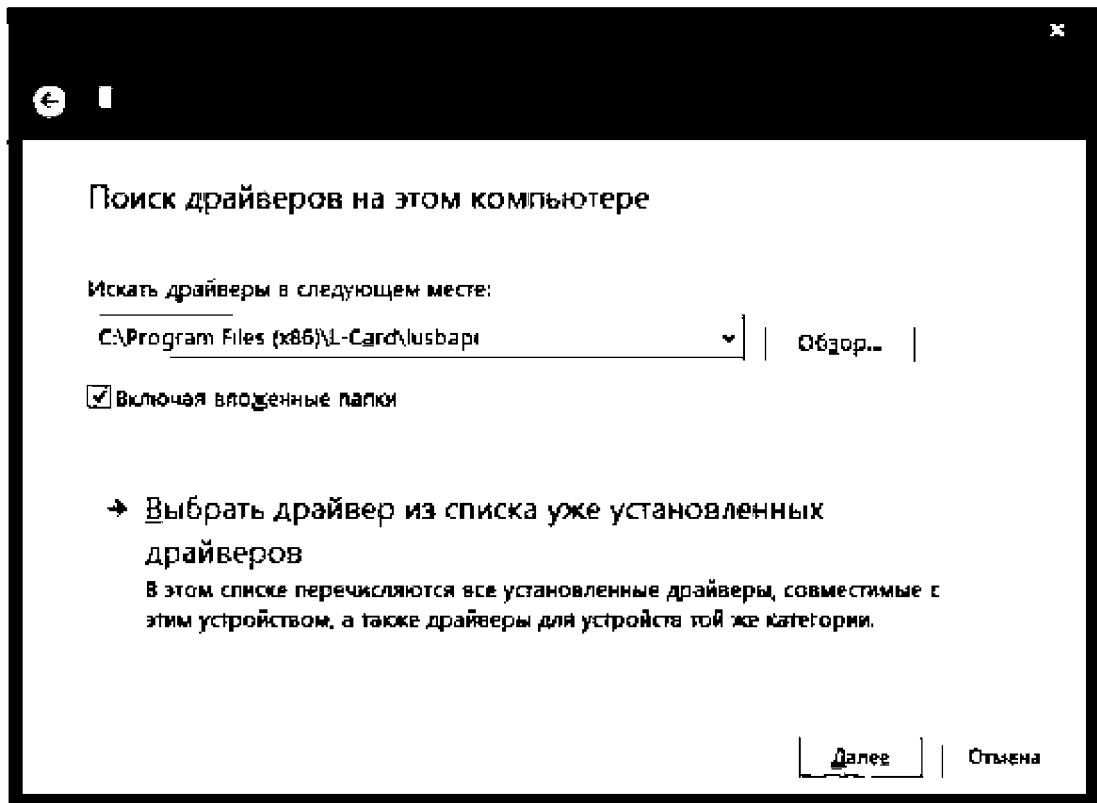


Рисунок 3.6 – Поиск драйверов

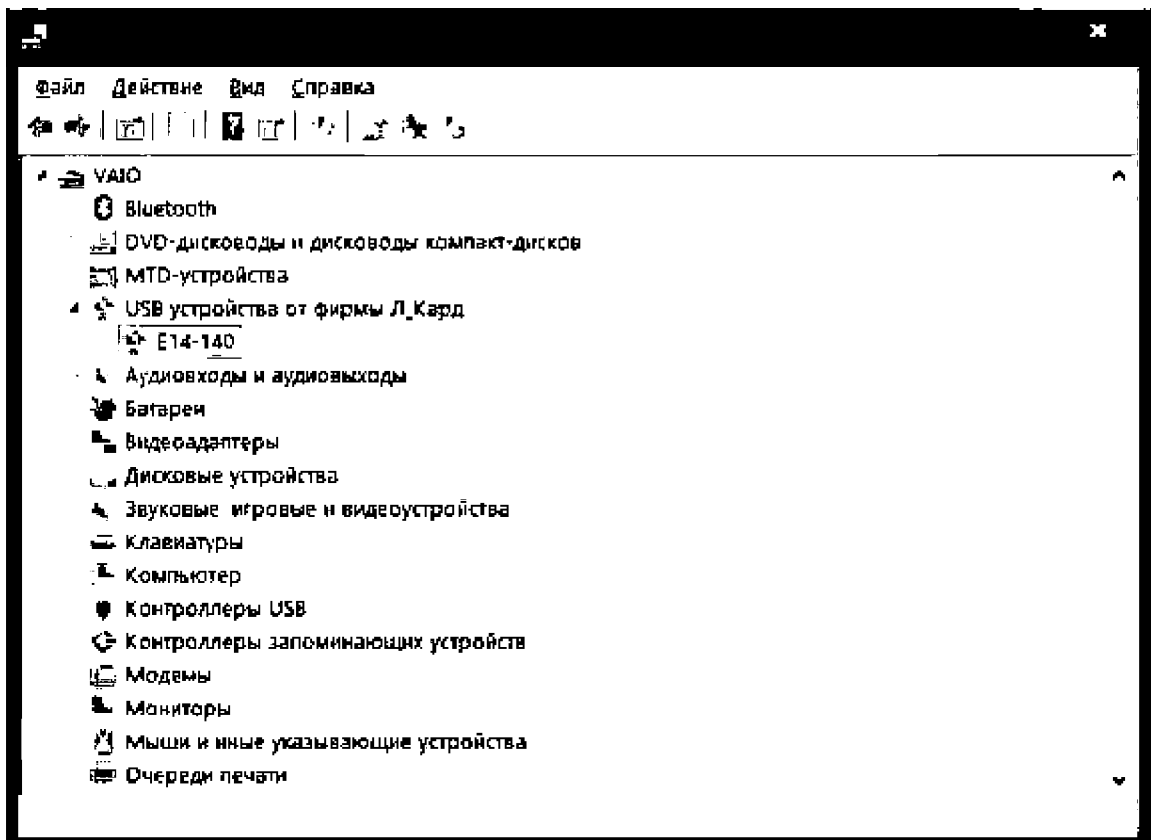


Рисунок 3.7 – Диспетчер устройств



### 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>.



Рисунок 3.8 – Разрядность системы

Подтвердите разрядность системы нажатием “ОК”. В открывшемся окне мастера установки нажмите “Далее” для продолжения.

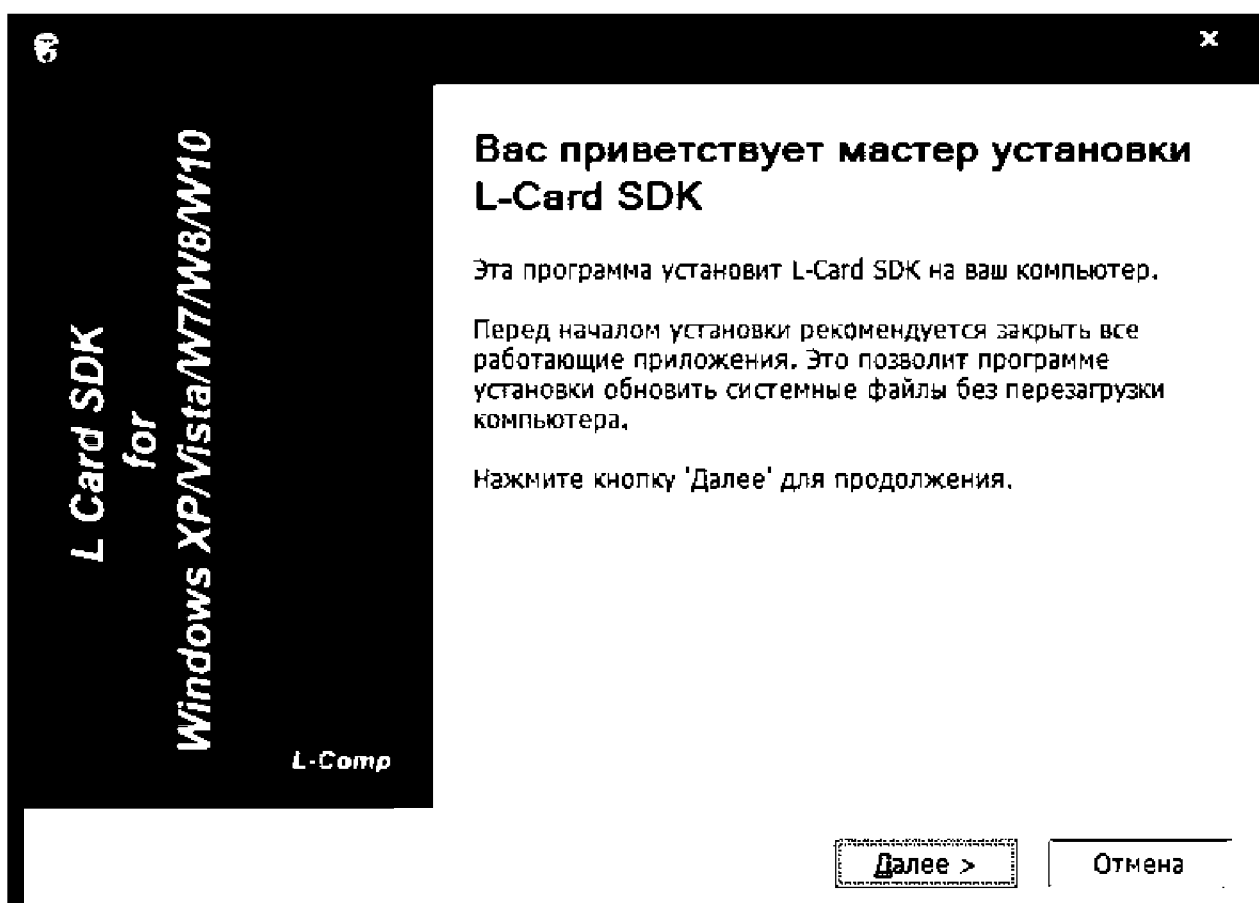


Рисунок 3.9 – Запуск установщика

Ознакомьтесь с лицензионным соглашением и нажмите “Принимаю” для

продолжения.

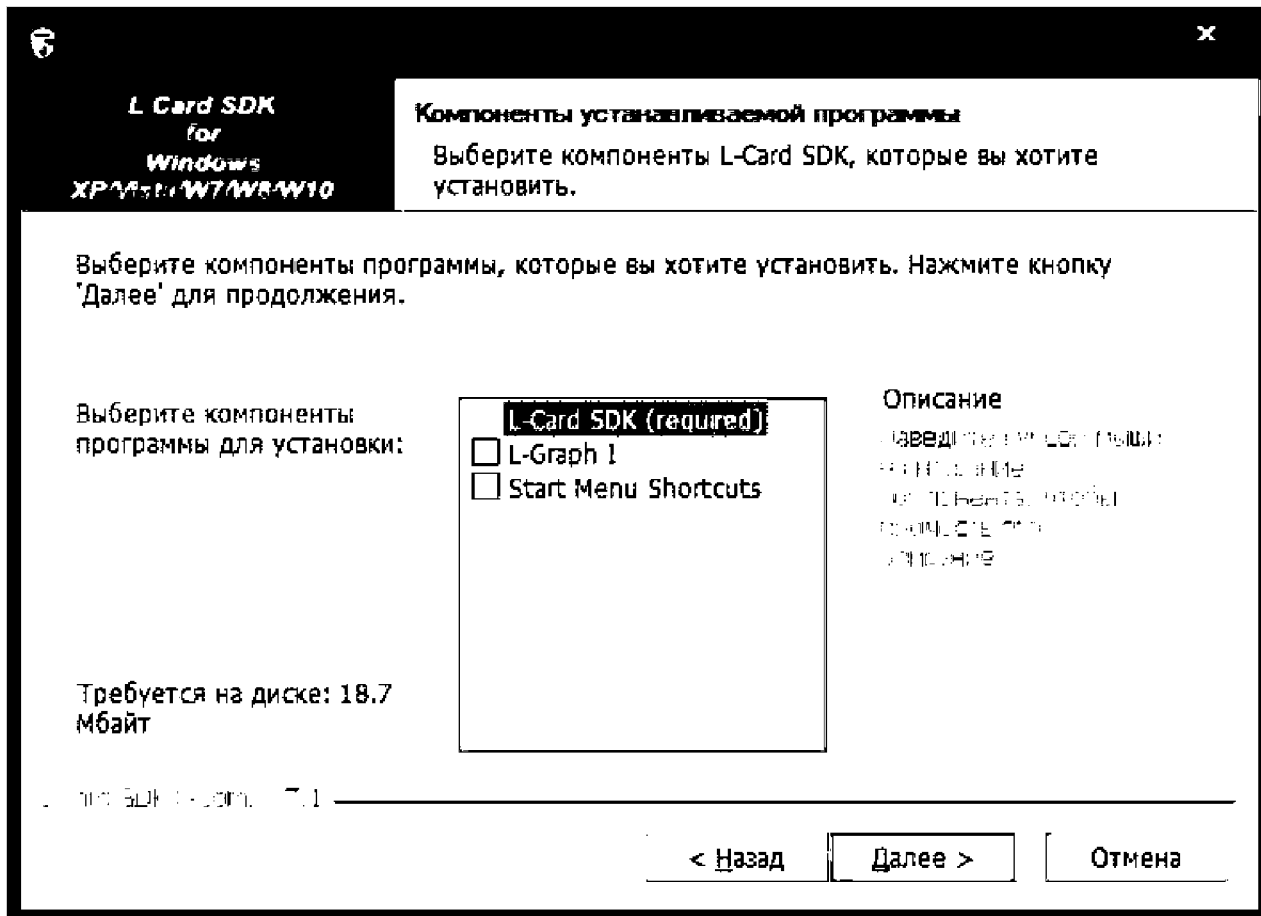


Рисунок 3.10 – Выбор компонентов пакета

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

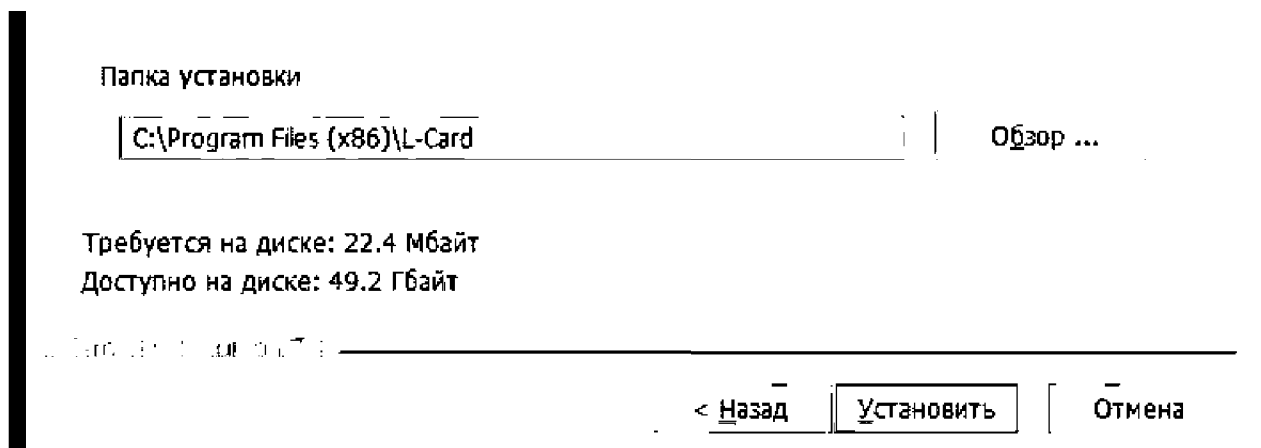


Рисунок 3.11 – Выбор каталога

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”

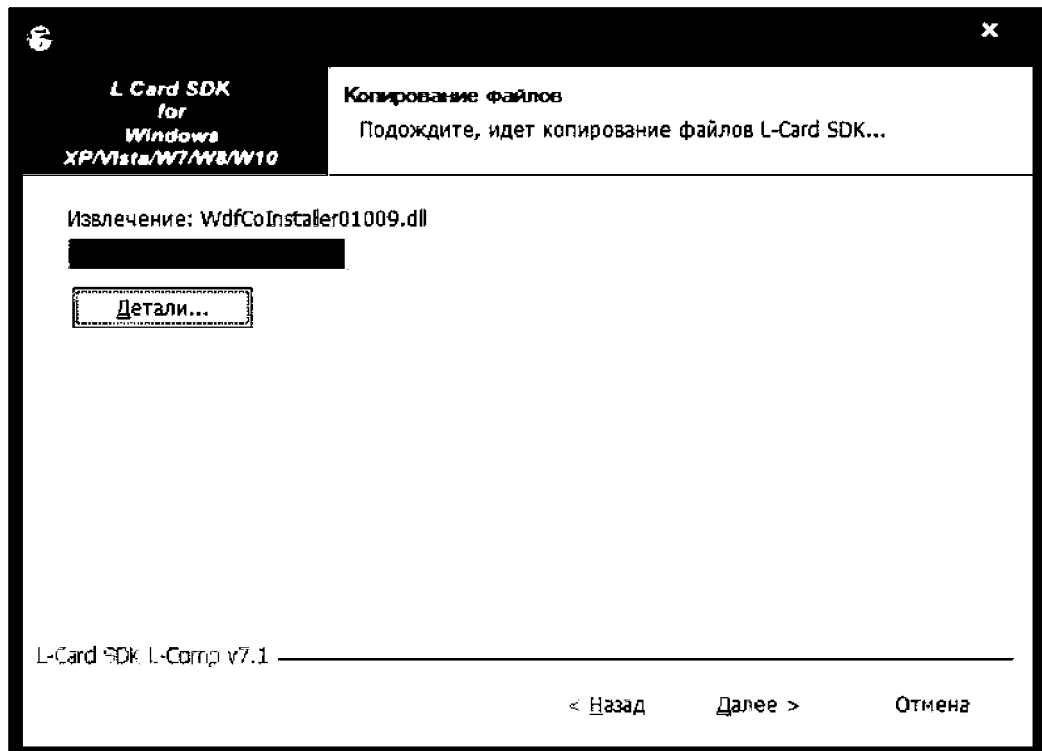


Рисунок 3.12 – Копирование файлов

В процессе установки Вам будет предложено запустить Мастер установки драйверов устройств. Для продолжения нажмите “Далее”.

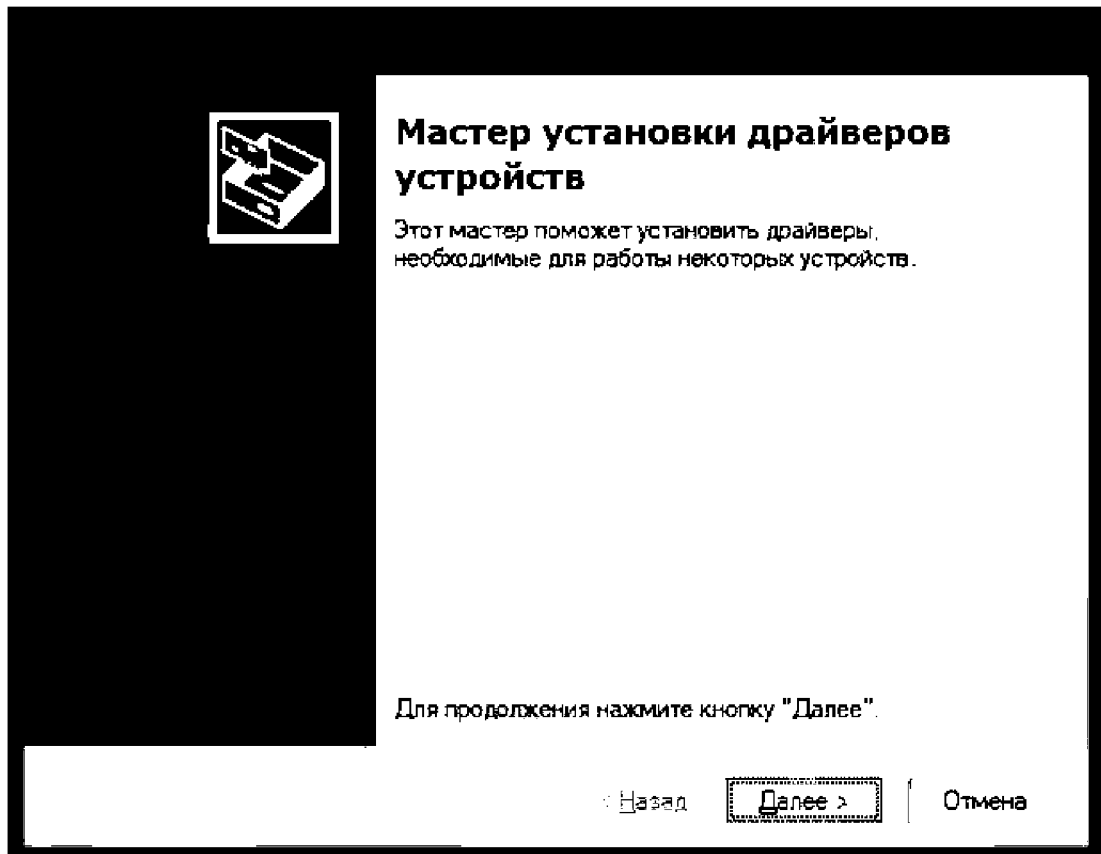


Рисунок 3.13 – Мастер установки драйверов

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

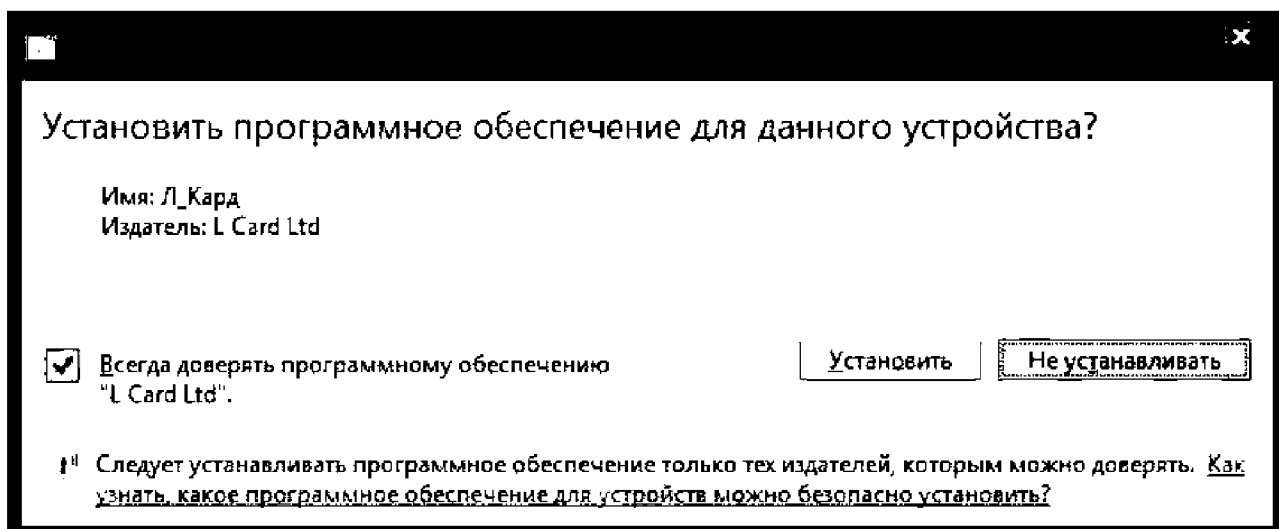


Рисунок 3.14 – Установка драйвера

По завершении установки драйверов нажмите “Готово”.

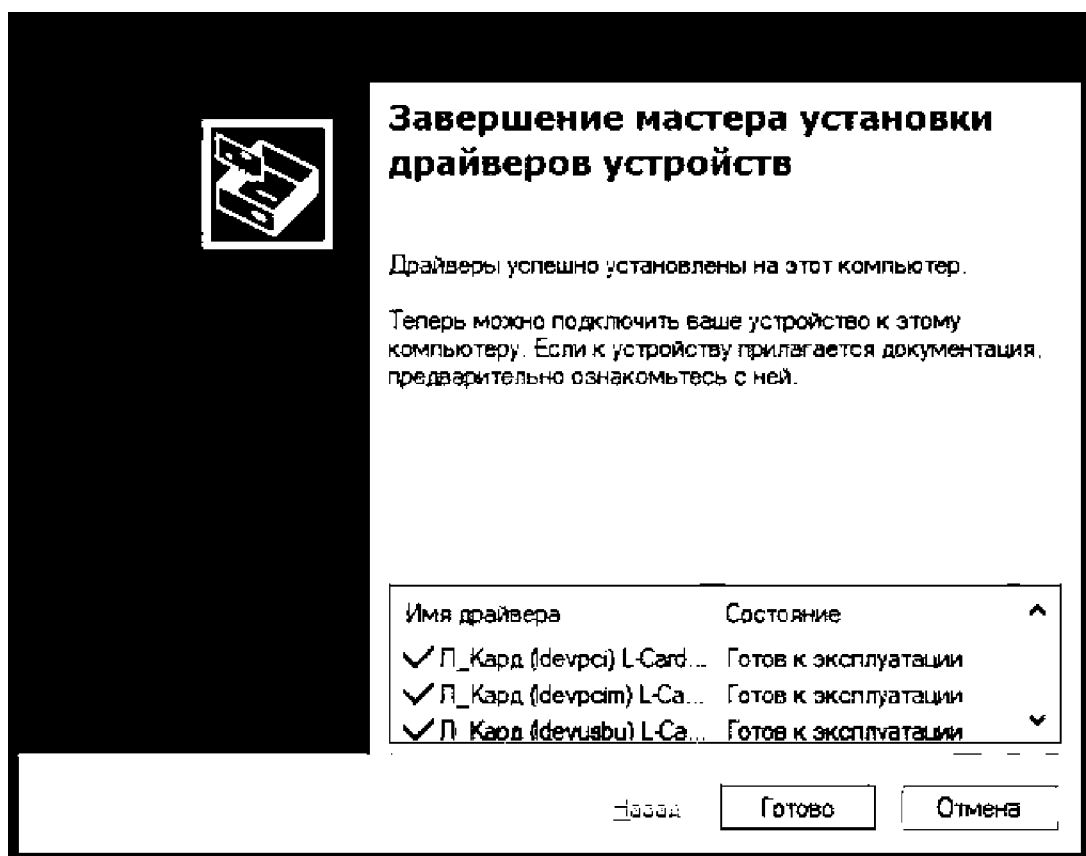


Рисунок 3.15 – Завершение установки

### 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>.

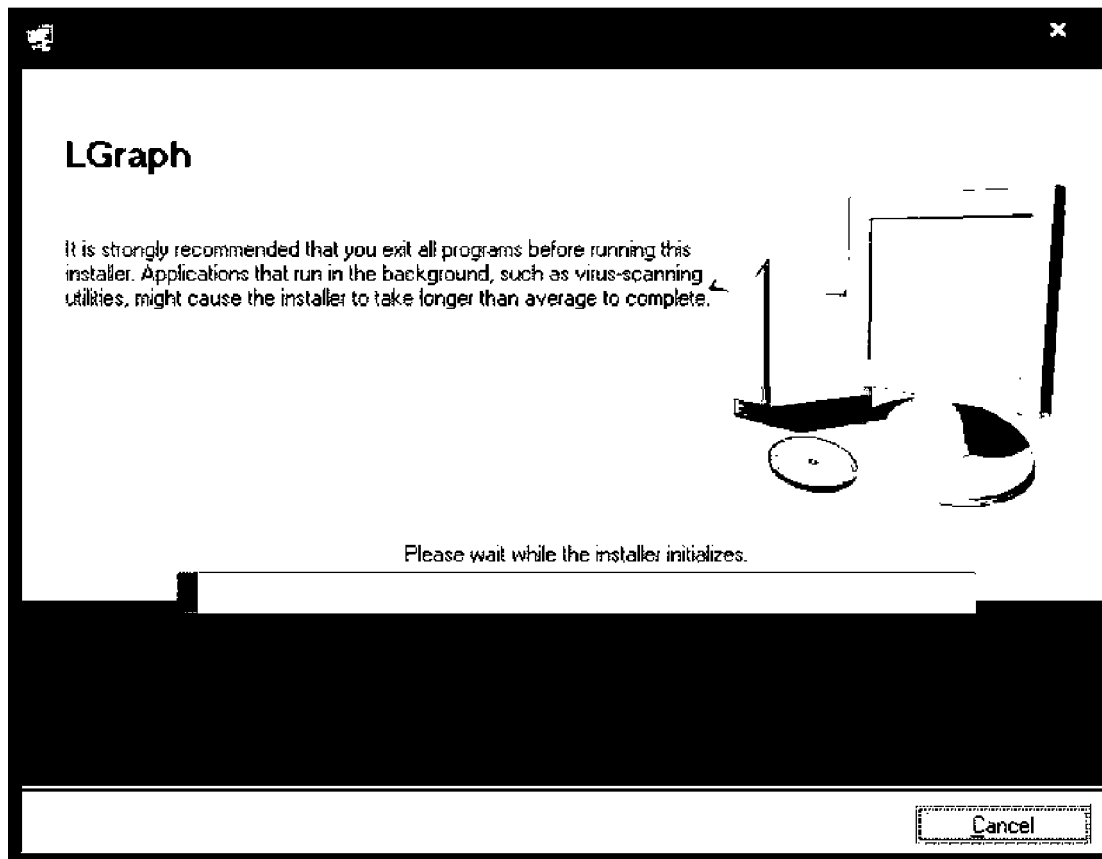


Рисунок 3.16 – Запуск установщика

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

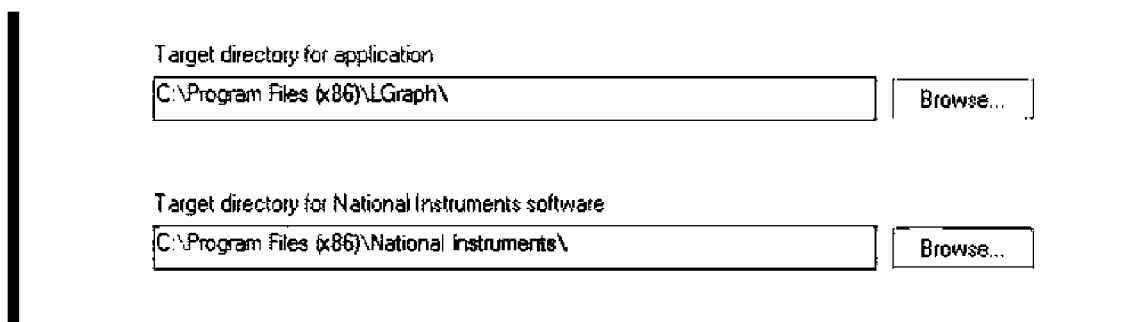


Рисунок 3.17 – Выбор каталога на диске

Подтвердите установку продукта нажатием кнопки “Next”. При

необходимости сохранить лог установки нажмите “Save File” и выберите место назначения лога.

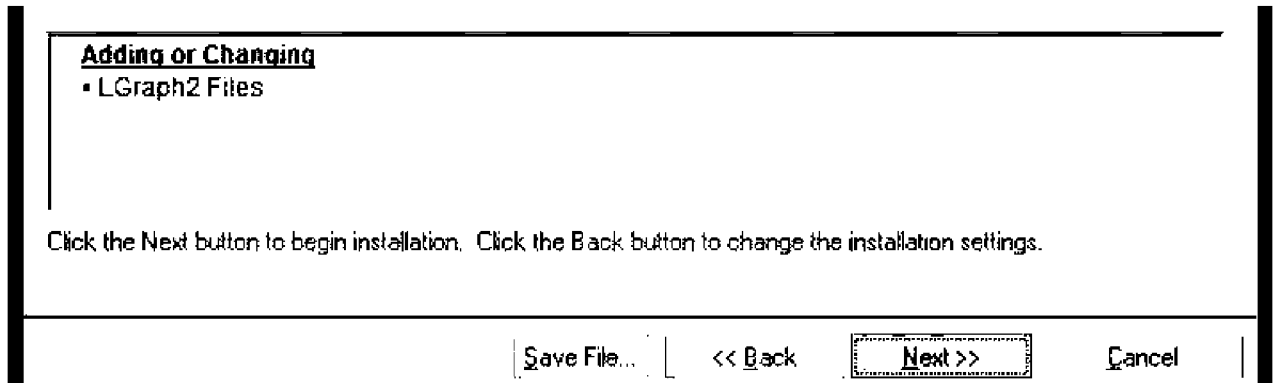


Рисунок 3.18 – Выбор места сохранения лога

По завершении установки нажмите “Finish”.

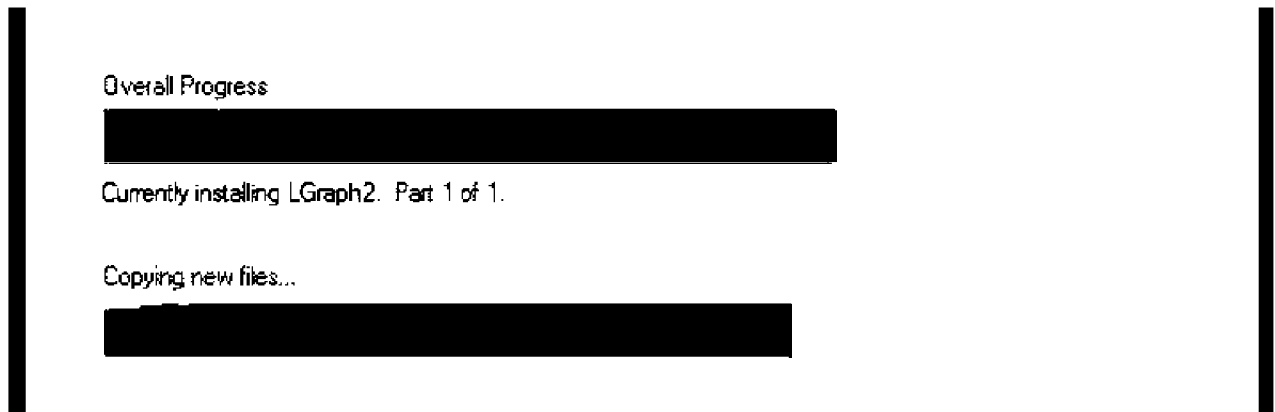


Рисунок 3.19 – Завершение установки

Система предложит выполнить перезагрузку. Перезагрузите компьютер после установки программы нажатием кнопки “Restart”.

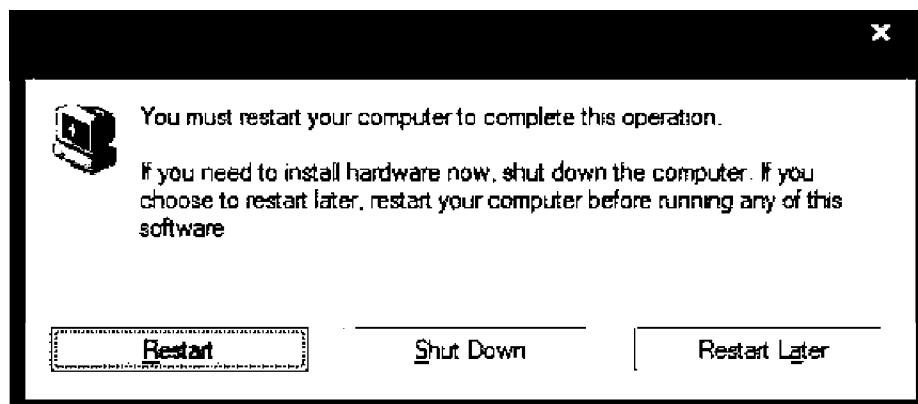


Рисунок 3.20 – Перезагрузка

### 3.5.5 Процедура подключения модуля E14-140-M

Подключите модуль E14-140-M к USB, как показано рис. 3.22. Светодиодный индикатор дважды мигнет красным светом.

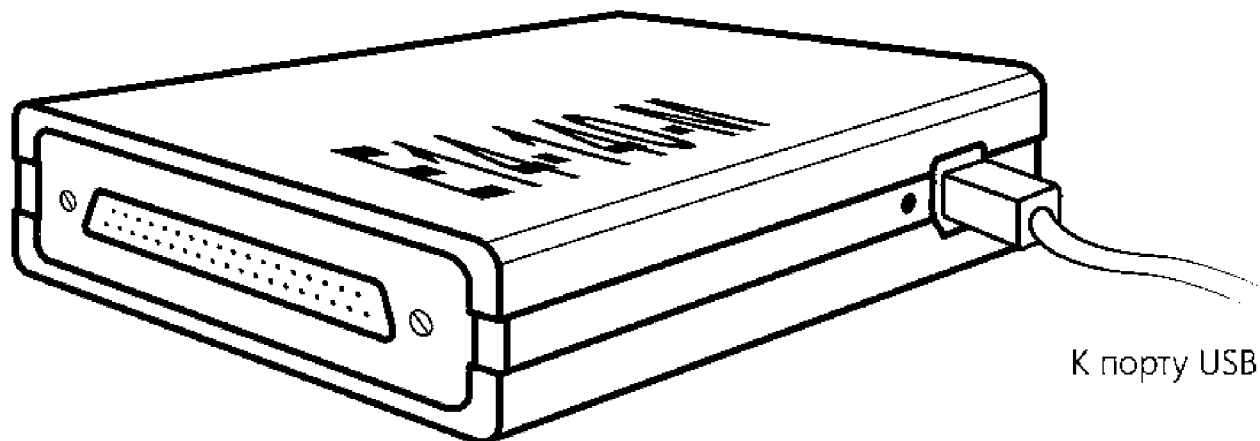


Рисунок 3.21 – Подключение к USB

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.

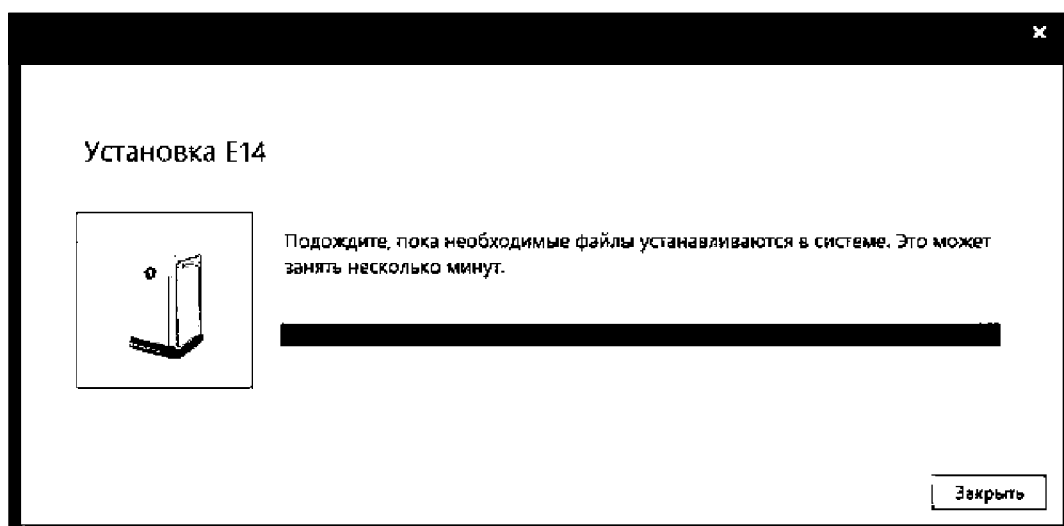


Рисунок 3.22 – Окно настройки оборудования

### 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”.

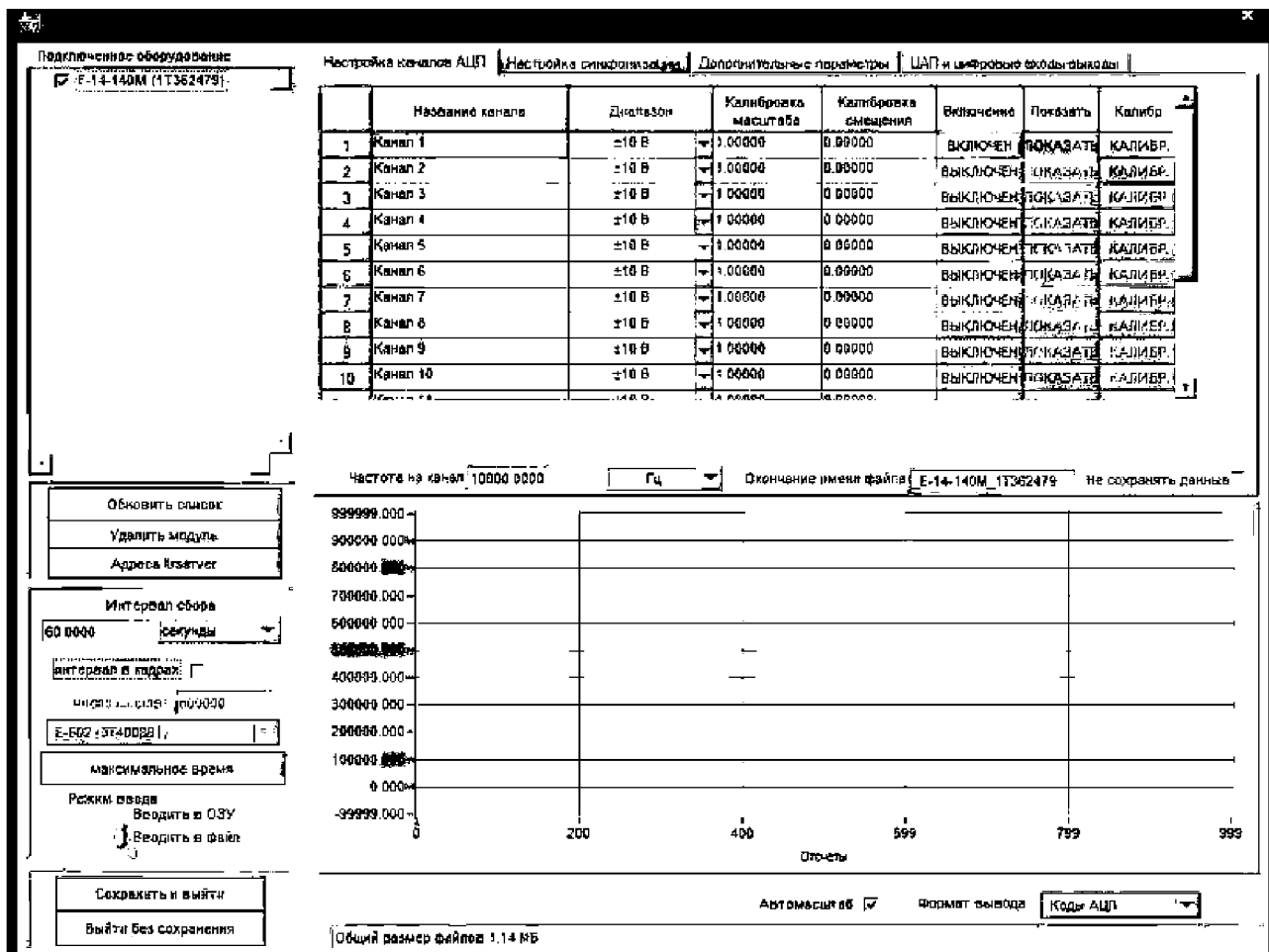


Рисунок 3.23 – Конфигурация ПО LGraph2

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).



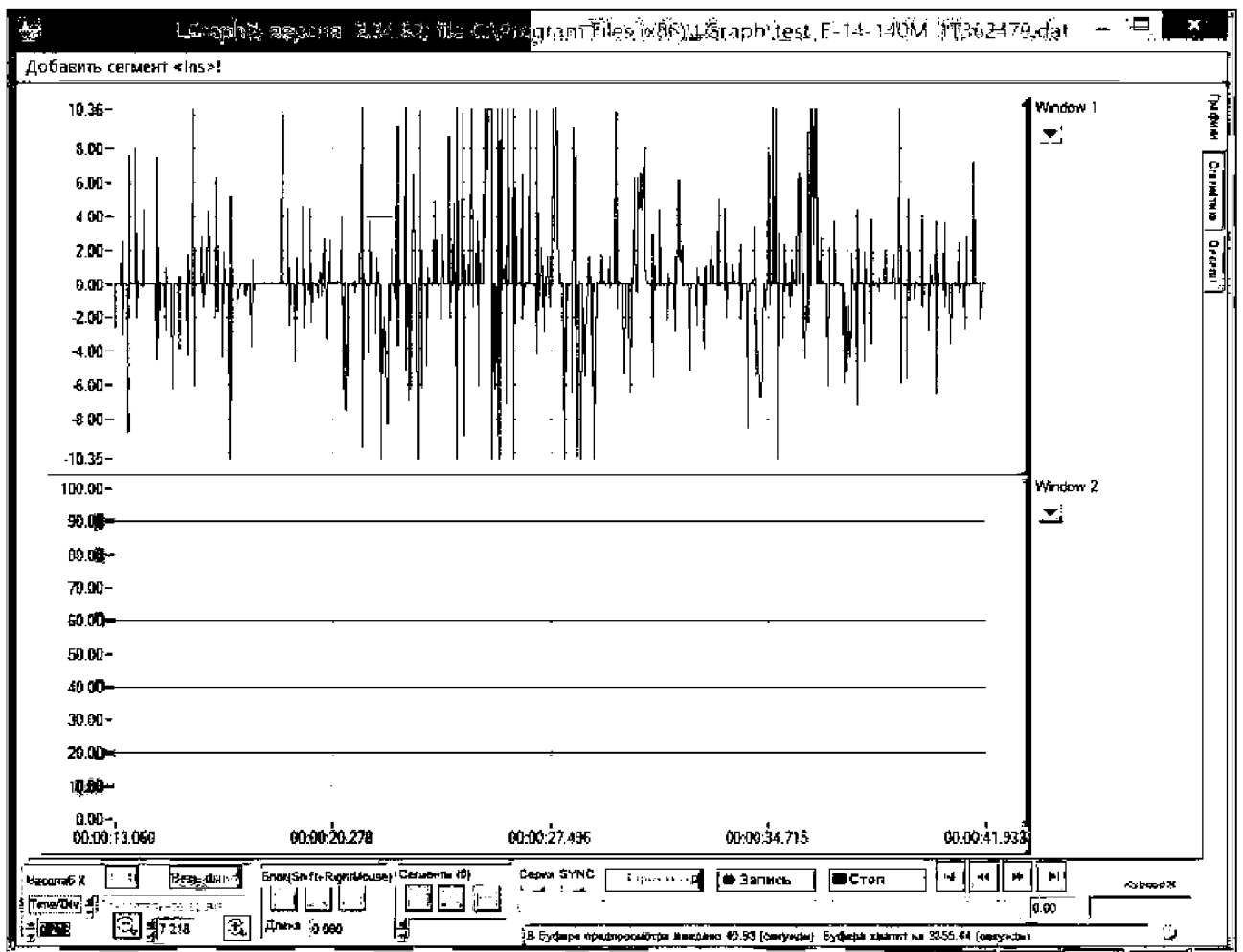


Рисунок 3.24 – Отображение данных

## 4 РАБОТА С E-14-140М В СРЕДЕ LABVIEW

Для работы в среде LabView с модулем E-14-140М разработана библиотека виртуальных приборов (файл “lview.llb”). 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.llb” 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 образу и подобию.

Для работы в среде LabView достаточно установить драйвер LCOMP и можно сразу загружать примеры, которые также находятся в файле “lview.llb”.

### 4.1 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, рис. 4.1. При этом при преобразовании кодов в физическую величину (в напряжение) используются функции, которые учитывают встроенные калибровочные коэффициенты.

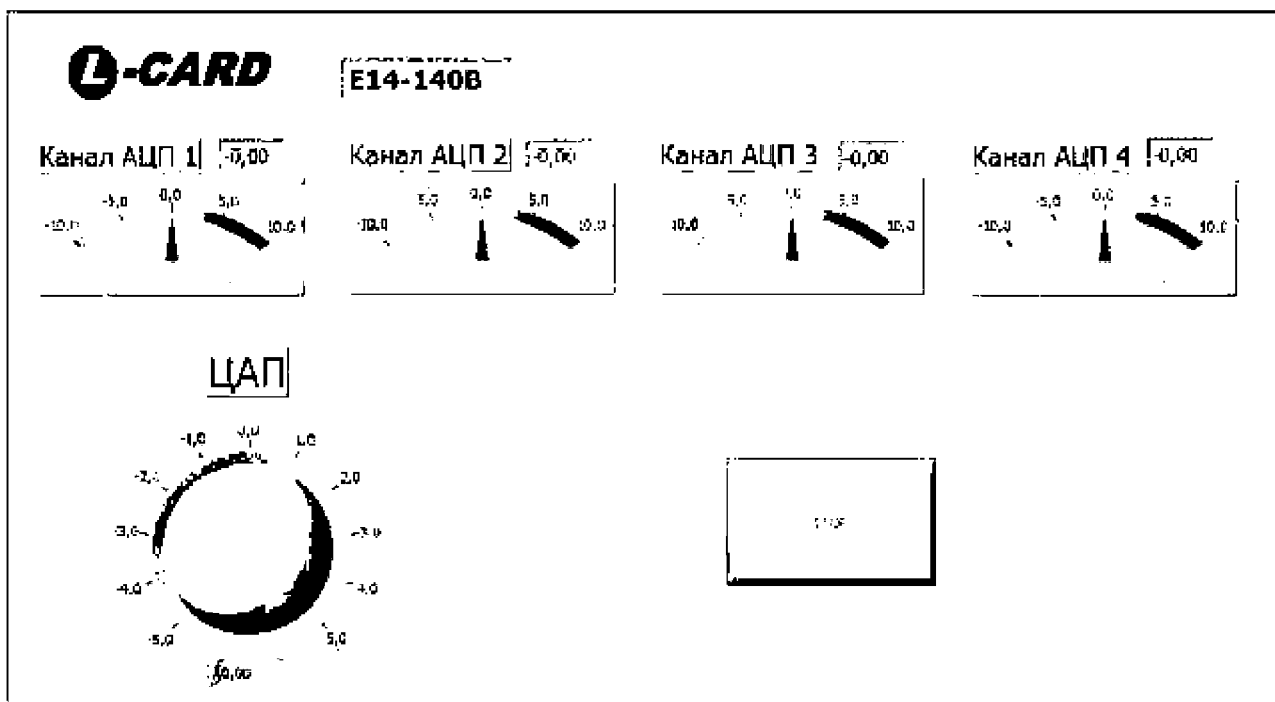


Рисунок 4.1 – Окно ВПП "Асинхронный ввод-вывод"

#### 4.2 Многоканальный ввод на примере простого двухканального осциллографа

Виртуальный прибор пользователя (ВПП) «Двухканальный осциллограф», рис. 4.2, разработан для синхронного многоканального считывания данных с указанной частотой опроса (частотой дискретизации), при котором считанные данные отображается на экране в виде осциллограммы.

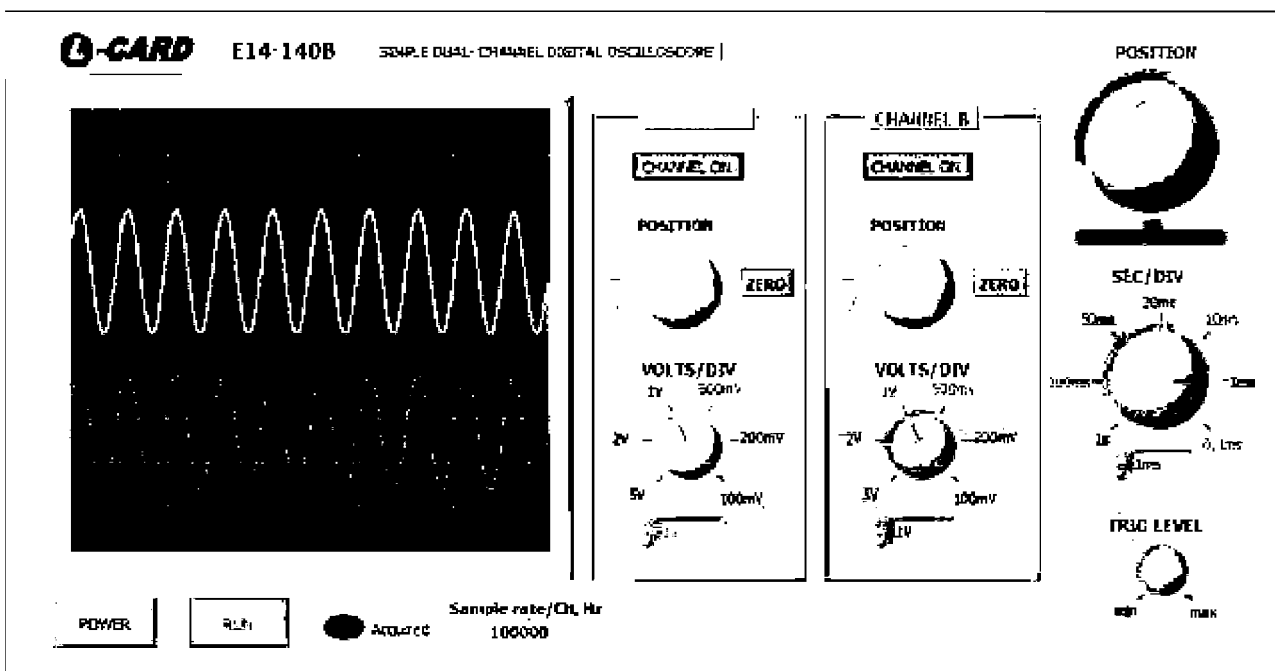


Рисунок 4.2 – Окно ВПП «Двухканальный осциллограф»

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”.

### 4.3 Работа с дискретными входами/выходами

Внешний вид виртуального прибора пользователя для работы с дискретными сигналами, рис. 4.3. Показано использование асинхронных функций чтения и записи цифровых линий.

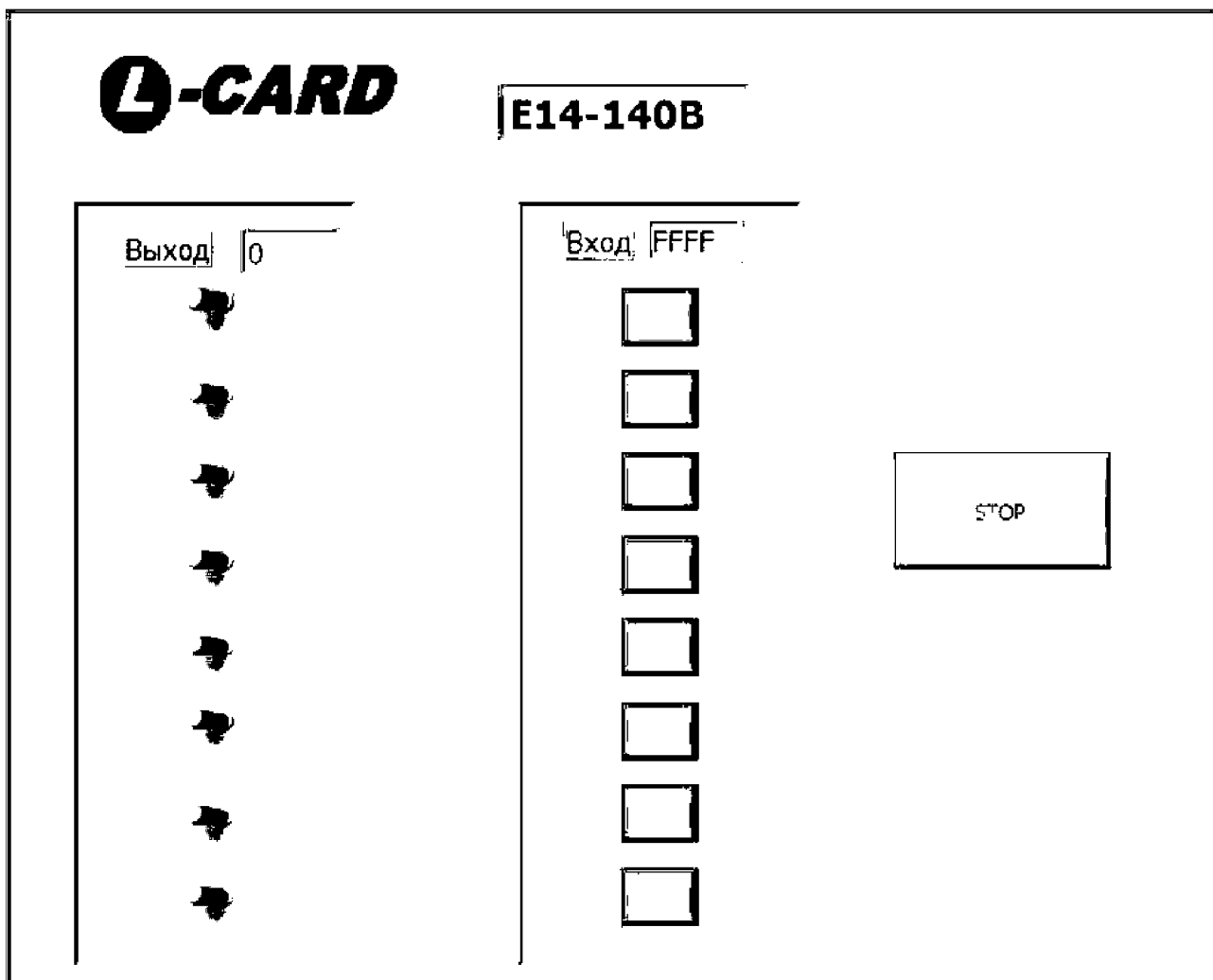
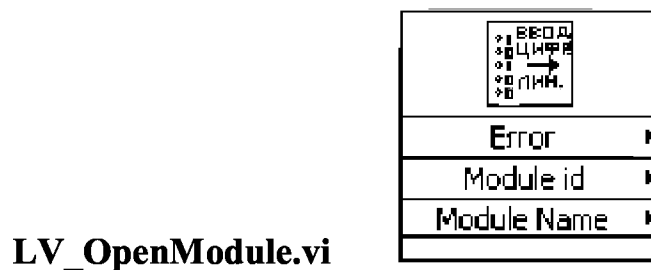


Рисунок 4.3 – Окно ВПП "Дискретные сигналы"

### 4.4 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.



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.

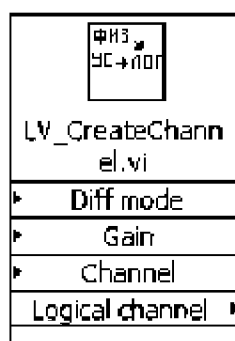


**CloseModule.vi**

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.

## 5 РУКОВОДСТВО ПО РАБОТЕ С ПРОГРАММОЙ ИЗМЕРЕНИЙ

Программа «Программа измерений» предназначена для совместной работы со стендом ИПДРТ-01 «Измерительные приборы давления, расхода, температуры.

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

Программа предназначена для работы с операционными системами MS Windows 2000/XP/Vista/7/8. Программа устанавливается на компьютер простым копированием папки, содержащей три файла ИПДРТ\_измерения.exe, Lusbapi.dll, koef.dat. Файл koef.dat. содержит тарифовочные коэффициенты датчиков. Также для работы программы необходимо установить драйвер для платы АЦП производства фирмы L-card, поставляемый в комплекте. Установка драйвера производится стандартными средствами операционной системы Windows.

1. При запуске программы на экране появляется окно, показанное на рис. 5.1.

В зоне, обозначенной (рис. 5.1), расположено основное меню программы, позволяющее выбрать вид измерения.

### **2. Пункт меню «Температура»**

После выбора данного пункта меню на экране появляется окно, показанное на рис. 5.2.

В окне, показанном на рисунке 5.2, в зоне 1 размещено поле для графического отображения измеряемой величины температуры. Под графическим полем размещены кнопки, позволяющие сохранить графическую информацию как рисунок, или данные, по которым построен график, как текстовый файл. Сохранение в процессе измерения невозможно.



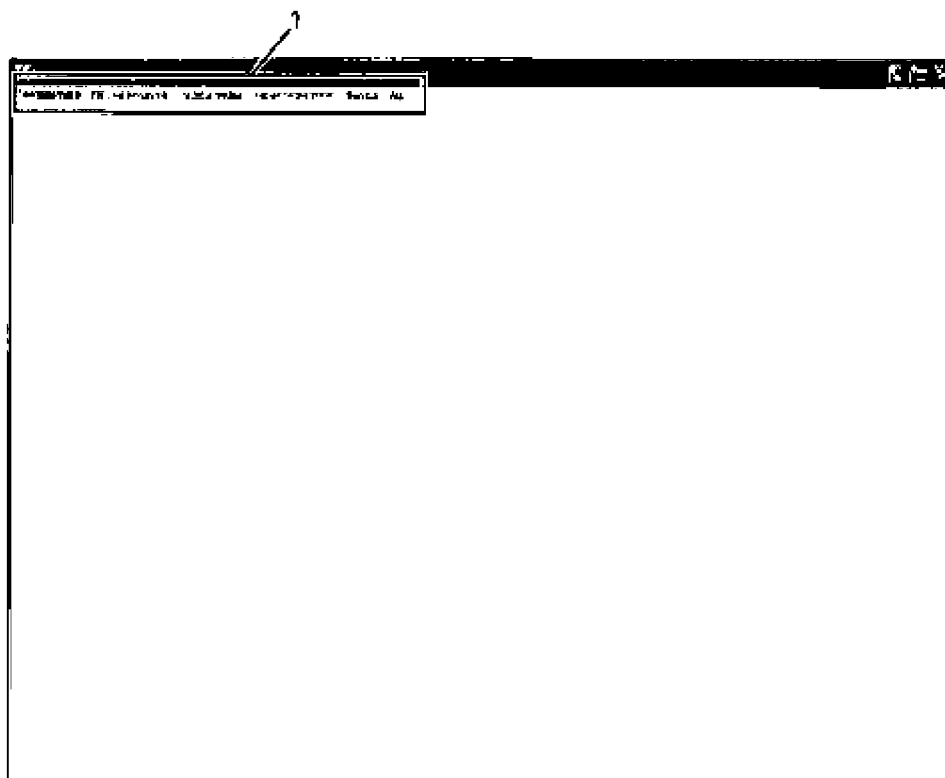


Рисунок 5.1 – Окно программы при запуске

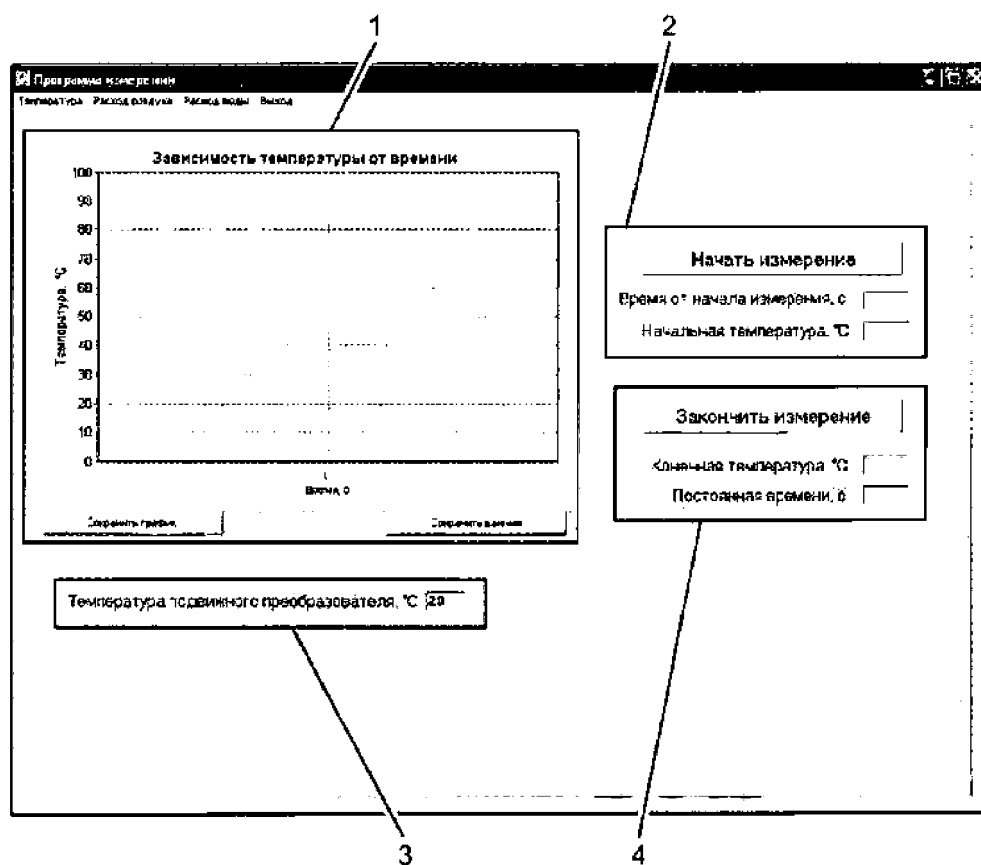


Рисунок 5.2 – Рабочее окно «Температура»

В зоне 2 размещена кнопка «Начать измерение» и поля, в которых

отображается информация по измеряемым параметрам. После нажатия на кнопку «Начать измерение» начинается сбор данных зависимости температуры терморезистивного преобразователя от времени, данная зависимость также отображается графически в зоне 1. Частота сохранения точек равна 5 Гц, наибольшее время составляет 30 минут, по истечении 30 минут сбор данных превращается. Одновременно со сбором информации в поле «Время от начала измерения» непрерывно отображается текущее время, прошедшее с начала измерения; в поле «Начальная температура» отображена температура терморезистивного преобразователя на момент нажатия кнопки «Начать измерение».

В зоне 3 непрерывно отображается температура терморезистивного преобразователя, частота обновления равна примерно 10 Гц.

В зоне 4 размещена кнопка «Закончить измерение» и поля, в которых отображается информация по измеряемым параметрам. После нажатия на кнопку «Закончить измерение» заканчивается сбор информации по зависимости температуры от времени и производится ее математическая обработка.

Математическая обработка заключается в определении конечной температуры и постоянной времени переходного процесса, в предположении, что он имеет экспоненциальный вид:

$$T = T_{кон} + (T_{нач} - T_{кон})e^{-t/t_c}$$

где  $T$  — текущая температура;

$T_{нач}$  — начальная температура переходного процесса;

$T_{кон}$  — конечная температура переходного процесса;

$t_c$  — постоянная времени переходного процесса.

Конечная температура и постоянная времени определяются путем минимизации отклонения экспоненциальной кривой от экспериментально измеренных точек, полученные значения выводятся в соответствующие поля.

### 3. Пункт меню «Расход воды»

После выбора данного пункта меню на экране появляется окно, показанное на рис. 5.3.

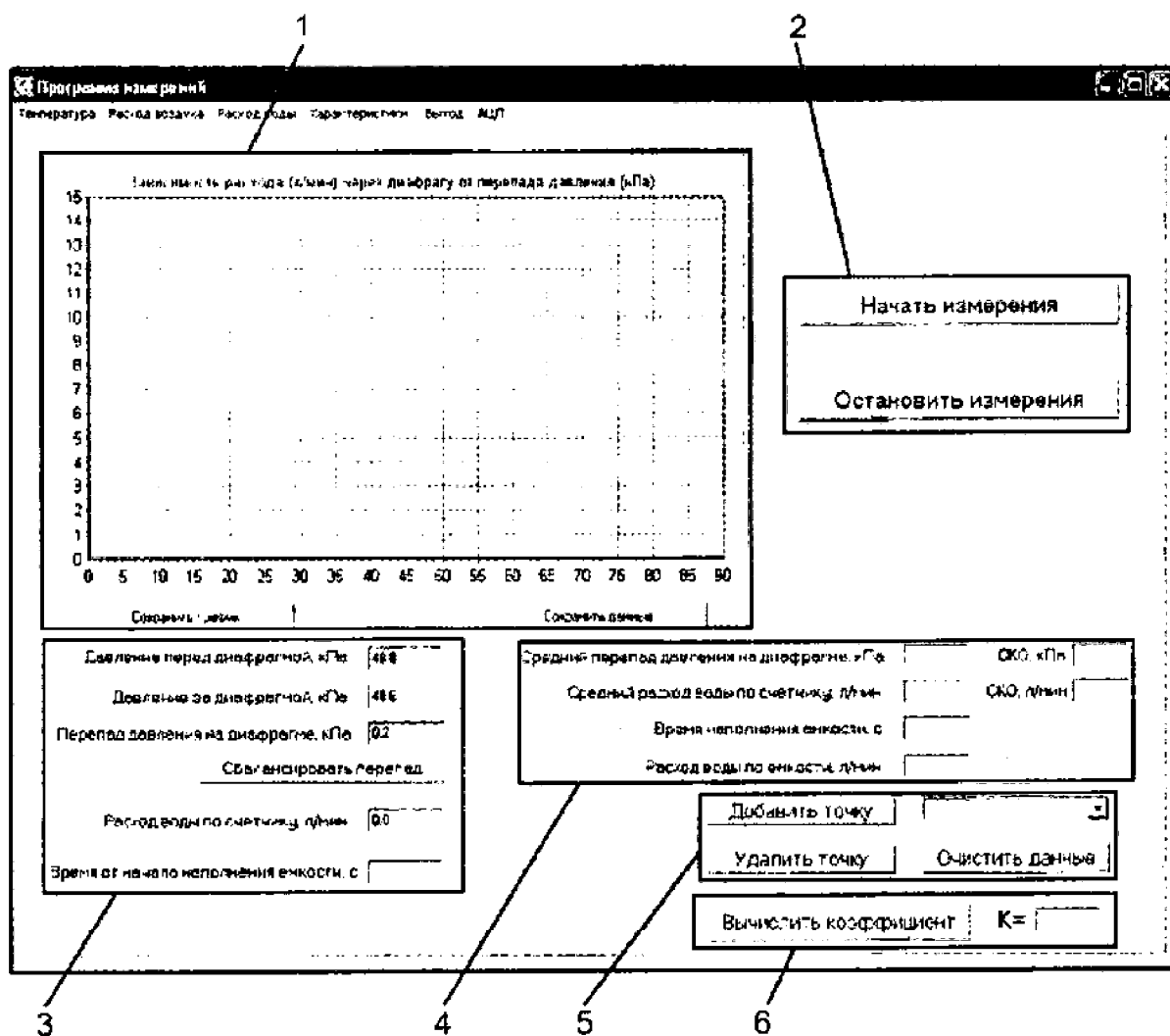


Рисунок 5.3 – Рабочее окно «Расход воды»

В окне, показанном на рисунке 5.3, в зоне 1 размещено поле для графического отображения измеряемых величин. Под графическим полем размещены кнопки, позволяющие сохранить графическую информацию как рисунок, или данные, по которым построен график, как текстовый файл.

В зоне 2 размещены кнопки запуска и остановки процесса измерения – «Начать измерения» и «Остановить измерения». При нажатии на кнопку «Начать измерения» программа ожидает срабатывания нижнего датчика уровня на мирной емкости, после чего начинается сбор данных по перепаду давления на диафрагме и отсчет времени от момента срабатывания нижнего датчика. Текущие значения давлений перед и за диафрагмой, время и расход по счетчику

воды отображаются в зоне 3. При срабатывании верхнего датчика сбор данных прекращается, вычисляются расход жидкости по мерной емкости, средний перепад давления на диафрагме за время наполнения емкости и среднеквадратическое отклонение перепада давления от среднего значения для контроля стационарности процесса, эти значения отображаются в зоне 4. В случае, если сбор данных не требуется доводить до срабатывания верхнего датчика, следует нажать кнопку «Остановить измерения». Также сбор данных прекращается при снижении уровня воды, приводящему к повторному срабатыванию нижнего датчика.

По полученным параметрам можно произвести тарировку измерительных диафрагм - получить зависимость расхода через диафрагму от перепада давления. В зоне 5 размещены кнопки «Добавить точку», «Удалить точку», «Очистить данные» и разворачивающийся список добавленных точек.

При нажатии кнопки «Добавить точку» текущие средние значения расхода через диафрагму (определенного по мерной емкости) и перепада давления на ней добавляются в список точек для тарировки диафрагмы и данная точка отображается на графике в зоне 1. Для удаления точки из списка нужно выбрать ее и нажать кнопку «Удалить точку» Для удаления всех точек следует нажать кнопку «Очистить данные». Для проведения через полученные точки аппроксимационной кривой и получения значения коэффициента, определяющего расход через диафрагму, нужно нажать кнопку «Вычислить коэффициент» в зоне 6.

Поскольку датчики давления имеют определенную погрешность измерения, в том числе смещение нуля, а для тарировки диафрагм используется перепад давления, т.е. разность между датчиками, то для уменьшения погрешности необходимо произвести балансировку перепада давления на датчиках, Для этого **перед началом** измерений следует создать равные давления на входе и выходе диафрагмы (закрывать краны за диафрагмой) после чего нажать кнопку «Сбалансировать перепад». После этого в поле «Перепад давления на диафрагме» будет отображаться и участвовать во всех расчетах

скорректированный перепад давления.

#### 4. Пункт меню «Характеристики» – «Насоса»

После выбора данного пункта меню на экране появляется окно, показанное на рисунке 5.4.

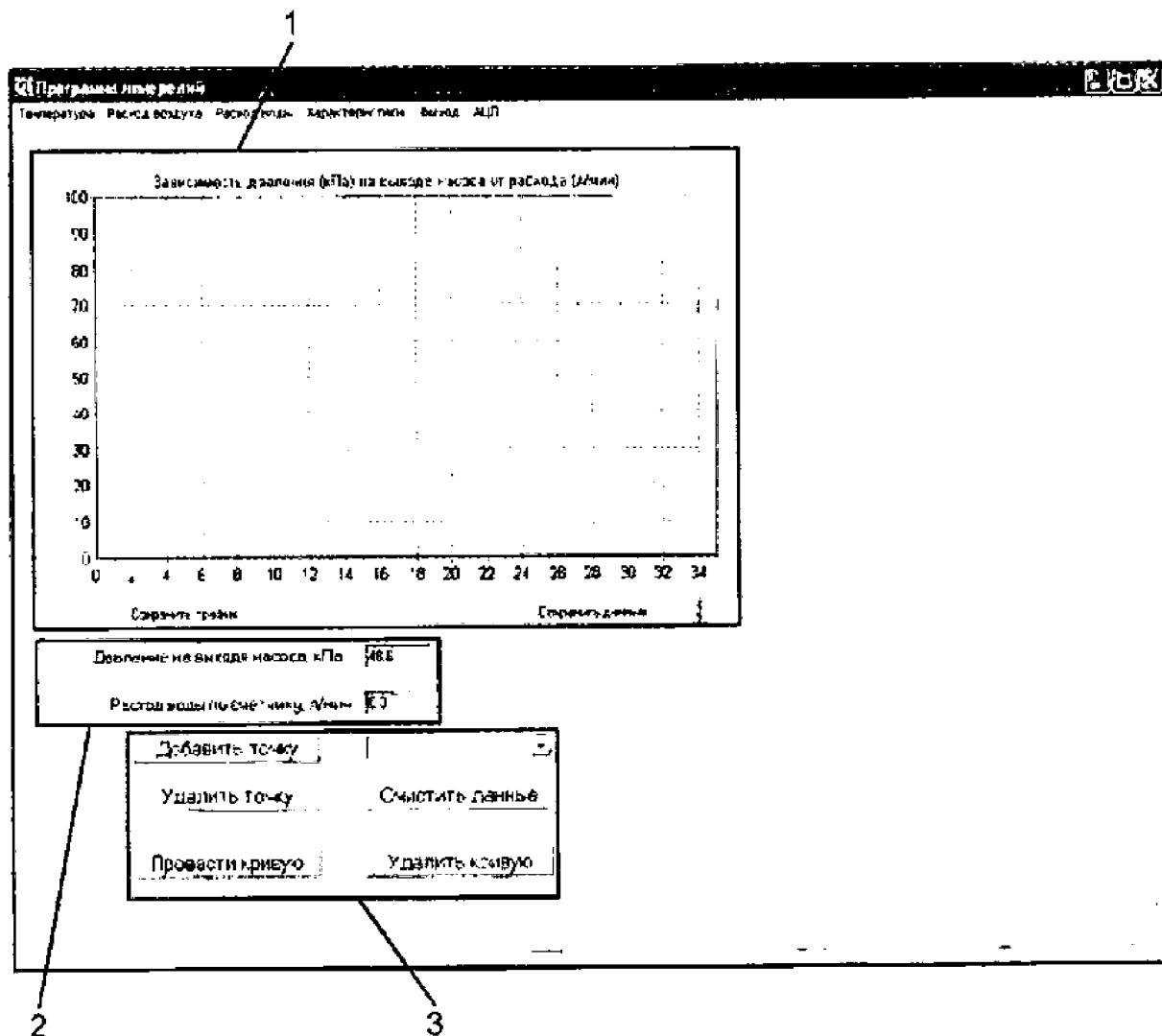


Рисунок 5.4 – Рабочее окно «Характеристики насоса»

В окне, показанном на рисунке 5, в зоне 1 размещено поле для графического отображения измеряемых величин. Под графическим полем размещены кнопки, позволяющие сохранить графическую информацию как рисунок, или данные, по которым построен график, как текстовый файл.

В зоне 2 отображается текущее значение давления на выходе насоса и расхода по счетчику воды.

В зоне 3 размещены кнопки «Добавить точку», «Удалить точку», «Очистить данные», «Провести кривую», «Удалить кривую»,

разворачивающийся список добавленных точек.

При нажатии кнопки «Добавить точку» текущее значение расхода насоса (определенного по счетчику воды) и давления на выходе добавляются в список точек характеристики насоса, и данная точка отображается на графике в зоне 1. Для удаления точки из списка нужно выбрать ее и нажать кнопку «Удалить точку». Для удаления всех точек следует нажать кнопку «Очистить данные».

После сбора 5 — 10 точек характеристики насоса по ним можно провести плавную кривую, для этого нужно нажать кнопку «Провести кривую». Для удаления построенной кривой нужно нажать кнопку «Удалить кривую».

### **5. Пункт меню «Выход»**

Для выхода из программы нужно выбрать пункт верхнего меню «Выход» при этом появится запрос на подтверждения выхода из программы. В случае если нужно выйти следует нажать кнопку «ОК», в противном случае — кнопку «Отмена».

### **8. Пункт меню «АЦП»**

Данный пункт меню позволяет произвести остановку и запуск платы аналого-цифрового преобразования. Остановка платы возможна, когда остановлены измерения. Запуск платы возможен только после ее остановки.

Остановка и запуск платы не требуется при штатном режиме работы программы, однако в связи с тем, что работа платы требует постоянного получения данных программой от нее, в случаях, когда операционная система выполняет параллельную задачу (например, при запуске другой программы и т.д.) может происходить рассинхронизация программы и платы. Последствиями такой рассинхронизации является несоответствие данных, получаемых с датчиков программой, и данных, отображаемых преобразователями датчиков.

Таким образом, в случае, *если показания датчиков по программе и по вторичным преобразователям, установленным на стенде, значительно не совпадают, следует произвести остановку и запуск АЦП.*

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на: физические, химические, биологические, психофизиологические.

### 6.1 Основные опасные и вредные факторы при работе со стендом

При работе с вычислительной техникой и электроприборами стенда ИПДРТ на человека могут воздействовать следующие опасные и вредные факторы [13]:

- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- высокое напряжение электрической сети;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенный уровень электростатических полей;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- неравномерность освещения помещения и рабочих поверхностей во времени и пространстве;
- пониженная контрастность;
- нервно-эмоциональное напряжение.

### 6.2 Инструкция по технике безопасности при работе со стендом

1. К самостоятельной работе с использованием компьютерного оборудования и электроприборов допускаются обучающиеся, прошедшие:

- вводный инструктаж по охране труда и первичный инструктаж на рабочем месте по охране труда, повторный инструктаж по охране труда не реже 1 раза в полугодие;

- умеющие оказывать первую медицинскую помощь при несчастных случаях;

- инструктаж по пожарной безопасности.

2. Рабочее место следует располагать так, чтобы световой поток естественного освещения падал на документ и клавиатуру преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях эксплуатации офисной техники должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Для освещения зоны расположения документов допускается дополнительно к общему освещению устанавливать светильники местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать его освещенность более 300 лк. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения документа должна быть 300 - 500 лк [14].

3. Обучающийся обязан:

- строго соблюдать правила пожарной безопасности, знать местонахождение медицинской аптечки для оказания первой медицинской помощи, средств пожаротушения;

- содержать в чистоте и порядке рабочее место;

- немедленно извещать своего непосредственного руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого заболевания, о любой ситуации, создающей угрозу санитарно-эпидемиологическому благополучию населения, работников и обучающихся университета.

4. Все учебные и практические работы студентов в аудиториях проводятся по расписанию учебной части под руководством руководителя работ (преподавателя).

5. Практические работы со студентами следует проводить с подгруппой численностью 12-15 человек с назначением дежурных из числа студентов. Перед проведением практических занятий с использованием компьютерного оборудования руководитель работ (преподаватель) проводит со студентами



первичный инструктаж по охране труда, с регистрацией в журнале первичного инструктажа на рабочем месте.

6. Запрещается в аудиториях находиться в верхней одежде.

Каждый студент должен работать на закрепленном за ним рабочем месте, не переходить на другое рабочее место без разрешения преподавателя. Запрещается обучающимся выполнять в компьютерном классе работы, не связанные с учебным процессом. Во время работы следует соблюдать тишину и порядок.

7. Рабочее место следует содержать в чистоте, не загромождать посторонними предметами, способными привести к нарушению правил охраны труда и пожарной безопасности.

8. Запрещается самостоятельно включать, переносить или настраивать приборы или оборудование. Включение приборов производит руководитель работ, который имеет соответствующую группу по электробезопасности. Запрещается оставлять без надзора включенные приборы и электрооборудование. При обнаружении неисправности оборудования или приборов, а также при появлении дыма, специфического запаха или искрения необходимо немедленно выключить оборудование и поставить в известность руководителя.

9. При коротком замыкании электропроводки необходимо отключить стенд от электрической сети.

10. Необходимо бережно относиться к аудиторному оборудованию. По окончании работы в лаборатории обучающиеся должны сообщить руководителю работ об окончании и с его разрешения покинуть лабораторию.

11. Требования по обеспечению пожарной безопасности

На рабочем месте запрещается иметь огнеопасные вещества. В помещениях запрещается:

- зажигать огонь;
- курить;
- сушить что-либо на отопительных приборах;

– закрывать вентиляционные отверстия в электроаппаратуре

Возможными источниками воспламенения являются:

– искра при разряде статического электричества

– искры от электрооборудования при возникновении короткого замыкания.

– неконтролируемый нагрев водяных теплонагревателей.

При возникновении возгорания на стенде его элементов или электропроводки необходимо обесточить стенд. При малом возгорании накрыть место горения плотной тканью. При большом возгорании использовать огнетушитель. Если огонь перекинулся на другие объекты, и нет возможности потушить пожар, необходимо покинуть помещение. Позвонить в экстренные службы: 01, 101 – номера пожарной службы. 112 – единый номер, по которому можно звонить в любой экстренной ситуации. Вызовы на номера экстренных служб бесплатны. С мобильного телефона можно позвонить, даже если номер заблокирован за неуплату или в телефон не вставлена сим-карта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

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

- разработаны примеры использования автоматизированной системы научных исследований LabVIEW v.8;

- 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. Инструкция по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию. Циркуляционные насосы. WCP 25/32–40/60G. Wester. 2008. – 12 с.
3. Руководство по эксплуатации. Преобразователь давления измерительный ПД100. OWEN. Москва. 2014. – 40 с.
4. Руководство по эксплуатации. Счетчики холодной воды СХВ (СХВ-15, СХВ-15Д, СХВ-20, СХВ-20Д) и горячей воды СГВ (СГВ-15, СГВ-15Д, СГВ-20, СГВ-20Д). ПДЕК.407223.002 РЭ. ООО ПКФ "БЕТАР". г. Чистополь. 2013. – 13 с.
5. Руководство по эксплуатации. ОВЕН ДТС. Термопреобразователь сопротивления. OWEN. Москва. 2020. – 30 с.
6. Руководство по эксплуатации. ТРМ1. Измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный. OWEN. Москва. 2018. – 108 с.
7. 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.
8. Р 50.2.077-2014 ГСИ. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения. М.: Стандартиформ, 2014. – 12 с.
9. LCARD [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – © ООО «Л Кард», 2020. Отличия модуля E14-140-M от своего предшественника E14-140. Режим доступа : [https://www.lcard.ru/download/difference\\_e14-140-m.pdf](https://www.lcard.ru/download/difference_e14-140-m.pdf). – 25.05.2020.
10. Руководство по эксплуатации. Преобразователь напряжения измерительный L-CARD. ДЛИЖ.411618.0080 РЭ. Москва. 2018. – 43 с.
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. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. С изменениями на 21 июня 2016 года.

14. ТОИ-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. Москва. 2001. – 3 с.

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 (ФГБОУ ВО АмГУ).

Исполнитель: Хижняк В.С.

Система разрабатывается на основании следующих документов:

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

Плановые сроки начала и окончания работ по созданию системы:

Начало: 13.01.2020

Окончание: 01.03.2020

**2 Характеристика объекта автоматизации**

1. Комплект представляет собой пневмогидравлическую систему, позволяющую осуществлять измерение расхода, давления и температуры жидкости и воздуха различными приборами;

2. Комплект лабораторного оборудования состоит из системы подачи жидкости, системы подачи воздуха, системы подогрева жидкости, системы измерения количества подаваемой жидкости и воздуха;

3. Исследуемые устройства и приборы установлены на стенде таким образом, что имеется возможность сравнивать между собой показания измерительных приборов различного типа при измерении одного и того же

параметра.

4. В качестве исследуемых устройств и приборов используются различные приборы для измерения расхода, давления и температуры.

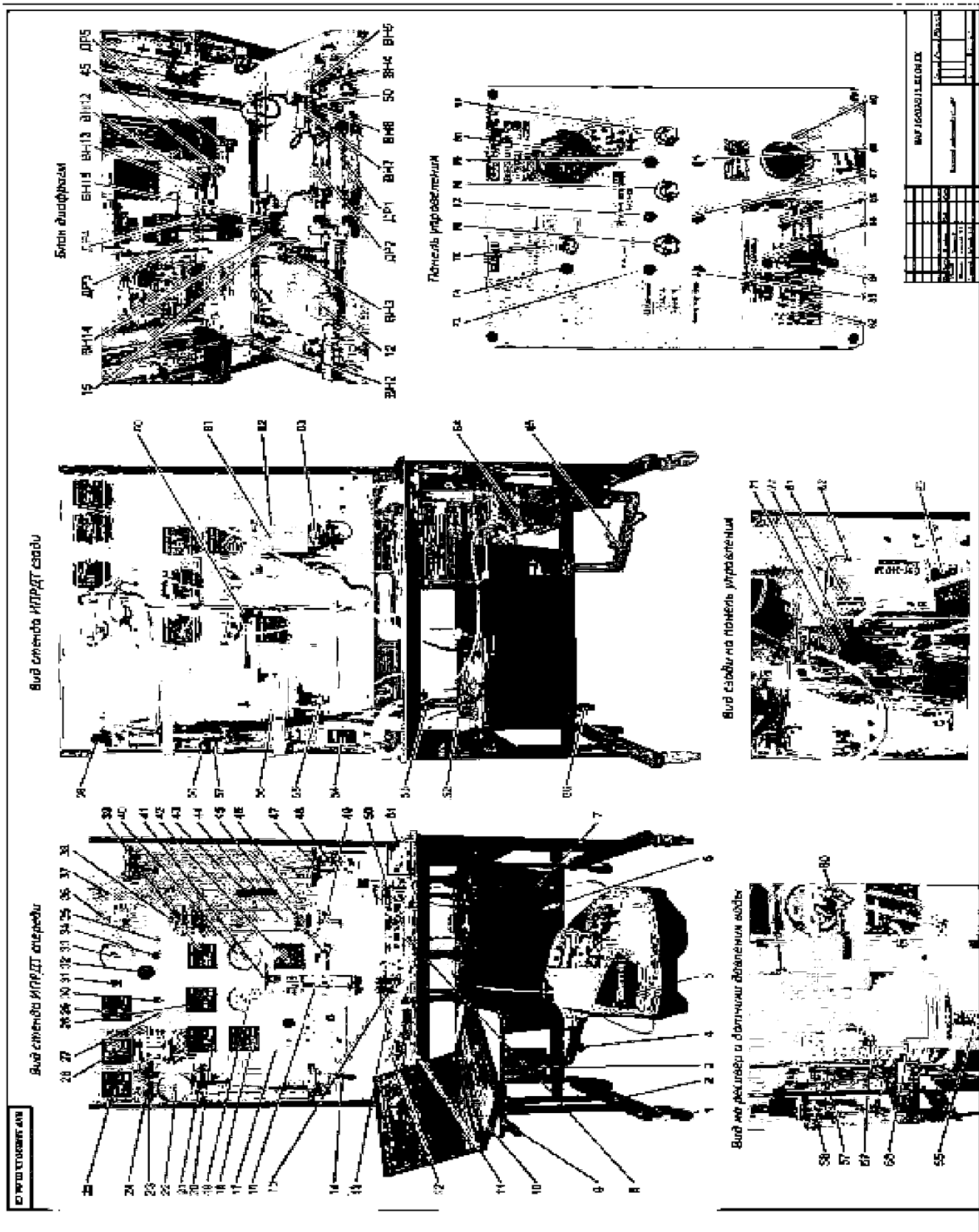
5. Рамная конструкция в виде стола на колесах с местом для размещения ноутбука.

### **3 Цели создания системы**

Разработка автоматизированной системы сбора показаний о давлении, расходе и температуры жидкости и воздуха позволит изучать ручные и автоматические (автоматизированные) способы измерений. В дальнейшем создавать и выполнять лабораторные работы связанные с изучением нагрева и расхода жидкости и воздуха.

Задачи проекта:

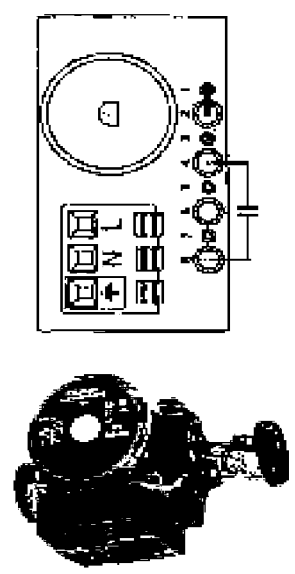
1. Разработка структурной схемы работы гидравлической части стенда;
2. Разработка принципиальной электрической схемы;
3. Разработка руководства по настройке и подключению модуля LCard E14-140M;
4. Разработка руководства по установке специального программного обеспечения для работы с преобразователем напряжения;
5. Разработка примеров использования LCard E14-140M в среде LabVIEW.



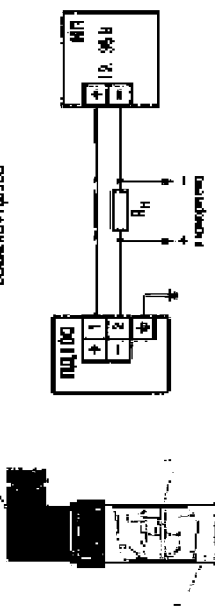


ГОСТ 31.010-97 ИИТ

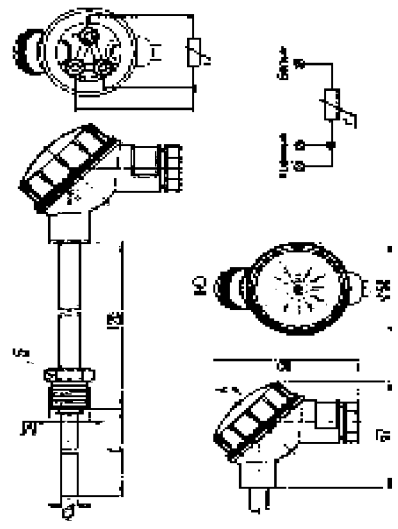
Внешний вид и схема подключения прибора ИИТР 5 601G



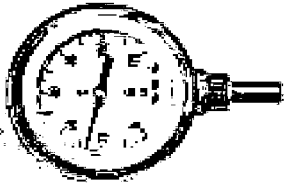
Внешний вид и схема подключения преобразователя давления ИИТ100



Конструктивные особенности и схема подключения АИТБ5



Термометр  
Безотопочный ГСР  
ИИТ5073-Р-1201С



Внешний вид ИИТН1

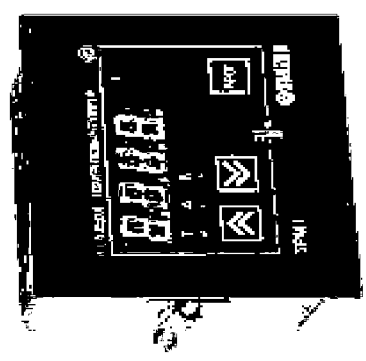


Схема подключения к вольт-ОУВ 20

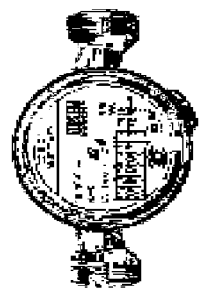
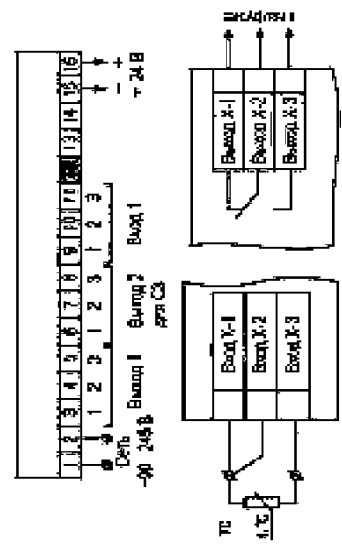


Схема подключения к прибору ИИТН1



ИИТН1		ИИТН2		ИИТН3		ИИТН4		ИИТН5		ИИТН6		ИИТН7		ИИТН8		ИИТН9		ИИТН10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

Схема питания флуоресцентных ламп  
и осветительных приборов на их основе

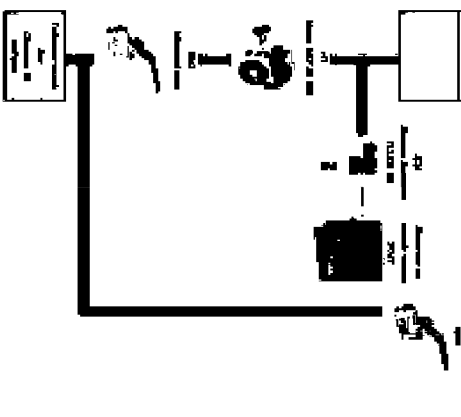
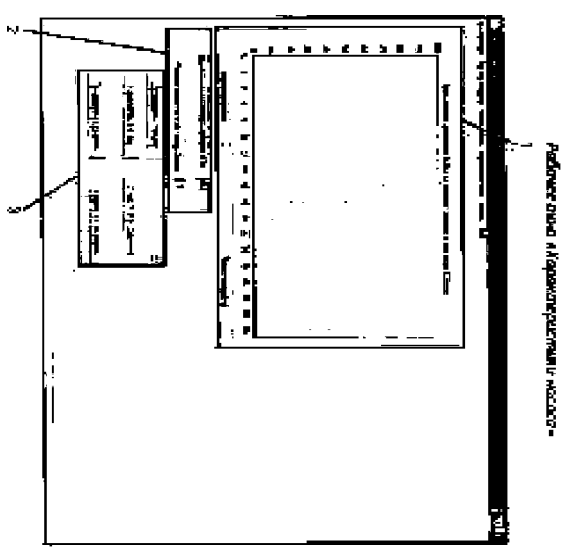
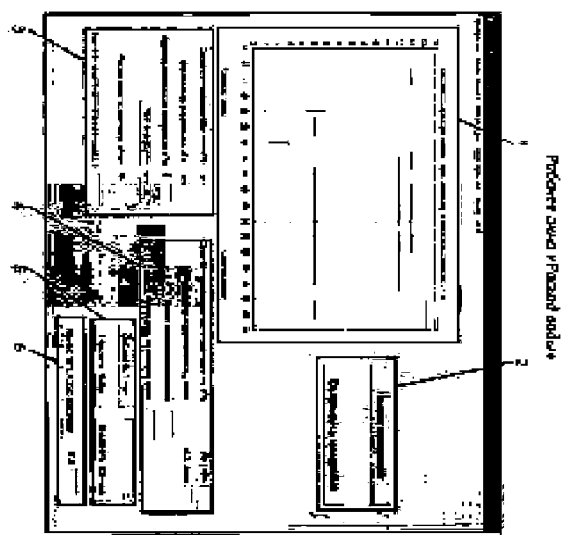
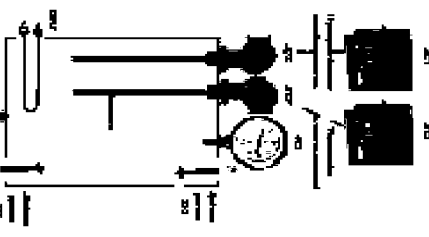
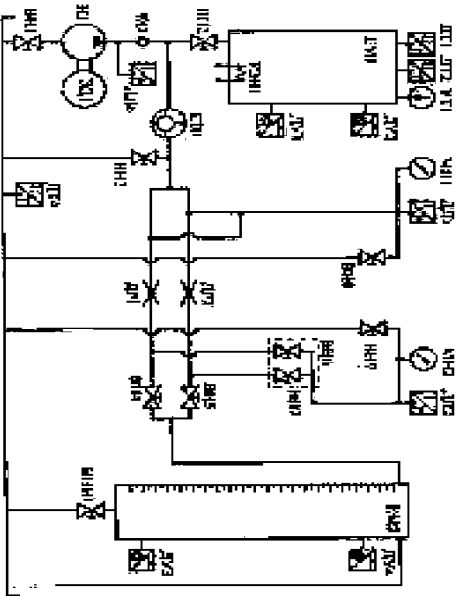
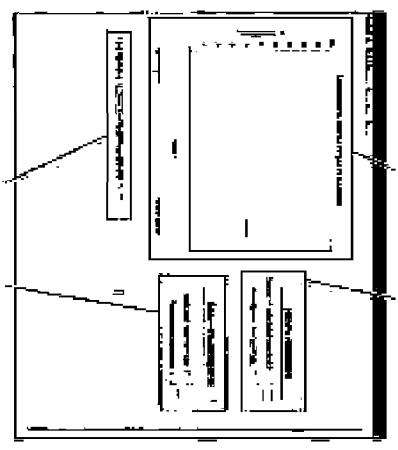


Таблица параметров цепи питания лампы



Панель задач и панель задач



ИЗМЕНЕНИЯ	
№	Содержание
1	Исходный вариант
2	Исходный вариант
3	Исходный вариант
4	Исходный вариант
5	Исходный вариант
6	Исходный вариант
7	Исходный вариант
8	Исходный вариант
9	Исходный вариант
10	Исходный вариант

ИЗМЕНЕНИЯ	
№	Содержание
1	Исходный вариант
2	Исходный вариант
3	Исходный вариант
4	Исходный вариант
5	Исходный вариант
6	Исходный вариант
7	Исходный вариант
8	Исходный вариант
9	Исходный вариант
10	Исходный вариант



Вид преобразования сигнала модуля жидкостной фазы E34-LAD-M на экране



Алгоритмы адресирования E-CARD-E34-LAD-M

Характеристики алгоритмов	E34-LAD-M
Тип кодирования	Адресация по частоте (FDM) с использованием частот 48 кГц и 100 кГц (FSK) и по времени (TDM)
Тип ЦАП, код преобразования	ЦАП с 12-битным разрешением
Входные аналоговые и цифровые сигналы	Цифровой сигнал от ПК (аналоговый сигнал от внешнего источника)
Входные аналоговые и цифровые сигналы	Цифровой сигнал от ПК (аналоговый сигнал от внешнего источника)
Входные аналоговые и цифровые сигналы	Цифровой сигнал от ПК (аналоговый сигнал от внешнего источника)
Входные аналоговые и цифровые сигналы	Цифровой сигнал от ПК (аналоговый сигнал от внешнего источника)
Входные аналоговые и цифровые сигналы	Цифровой сигнал от ПК (аналоговый сигнал от внешнего источника)

Функциональная схема E-CARD-E34-LAD-M

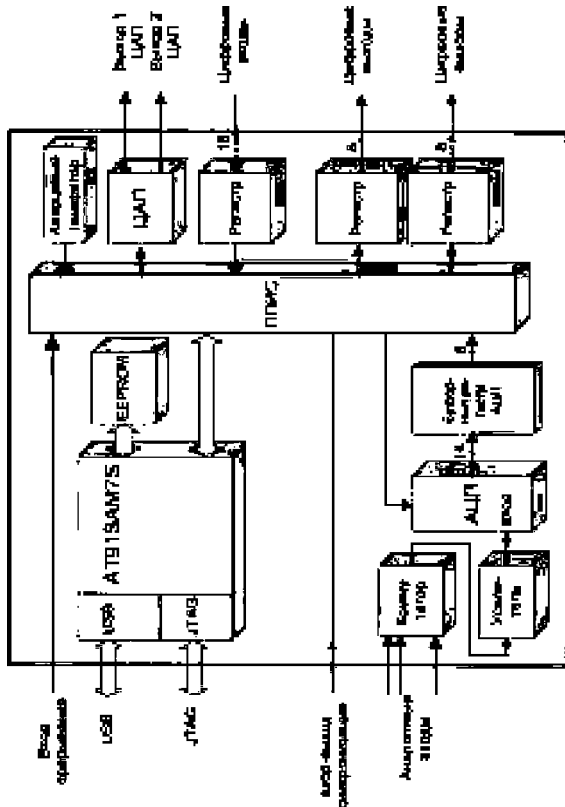
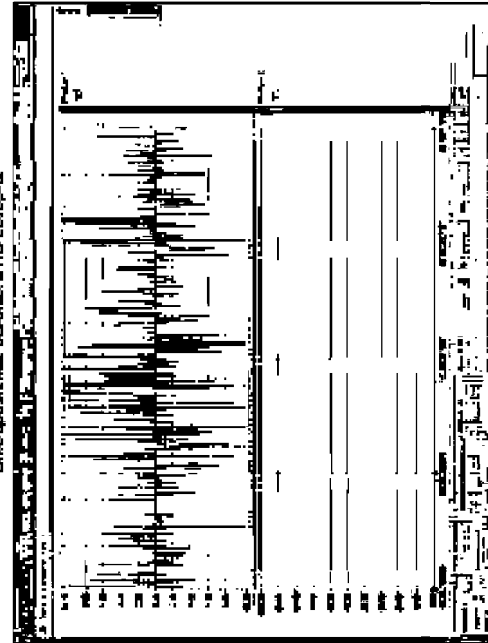


Схема алгоритма E-CARD-E34-LAD-M



Схема алгоритма E-CARD-E34-LAD-M



Идентификация модуля E34-LAD-M

Имя	Значение
01	00000000
02	00000000
03	00000000
04	00000000
05	00000000
06	00000000
07	00000000
08	00000000
09	00000000
0A	00000000
0B	00000000
0C	00000000
0D	00000000
0E	00000000
0F	00000000
10	00000000
11	00000000
12	00000000
13	00000000
14	00000000
15	00000000
16	00000000
17	00000000
18	00000000
19	00000000
1A	00000000
1B	00000000
1C	00000000
1D	00000000
1E	00000000
1F	00000000

Идентификация модуля E34-LAD-M

Имя	Значение
01	00000000
02	00000000
03	00000000
04	00000000
05	00000000
06	00000000
07	00000000
08	00000000
09	00000000
0A	00000000
0B	00000000
0C	00000000
0D	00000000
0E	00000000
0F	00000000
10	00000000
11	00000000
12	00000000
13	00000000
14	00000000
15	00000000
16	00000000
17	00000000
18	00000000
19	00000000
1A	00000000
1B	00000000
1C	00000000
1D	00000000
1E	00000000
1F	00000000

Имя	Значение
01	00000000
02	00000000
03	00000000
04	00000000
05	00000000
06	00000000
07	00000000
08	00000000
09	00000000
0A	00000000
0B	00000000
0C	00000000
0D	00000000
0E	00000000
0F	00000000
10	00000000
11	00000000
12	00000000
13	00000000
14	00000000
15	00000000
16	00000000
17	00000000
18	00000000
19	00000000
1A	00000000
1B	00000000
1C	00000000
1D	00000000
1E	00000000
1F	00000000

**Экран 01**

Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

**Экран 02**

Программа виртуального приборного поля пользователя «Автоматический ассистент» на экране А

**Экран 03**

Программа виртуального приборного поля пользователя «Автоматический ассистент» на экране Б

**Экран 04**

Программа виртуального приборного поля пользователя «Автоматический ассистент» на экране В

**Экран 05**

Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

**Экран 06**

Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

**Экран 07**

Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

**Экран 08**

Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

**Экран 09**

Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

**Экран 10**

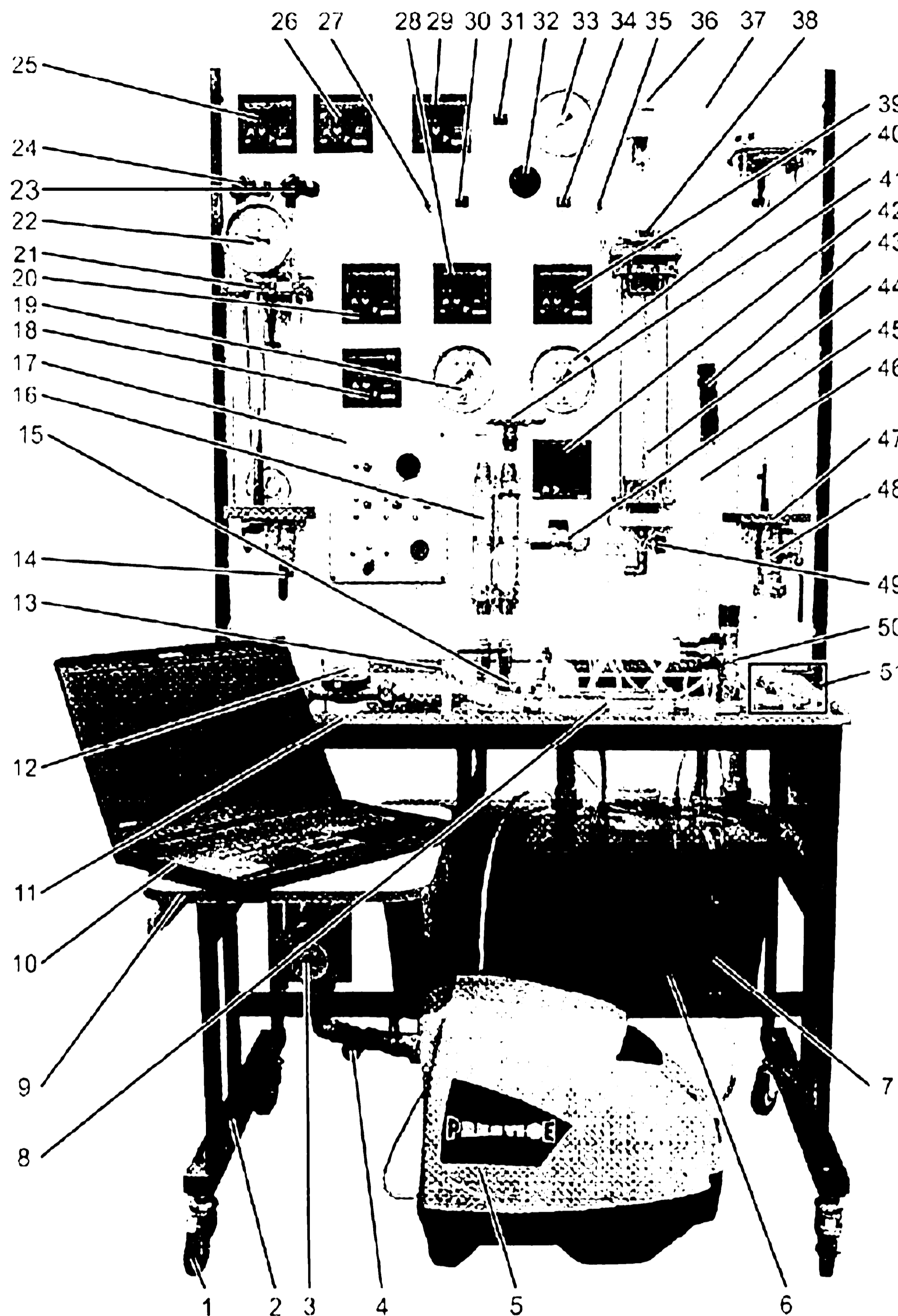
Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

**Экран 11**

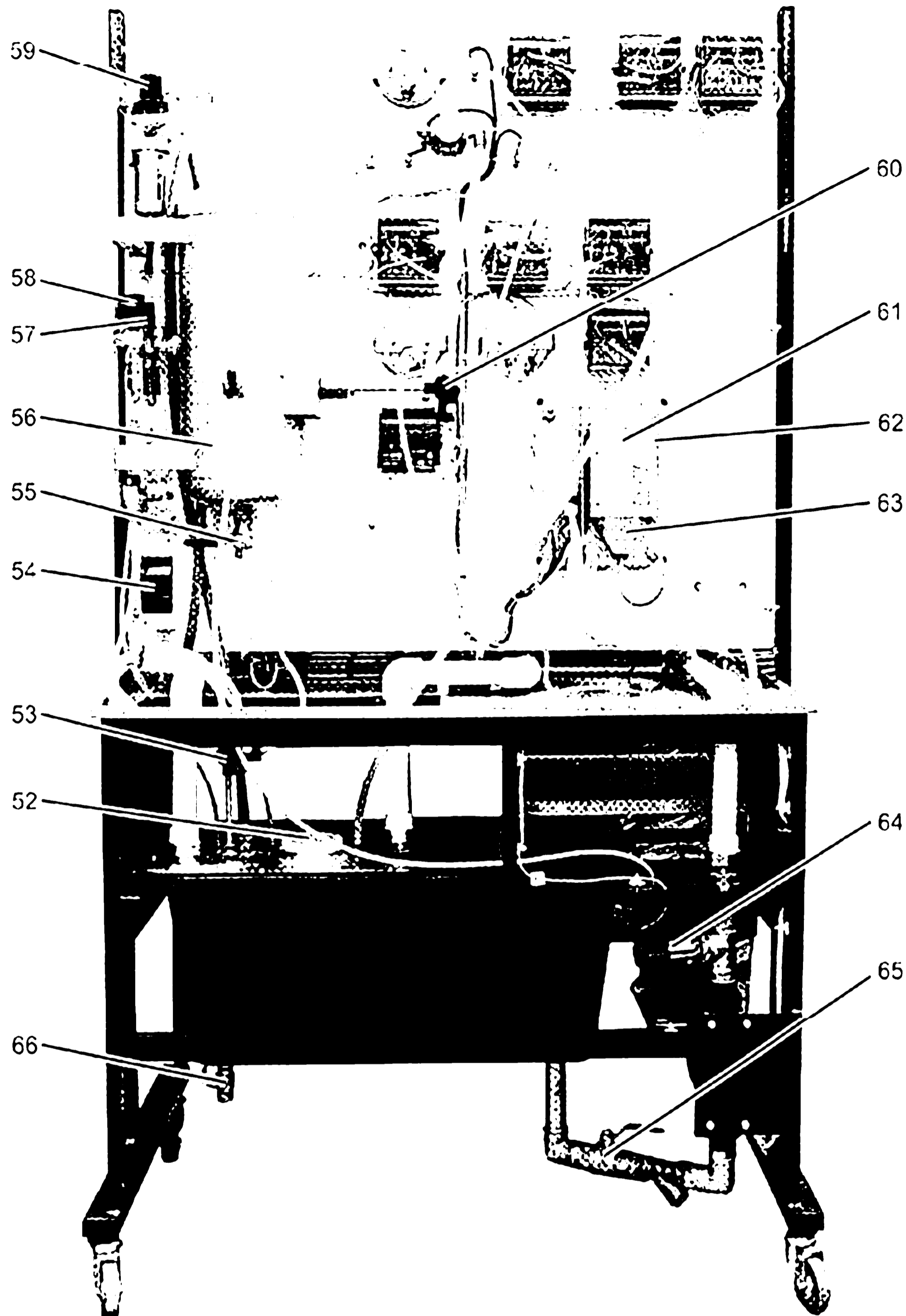
Дано виртуальное приборное поле пользователя «Автоматический ассистент»

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ	
Имя файла:	
Имя пользователя:	
Имя компьютера:	
Имя сервера:	
Имя базы данных:	
Имя пользователя:	
Имя пароля:	
Имя сервера:	
Имя базы данных:	
Имя пользователя:	
Имя пароля:	

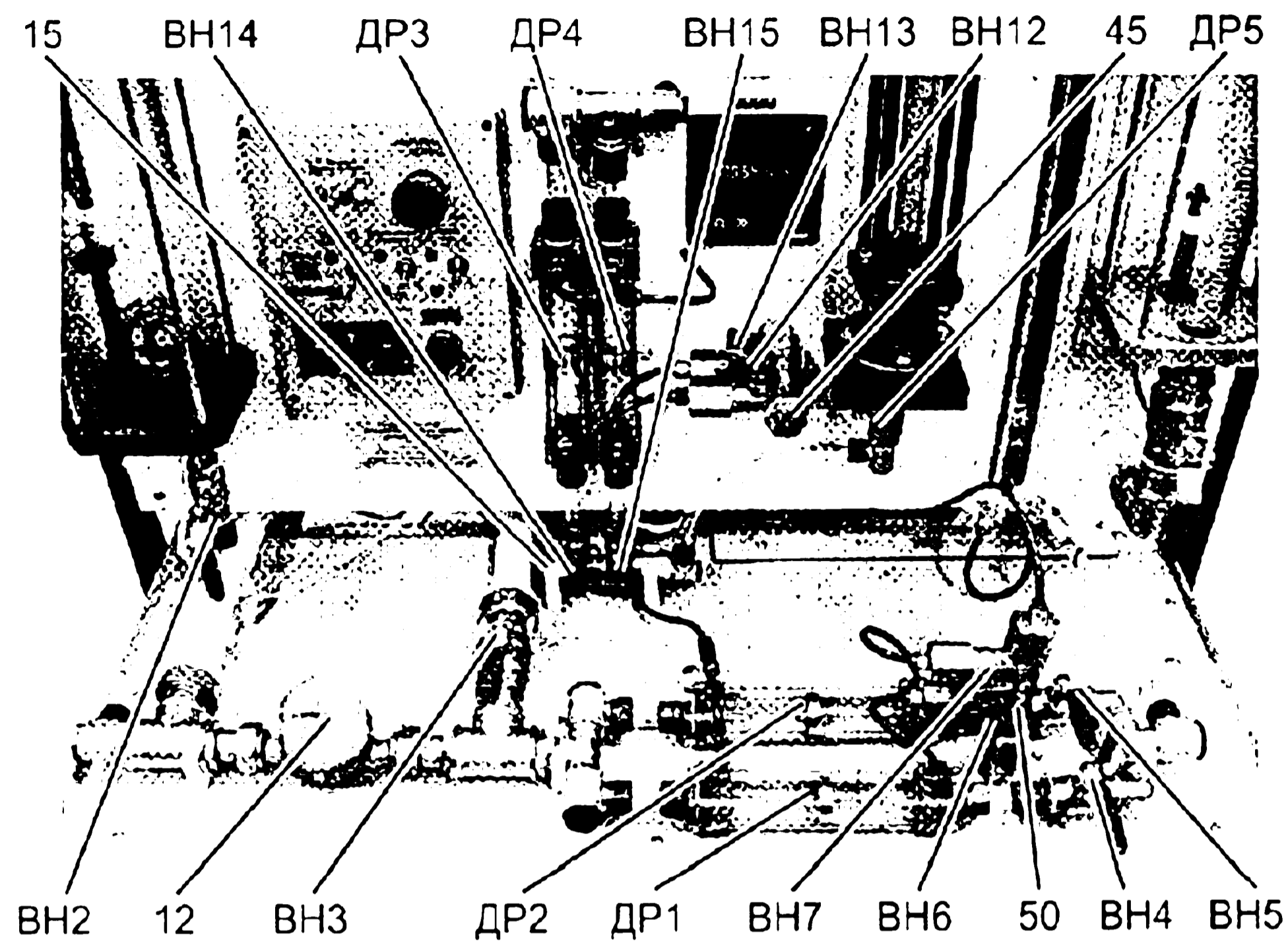
Вид станда ИПРДТ спереди



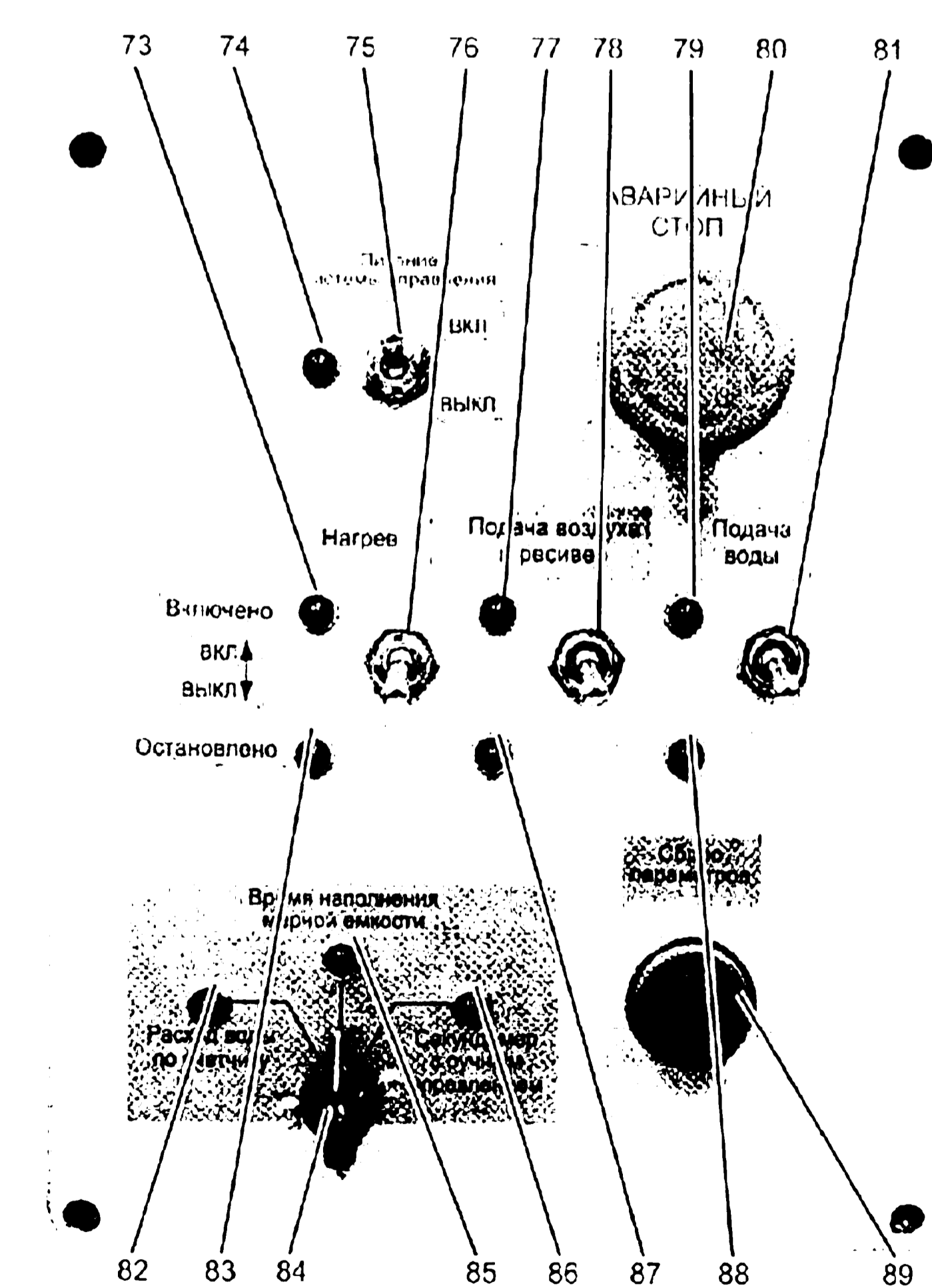
Вид станда ИПРДТ сзади



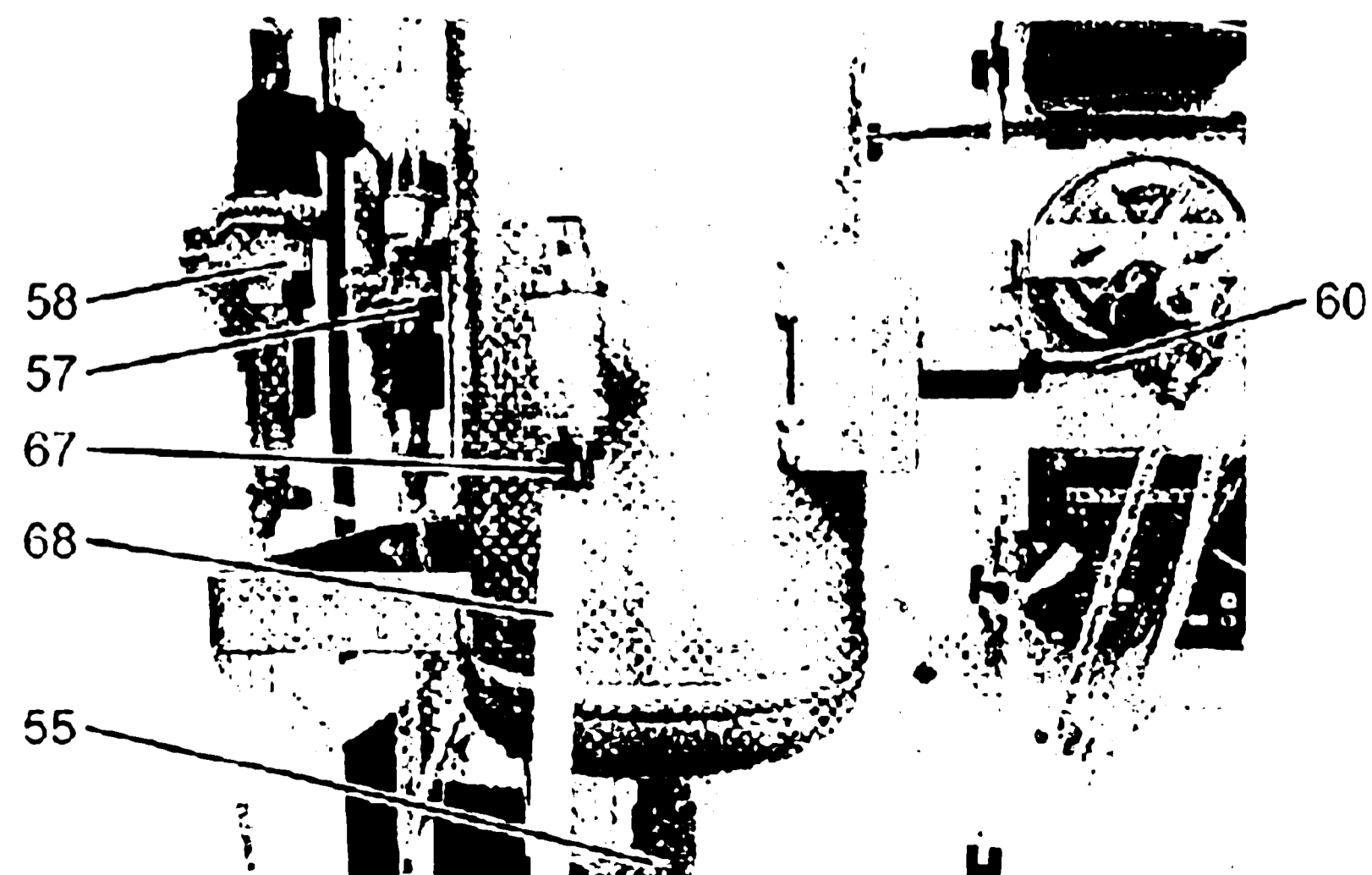
Блок диафрагм



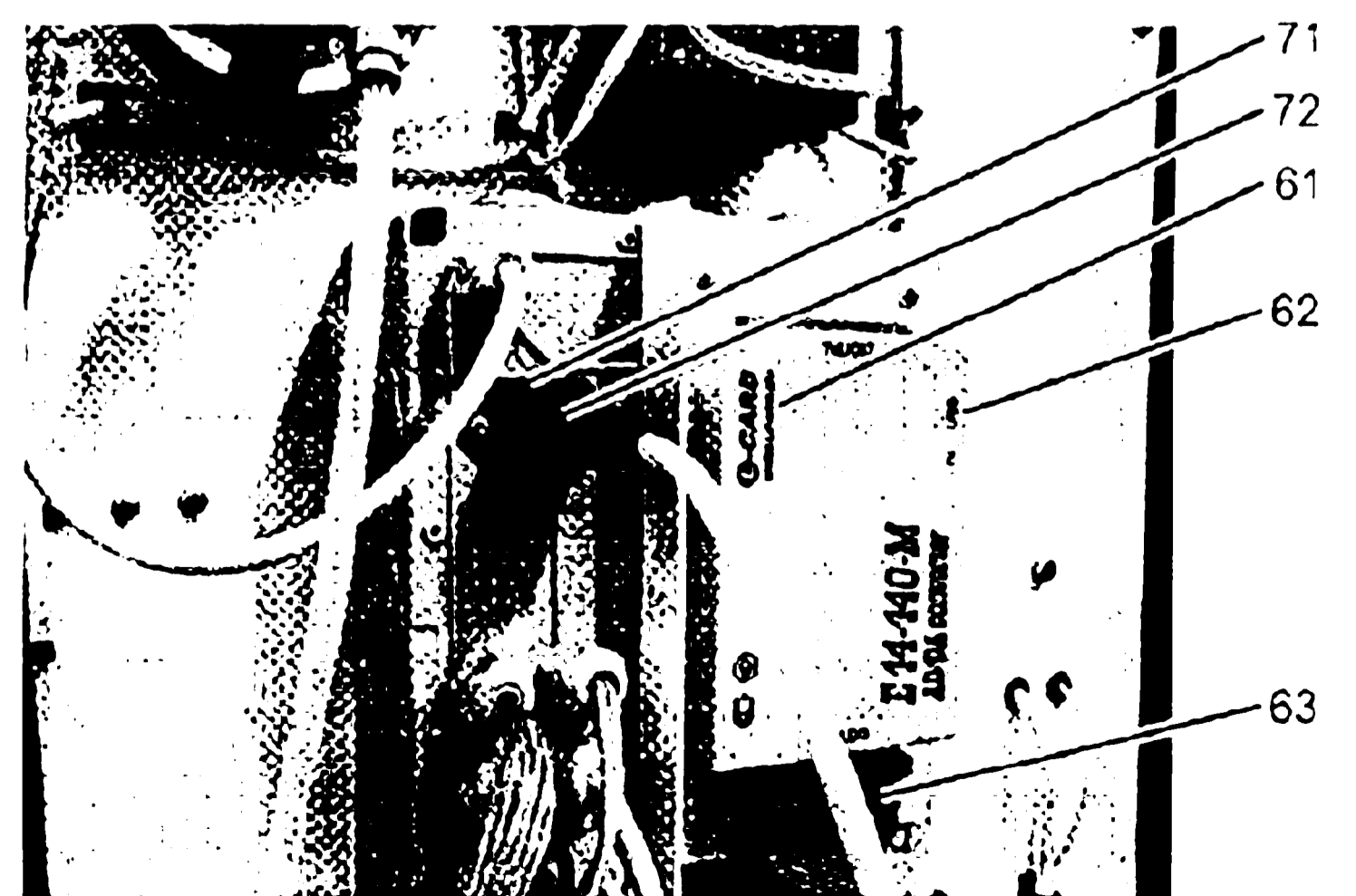
Панель управления



Вид на ресивер и датчики давления воды



Вид сзади на панель управления



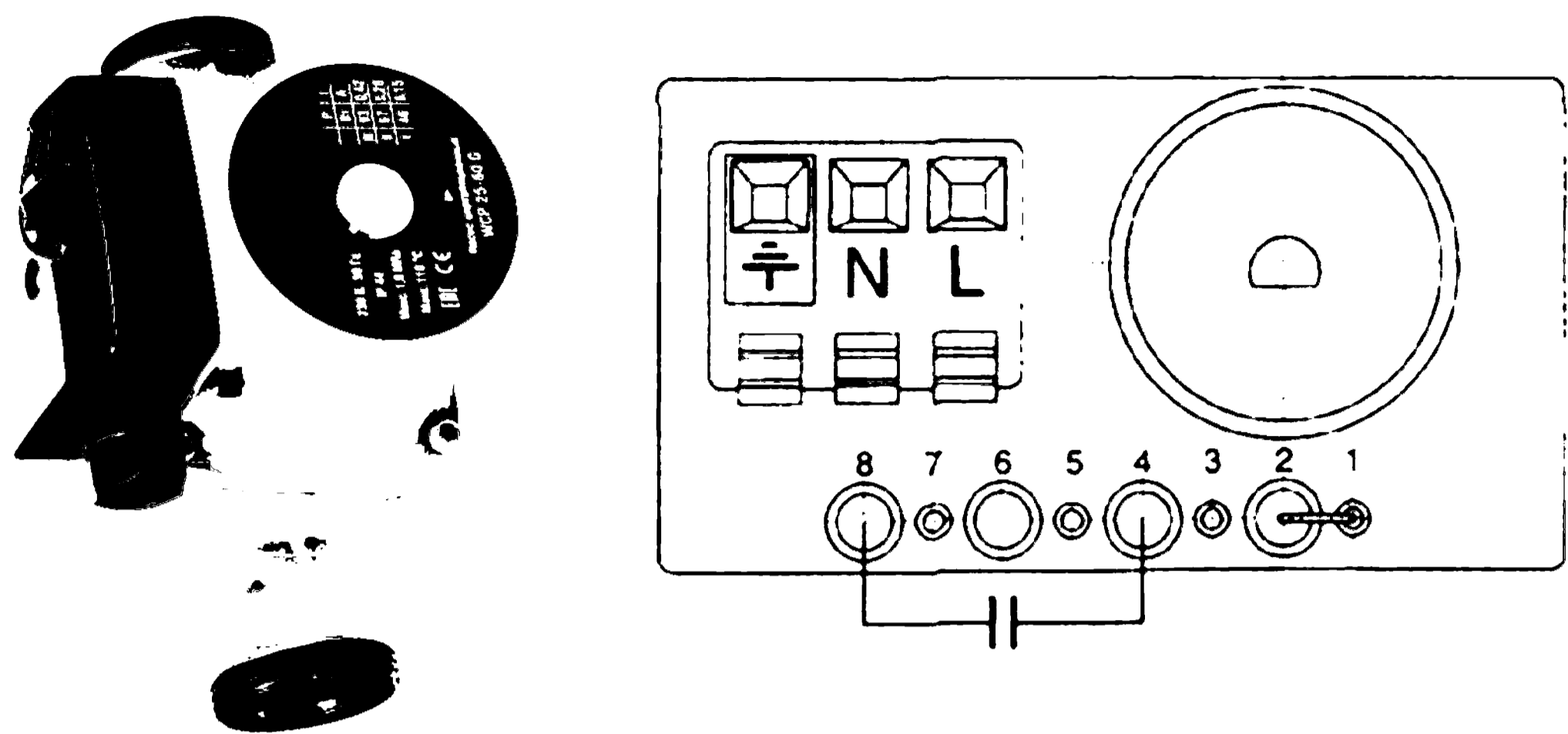
ВКР.164020.15.03.04.СХ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Внешний вид станда ИПРДТ			Лит	Масса	Масштаб
у					
			Лист 1	Листов 6	

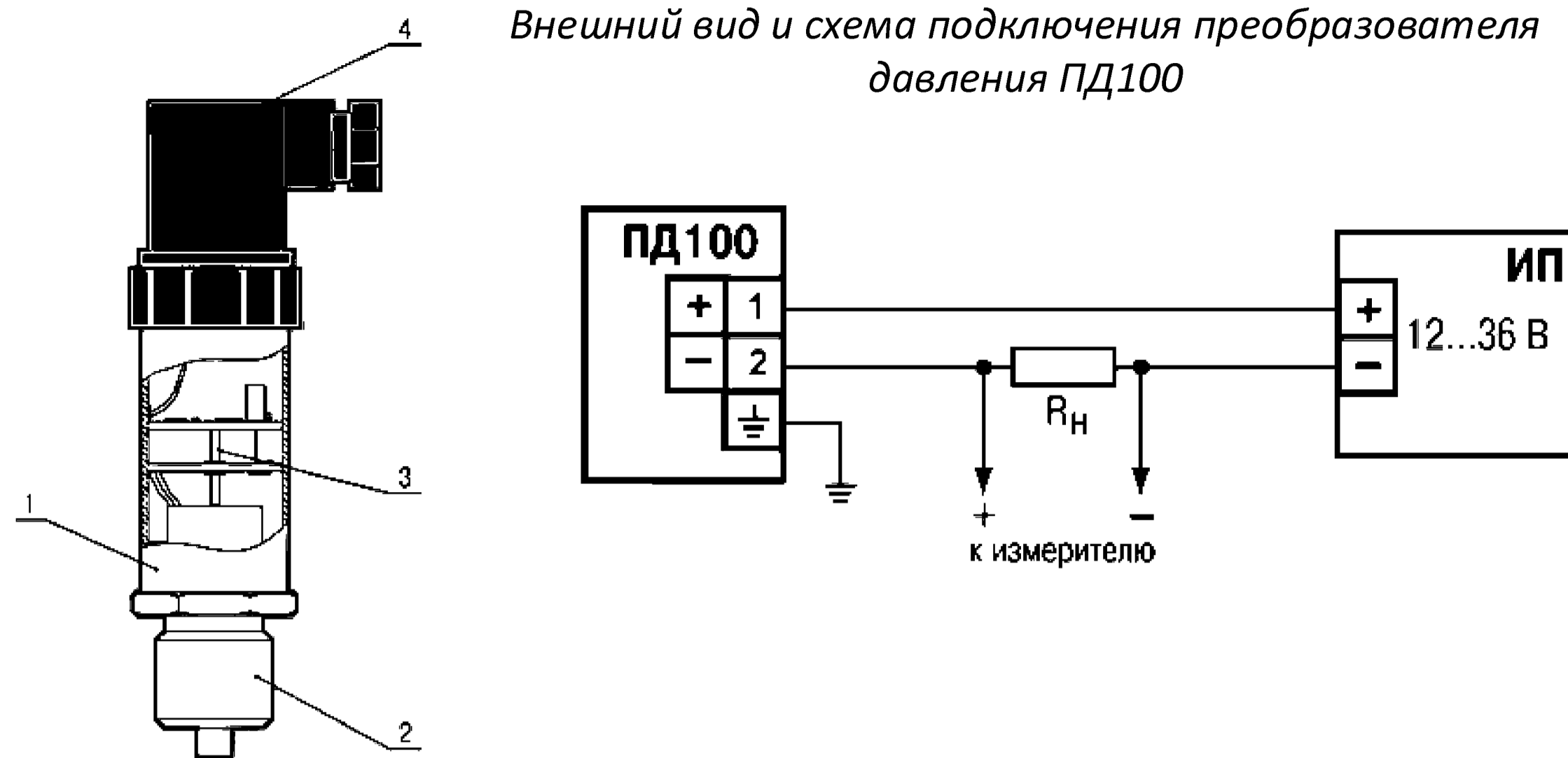
Автоматизация исследований процессов в гидросистеме на станде ИПРДТ

АМГУ, гр.641

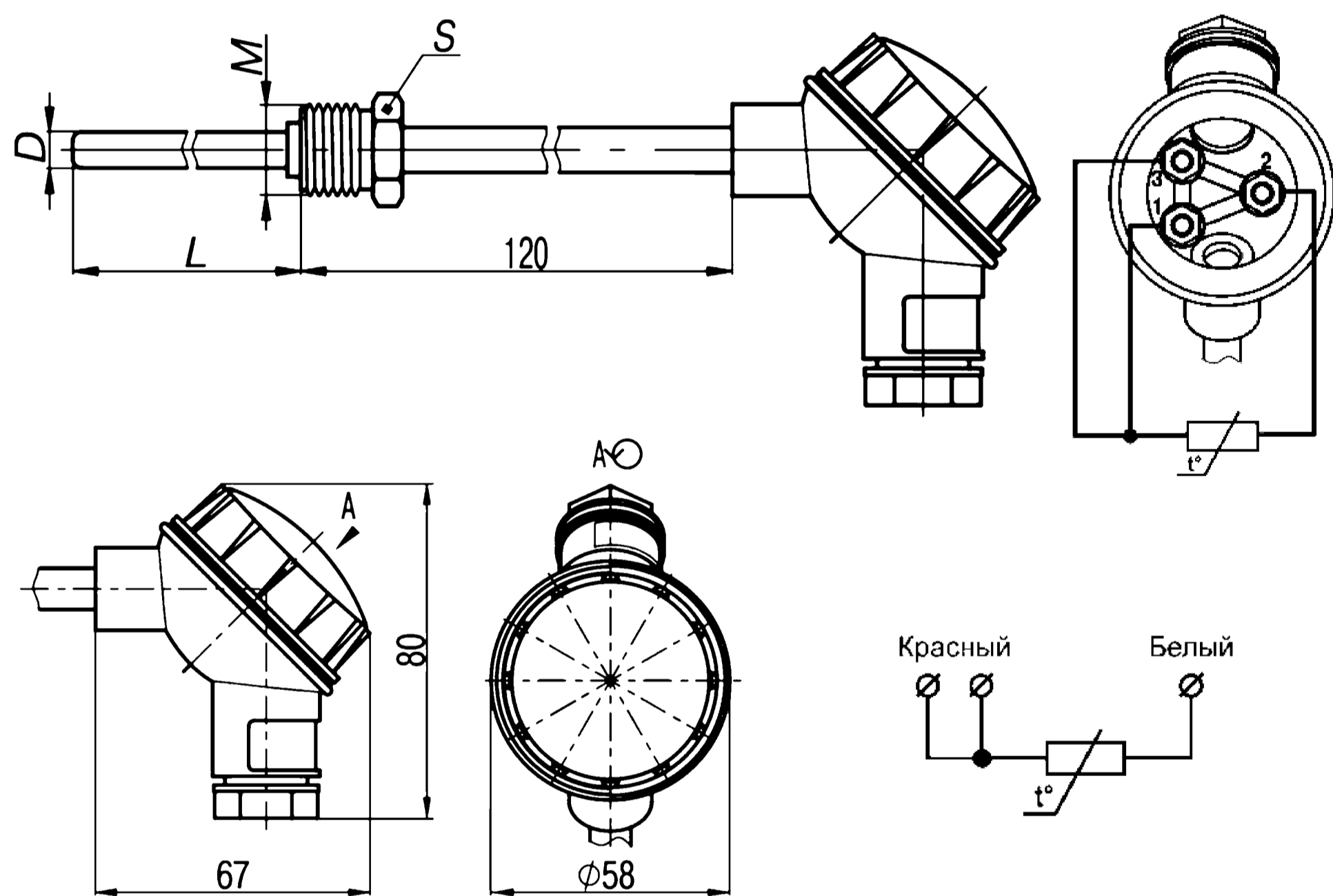
Внешний вид и схема подключения насоса WCP 5-60G



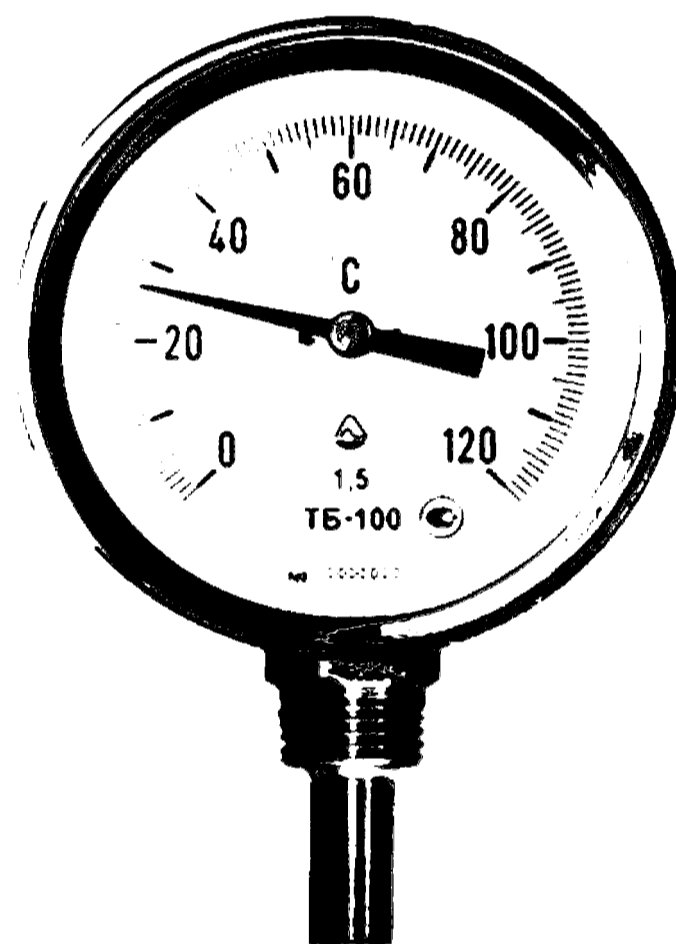
Внешний вид и схема подключения преобразователя давления ПД100



Конструктивное исполнение и схема подключения ДСТ035



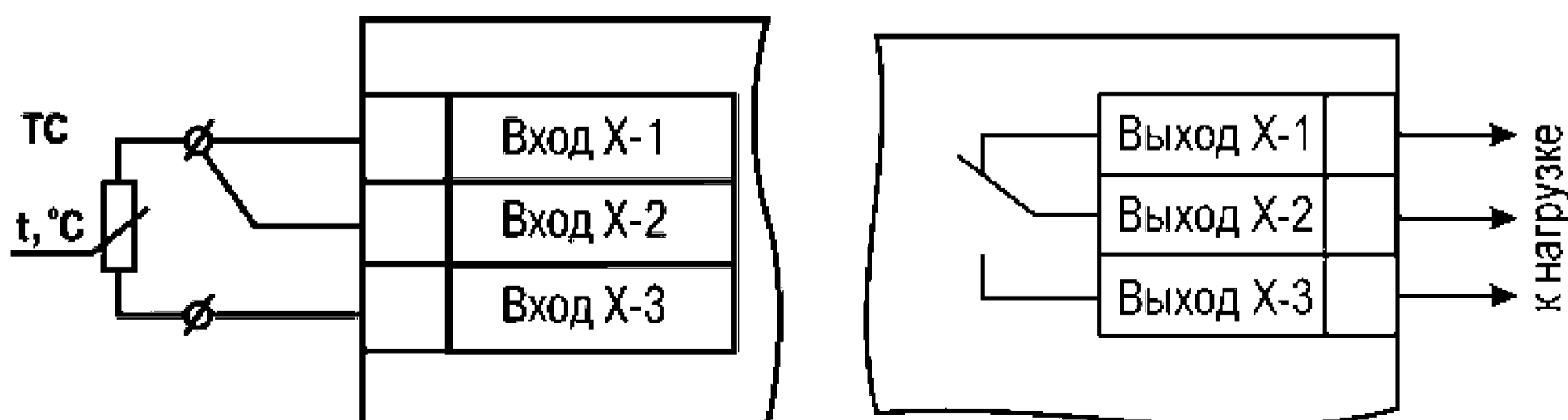
Термометр биметаллический ТБЛ 100/50/Т3-(0-120)С



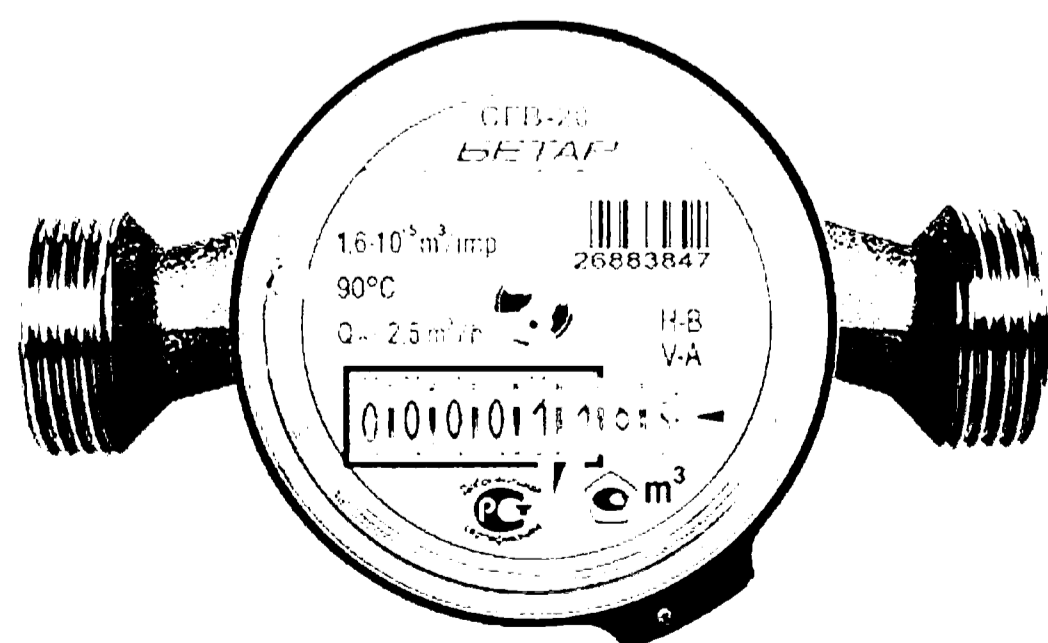
Внешний вид ОВЕН ТРМ1



Схемы подключения к прибору ОВЕН ТРМ1

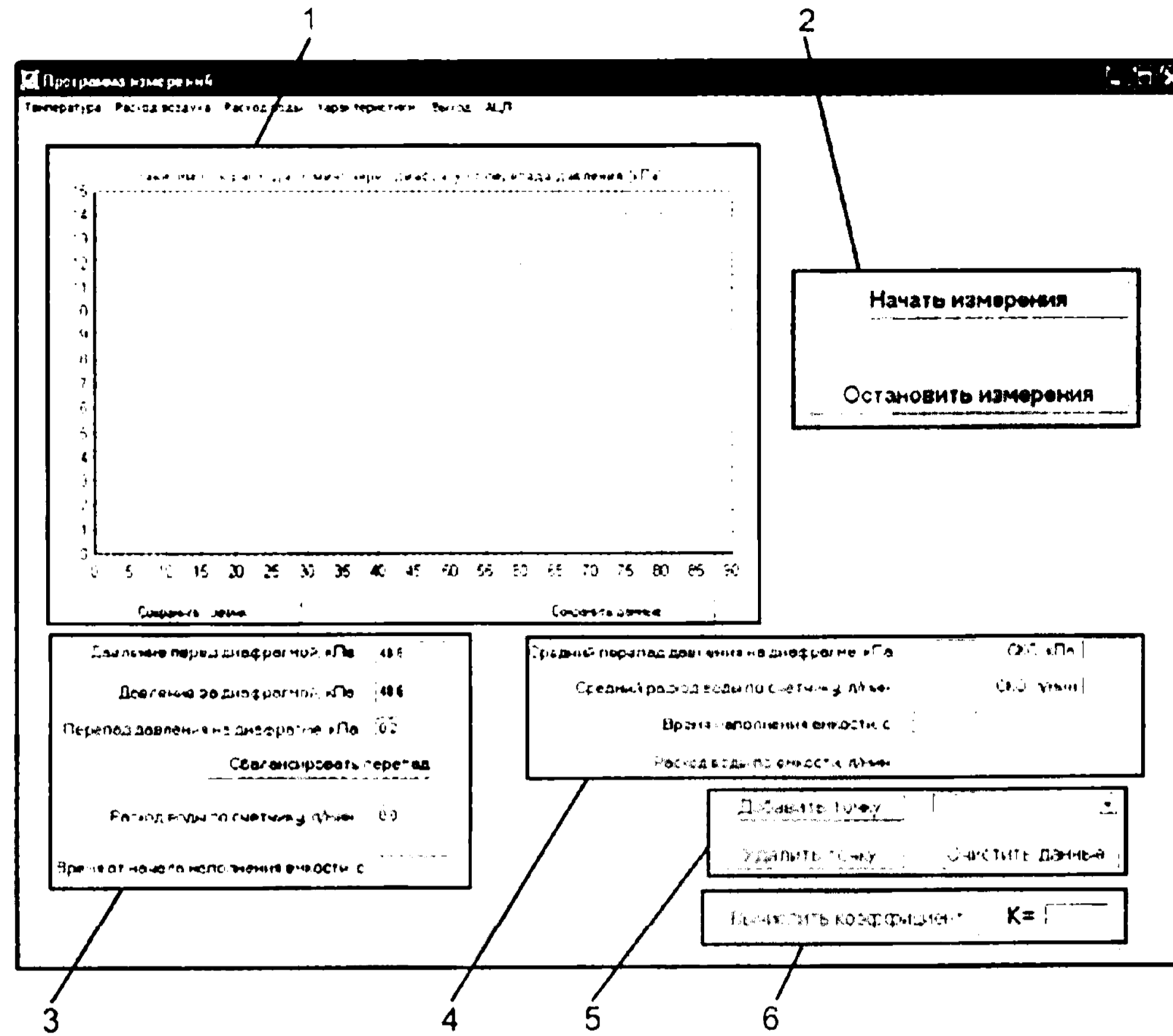


Счетчик горячей воды СГВ-20

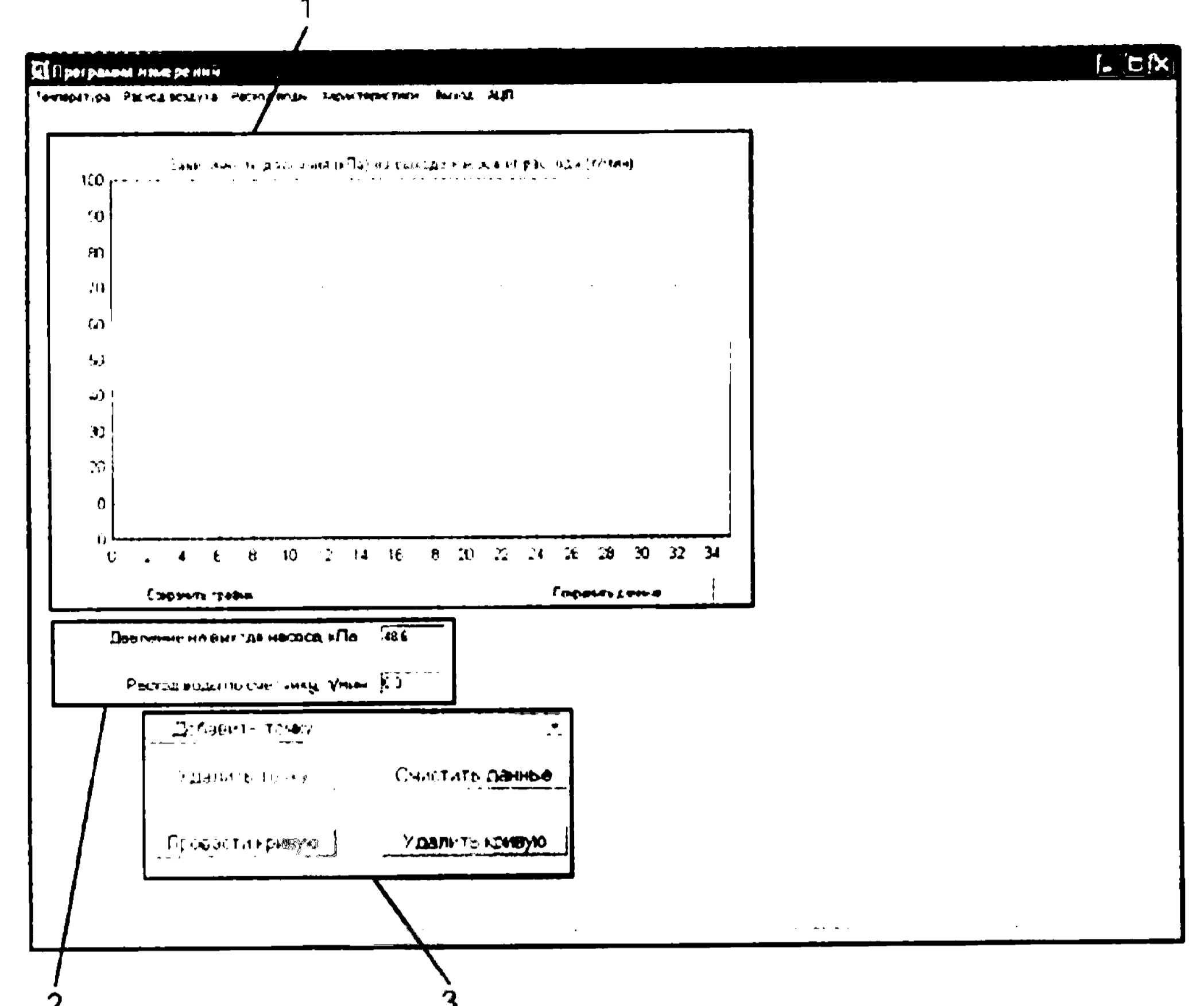


				ВКР.164020.15.03.04.СХ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Хижняк В.С.				у		
Провер.	Скрипко О.В.						
Т. контр.	Скрипко О.В.				Лист 2	Листов 6	
Н. контр.	Скрипко О.В.				Автоматизация исследований процессов в гидросистеме на стенде ИПДРТ		
Утвержд.	Скрипко О.В.				АМГУ, гр.641		

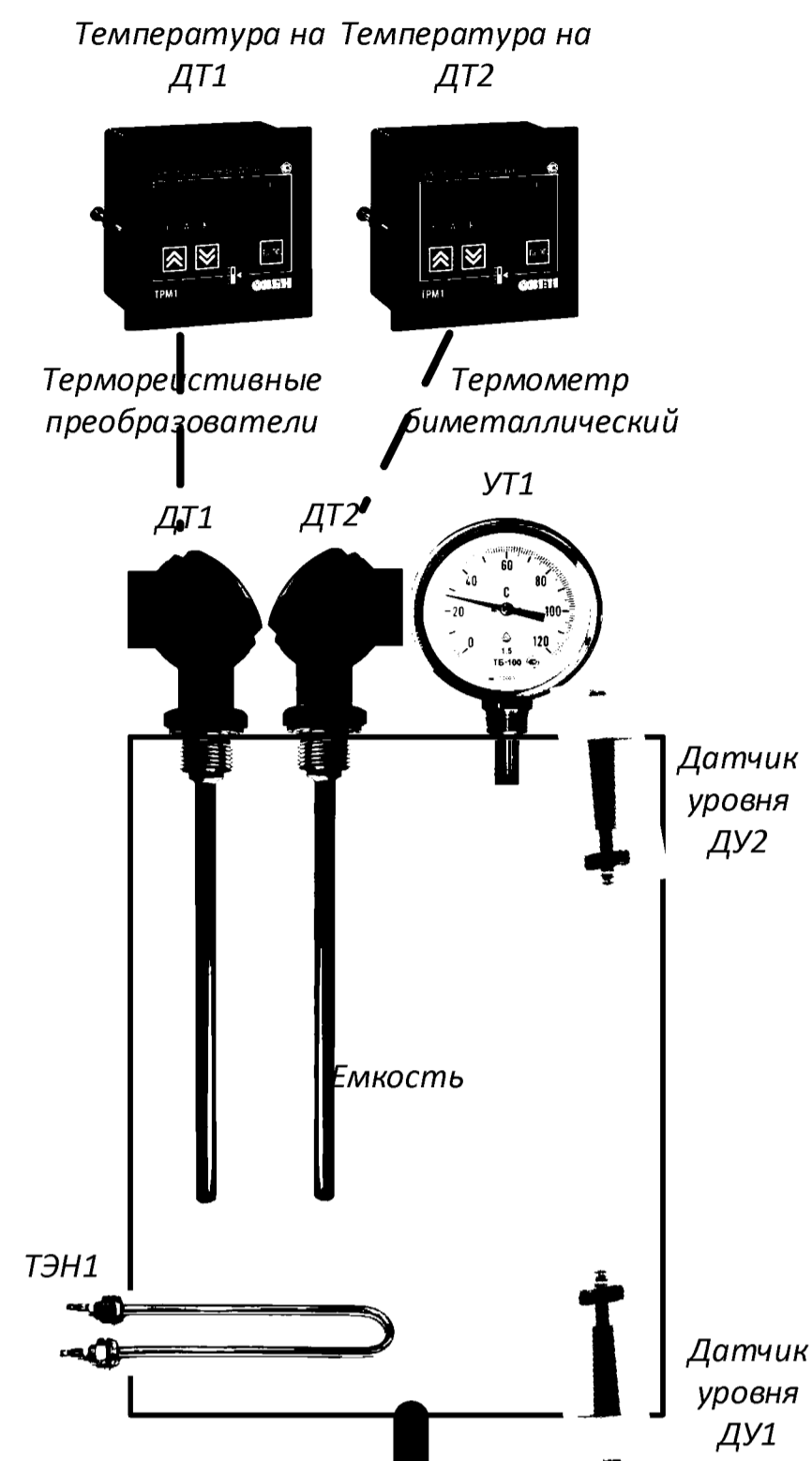
Рабочее окно «Расход воды»



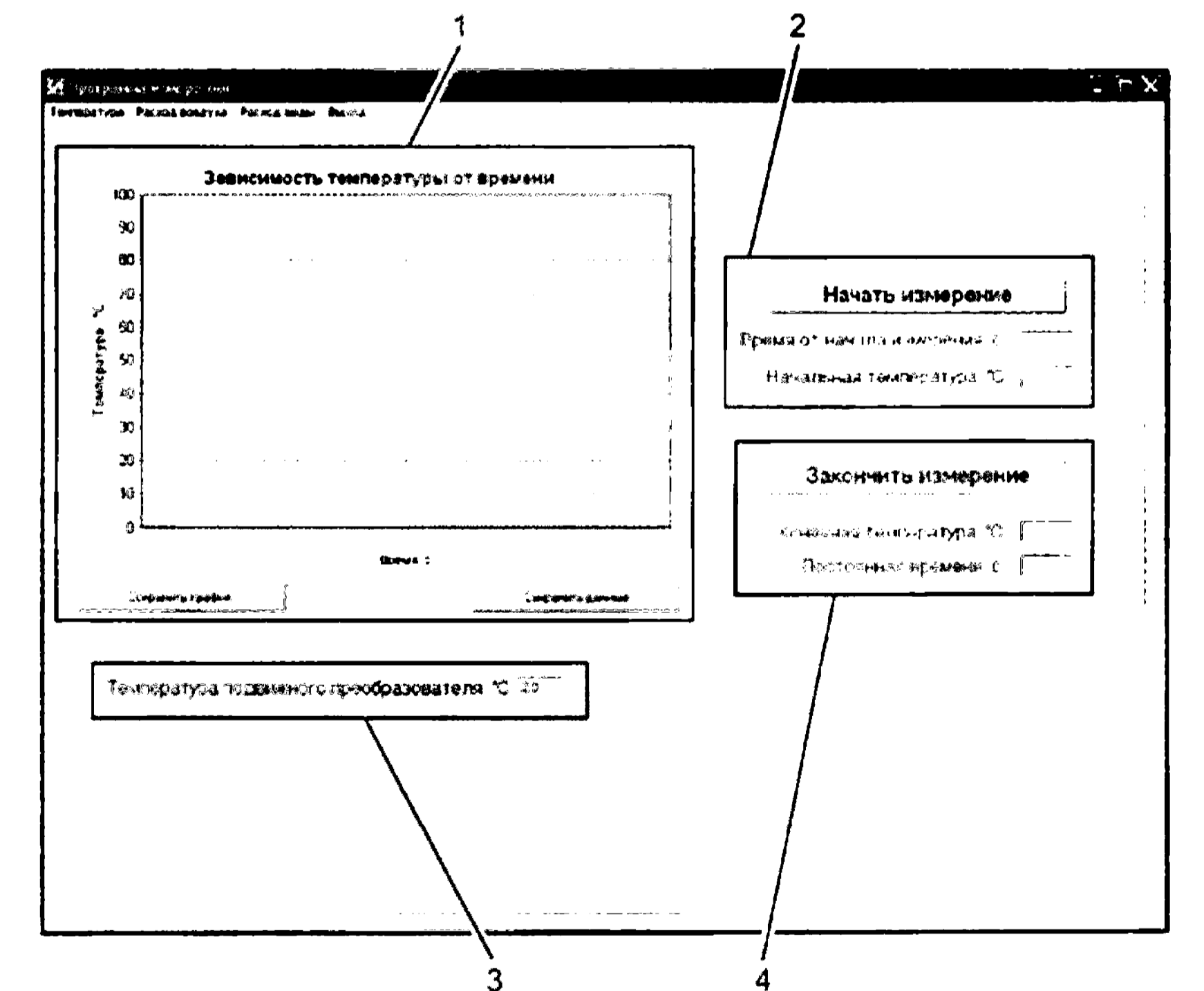
Рабочее окно «Характеристики насоса»



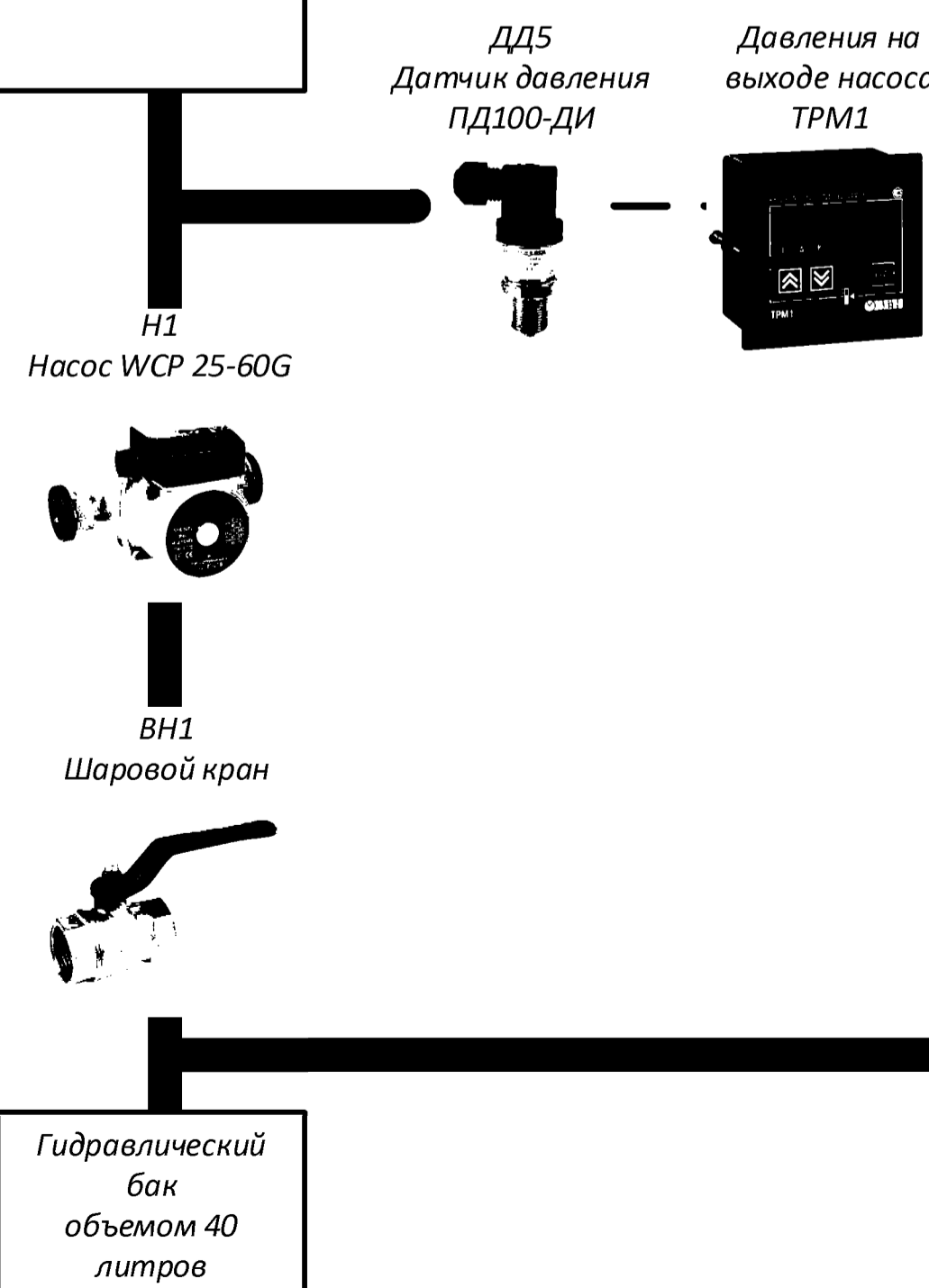
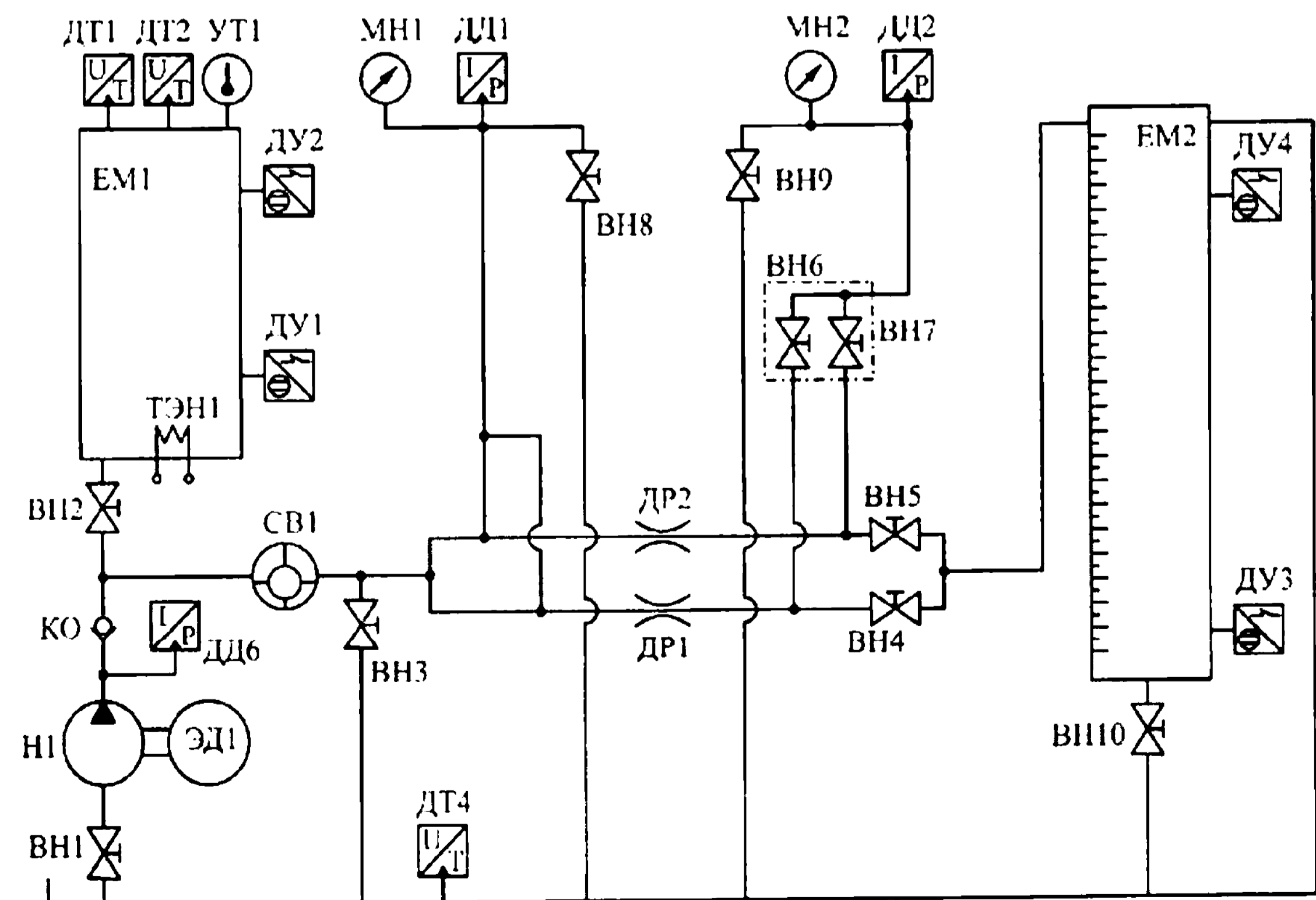
Структурно-функциональная схема участка гидравлической части стенда



Рабочее окно «Температура»

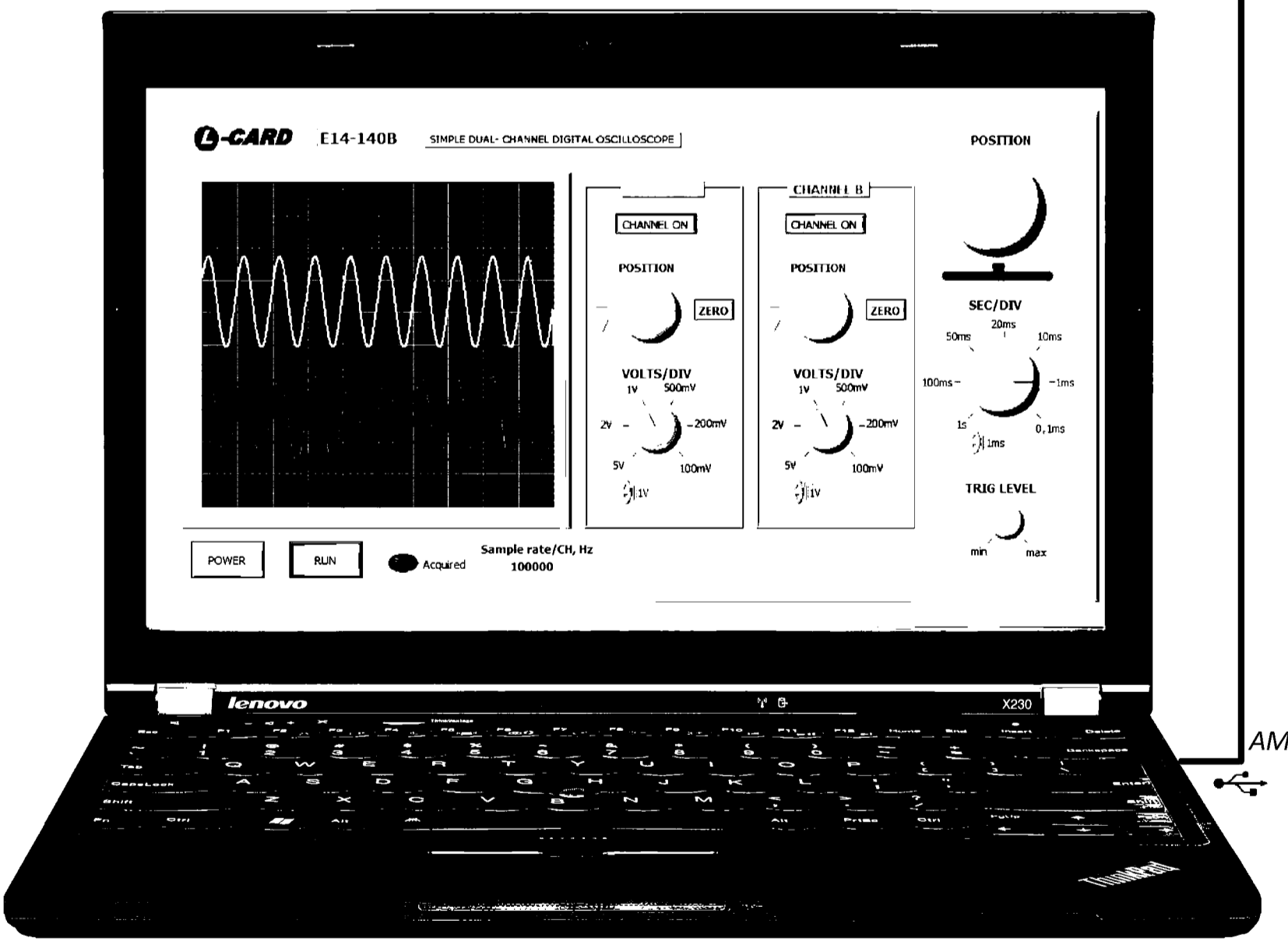
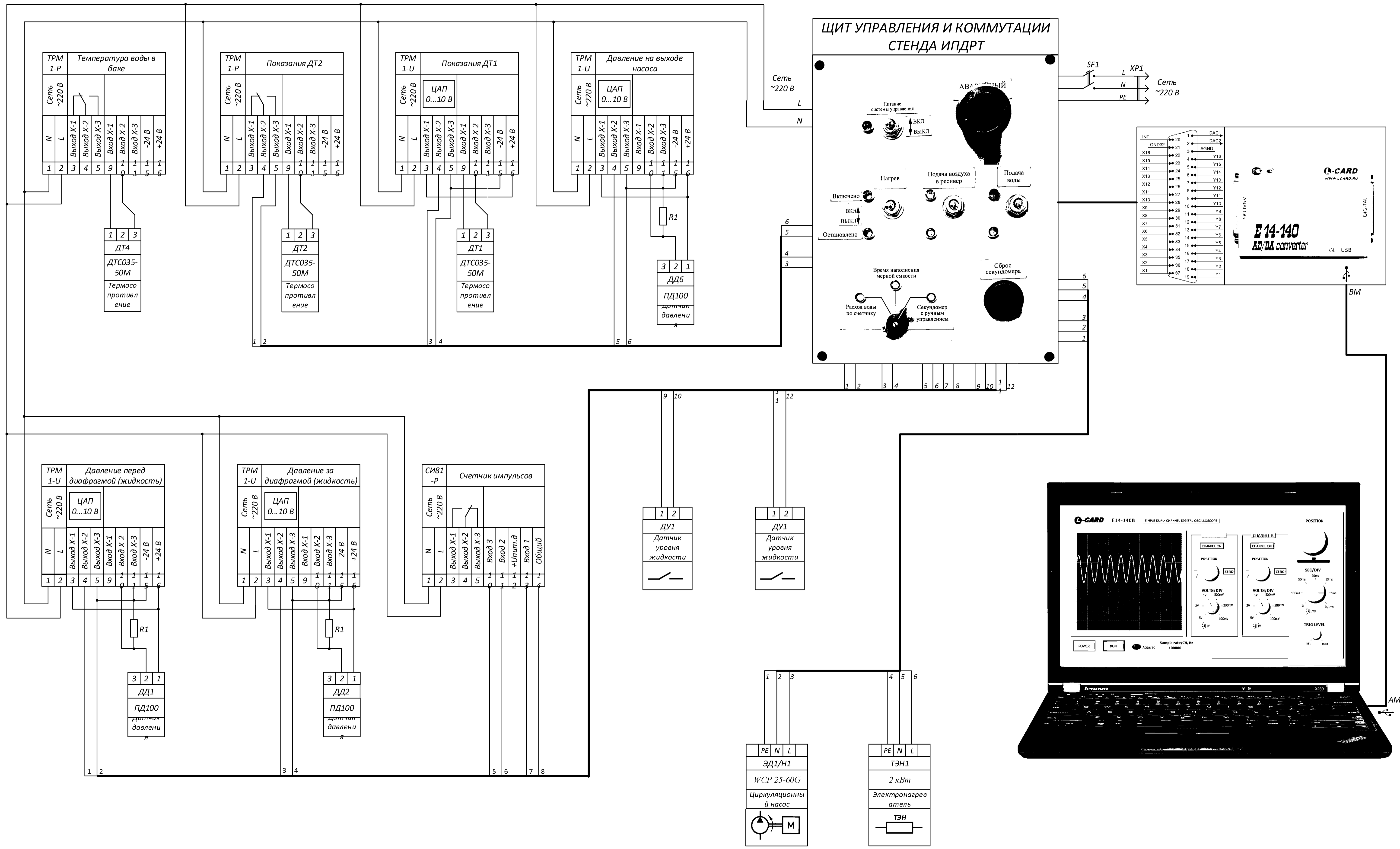


Гидравлическая схема стенда ИПДРТ



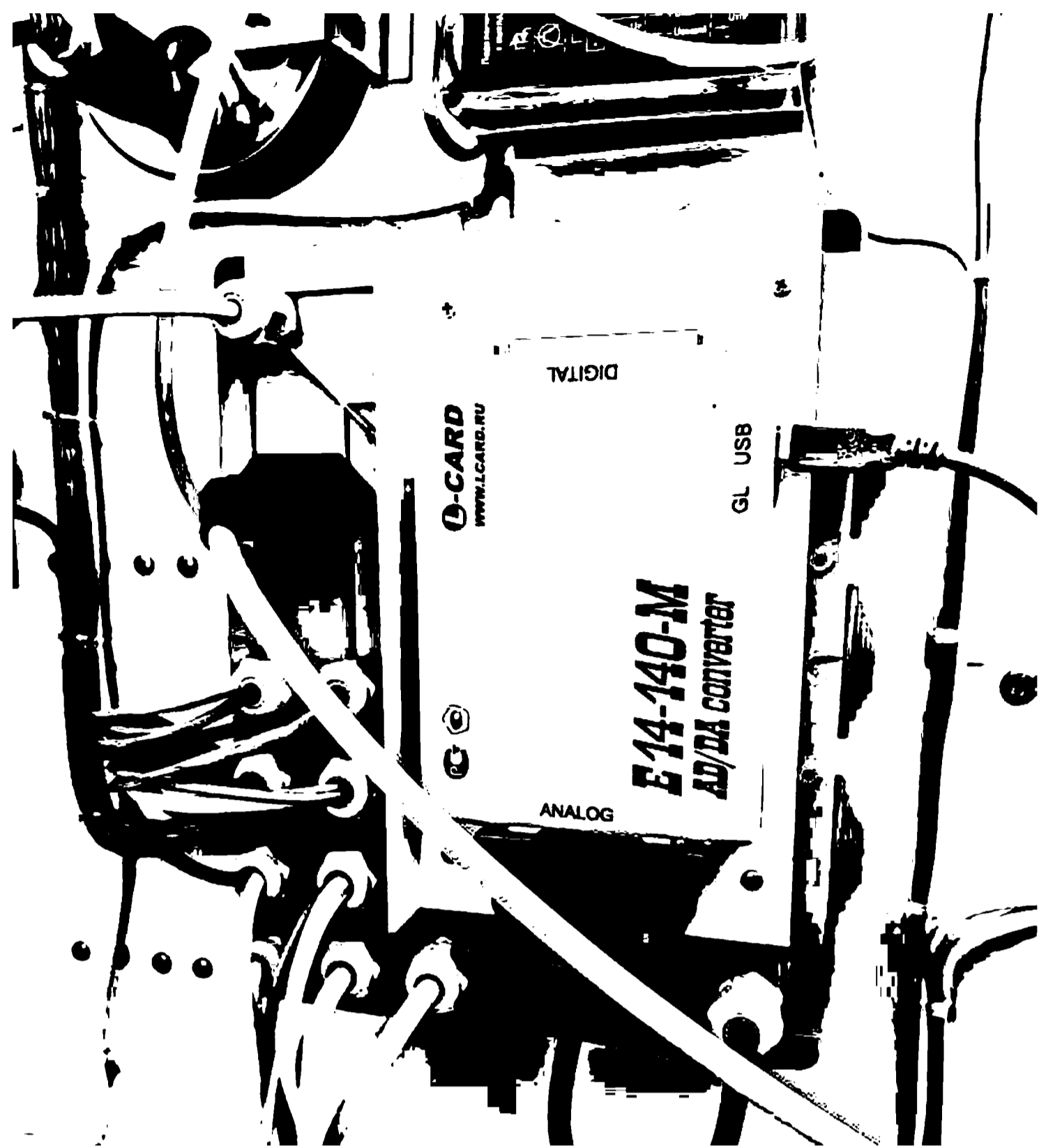
				ВКР.164020.15.03.04.СХ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схемы автоматизации и оконный интерфейс	Лит	Масса	Масштаб
						у		
						Лист 3	Листов 6	
					Автоматизация исследовательских процессов в гидросистеме на стенде ИПДРТ			АМГУ, гр.641





				ВКР.164020.15.03.04.СХ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема электрическая принципиальная	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Хижняк В.С.					у		
Провер.	Скрипка О.В.							
Т. контр.	Скрипка О.В.					Лист 4	Листов 6	
Н. контр.	Скрипка О.В.					Автоматизация исследований процессов в гидросистеме на стенде ИПДРТ		
Утвержд.	Скрипка О.В.				АМГУ, гр.641			

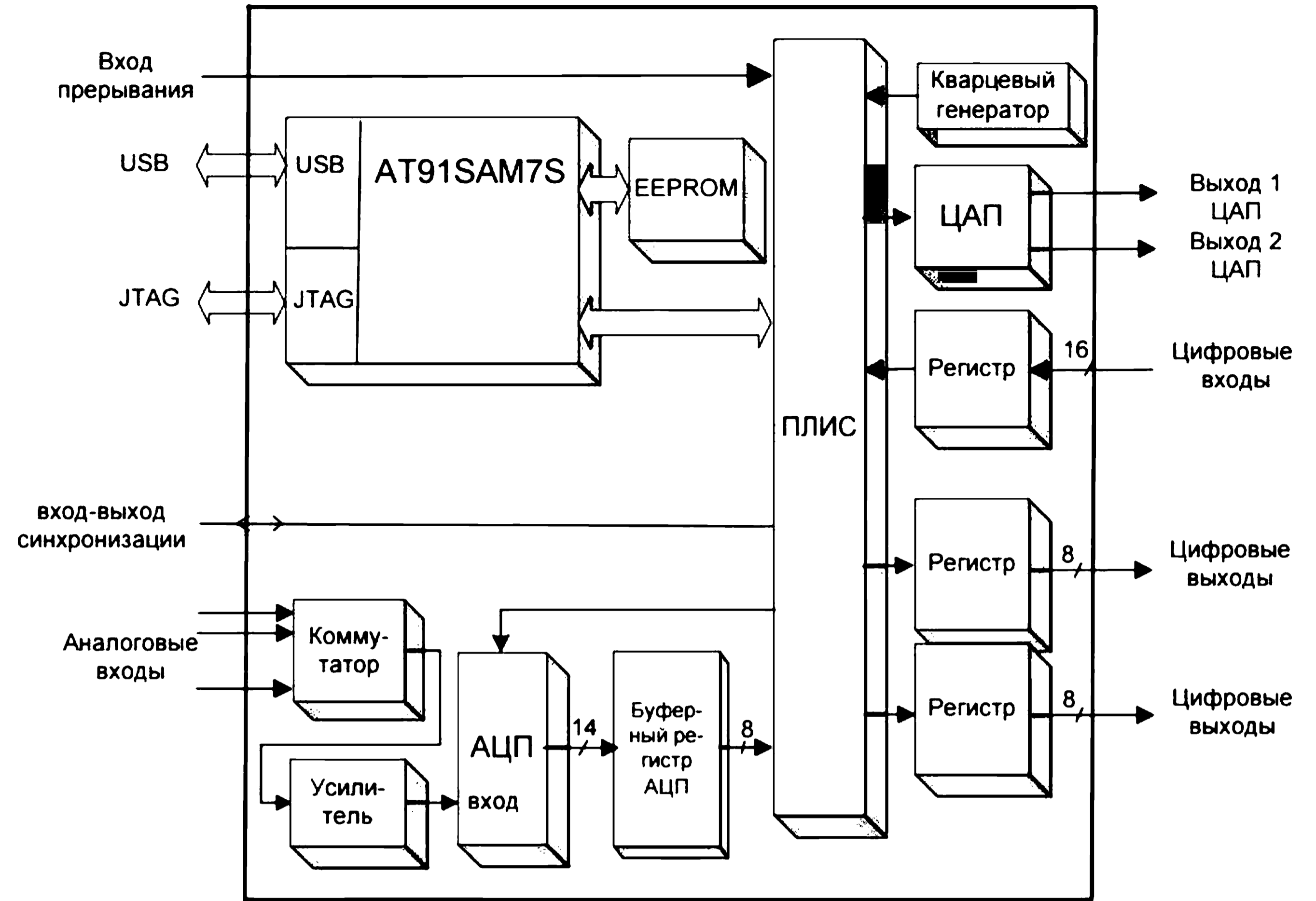
Место установки преобразователя напряжения  
L-CARD-E14-140-M на стенде



Аппаратные характеристики L-CARD-E14-140-M

Характеристика, возможность	E14-140-M
Тип контроллера	ARM-контроллер AT91SAM7S6 с тактовой частотой ядра 48 МГц, внутреннее ОЗУ – 64 кБ
Тип ПЛИС внутреннего управления	ЕРМ570Т100С5 (570 логических ячеек)
Штатная возможность пользовательского программирования контроллера	предоставляется
Штатная возможность подключения отладочных средств	предоставляется через JTAG-разъём, доступный при снятии нижней крышки корпуса.
Обработка синхросигнала сигнала INT (старта сбора данных)	Аппаратная (посредством ПЛИС), но возможно и средствами ARM-контроллера
Функция триггера Шмитта на входе INT	Присутствует
Аналоговая синхронизация старта преобразований АЦП	Реализована аппаратными средствами ПЛИС. Это обеспечивает повышенную точность синхронизации.
Цифровая синхронизация старта преобразований АЦП	Реализована аппаратными средствами ПЛИС. Реакция на сигнал старта детерминирована – до 1-го периода установленной частоты преобразования АЦП.

Функциональная схема L-CARD-E14-140-M



Назначение контактов разъёма «ANALOG»

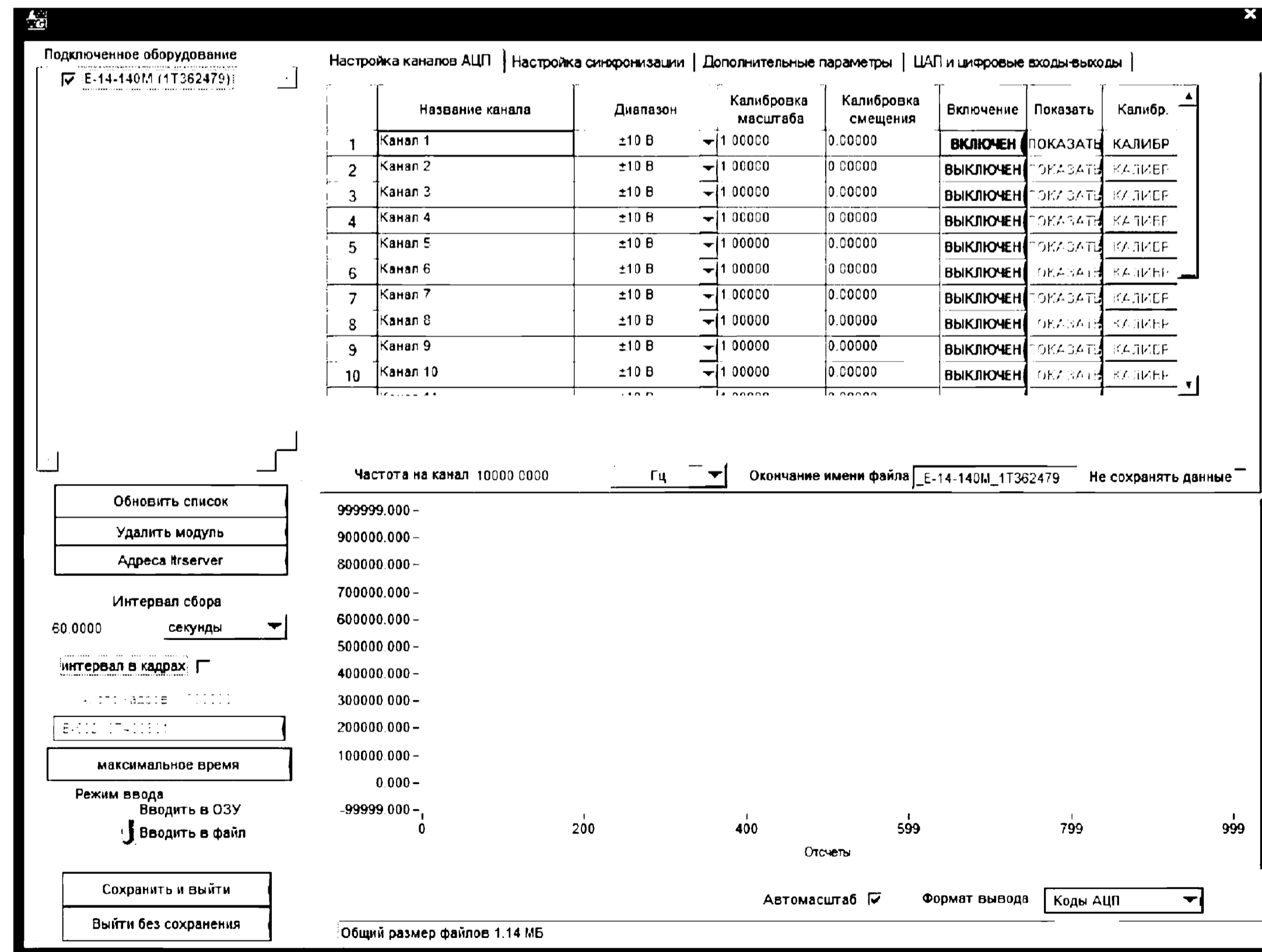
Номер контакта	Обозначение и назначение контакта	Номер контакта	Обозначение и назначение контакта
1	DAC1 – выход ЦАП 1	20	INT – вход внешней синхронизации
2	DAC2 – выход ЦАП 2	21	GND32 – «общий провод» для 32-канальной схемы подключения
3	AGND – «аналоговая земля»	22	Вход X16
4	Вход Y16	23	Вход X15
5	Вход Y15	24	Вход X14
6	Вход Y14	25	Вход X13
7	Вход Y13	26	Вход X12
8	Вход Y12	27	Вход X11
9	Вход Y11	28	Вход X10
10	Вход Y10	29	Вход X9
11	Вход Y9	30	Вход X8
12	Вход Y8	31	Вход X7
13	Вход Y7	32	Вход X6
14	Вход Y6	33	Вход X5
15	Вход Y5	34	Вход X4
16	Вход Y4	35	Вход X3
17	Вход Y3	36	Вход X2
18	Вход Y2	37	Вход X1
19	Вход Y1		

Примечание: При дифференциальном подключении «X» – неинвертирующие входы, «Y» – инвертирующие входы

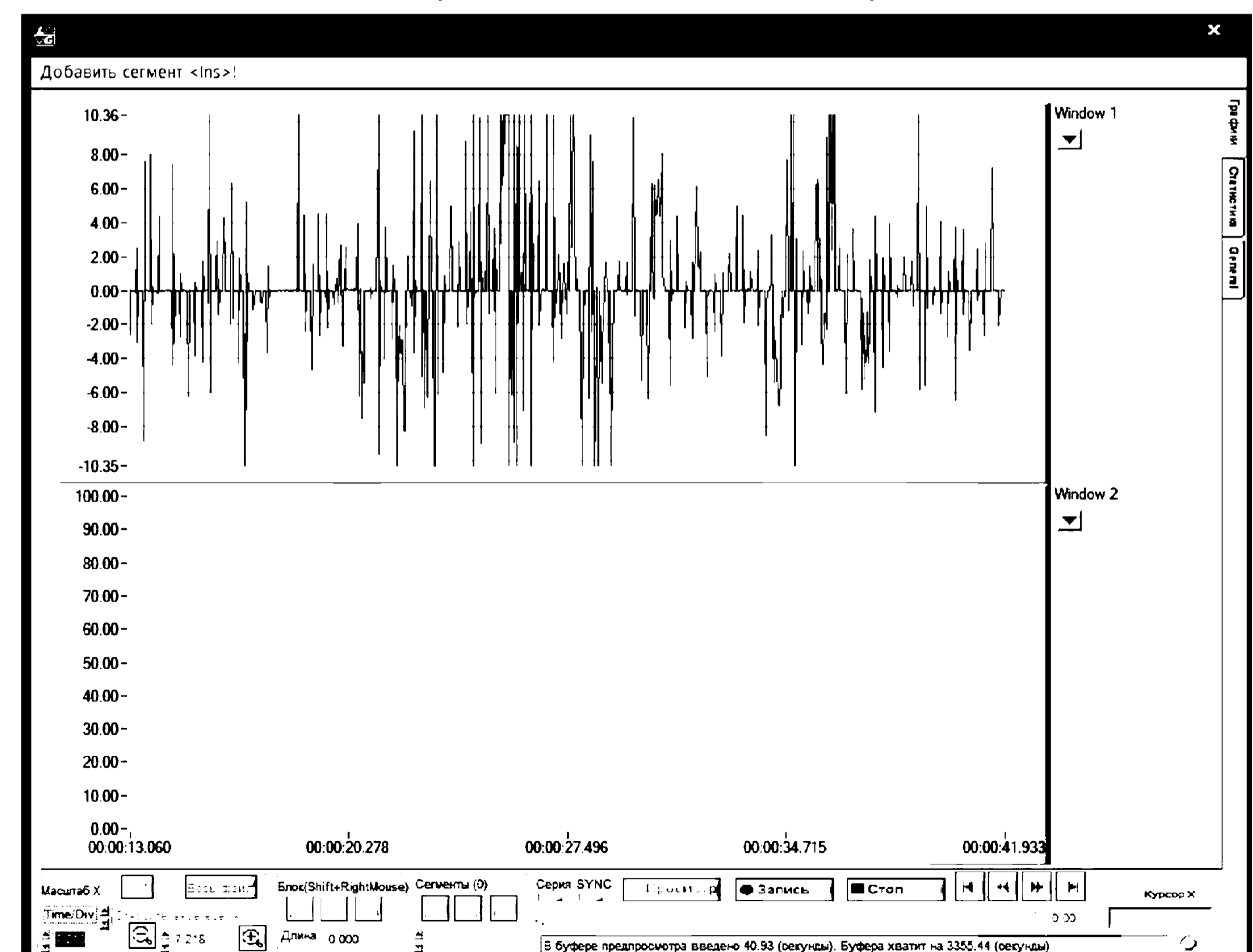
Назначение контактов разъёма «DIGITAL»

Номер контакта	Обозначение и назначение контакта	Номер контакта	Обозначение и назначение контакта
1	IN1	20	OUT1
2	IN2	21	OUT2
3	IN3	22	OUT3
4	IN4	23	OUT4
5	IN5	24	OUT5
6	IN6	25	OUT6
7	IN7	26	OUT7
8	IN8	27	OUT8
9	IN9	28	OUT9
10	IN10	29	OUT10
11	IN11	30	OUT11
12	IN12	31	OUT12
13	IN13	32	OUT13
14	IN14	33	OUT14
15	IN15	34	OUT15
16	IN16	35	OUT16
17	Digital GND	36	DigitalGND
18	+3.3 В	37	+5 В
19	INT		

Конфигурация ПО LGraph2

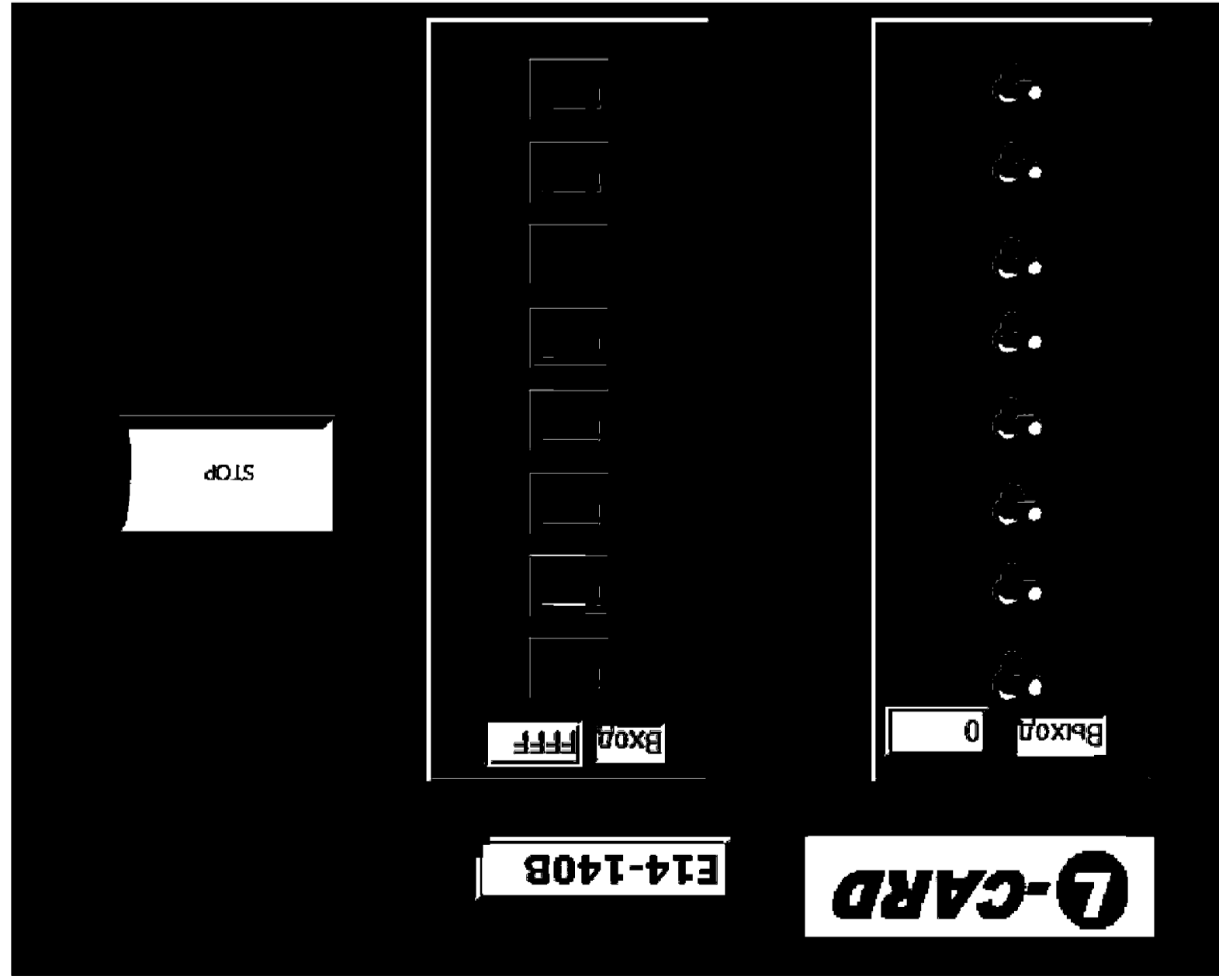


Отображение данных в ПО LGraph2

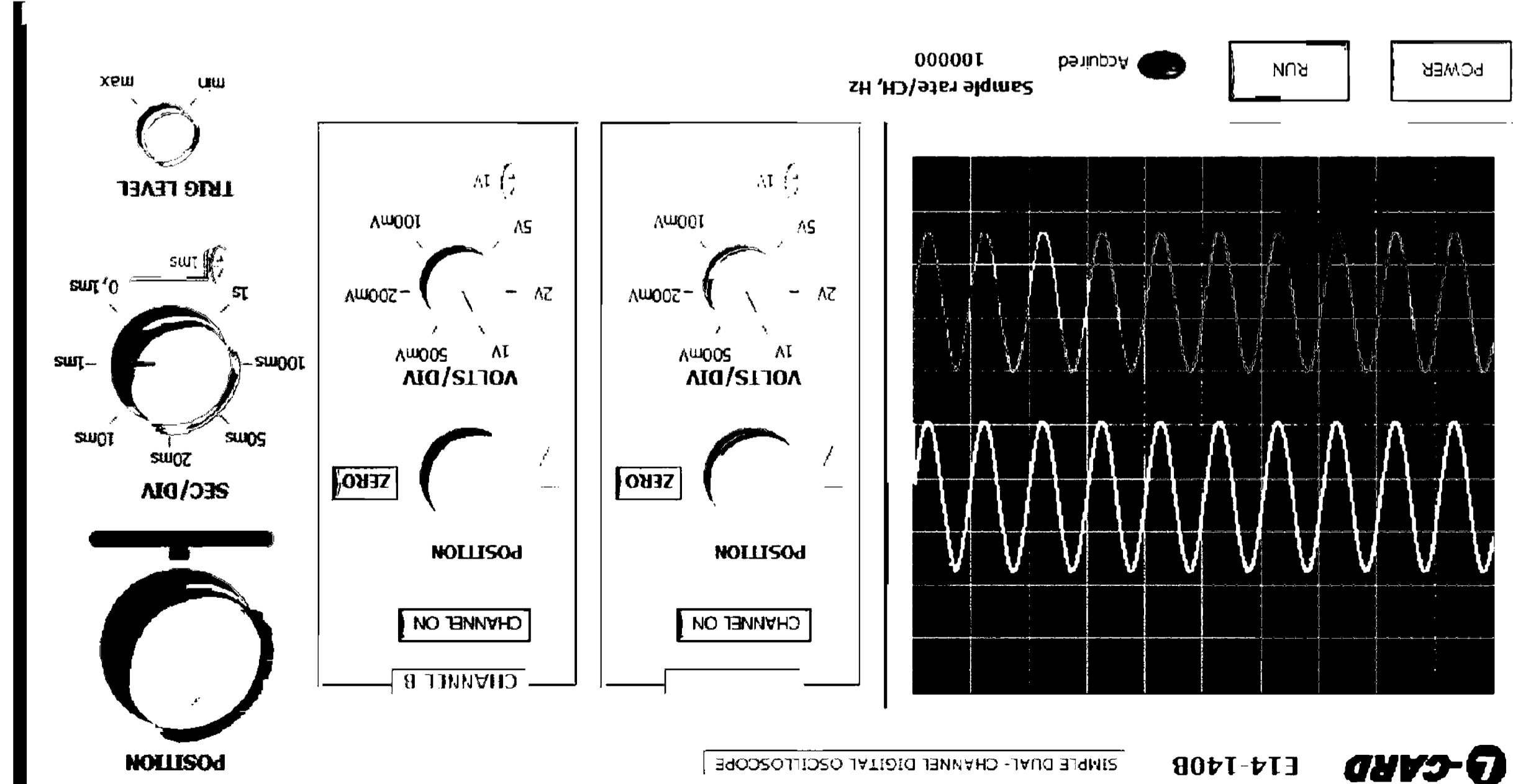


Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит	Масса	Масштаб
					у		
Разраб. Хижняк В.С. Провер. Скрипка О.В. Т. контр. Скрипка О.В.					Преобразователь напряжения измерительный L-CARD-E14-140-M		
Н. контр. Скрипка О.В. Утвержд. Скрипка О.В.					Автоматизация исследований процессов в гидросистеме на стенде ИПДРТ		
					Лист 5 / Листов 6		
					АМГУ, гр.641		

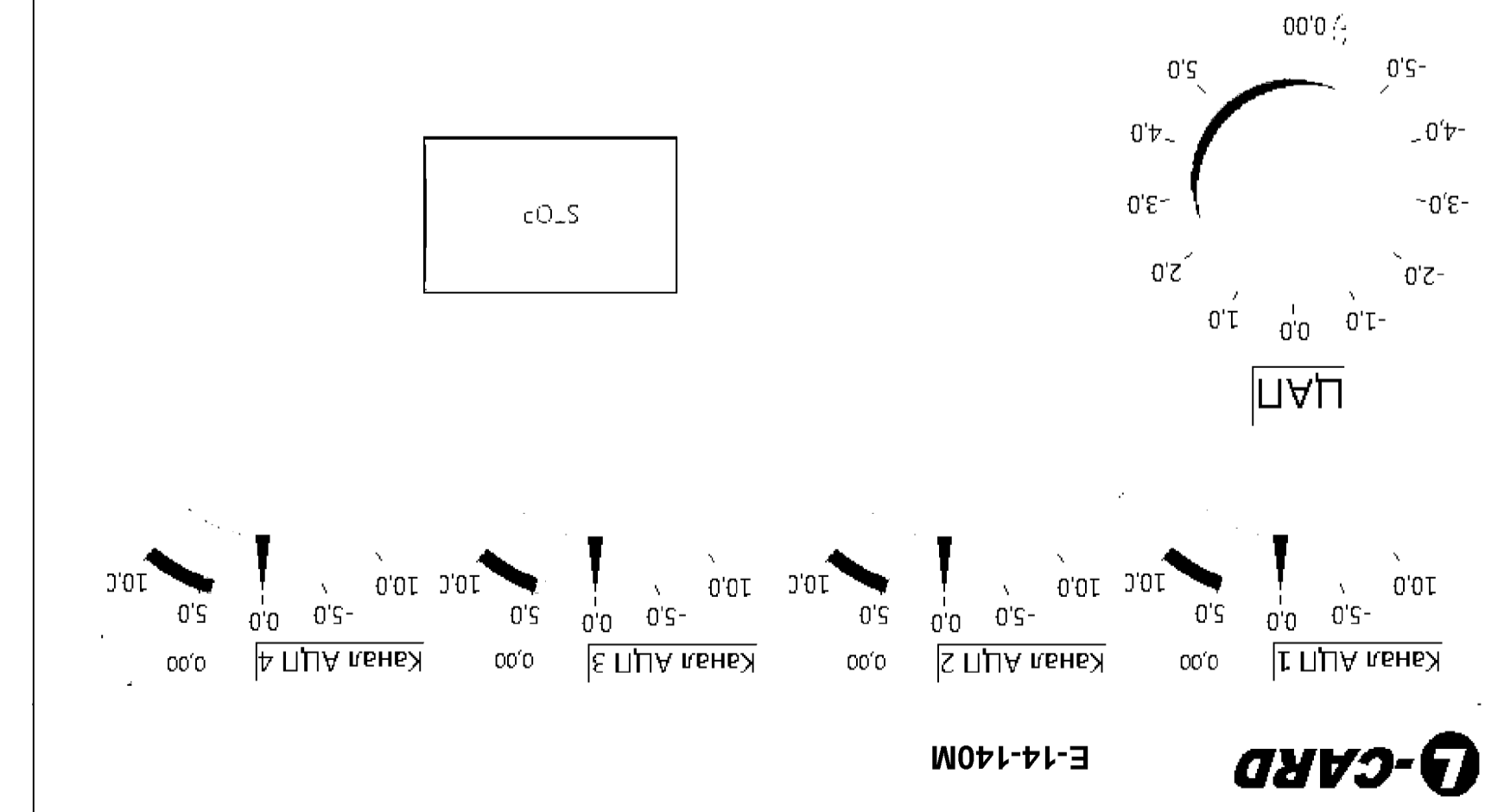
Окно виртуального прибора пользователя «Дискретные сигналы»



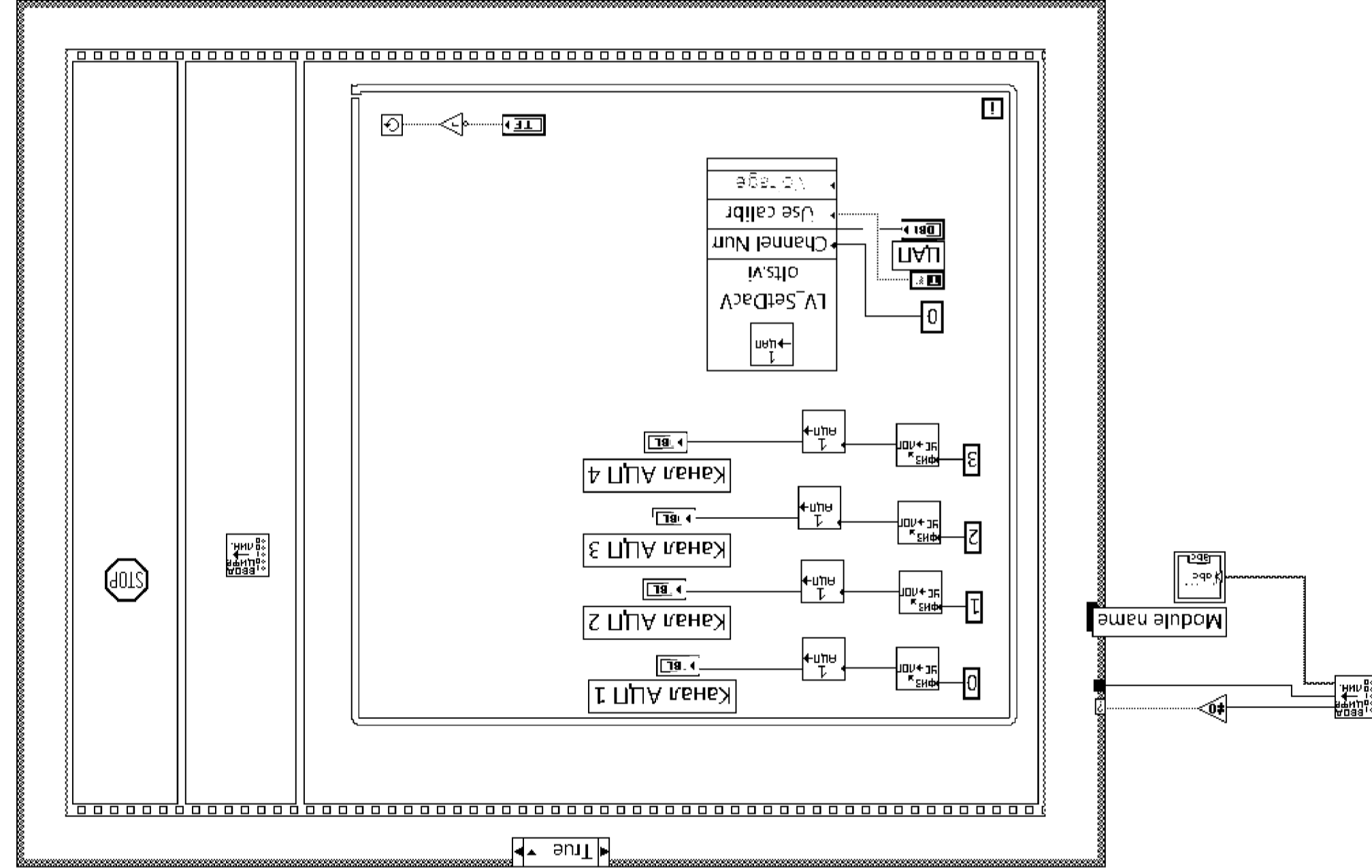
Окно виртуального прибора пользователя «Двухканальный осциллограф»



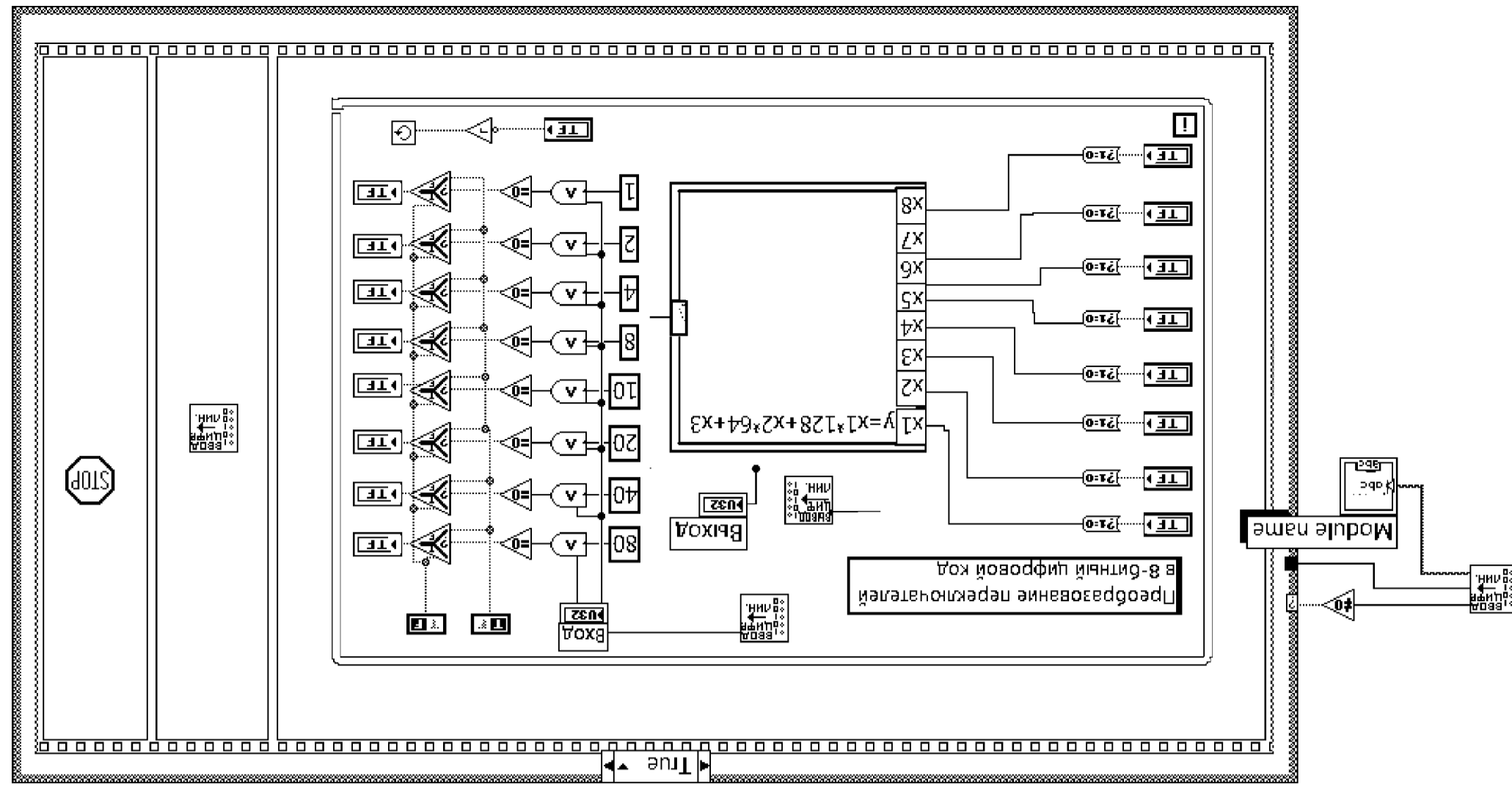
Окно виртуального прибора пользователя «Асинхронный ввод-вывод»



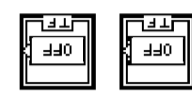
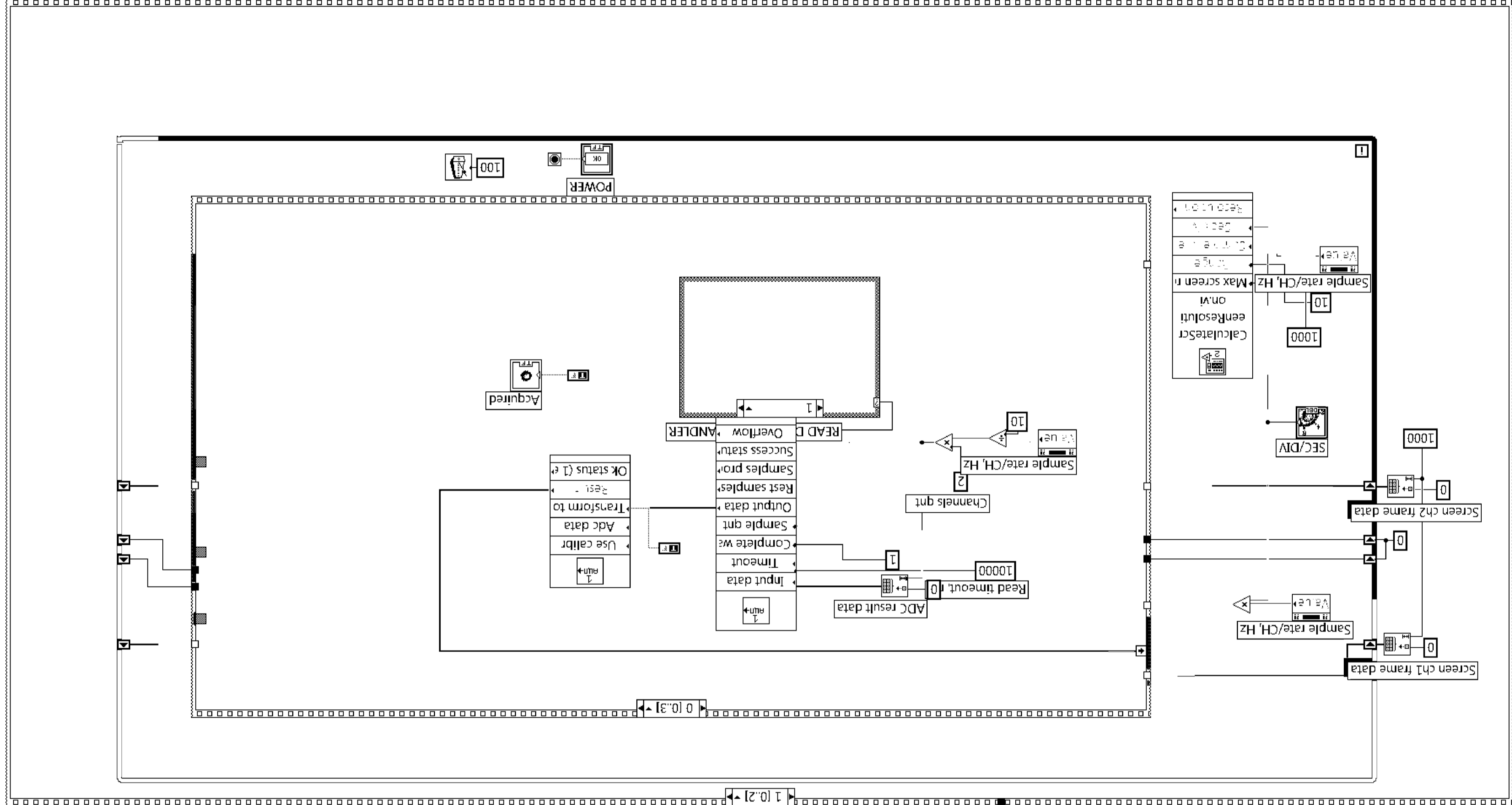
Программа виртуального прибора пользователя «Асинхронный ввод-вывод» на языке G



Программа виртуального прибора пользователя «Дискретные сигналы» на языке G



Программа виртуального прибора пользователя «Двухканальный осциллограф» на языке G



Имя	Лист	№ докум.	Подп.	Датум
Вараб. Хижняк В.С.				
Провер. Скрипко О.В.				
Т. контр.				
Скрипко О.В.				
Утверждаю				
Скрипко О.В.				

Применение виртуальных приборов

Автоматизация исследований процессов в

АМУ, гр.641

Лист 6

Листов 6

ВКР.164020.15.03.04.СХ