

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт Механико-технологический факультет
Кафедра «Мехатроника и автоматизация»
Направление «Автоматизация технологических процессов и производств»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
В.Р. Гасияров

2018 г.

Модернизация автоматизированного стенда гидропроливочных испытаний

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ ПЗ 15.03.04.2018.092.00 (ВКР)

Нормоконтролер
Преподаватель
Е.А. Маклакова

2018 г.

Руководитель работы
Ст. преподаватель
А.В. Соколов

2018 г.

Нормоконтролер
Ст. преподаватель
С.С. Воронин

2018 г.

Автор работы
студент группы П-455
Ольга Евгеньевна Храмова

2018 г.

АННОТАЦИЯ

Храмова О.Е. Автоматизированный
стенд гидропроливочных испытаний.—
Челябинск: ЮУрГУ, МТ; 2018, 86 с.
41 ил., библиогр. список – 40 наим.,
5 прил., 28 таблиц.

Представлен анализ существующего стенда гидропроливочных испытаний, предложен вариант модернизации стенда, реализованы алгоритм автоматического проведения испытаний и алгоритм автоматического выполнения сервисных функций, позволяющие до минимума исключить участие человека в процессе.

С применением существующих измерительных и исполнительных элементов, а также с использованием дополнительных средств автоматизации разработана управляющая система стенда гидропроливочных испытаний.

В работе представлены разработанные схема функциональная автоматизации, схема электрическая принципиальная, схема соединений, алгоритм автоматизированной работы стенда и интерфейс оператора в программе Simple-SCADA.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ	7
1.1 Описание стенда гидропроливочных испытаний	7
1.2 Методика выполнения гидропроливочных испытаний.....	11
1.3 Элементы стенда гидропроливочных испытаний	12
1.3.1 Датчики температуры	12
1.3.2 Датчики избыточного давления	13
1.3.3 Датчики перепада давления.....	14
1.3.4 Расходомеры.....	15
1.3.5 Вентили регулирующие	17
1.3.6 Насосы напорные	18
1.3.7 Насосы циркуляционные	19
1.3.8 Трубчатые электронагреватели	20
1.3.9 Электроклапаны	21
1.4 Требования к модернизации стенда гидропроливочных испытаний.....	23
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДОМ ГИДРОПРОЛИВОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ.....	27
2.1 Разработка схемы функциональной автоматизации	27
2.2 Разработка схемы электрической принципиальной.....	31
2.2.1 Выбор исполнительных элементов	31
2.2.2 Выбор датчиков.....	34
2.2.3 Выбор управляющего контролера.....	40

2.2.4 Разработка схемы электрической принципиальной системы автоматизации	45
2.3 Разработка схемы соединений	50
3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ..	52
3.1 Разработка алгоритмического обеспечения	52
3.2 Разработка программного обеспечения	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	62
ПРИЛОЖЕНИЕ А Схема стенда гидропроливочных испытаний	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Схема функциональная автоматизации	67
ПРИЛОЖЕНИЕ В Схема электрическая принципиальная	69
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Схема соединений	74
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Алгоритм работы стенда	76

ВВЕДЕНИЕ

На современном уровне развития автоматизация процессов представляет собой один из подходов к управлению процессами на основе применения информационных технологий. Этот подход позволяет осуществлять управление операциями, данными, информацией и ресурсами за счет использования компьютеров и программного обеспечения, которые сокращают степень участия человека в процессе, либо полностью его исключают.

Основной целью автоматизации является повышение качества исполнения процесса. Автоматизированный процесс обладает более стабильными характеристиками, чем процесс, выполняемый в ручном режиме. Во многих случаях автоматизация процессов позволяет повысить производительность, сократить время выполнения процесса, снизить стоимость, увеличить точность и стабильность выполняемых операций.

В данной работе модернизируется система управления стендом гидропроливочных испытаний. Система управления стендом гидропроливочных испытаний предназначена для проведения гидравлических и теплогидравлических испытаний над различными объектами.

Целями модернизации стенда гидропроливочных испытаний являются:

- 1) автоматическое управление исполнительными механизмами стенда;
- 2) автоматизация процесса снятия параметров;
- 3) автоматическое преобразование снятой информации в вид удобный для восприятия;
- 4) уменьшение вероятности возникновения аварийных ситуаций по вине рабочего.

В результате данной работы должен облегчиться процесс управления испытаниями, должно повыситься качество снимаемых показаний, а также должно уменьшиться влияние человека на процесс испытаний.

1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1 Описание стенда гидропроливочных испытаний

Объектом автоматизации является стенд гидропроливочных испытаний. Стенд гидропроливочных испытаний предназначен для комплексных испытаний теплообменников, средств измерения расхода, регуляторов различных типов (регуляторы температуры на отопительные приборы или магистрали, электрические задвижки, клапаны и тому подобное) в разных режимах.

Стенд формирует рабочую среду с контролируемыми параметрами (давление, перепад давления, температура, расход), обеспечивает выполнение испытаний, осуществляет регистрацию, и просмотр параметров. Общий вид стенда гидропроливочных испытаний представлен на рисунках 1.1 и 1.2. На рисунке 1.1 представлены насосы, баки хранения воды и водонагреватели, а на рисунке 1.2 представлены измерительные и исполнительные элементы и места крепления объектов испытаний.



Рисунок 1.1 – Первая часть стенда гидропроливочных испытаний



Рисунок 1.2 – Вторая часть стенда гидропроливочных испытаний

Стенд гидропроливочных испытаний состоит из следующих частей:

- блок хранения и подготовки рабочей среды;
- программно-технический комплекс измерений, контроля и управления;
- блок испытаний.

Блок хранения и подготовки рабочей среды содержит накопительные емкости для хранения воды, устройства нагрева воды, исполнительные и измерительные элементы, необходимые для подготовки воды к испытаниям, и насосное оборудование для непрерывной подачи воды в контуры теплогидравлических и гидравлических испытаний.

Блок хранения и подготовки рабочей среды имеет следующие основные технические характеристики, представленные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристики блока хранения и подготовки рабочей среды

Параметр	Значение
Рабочая среда	Вода
Диапазон температур рабочей среды	10–75 °С
Максимальный расход рабочей среды	13 м ³ /ч
Максимальное давление рабочей среды	0,6 МПа (изб.)
Диапазон допустимых температур окружающей среды при эксплуатации	10–35 °С
Диапазон давления окружающей среды	от 0,08 до 0,12 МПа

Программно-технический комплекс измерений, контроля и управления содержит устройства, которые управляют всеми исполнительными элементами, принимают показания со всех измерительных элементов, передают информацию оператору и принимают команды от него.

Блок испытаний содержит исполнительные и измерительные устройства, предназначенные для проведения испытаний теплообменных аппаратов различных конструкций и для проведения испытаний различных измерительных, распределительных и регулирующих устройств, а также содержит приспособления для установки объектов испытаний.

Блок испытаний имеет следующие основные технические характеристики, представленные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристики блока испытаний

Параметр	Значение
Рабочая среда	Вода
Температура рабочей среды	10–75 °С
Максимальный расход рабочей среды	13 м ³ /ч
Максимальное давление рабочей среды	0,6 МПа (изб.)
Диапазон допустимых температур окружающей среды при эксплуатации	от 15 до 35 °С
Диапазон допустимого давления окружающей среды	от 0,08 до 0,12 МПа
Типы испытываемых приборов и элементов	Теплообменники (пластинчатые, кожухотрубные, однострубные); расходомеры; теплосчетчики; датчики давления и температуры; клапаны; вентили; дроссельные шайбы; трубопроводы и др.

Продолжение таблицы 1.2

Параметр	Значение
Количество монтируемых приборов: для тепло-гидравлических испытаний для гидравлических испытаний	1 шт. не более 3 шт.
Максимальный диаметр присоединяемых приборов для гидравлических испытаний	80 мм
Максимальная монтажная длина присоединяемых приборов для гидравлических испытаний	1 м

Стенд гидропроливочных испытаний состоит из трех линий, рассчитанных на разные режимы испытаний:

- с малыми расходами воды (до 4,5 м³/ч);
- с большими расходами воды (до 13 м³/ч);
- с большими расходами воды (до 13 м³/ч) с подмешиванием воздуха.

Параметры, которые контролируются стендом:

- Давление, МПа.
- Перепад давления, МПа.
- Температура, °С.
- Расход, м³/ч.

Схема стенда гидропроливочных испытаний к началу данной работы представлена в приложении А.

Стенд гидропроливочных испытаний содержит: датчики температуры ВК1 – ВК10, напорные насосы М24 – М26, регулирующие вентили М1 – М4, расходомеры PS1 – PS4, датчики давления ВР1 – ВР9, датчики перепада давления ВР11 – ВР13, электроклапаны YA1 – YA11, трубчатые электроводонагреватели А1 – А2, насосы циркуляционные М22 – М23.

Перечень оборудования, принадлежащего линии 1: напорный насос М24; регулирующий вентиль М1; расходомер PS1; электроклапан YA3; датчик давления ВР1; датчик перепада давления ВР11.

Перечень оборудования, принадлежащего линии 2: напорный насос М25; регулирующие вентили М2, М1; расходомер PS2; электроклапаны YA4, YA8; датчики давления ВР2, ВР8, ВР9; датчик перепада давления ВР12; датчики температуры ВК7, ВК8.

Перечень оборудования, принадлежащего линии 3: напорный насос М26; регулирующие вентили М3, М4; расходомеры PS3, PS4; электроклапаны YA5, YA6, YA7; датчики давления ВР3, ВР4, ВР5, ВР6, ВР7; датчик перепада давления ВР13; датчики температуры ВК5, ВК6, ВК9, ВК10.

1.2 Методика выполнения гидропроливочных испытаний

Методика выполнения гидропроливочных испытаний зависит от выбранного режима испытания. Для проведения гидравлических испытаний на 1 и 2 линиях необходимо задать значения расходов, значение температуры воды и снимать значения давления, перепада давления воды. Для проведения гидравлических испытаний на 3 линии необходимо задать значения расходов воды, значение расхода воздуха, значение температуры смеси вода-воздух и снимать значения давления, перепада давления смеси вода-воздух. Для проведения теплогидравлических испытаний необходимо задать значения температуры воды в задающей линии 2, расходов воды в задающей линии 2 и линии 3. А снимать значения давления и температуры до и после прохождения воды через теплообменник в линиях 1 и 2.

Общий план выполнения гидравлических и теплогидравлических испытаний на стенде:

- 1) Закрытие всех клапанов.
- 2) Заполнение рабочим телом (водой). Выполняется однократно, а затем повторяется по мере вытекания рабочего тела.

- 3) Нагрев рабочего тела, если это необходимо для испытания.
- 4) Закрытие всех клапанов.
- 5) Монтаж прибора на стенд. Монтаж проводится вручную.
- 6) Включение нужных клапанов.
- 7) Заполнение трубопроводов самотеком за счет перепада уровней рабочего тела в баках и в месте размещения испытываемых приборов.
- 8) Установка заданий по расходу и включение насосов. После наступления установившегося режима установка готова к снятию показаний.
- 9) Фиксирование показаний измеряемых величин.
- 10) Закрытие всех клапанов.
- 11) Демонтаж прибора. Прибор демонтируется вручную.
- 12) Слив рабочего тела, если это необходимо.

1.3 Элементы стенда гидропроливочных испытаний

1.3.1 Датчики температуры

В качестве датчиков температуры ВК1 – ВК10 используются термометры сопротивления ТС-Б-У производства ООО «ПОИНТ», изображение термометра сопротивления ТС-Б-У представлено на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Термометр сопротивления ТС-Б-У

Термометры сопротивления ТС-Б-У предназначены для измерения температуры жидких, сыпучих и газообразных сред в различных отраслях промышленности. Принцип действия ТС-Б-У основан на изменении сопротивления чувствительного элемента в зависимости от температуры и преобразование сигнала первичного преобразователя температуры в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4-20 мА с помощью преобразователя измерительного. Термометры сопротивления ТС-Б-У имеют двухпроводную схему подключения. Основные технические характеристики датчика температуры ТС-Б-У представлены в таблице 1.3 [3].

Таблица 1.3 – Технические характеристики датчика температуры ТС-Б-У

Параметр	Значение
Способ контакта с измеряемой средой	Погружение
Диапазон измерений	от -50 до +400 °С
Диапазон выходного сигнала	От 4 до 20 мА
Напряжение питания (при постоянном токе)	24 ± 2,4 В
Диапазон температур окружающей среды	от -40 до +70 °С
Атмосферное давление окружающей среды	От 84 до 106,7 кПа

1.3.2 Датчики избыточного давления

В качестве датчиков избыточного давления ВР1 – ВР9 используются датчики DMP 331 производства BD Sensors RUS, датчик изображен на рисунке 1.4.

DMP331 – универсальный датчик давления для различных отраслей промышленности, пропорционально преобразующий давление рабочей среды в электрический сигнал. DMP331 имеет двухпроводную схему подключения. Основные технические характеристики датчика давления DMP 331 представлены в таблице 1.4 [4].



Рисунок 1.4 – Датчик давления DMP 331

Таблица 1.4 – Технические характеристики датчика давления DMP 331

Параметр	Значение
Диапазон измерений	от 0 до 4 МПа
Диапазон выходного сигнала	От 4 до 20 мА
Напряжение питания	12-36 В
Диапазон температур окружающей среды	от -40 до +125 °С

1.3.3 Датчики перепада давления

В качестве датчиков перепада давления ВР11 – ВР13 используются датчики ИД-Р-2,0-1,0 производства ООО "ПОИНТ", изображение датчика ИД-Р-2,0-1,0 представлено на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Датчик перепада давления ИД-Р-2,0-1,0

Датчики предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами, обеспечивают

непрерывное преобразования значение измеряемого параметра – давления в унифицированный токовый сигнал. Датчик перепада давления ИД-Р-2,0-1,0 имеет двух проводную схему подключения. Основные технические характеристики датчика перепада давления ИД-Р2,0-1,0 представлены в таблице 1.5 [5].

Таблица 1.5 – Технические характеристики датчика ИД-Р-2,0-1,0

Параметр	Значение
Диапазон измерений	от 0 до 2,0 МПа
Диапазон выходного сигнала	От 4 до 20 мА
Номинальное напряжение питания	24 В
Диапазон рабочих температур	от -40 до +80 °С

1.3.4 Расходомеры

В качестве расходомера PS1 используется расходомер ЭМИС-МАСС 260-25К-И-Ж-1,6-100-24-А-0,5, в качестве расходомеров PS2- PS3 используются расходомеры ЭМИС-МАСС 260-40К-И-Ж-1,6-100-24-А-0,5, в качестве расходомера PS4 используется расходомер ЭМИС-МАСС 260-15-И-Х-1,6-100-24-А-0,5, изображение расходомера ЭМИС-МАСС 260 представлено на рисунке 1.6 и схема его подключения представлена на рисунке 1.7.



Рисунок 1.6 – Расходомер ЭМИС-МАСС 260

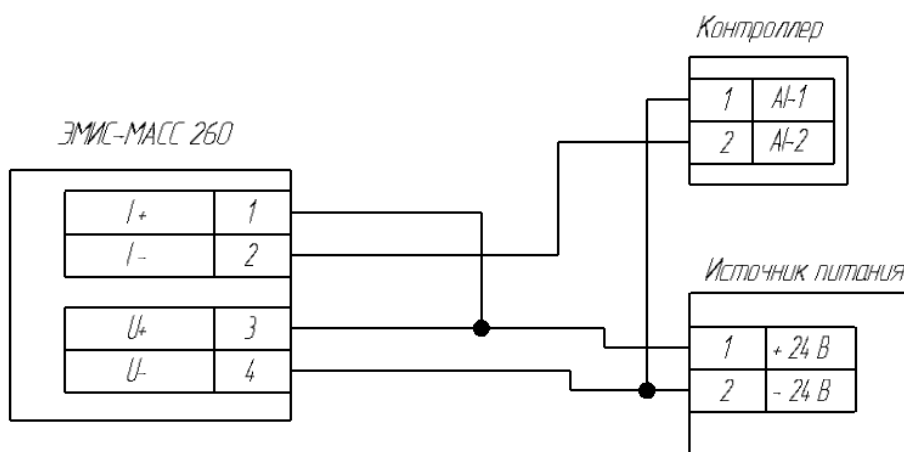


Рисунок 1.7 – Схема подключения ЭМИС-МАСС 260

Основные технические характеристики расходомеров ЭМИС-МАСС 260 представлены в таблице 1.6 [6].

Таблица 1.6 – Технические характеристики ЭМИС-МАСС 260

Параметр	Значение
Диаметр условного прохода, мм	80
Верхний предел диапазона измерений:	
ЭМИС-МАСС 260-25К-И-Ж-1,6-100-24-А-0,5	6 м ³ /ч
ЭМИС-МАСС 260-40К-И-Ж-1,6-100-24-А-0,5	24 м ³ /ч
ЭМИС-МАСС 260-15-И-Х-1,6-100-24-А-0,5	3 м ³ /ч
Измеряемая среда:	
ЭМИС-МАСС 260-25К-И-Ж-1,6-100-24-А-0,5	Вода
ЭМИС-МАСС 260-40К-И-Ж-1,6-100-24-А-0,5	Вода
ЭМИС-МАСС 260-15-И-Х-1,6-100-24-А-0,5	Воздух
Диапазон выходного сигнала	От 4 до 20 мА
Избыточное давление измеряемой среды	до 1,6 МПа
Температура измеряемой среды	от -50 до +100 °С
Атмосферное давление	от 84,0 до 106,7 кПа

Продолжение таблицы 1.6

Параметр	Значение
Температура окружающей среды	от -40 до +55 °С
Напряжение питания	24 В

1.3.5 Вентили регулирующие

В качестве вентилях регулирующих M1 – M4 используются регулирующие вентили с электроприводом AVM125SF132 производства Sauter, изображение регулирующего вентиля AVM125SF132 и его схема подключения представлены на рисунке 1.8.

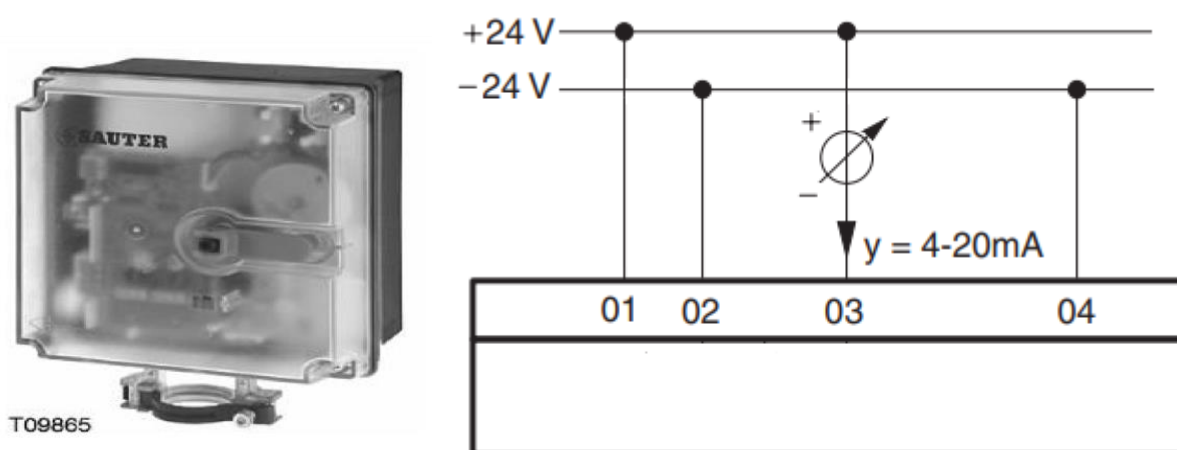


Рисунок 1.8 – Электропривод AVM125SF132

Используется для управления проходными или трехходовыми клапанами серии VXN/BXN, VUD/BUD, VUE/BUE. Основные технические характеристики электропривода AVM125SF132 Sauter представлены в таблице 1.7 [7].

Таблица 1.7 – Технические характеристики AVM125SF132 Sauter

Параметр	Значение
Время поворота на 90 °	30 с

Продолжение таблицы 1.7

Параметр	Значение
Ход	8 мм
Напряжение питания	24 В
Входной сигнал	4-20 мА

1.3.6 Насосы напорные

В качестве насоса напорного М24 используется насос напорный CRE 3-19 производства GRUNDFOS, а в качестве насосов напорных М25 и М26 используются насосы напорные CRE 10-09. Изображение насосов напорных CRE 3-19 и CRE 10-09 представлено на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 – Насосы напорные CRE 3-19 и CRE 10-09

Насосы представляют собой вертикальные многоступенчатые центробежные насосы с нормальным всасыванием со стандартизованными электродвигателями фирмы GRUNDFOS с частотным регулированием скорости вращения, управление скоростью вращения осуществляется по интерфейсу RS-485 (протокол

ModBus RTU). Насосы оснащены встроенной защитой от перегрузки и перегрева цепей электродвигателя и управления.

Основные технические характеристики напорного насоса CRE 3-19 представлены в таблице 1.8 [8]. Основные технические характеристики напорного насоса CRE 10-09 представлены в таблице 1.9 [9].

Таблица 1.8 –Технические характеристики напорного насоса CRE 3-19

Параметр	Значение
Диапазон значений температуры жидкости	от -20 до +120°C
Максимально значение подачи	4,5 м ³ /ч
Максимальное давление	2,4 МПа
Напряжение питания	380-480 В
Интерфейс управления	RS-485 (протокол ModBus RTU)

Таблица 1.9 –Технические характеристики напорного насоса CRE 10-09

Параметр	Значение
Диапазон значений температуры жидкости	от -20 до +120°C
Максимально значение подачи	13 м ³ /ч
Максимальное давление	2,2 МПа
Напряжение питания	380-480 В
Интерфейс управления	RS-485 (протокол ModBus RTU)

1.3.7 Насосы циркуляционные

В качестве циркуляционных насосов M22, M23 используются циркуляционные насосы ALPHA L 25-60 180 производства GRUNDFOS. Основные технические характеристики циркуляционного насоса ALPHA L 25-60 180 представлены в таблице 1.10 [10].

Таблица 1.10 – Технические характеристики насоса ALPHA L 25-60 180

Параметр	Значение
Напряжение питания	230 В
Давление в системе	Не более 1,0 МПа
Температура окружающей среды	от 0 до +40 °С
Температура жидкости	от +2 до +110 °С

Изображение циркуляционного насоса ALPHA L 25-60 180 представлено на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10 – Насос циркуляционный ALPHA L 25-60 180

1.3.8 Трубчатые электронагреватели

В качестве А1 и А2 используются водонагреватели ЭВАН В1-6, изображение водонагревателя ЭВАН В1-6 представлено на рисунке 1.11. Водонагреватель ЭВАН В1-6 имеет встроенные элементы защиты и управляется вручную с помощью терморегулятора. Основные технические характеристики водонагревателя ЭВАН В1-6 представлены в таблице 1.11 [11].



Рисунок 1.11 – Водонагреватель ЭВАН В1-6

Таблица 1.11 – Технические характеристики водонагревателя ЭВАН В1-6

Параметр	Значение
Температура нагрева воды	30-75 °С
Мощность	6 кВт
Номинальное давление воды	0,6 МПа
Напряжение питания	230 В

1.3.9 Электрoкoлaпaны

В качестве электрoкoлaпaнa YA1 – YA5, YA7 – YA11 используются электрoкoлaпaны SL7555F производства SmartHydrodynamicSystems, изображение электрoкoлaпaнa SL7555F представлено на рисунке 1.12.

Электрoкoлaпaн SL7555F предназначен для управления потоками жидкостей. Основные технические характеристики электрoкoлaпaнa SL7555F представлены в таблице 1.12 [12].



Рисунок 1.12 – Электроклапан SL7555F

Таблица 1.12 –Технические характеристики электроклапана SL7555F

Параметр	Значение
Номинальная подача	23,20 м ³ /ч
Диапазон значений температуры	от -30 до +185 °С
Диапазон значений давления	0-8 бар
Напряжение питания	24 В на постоянном токе
Принцип действия	Нормально-закрытый
Входной сигнал для закрытого (открытого) состояния	0 В (24 В)

В качестве электроклапана YA6 используется электроклапан SM5563S производства SmartHydrodynamicSystems, Южная Корея, изображение электроклапана SM5563S представлено на рисунке 1.13.

Электроклапан SM5563S предназначен для управления потоками воздуха или газов. Основные технические характеристики электроклапана SM5563S представлены в таблице 1.13 [13].



Рисунок 1.13 – Электроклапан SM5563S

Таблица 1.13 – Технические характеристики электроклапана SM5563S

Параметр	Значение
Номинальная подача	27,84 м ³ /ч
Диапазон значений температуры	от -20 до +120 °С
Диапазон значений давления	0-10 бар
Напряжение питания	24 В на постоянном токе
Принцип действия	Нормально-закрытый
Входной сигнал для закрытого (открытого) состояния	0 В (24 В)

1.4 Требования к модернизации стенда гидропроливочных испытаний

Система управления стендом должна хранить рабочее тело, нагревать его при необходимости, пополнять рабочее тело по мере его вытекания. Система управления стендом должна осуществлять разные виды испытаний: с малыми расходами, с большими расходами, с теплом и с воздухом. Система управления стендом должна контролировать давление, перепад давления, расход и температуру рабочего тела, а также количество рабочего тела в накопительной

емкости. Система управления станом должна контролировать значения снимаемых параметров и при их превышении останавливать процесс испытаний. Система управления станом должна обрабатывать значения снимаемых параметров в необходимый вид.

Станд должен выполнять следующие действия:

1) Гидравлические испытания на первой линии. Должно автоматически происходит управление необходимыми исполнительными механизмами и снятие значений с датчиков первой линии стана гидропроливочных испытаний. И происходит обработка информации и представление ее в необходимом виде.

2) Гидравлические испытания на второй линии. Должно автоматически происходит управление необходимыми исполнительными механизмами и снятие значений с датчиков второй линии стана гидропроливочных испытаний. И происходит обработка информации и представление ее в необходимом виде.

3) Гидравлические испытания на третьей линии. Должно автоматически происходит управление необходимыми исполнительными механизмами и снятие значений с датчиков третьей линии стана гидропроливочных испытаний. И происходит обработка информации и представление ее в необходимом виде.

4) Теплогидравлические испытания. Должно автоматически происходит управление необходимыми исполнительными механизмами и снятие значений с датчиков третьей и второй линии стана гидропроливочных испытаний. И происходит обработка информации и представление ее в необходимом виде.

5) Нагрев воды. Должно происходит управление необходимыми исполнительными механизмами, которые циркулируют рабочее тело от места хранения к нагревателю, а также происходит контроль температуры рабочего тела.

6) Пополнение воды. Должно происходит управление необходимыми исполнительными механизмами, которые пополняют количество рабочего тела, и происходит контроль количества рабочего тела в местах хранения.

7) Слив воды. Должно происходить управление необходимыми исполнительными механизмами, которые удаляют рабочее тело из стенда гидропроливочных испытаний.

Система управления стендом в недопустимых условиях окружающей среды не должна запускать процесс гидропроливочных испытаний.

Система должна перейти в необходимое безопасное состояние при наступлении следующих аварийных ситуаций:

– при превышении допустимой температуры рабочего тела ($75\text{ }^{\circ}\text{C}$), остановить испытания, перевести механизмы в безопасное состояние, сообщить оператору об аварийной ситуации, вывести результаты испытания до наступления аварийной ситуации;

– при превышении допустимого давления рабочего тела ($0,6\text{ МПа}$), остановить испытания, перевести механизмы в безопасное состояние, сообщить оператору об аварийной ситуации, вывести результаты испытания до наступления аварийной ситуации;

– при превышении допустимого расхода рабочего тела ($4,5\text{ м}^3/\text{ч}$ для первой линии, $13\text{ м}^3/\text{ч}$ для второй и третьей линии), остановить испытания, перевести механизмы в безопасное состояние, сообщить оператору об аварийной ситуации, вывести результаты испытания до наступления аварийной ситуации;

– при протекании рабочего тела из стенда, остановить испытания, перевести механизмы в безопасное состояние, сообщить оператору об аварийной ситуации, вывести результаты испытания до наступления аварийной ситуации и слить воду из стенда после подтверждения оператором;

– при понижении значения минимально необходимого количества рабочего тела (350 л) сообщить оператору об аварийной ситуации, остановить испытания, перевести механизмы в безопасное состояние, сохранить информацию о режиме и снятых значениях, после подтверждения оператора пополнить рабочее тело и автоматически запустить выбранный режим с места остановки.

Допустимые диапазоны параметров представлены в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Допустимые диапазоны параметров

Параметр	Допустимый диапазон
Температура окружающей среды	10 – 35 °С
Давление окружающей среды	0,08 – 0,2 МПа
Давление воды	0 – 0,6 МПа
Перепад давления воды	0 – 0,6 МПа
Температура воды	10 – 75 °С
Расход воды:	
Линия 1	0 – 4,5 м ³ /ч
Линии 2 и 3	0 – 13 м ³ /ч

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДОМ ГИДРОПРОЛИВОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

2.1 Разработка схемы функциональной автоматизации

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами телемеханики и вычислительной техники) и выполняются в соответствии с ГОСТ 21.404–85 [14].

Стенд гидропроливочных испытаний должен выполнять следующее:

- Хранить необходимое количество воды в накопительной емкости.
- Обеспечивать наполнение емкостей с водой.
- Нагревать воду до необходимой температуры.
- Сливать воду из накопительных емкостей.
- Подавать воду на линии для испытаний с необходимым расходом.
- Подавать воздух для третьей линии с необходимым расходом.
- Контролировать расход, давление и перепад давления воды в 1 и 2 линиях для гидравлических испытаний.
- Контролировать расход и давление воды, расход, давление и температуру воздуха, а также температуру, давление и перепад давления смеси вода-воздух в 3 линии для гидравлических испытаний.
- Контролировать расход воды для теплогидравлических испытаний, а так же температуру и давление воды до и после теплообменника.
- Контролировать температуру и давление окружающей среды.
- Контролировать целостность стенда, то есть проверять вытекание воды из стенда.

Для того чтобы стенд мог выполнять выше перечисленные действия, необходимо добавить некоторые элементы автоматики и заменить уже существующие элементы.

Система управления стендом может заполнить водой баки Б1 и Б2 объемом по 500 л или только один из них. Для управления этим процессом необходимо знать уровень рабочего тела в баках. Были поставлены в каждом баке по три датчика уровня. Датчики уровня SL1 и SL4 располагаются на дне баков Б1 и Б2 соответственно и показывают минимальный уровень воды в баках. При уровне воды ниже датчиков считается, что вода полностью отсутствует и проведение испытаний на стенде невозможно, но над стендом можно проводить ремонтные и обслуживающие работы. Датчики уровня SL2 и SL5 указывают объем рабочего тела равного 350 л в каждом из баков Б1 и Б2 соответственно и показывают минимально необходимое количество воды в баках, при котором возможно проведение испытаний. Датчики уровня SL3 и SL6 располагаются на верхнем уровне баков Б1 и Б2 соответственно и показывают максимально допустимое количество воды в баках.

Замена ручного вентиля на регулирующей вентиль с электроприводом M17 произошла для возможности контроля количества воздуха, необходимого для проведения гидравлических испытаний с воздухом.

Замена всех остальных ручных вентилях на запорные вентили с электроприводами проведена с целью повышения надежности для проведения регламентных работ, увеличения возможностей сервисных функции и облегчения возможности управления стендом гидропроливочных испытаний. Таким образом, появились запорные вентили с электроприводом M5–M16, M18–M19.

Исключим электроклапаны, следующие за запорными вентилями с электроприводом M5, M8, M9, в связи с нецелесообразностью использования и запорного вентиля, и электроклапана, которые выполняют одинаковый функционал. Оставим только вентиль, так как он надежнее электроклапана.

Система управления может нагревать рабочее тело, которое хранится в баках Б1 и Б2, до задаваемой оператором температуры. Запорные вентили с

электроприводами М8 и М9, соответственно, регулируют поступление воды из бака Б1 и Б2 к устройствам нагрева воды А1 и А2. Циркуляционные насосы М22 и М23 перекачивают воду из баков Б1 и Б2 к устройствам нагрева А1 и А2, а затем вода попадает обратно в баки. До устройств нагрева А1 и А2 соответственно стоят датчики температуры ВК2 и ВК4, а также стоят датчики температуры ВК1 и ВК3 после устройств нагрева. Эти датчики позволяют контролировать работу устройств нагрева. Добавлены запорные вентили с электроприводами М20 и М21, в конце линий нагрева воды, для получения возможности, обслуживания элементов линий нагрева без слива воды из баков.

Для правильного проведения испытаний необходимо знать температуру воды в баках для этого поставлены датчики температуры ВК11 и ВК12 расположенные в баках Б1 и Б2 соответственно.

Запорный вентиль с электроприводом М5 регулирует поступление воды из системы холодного водоснабжения в стенд, а запорные вентили с электроприводом М6 и М7 регулируют поступление воды непосредственно в баки Б1 и Б2 соответственно. Электроклапаны УА1 и УА2 регулируют слив воды из баков Б1 и Б2 соответственно.

Запорные вентили с электроприводами М10 и М15 регулируют поступление воды из бака Б1 и Б2 на линии для проведения испытаний. А запорные вентили с электроприводами М11, М12 и М16 располагаются в конце каждой из трех линий для ограничения воды во время монтажа приборов, над которыми будут проводиться гидравлические испытания.

Запорные вентили с электроприводами М13, М14, М18 и М19 служат для ограничения воды во время монтажа объекта, над которым будет проводиться теплогидравлические испытания.

Заменены регулирующие вентили, которые регулируют поступление воды после испытаний обратно в баки, на запорные вентили с электроприводами М1 и М2 из-за ненадобности регулирования этого процесса и более надежного выполнения необходимых функций закрытия и открытия этих вентиляей.

Напорные насосы М24–М26 предназначены для постоянной подачи воды с определенным расходом на линии для проведения испытаний. Регулируемые вентили М2 и М3 предназначены для более точного задания расходов насосов М25 и М26 соответственно для линий 2 и 3.

Электроклапаны УА3, УА4 и УА5 регулируют поступление воды, соответственно, на линиях 1, 2 и 3 для проведения гидравлических испытаний. Электроклапаны УА8 и УА7 регулируют поступление воды, соответственно, на линиях 2 и 3 для проведения теплогидравлических испытаний. Электроклапан УА6 регулирует поступление воздуха на линии 3 для проведения гидравлических испытаний с воздухом.

Контролируют параметры 1 линии для проведения гидравлических испытаний датчики расхода воды PS1, давления воды ВР1 и перепада давления воды ВР11.

Контролируют параметры 2 линии для проведения гидравлических испытаний датчики расхода воды PS2, давления воды ВР2 и перепада давления воды ВР12, а для теплогидравлических испытаний датчики расхода воды PS2, давления воды ВР8 и ВР9, температуры воды ВК7 и ВК8.

Контролируют параметры 3 линии для проведения гидравлических испытаний датчики расхода воды PS3, давления воды ВР3, расхода воздуха PS4, давления воздуха ВР4, температуры воздуха ВК9, давления смеси ВР5, температуры смеси ВК10 и перепада давления смеси ВР13, а для теплогидравлических испытаний датчики расхода воды PS3, давления воды ВР6 и ВР7, температуры воды ВК5 и ВК6.

Для правильной работы стенда необходимо знать температуру и давление окружающего воздуха. Введен датчик температуры ВК13 и датчик давления ВР10, для контроля использования стенда только в допустимых условиях окружающей среды, чтобы результаты испытаний были верными.

Необходимо контролировать целостность стенда, для этого введен датчик протечки S1, который будет контролировать нарушение герметичности стенда и целостность элементов стенда гидропроливочных испытаний.

Управление циркуляционными насосами M22 и M23 происходит с помощью магнитных пускателей KM1 и KM2 соответственно, так как данные насосы работают с постоянной мощностью. Напорные насосы M24–M26 управляются частотными преобразователями UZF1–UZF3 соответственно. Устройства нагрева воды A1 и A2 управляются твердотельными реле K1 и K2 соответственно.

Для определения состояния стенда оператором и другими лицами, находящимися непосредственно вблизи стенда, поставлены три устройства световой сигнализации HL1–HL3 и устройство звуковой сигнализации HA1. Устройство световой сигнализации HL1 светится красным цветом и сигнализирует о наступлении аварийной ситуации, так же как и устройство звуковой сигнализации HA1. Устройство световой сигнализации HL2 светится зеленым цветом, когда на стенде происходят гидропроливочные испытания. Устройство световой сигнализации HL3 светится зеленым цветом, когда на стенд приходит питание. Так же поставлена кнопка с фиксацией нормально замкнутая SB1, при нажатии на которую магнитный пускатель KM3 обрывает цепи питания, при отключении питания система переходит в безопасное состояние.

Схема функциональная автоматизации системы управления стендом гидропроливочных испытаний представлена в приложении Б.

2.2 Разработка схемы электрической принципиальной

2.2.1 Выбор исполнительных элементов

Устройства нагрева воды A1 и A2 потребляют мощность в 6 кВт и напряжение 220 В, водонагреватели будут потреблять ток равный 30 А. Управление водонагревателями происходит с помощью твердотельных реле K1 и K2, которые должны управляться аналоговым сигналом 0-10 В, должны иметь предельный ток нагрузки не менее 30 А и напряжение нагрузки 220 В. Возьмем твердотельное реле фирмы Овен HD-4022.10U, изображение твердотельного реле HD-4022.10U и схема его подключения представлены на рисунке 2.1.

Твердотельные реле данной серии используются для плавного регулирования питающего напряжения нагрузки, в диапазоне от 10 до 220 В. Величина напряжения изменяется пропорционально управляющему сигналу. Управляющий сигнал взаимодействует с управляемым путём создания гальванической развязки с помощью оптрона. Управляющее напряжение питает светодиод, который освещает фотодиод, ток на котором включает симистор, чтобы управлять нагрузкой. Характеристики твердотельного реле HD-4022.10U представлены в таблице 2.1 [15].

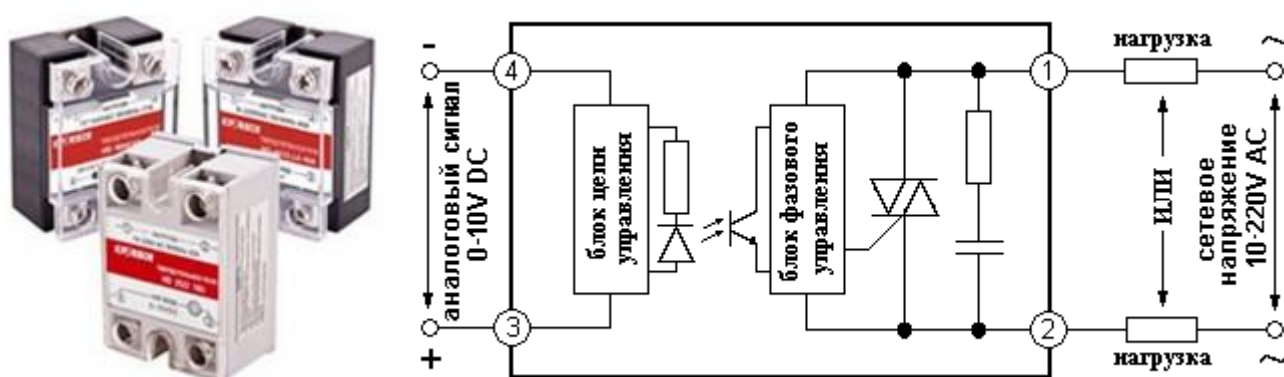


Рисунок 2.1 – Твердотельного реле HD-4022.10U

Таблица 2.1 –Характеристики твердотельного реле HD-4022.10U

Параметр	Значение
Тип коммутируемого тока	Переменный
Диапазон напряжения нагрузки	10–220 В
Управляющий сигнал	0–10 В
Максимально допустимый ток нагрузки	40 А
Температура окружающего воздуха	от -30 до +70 °С

При токах нагрузки свыше 5 А использование радиатора для твердотельного реле необходимо. Для обеспечения бесперебойной работы реле с заявленными характеристиками необходимы дополнительные теплоотводящие устройства – радиаторы охлаждения. Применение радиаторов необходимо в целях создания

дополнительного охлаждения твердотельного реле. Возьмем радиатор охлаждения РТР061.1 специальный для твердотельного реле серии HD-10U [16].

В качестве вентиля регулирующего М17 будем использовать регулирующий вентиль с электроприводом AVM125SF132, представленный в пункте 1.3.5. Так как в системе уже есть устройства, выполняющие такой же функционал, как и М17, для однородности исполнительных механизмов взята такая же модель устройства.

Для управления запорными вентилями М1, М4, М5–М16 и М18–М21 необходимы электроприводы, которые будут управляться дискретным сигналом 0/24 В, а при отключении питания в целях безопасности системы запорные вентили должны закрыться. Возьмем электропривод с возвратной пружиной LF24 фирмы BELIMO, который удовлетворяет всем требованиям, изображение электропривода BELIMO LF24 и схема подключения представлены на рисунке 2.2.

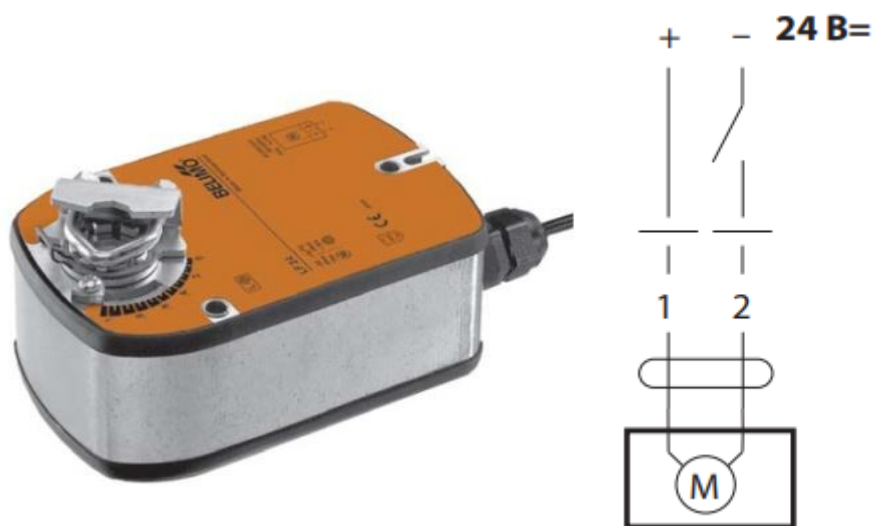


Рисунок 2.2 – Электропривод BELIMO LF24

Электропривод BELIMO LF24 при подаче напряжения 24 В перемещает запорный вентиль до упора, одновременно заряжая возвратную пружину. Запорный вентиль возвращается в охранное положение при отключении питания

за счет энергии пружины. Основные технические характеристики электропривода BELIMO LF24 представлены в таблице 2.2 [17].

Таблица 2.2 – Технические характеристики электропривода BELIMO LF24

Параметр	Значение
Возвратная пружина (при отключении питания переводит устройство в охранное положение)	есть
Диапазон значений температуры	от -30 до +85 °С
Охранное положение	закрытое
Номинальное напряжение	24 В при постоянном токе
Входной сигнал для закрытого (открытого) состояния	0 В (24 В)

Для управления циркуляционными насосами M22 и M23 используются магнитные пускатели KM1 и KM2 соответственно, которые должны иметь управляющий сигнал 0/24 В и коммутировать цепи до 220 В. Возьмем магнитный пускатель КМИп-10910 24В подходящий под требования, он коммутирует цепи до 230В и управляется сигналом 0/24 В [18]. Параллельно катушки управления магнитных пускателей KM1 и KM2 поставлены диоды VD1 и VD2 марки 1N4007 для предотвращения протекания обратных токов [19].

2.2.2 Выбор датчиков

Датчики температуры ВК11 и ВК12 предназначены для измерения температуры воды в баках Б1 и Б2 соответственно, они должны иметь аналоговый выходной сигнал 4-20 мА, иметь диапазон измерения от 10 до 75 °С и иметь возможность вмонтирования в баки. Возьмем датчик температуры Т.п/п-420-Кл1-1-40/125, его изображение и схема подключения представлены на рисунке 2.3.

Основные технические характеристики датчика температуры Т.п/п-420-Кл1-1-40/125 представлены в таблице 2.3 [20].

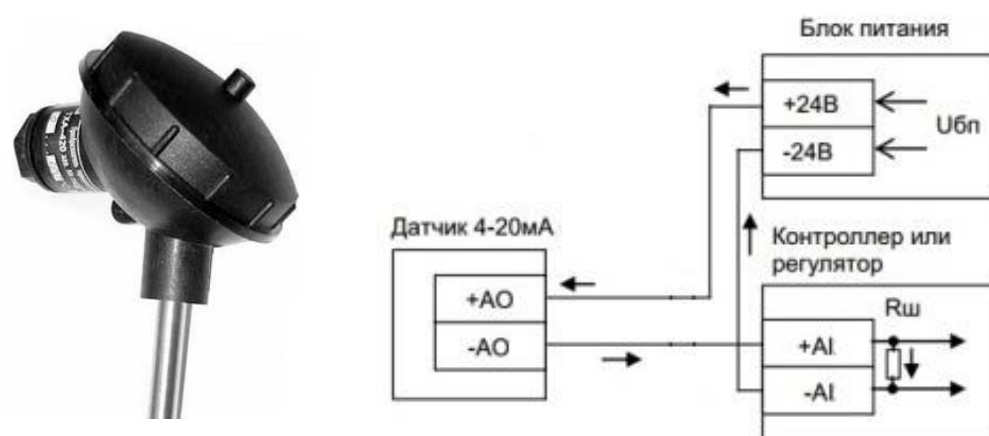


Рисунок 2.3 – Датчик температуры Т.п/п-420-Кл1-1-40/125

Таблица 2.3 – Технические характеристики Т.п/п-420-Кл1-1-40/125

Параметр	Значение
Способ контакта с измеряемой средой	Погружение
Диапазон измерений	от -40 до +125 °С
Диапазон выходного сигнала	От 4 до 20 мА
Напряжение питания (при постоянном токе)	24 ± 2,4 В
Диапазон температур окружающей среды	от -40 до +70 °С
Атмосферное давление окружающей среды	От 84 до 106,7 кПа

Датчики температуры ВК11 и ВК12 должны быть вмонтированы в баки так, чтобы датчик мог измерять температуру при заполнении бака от 350 л до 500 л, этот диапазон соответствует необходимому количеству воды в баке для проведения испытаний на стенде гидропроливочных испытаний.

Датчик температуры ВК13 предназначен для измерения температуры воздуха помещения, где установлен стенд, он должен иметь аналоговый выходной сигнал 4-20 мА и иметь диапазон измерения от 10 до 35 °С. Возьмем датчик температуры

Т.п/п-420-КлЗ-2-40/50, его изображение и схема подключения представлены на рисунке 2.4.

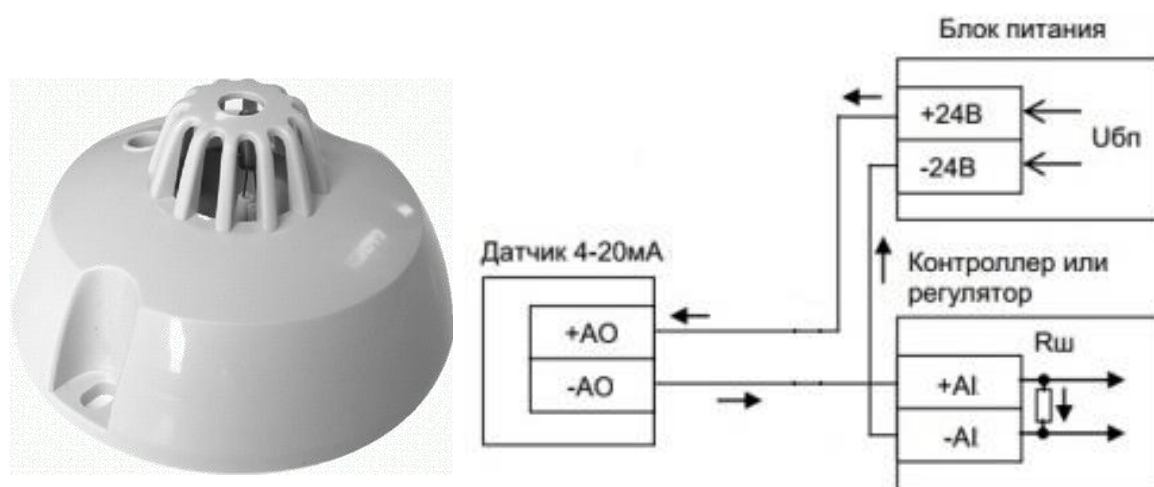


Рисунок 2.4 – Датчик температуры Т.п/п-420-КлЗ-2-40/50

Датчик температуры Т.п/п-420-КлЗ-2-40/50 предназначен для контроля температуры воздуха. Основные технические характеристики датчика температуры Т.п/п-420-КлЗ-2-40/50 представлены в таблице 2.4 [21].

Таблица 2.4 – Технические характеристики Т.п/п-420-КлЗ-2-40/50

Параметр	Значение
Диапазон измерений	от -40 до +50 °С
Диапазон выходного сигнала	От 4 до 20 мА
Напряжение питания (при постоянном токе)	24 ± 2,4 В
Атмосферное давление окружающей среды	От 84 до 106,7 кПа

Датчик давления ВР10 предназначен для измерения давления воздуха помещения, где установлен стенд, он должен иметь аналоговый выходной сигнал 4-20 мА и иметь диапазон измерения от 0,08 до 0,2 МПа. Возьмем датчик

давления 415М модели 8XX8, его изображение и схема подключения представлены на рисунке 2.5.

Основные технические характеристики датчика давления 415М представлены в таблице 2.5 [22].

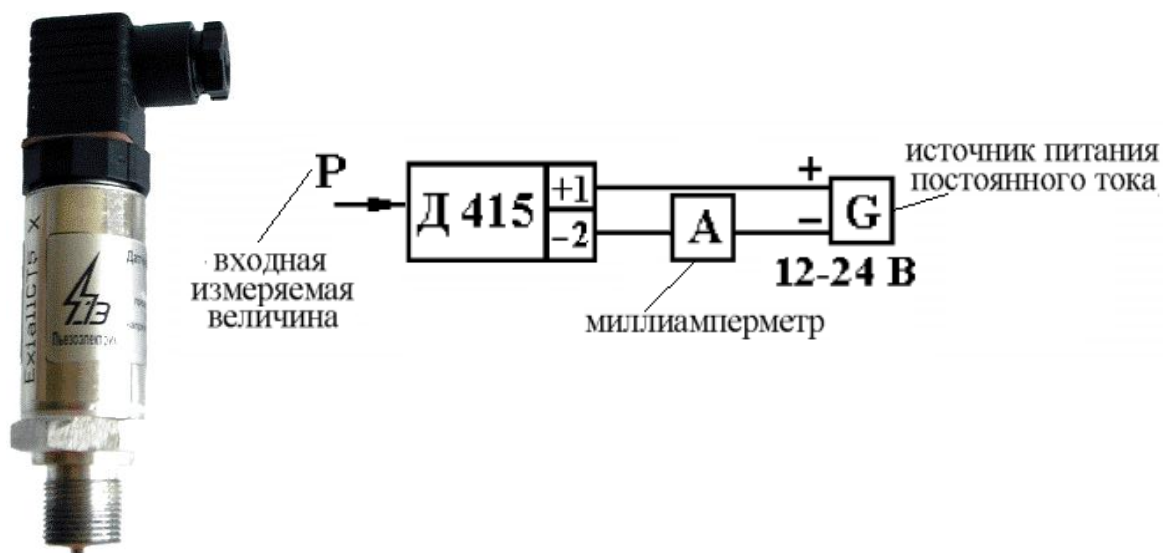


Рисунок 2.5 – Датчик давления 415М

Таблица 2.5 – Технические характеристики датчика давления 415М

Параметр	Значение
Диапазон измерений	от 2,5 кПа до 16 МПа
Диапазон выходного сигнала	От 4 до 20 мА
Напряжение питания	12-24 В
Диапазон температур окружающей среды	от -40 до +80 °С

Датчики уровня SL1-SL6 предназначены для контроля уровня воды в баках Б1 и Б2 соответственно, они должны иметь дискретный выходной сигнал 0/24 В. Возьмем поплавковый выключатель ПДУ-В231-107, его изображение и схема подключения представлены на рисунке 2.6. Основные технические характеристики поплавкового выключателя ПДУ-В231-107 представлены в таблице 2.6 [23].

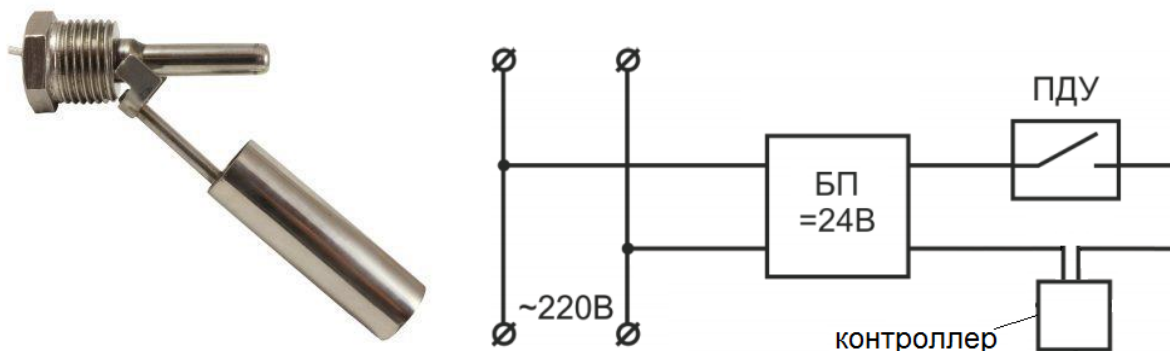


Рисунок 2.6 – Поплачковый выключатель ПДУ-В231-107

Таблица 2.6 – Технические характеристики выключателя ПДУ-В231-107

Параметр	Значение
Рабочее положение	Горизонтальное
Материал корпуса	Нержавеющая сталь
Максимальное рабочее давление	1 МПа
Рабочая температура	от -30 до +110 °С
Максимальное коммутируемое напряжение	220В постоянного тока

Датчики уровня SL1 и SL4 должны располагаться на дне баков Б1 и Б2 соответственно и показывать минимальный уровень воды в баках. Датчики уровня SL2 и SL5 должны указывать объем рабочего тела равного 350 л в каждом из баков Б1 и Б2. Датчики уровня SL3 и SL6 должны располагаться на верхнем уровне баков Б1 и Б2 соответственно и будут указывать объем рабочего тела равного 500 л.

Датчики протечки S1 предназначен для обнаружения протечек воды из стенда, он должен иметь дискретный выходной сигнал 0/24 В. Возьмем зонный датчик протечки SWF 5.1, его изображение представлено на рисунке 2.7, а схема подключения представлена на рисунке 2.8.

Основные технические характеристики датчика SWF 5.1 представлены в таблице 2.7 [24].



Рисунок 2.7 – Зонный датчик протечки SWF 5.1

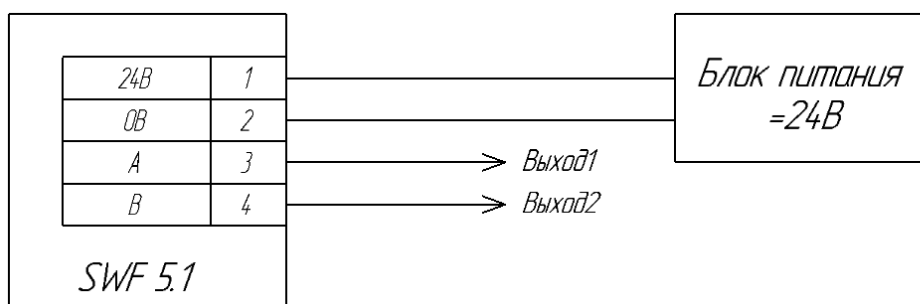


Рисунок 2.8 – Схема подключения датчика протечки SWF 5.1

Таблица 2.7 – Технические характеристики датчика SWF 5.1

Параметр	Значение
Напряжение питания	24 В при постоянном токе
Типы выходов	Сухой (релейный) контакт
Выход «затопления»	24 В при постоянном токе
Выход «обрыв кабеля»	24 В при постоянном токе
Температура эксплуатации	от -10 до +90 °С
Влажность	0-80 %
Длина сенсорного кабеля	от 1 до 200 метров

Сенсорный кабель датчика протечки S1 должен иметь форму расположения в виде "змейки" или "спирали" по всему полу, над которым располагаются

элементы стенда гидропроливочных испытаний. Пример расположения кабеля датчика SWF 5.1 представлен на рисунке 2.9.

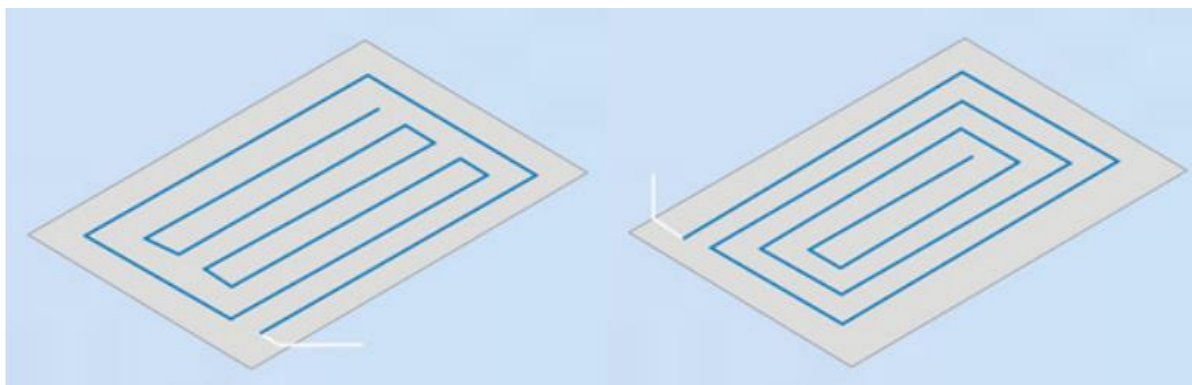


Рисунок 2.9 – Пример расположения кабеля датчика SWF 5.1

2.2.3 Выбор управляющего контролера

Исходя из функциональной схемы автоматизации, сформулируем требования к ПЛК, он должен иметь:

- 8 дискретных входов на 0/24 В;
- 30 аналоговых входов на 4...20 мА;
- 31 дискретных выхода 0/24 В;
- 3 аналоговых выхода на 4...20 мА;
- 2 аналоговых выхода на 0...10 В;
- RS485 ModBus RTU;
- Ethernet.

Для управления стендом необходимо большое количество входов и выходов, поэтому возьмем ПЛК с наиболее подходящим количеством входов и выходов и добавим подходящие модули ввода и модули вывода для обеспечения нужного количества входов и выходов. Возьмем ПЛК и модули русской компании Овен, так как эта компания имеет широкий ассортимент продукции, всю продукцию можно легко приобрести, а также есть доступ к программам, с помощью которых можно программировать устройства.

Был подобран программируемый логический контролер с наиболее подходящим количеством входов и выходов ПЛК160-220.И-М фирмы Овен, изображение которого представлено на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 – ПЛК160-220.И-М

ОВЕН ПЛК160 – линейка программируемых моноблочных контроллеров с дискретными и аналоговыми входами/выходами на борту для автоматизации систем. Оптимальны для построения систем автоматизации и распределенных систем управления. Основные характеристики контроллера ПЛК160-220.И-М представлены в таблице 2.8 [25].

Таблица 2.8 – Основные характеристики контроллера ПЛК160-220.И-М

Параметр	Значение
Напряжение питания	220 В переменного тока с частотой 50 Гц
Потребляемая мощность	40 Вт
Аккумулятор резервного питания	LIR2477
Количество дискретных входов (0/24 В)	16 шт.

Продолжение таблицы 2.8

Параметр	Значение
Количество релейных выходных каналов (0/24 В)	12 шт.
Количество аналоговых входов	8 шт.
Тип поддерживаемых унифицированных сигналов для аналоговых входов	Ток от 0 (4) до 20 мА Ток от 0 до 5 мА Напряжение от 0 до 10 В
Количество аналоговых выходов	4 шт.
Тип выходного сигнала для аналоговых выходов	Ток от 4 до 20 мА
Интерфейсы связи	RS-485, Ethernet, RS-232, USB-Device

Исходя из выбранного ПЛК, сформированы требования к модулям ввода/вывода, они должны иметь:

- 22 аналоговых входов на 4...20 мА;
- 19 дискретных выходов 0/24 В;
- 2 аналоговых выходов на 0...10 В;
- RS485 ModBus RTU (для связи с ПЛК).

Выбраны два модуля дискретного вывода МУ110-224.16Р фирмы Овен, который имеет 16 релейных выходов и напряжение питания 220 В с частотой 50 Гц. Основные характеристики модуля дискретного вывода МУ110-224.16Р представлены в таблице 2.9. Схема подключения модуля дискретного вывода МУ110-224.16Р представлена на рисунке 2.11[26].

Таблица 2.9 – Основные характеристики МУ110-224.16Р

Параметр	Значение
Напряжение питания	220 В переменного тока с частотой 50 Гц
Потребляемая мощность	12 Вт
Количество дискретных выходов (0/24 В)	16 шт.
Тип выходов	Электромагнитное реле
Интерфейсы связи	RS-485

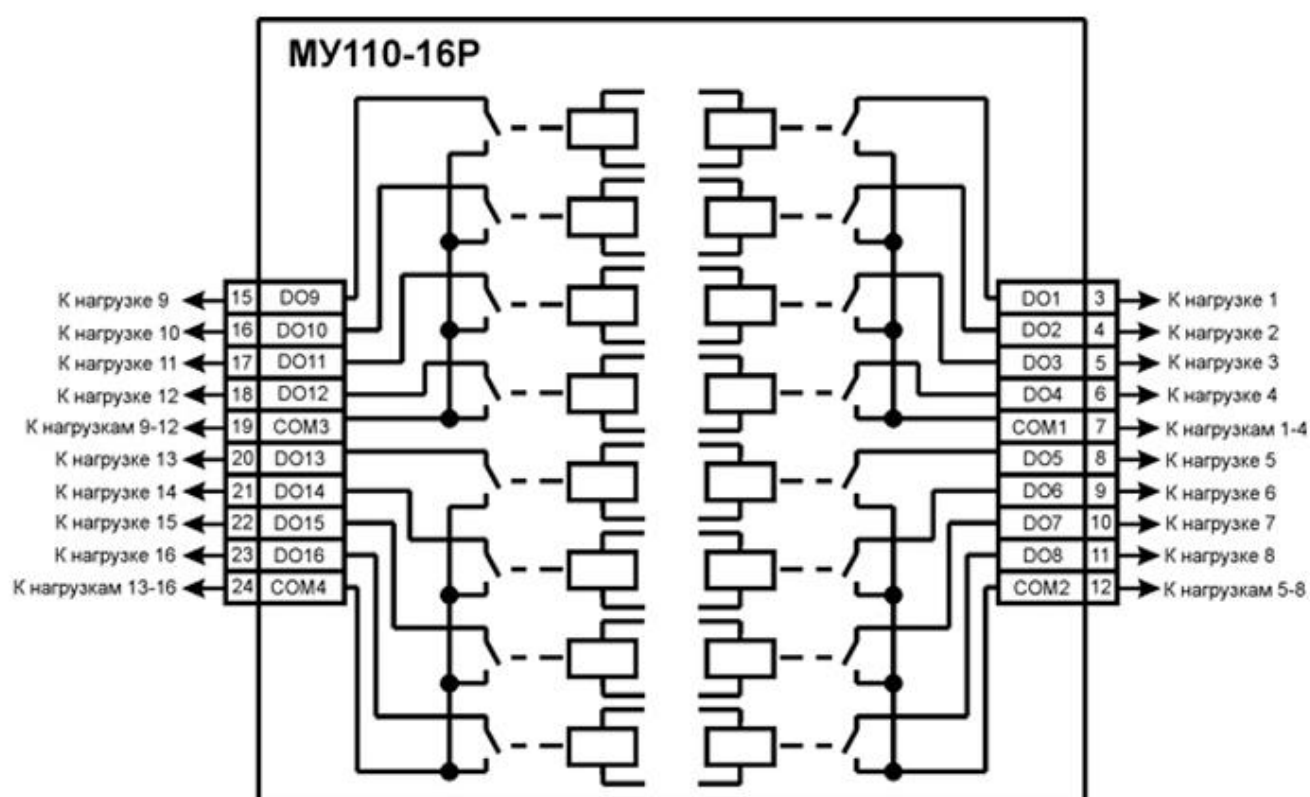


Рисунок 2.11 – Схема подключения модуля МУ110-224.16Р

Выбраны три модуля аналогового ввода МВ110-224.8А фирмы Овен, который имеет 8 аналоговых входов и напряжение питания 220 В с частотой 50 Гц. Схема подключения датчика к модулю аналогового ввода МВ110-224.8А, которая будет использоваться, представлена на рисунке 2.12.

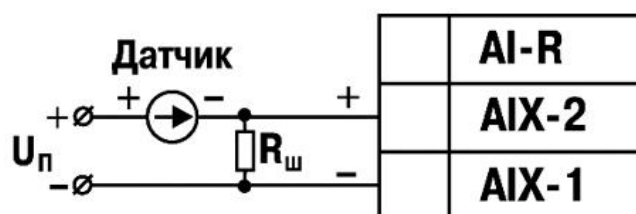


Рисунок 2.12 – Схема подключения к модулю МВ110-224.8А

При подключении датчиков к этому модулю необходима будет установка шунтирующего резистора номиналом в 49,9 Ом. Основные характеристики модуля аналогового ввода МВ110-224.8А представлены в таблице 2.10 [27].

Таблица 2.10 – Основные характеристики МВ110-224.8А

Параметр	Значение
Напряжение питания	220 В переменного тока с частотой 50 Гц
Потребляемая мощность	6 Вт
Количество аналоговых входов	8 шт.
Типы сигналов	0...5 мА, 0(4)...20 мА
Интерфейсы связи	RS-485

Выбран модуль аналогового вывода МУ110-224.6У фирмы Овен, который имеет 6 аналоговых выходов и напряжение питания 220 В с частотой 50 Гц. Схема подключения модуля аналогового вывода МУ110-224.6У представлена на рисунке 2.13.

Основные характеристики модуля аналогового вывода МУ110-224.6У представлены в таблице 2.11 [28].

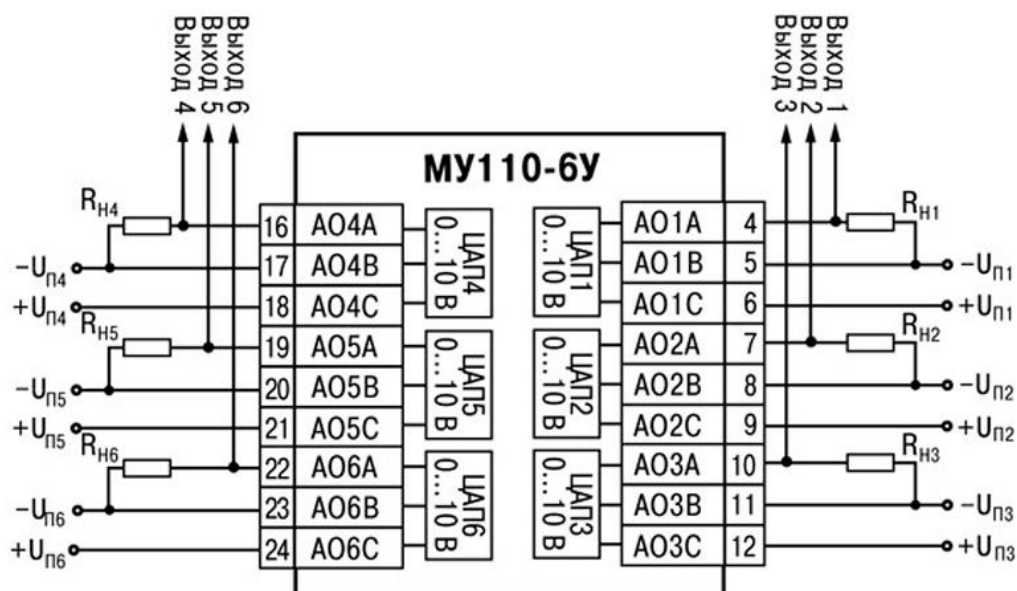


Рисунок 2.13 – Схема подключения модуля МУ110-224.6У

Таблица 2.11 – Основные характеристики МУ110-224.6У

Параметр	Значение
Напряжение питания	220 В переменного тока с частотой 50 Гц
Потребляемая мощность	12 Вт
Количество аналоговых выходов	6 шт.
Типы сигналов	0...10 В
Интерфейсы связи	RS-485

2.2.4 Разработка схемы электрической принципиальной системы автоматизации

Схема электрическая принципиальная создается на основе функциональной схемы автоматизации системы управления стендом гидропроливочных испытаний и на основе подобранных измерительных и исполнительных элементов и ПЛК.

Для индикации состояния включенного питания предусмотрена лампа HL3 зеленого цвета на 220В – LA-ENS-G-220 [29].

Для индикации работающего состояния системы присутствует лампа HL2 зеленого цвета, для индикации аварийного состояния системы присутствует лампа HL1 красного цвета, а также HA1 устройство звуковой индикации, они управляются сигналом 0/24 В и необходимы для информирования лиц находящихся возле стенда гидропроливочных испытаний. Для хорошей видимости поставим светодиодную двухмодульную сигнальную колонну TL56B-024-RG. Изображение сигнальной колонны TL56B-024-RG и схема ее подключения представлены на рисунке 2.14 .

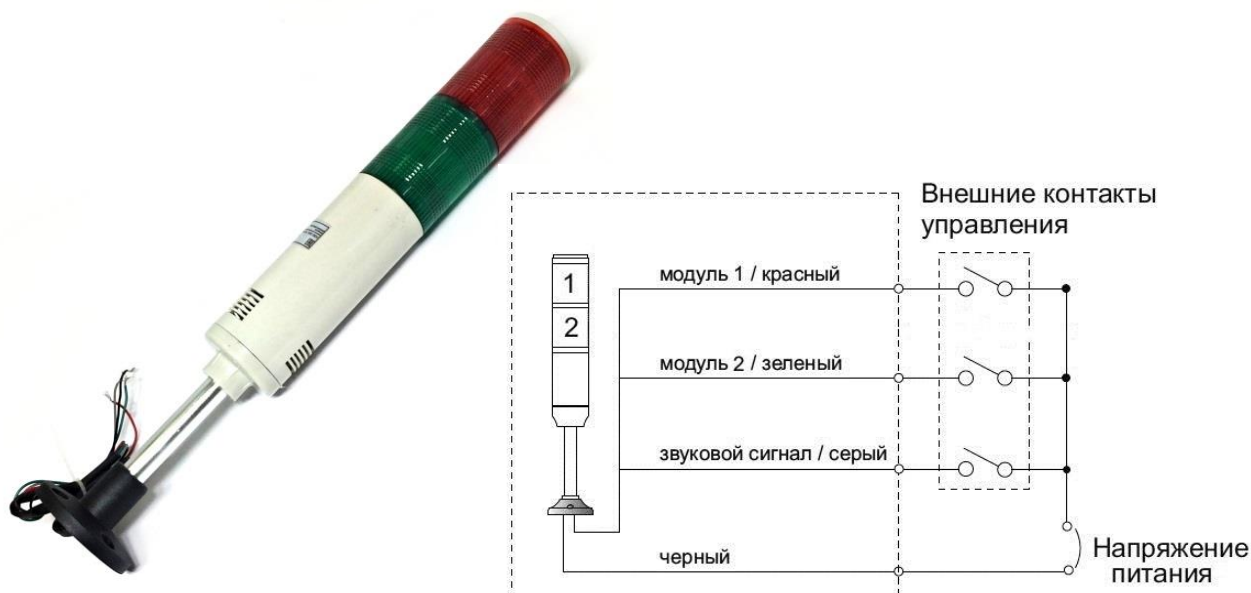


Рисунок 2.14 – Сигнальная колонна TL56B-024-RG

Основные характеристики сигнальной колонны TL56B-024-RG представлены в таблице 2.12 [30].

Таблица 2.12 – Основные характеристики TL56B-024-RG

Параметр	Значение
Количество световых модулей	2 шт.
Цвета световых модулей	Красный, зеленый

Продолжение таблицы 2.12

Параметр	Значение
Напряжение питание	24 В
Режим работы	Постоянное свечение
Температура окружающей среды	От -10 до +45 °С
Звуковой сигнал	Есть

Для аварийного отключение стенда гидропроливочных испытаний поставлена кнопка с фиксацией SB1 на 220 В установленная на шкафу автоматики, кнопка АЕАL-22-220В грибовидная с фиксацией нормально замкнутая [31].

Система управления стендом гидропроливочных испытаний питается от трехфазной цепи. Все элементы питаются либо от трехфазной цепи, либо 220 В переменного тока, либо 24 В постоянного тока. Для выбора блока питания, который будет выдавать 24 В, необходимо знать общий ток потребляемый всеми элементами. В таблице 2.13 представлены токи потребления устройств, питающиеся от 24 В.

Таблица 2.13 – Токи потребления устройств, питающиеся от 24 В

Обозначение	Наименование	Ток потребления, А	Количество
SL1-SL6	ПДУ-В231-107	0,03	6
S1	SWF 5.1	0,03	1
BK1-BK10	ТС-Б-У	0,03	10
BK11-BK12	Т.п/п-420-Кл1-1-40/125	0,03	2
BK13	Т.п/п-420-Кл3-2-40/50	0,03	1
BP1-BP9	DMP 331	0,025	9
BP10	415M	0,03	1
BP11-BP13	ИД-Р-2,0-1,0	0,033	3

Продолжение таблицы 2.13

Обозначение	Наименование	Ток потребления, А	Количество
PS1	ЭМИС-МАСС 260-25К-И-Ж-1,6-100-24-А-0,5	0,07	1
PS2-PS3	ЭМИС-МАСС 260-40К-И-Ж-1,6-100-24-А-0,5	0,07	2
PS4	ЭМИС-МАСС 260-15-И-Х-1,6-100-24-А-0,5	0,07	1
YA1-YA5, YA7-YA8	SL7555F	0,25	7
YA6	SM5563S	0,25	1
M1, M4-M16, M18-M21	BELIMO LF24	0,24	18
M2-M3, M17	AVM125SF132	0,35	3
K1-K2	GDH1023LA	0,025	2
KM1-KM2	КМИп-10910 24В	0,02	2
HA1, HL1-HL2	TL56B-024-RG	0,53	1

Просуммировав все токи, получаем, что общий ток потребления равен 9,3 А. Блок питания DRA240-24А имеет выходное напряжение 24 В и выходной ток 10 А, он удовлетворяет требованиям системы [32].

Для выбора автоматических выключателей необходимо знать потребляемый ток некоторыми элементами. В таблице 2.14 представлены токи потребления устройств, питающиеся от 220 В.

Таблица 2.14 – Токи потребления устройств, питающиеся от 220 В

Обозначение	Наименование	Ток потребления, А	Количество
A10	DRA240-24A	1,5	1
A3	ПЛК160-220.И-М	0,2	1
M22-M23	ALPHA L 25-60 180	0,4	2
A4-A5	МУ110-224.16Р	0,06	2
A6-A7	МВ110-224.8А	0,03	3
A1-A2	ЭВАН-В1-6	0,03	2

Автоматические выключатели QF2-QF10, QF14 включены в питающую цепь перед устройствами, питающимися от 220 В переменного напряжения. Данными автоматическими выключателями будут SH201L C6 фирмы «ABB» [33].

Автоматические выключатели QF11-QF13 включены в питающую цепь перед устройствами UZF1-UZF3, питающимися от трехфазной цепи и потребляющие 3,3 А. Данными автоматическими выключателями будут SH203L C6 фирмы «ABB» [34].

Для защиты питающих цепей от перегрузок и токов короткого замыкания, на вход трехфазной цепи установлен автоматический выключатель QF1. Если сложить ток потребления и таблицы 2.14 с током потребления устройств от трехфазной цепи, равное 9,9 А, получим общий ток потребления системы управления, он равен 13 А. Автоматическим выключателем QF1 будет выключатель SH203L C20 фирмы «ABB» [35].

При нажатии на кнопку SB1 магнитный пускатель KM3 обрывает цепи питания, он должен иметь управляющий сигнал 0/24 В и коммутировать цепи до 380 В с током до 13 А. Возьмем магнитный пускатель КМИп-11810-18А400В подходящий под требования, он коммутирует цепи до 400В с током до 18 А и управляется сигналом 0/24 В [36].

Для включения всей системы в цепь питания предусмотрен рубильник SA1. Он должен коммутировать трехфазную цепь с током до 13 А. Возьмем рубильник ВР32-31В31250 3п 100А сх(0-1), который коммутирует трехфазную цепь с током до 100 А [37].

Схема электрическая принципиальная на автоматизированную систему управления стендом гидропроливочных испытаний представлена в приложении В.

2.3 Разработка схемы соединений

Схема электрическая соединений создается на основе схемы электрической принципиальной на автоматизированную систему управления стендом гидропроливочных испытаний. Схема электрическая соединений создается в соответствии с ГОСТ 2.702-2011 [38].

Схема электрическая соединений на автоматизированную систему управления стендом гидропроливочных испытаний представлена в приложении Г.

Для соединения всех элементов шкафа автоматики будут использоваться провода ПуГВ – провод установочный гибкий с изоляционным материалом из поливинилхлорида (пластик ПВХ). Это силовой медный проводник, предназначенный для подключения электрических устройств, а также для проведения силовых сетей.

Выбор сечения провода производится из учета тока проходящего через этот провод. Из токовых расчетов, произведенных в пункте 2.2.4, токи питающих проводов, элементов потребляющих 24 В, достигают 9,3 А, а токи питающих проводов, элементов подключенных к трехфазной цепи, достигают 13 А. Токи на сигнальных линиях не превышают 1 А.

Ток проходящий через провода с номерами 901 и 902 может достигать значения 9,3 А, ток проходящий через провода с номерами А101-А107, В101-В106, С101-С116, N101, РЕ101 может достигать значения 13 А, а ток проходящий через провода с номерами 201-297 не превышает значения 1 А.

Исходя из выше сказанного, проводами с номерами 201-297 будут провода ПуГВ 0,5 мм², выдерживающие до 10 А, проводами с номерами 901 и 902 будут провода ПуГВ 0,75 мм², выдерживающие до 13 А, проводами с номерами А101-А107, В101-В106, С101-С116, N101, РЕ101 будут провода ПуГВ 1,5 мм², выдерживающие до 20 А [39].

Для соединения компонентов системы управления стендом использовано 9 разъемов с различным количеством клемм:

- ХТ1 разъем на 15 контактов;
- ХТ2 разъем на 17 контактов;
- ХТ3 разъем на 4 контакта;
- ХТ4 разъем на 5 контактов;
- ХТ5 разъем на 19 контакт;
- ХТ6 разъем на 59 контактов;
- ХТ7 разъем на 97 контактов;
- ХТ8 разъем на 90 контактов;
- ХТ9 разъем на 17 контактов.

Данные разъемы будут собираться из нужного количества клеммных зажимов, крепящихся на DIN-рейку. Клеммы выбираются исходя из сечения проводов, которые будут крепиться к ним. Выбраны клеммы DC2.5-01P-1Y-00A(H) фирмы Degson, они рассчитаны на сечение провода 0,2–2,5 мм² и на ток до 20 А [40].

3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

3.1 Разработка алгоритмического обеспечения

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан алгоритм работы стенда гидропроливочных испытаний на основе описания работы стенда представленного в разделе 1 и на основе схемы функциональной автоматизации.

Разработанный в виде блок схемы алгоритм представляет собой последовательное выполнение действий при выполнении испытаний и содержит подсказки для оператора при наступлении некоторых ситуаций.

Алгоритм работы стенда гидропроливочных испытаний представлен в приложении Д.

3.2 Разработка программного обеспечения

В рамках выпускной квалификационной работы была произведена разработка программного обеспечения для стенда гидропроливочных испытаний. Данное программное обеспечение позволит оператору вводить необходимые параметры для испытаний, контролировать процесс испытаний и в удобном виде получить результат прошедших испытаний. Оператор будет управлять процессом испытаний с помощью компьютера.

Приложение для оператора, управляющего стендом гидропроливочных испытаний, было разработано с использованием программной среды проектирования Simple-SCADA.

При запуске программы оператору дается выбор режима испытаний, а также выбор перехода к справке или завершение всей работы программы. Стартовая страница программы представлена на рисунке 3.1.

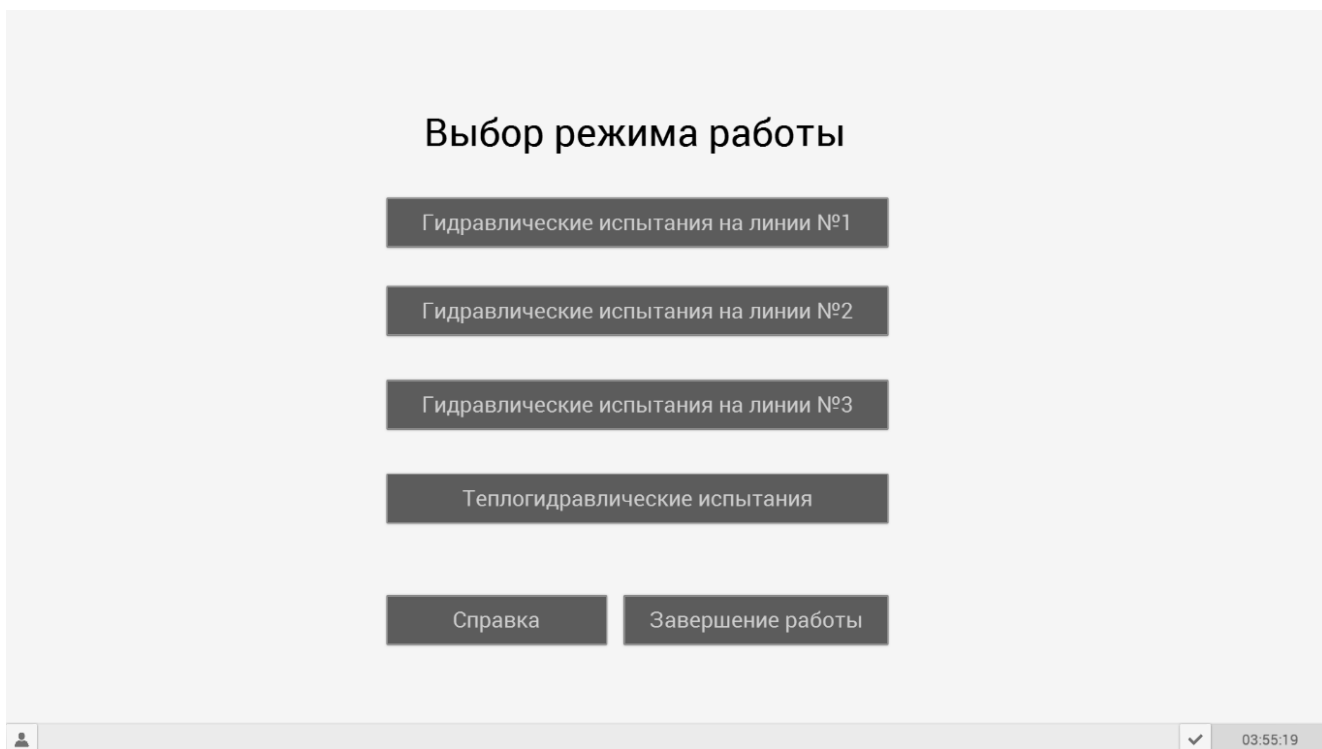


Рисунок 3.1 – Стартовая страница программы

Если оператор выбирает гидравлические испытания на линии №1, то программа переходит на страницу ввода параметров для этого испытания. Страница ввода параметров для испытания №1 представлена на рисунке 3.2. На этой странице присутствует название, диапазон допустимых значений и вводимое значение параметра. После ввода всех параметров активируется кнопка «Начать испытание», при нажатии на которую начинается процесс испытаний и осуществляется переход на следующую страницу со схемой части стенда для гидравлических испытаний на линии №1. Страница со схемой испытания №1 представлена на рисунке 3.3. На схеме обозначены все измерительные и исполнительные устройства, участвующие в гидравлическом испытании на линии №1. У дискретных датчиков и исполнительных механизмов можно отслеживать их состояния по кругу индикации возле них. Если круг красного цвета, значит исполнительный механизм закрыт или датчик не сработал, а если круг зеленого цвета, то это означает открытое состояние исполнительного механизма или срабатывание датчика. Так же на схеме можно отслеживать параметры других

исполнительных механизмов и имеются кнопки принудительной остановки процесса и переход к справочным материалам.

Гидравлические испытания на линии №1		Гидравлические испытания на линии №2		Гидравлические испытания на линии №3		Теплогидравлические испытания		Справка	
Ввод параметров		Схема испытания		Результат испытания					
Параметр			Допустимые значения			Задаваемые значения			
Количество точек расхода, шт.			3-20			<input type="text" value="0"/>			
Значение температуры, °C			10-75			<input type="text" value="0"/>			
Допуск значения температуры, °C			10-30			<input type="text" value="0"/>			
Допуск значения расхода, м3/ч			0,2-1			<input type="text" value="0"/>			
Значение расхода, м3/ч:			0-4,5						
№1	<input type="text" value="0"/>	№6	<input type="text" value="0"/>	№11	<input type="text" value="0"/>	№16	<input type="text" value="0"/>		
№2	<input type="text" value="0"/>	№7	<input type="text" value="0"/>	№12	<input type="text" value="0"/>	№17	<input type="text" value="0"/>		
№3	<input type="text" value="0"/>	№8	<input type="text" value="0"/>	№13	<input type="text" value="0"/>	№18	<input type="text" value="0"/>		
№4	<input type="text" value="0"/>	№9	<input type="text" value="0"/>	№14	<input type="text" value="0"/>	№19	<input type="text" value="0"/>		
№5	<input type="text" value="0"/>	№10	<input type="text" value="0"/>	№15	<input type="text" value="0"/>	№20	<input type="text" value="0"/>		
<input type="button" value="Начать испытания"/>									

03:45:25

Рисунок 3.2 – Страница ввода параметров для испытания №1

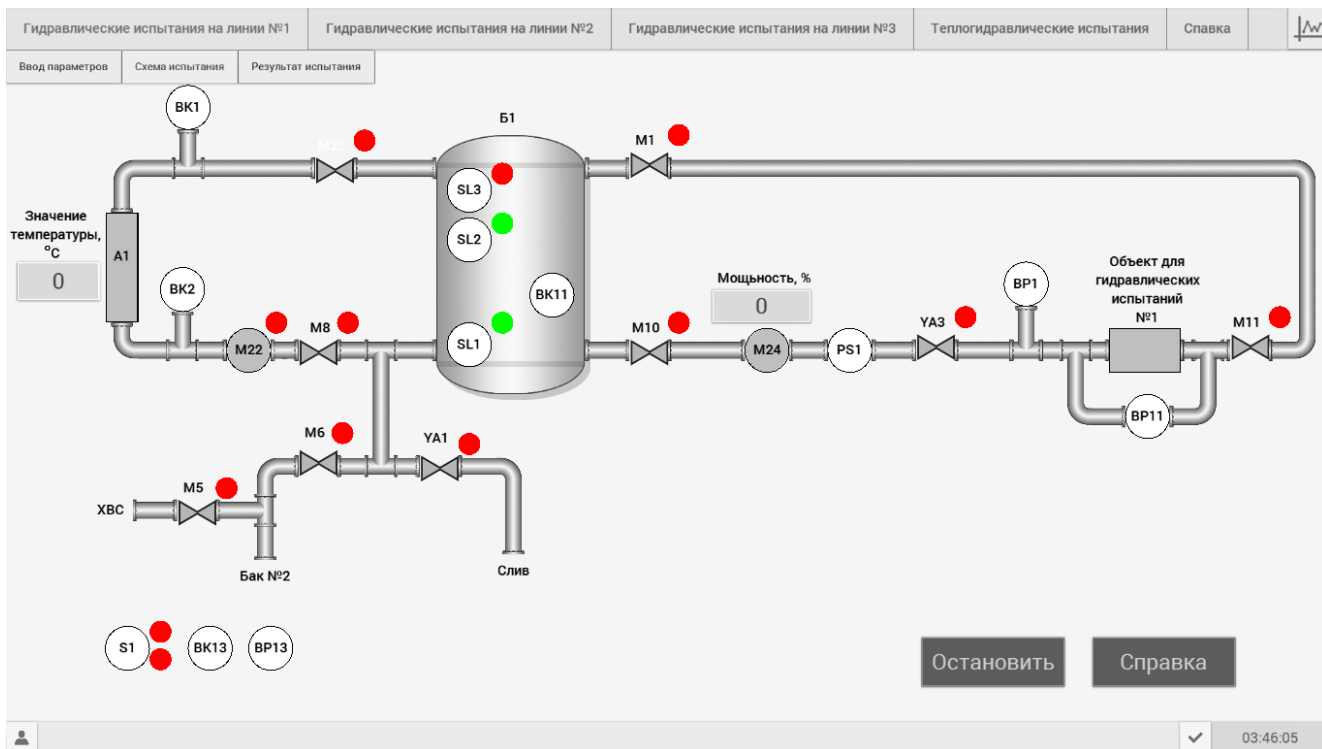


Рисунок 3.3 – Страница со схемой испытания №1

После завершения испытания открывается страница с таблицей результатов испытаний, в которой указаны все необходимые значения параметров. Страница с результатом испытаний №1 представлена на рисунке 3.4. На странице имеется кнопка перехода на страницу выбора режима. На которой оператор может выбрать повторно этот же режим или любой другой.

Гидравлические испытания на линии №1		Гидравлические испытания на линии №2		Гидравлические испытания на линии №3		Теплогидравлические испытания		Справка		W	
Ввод параметров		Схема испытания		Результат испытания							
Результат испытания											
№	Расход, м3/ч	Давление, МПа	Перепад давления, МПа	Температура, °С							
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
Вернуться к выбору режима											
										✓	03:46:25

Рисунок 3.4 – Страница с результатом испытаний №1

Для управления остальными тремя режимами испытаний разработан аналогичный процесс действий. Страница ввода параметров для испытания №2 представлена на рисунке 3.5. Страница со схемой испытания №2 представлена на рисунке 3.6. Страница с результатом испытаний №2 представлена на рисунке 3.7. Страница ввода параметров для испытания №3 представлена на рисунке 3.8. Страница со схемой испытания №3 представлена на рисунке 3.9. Страница с результатом испытаний №3 представлена на рисунке 3.10. Страница ввода параметров для испытания №4 представлена на рисунке 3.11. Страница со схемой испытания №4 представлена на рисунке 3.12. Страница с результатом испытаний №4 представлена на рисунке 3.13.

Гидравлические испытания на линии №1		Гидравлические испытания на линии №2		Гидравлические испытания на линии №3		Теплогидравлические испытания		Справка	
Ввод параметров		Схема испытания		Результат испытания					
Параметр		Допустимые значения		Задаваемые значения					
Количество точек расхода, шт.		3-20		<input type="text" value="0"/>					
Значение температуры, °C		10-75		<input type="text" value="0"/>					
Допуск значения температуры, °C		10-30		<input type="text" value="0"/>					
Допуск значения расхода, м3/ч		0,02-1		<input type="text" value="0"/>					
Значение расхода, м3/ч:		0-13							
№1	<input type="text" value="0"/>	№6	<input type="text" value="0"/>	№11	<input type="text" value="0"/>	№16	<input type="text" value="0"/>		
№2	<input type="text" value="0"/>	№7	<input type="text" value="0"/>	№12	<input type="text" value="0"/>	№17	<input type="text" value="0"/>		
№3	<input type="text" value="0"/>	№8	<input type="text" value="0"/>	№13	<input type="text" value="0"/>	№18	<input type="text" value="0"/>		
№4	<input type="text" value="0"/>	№9	<input type="text" value="0"/>	№14	<input type="text" value="0"/>	№19	<input type="text" value="0"/>		
№5	<input type="text" value="0"/>	№10	<input type="text" value="0"/>	№15	<input type="text" value="0"/>	№20	<input type="text" value="0"/>		
<input type="button" value="Начать испытания"/>									

03:46:43

Рисунок 3.5 – Страница ввода параметров для испытания №2

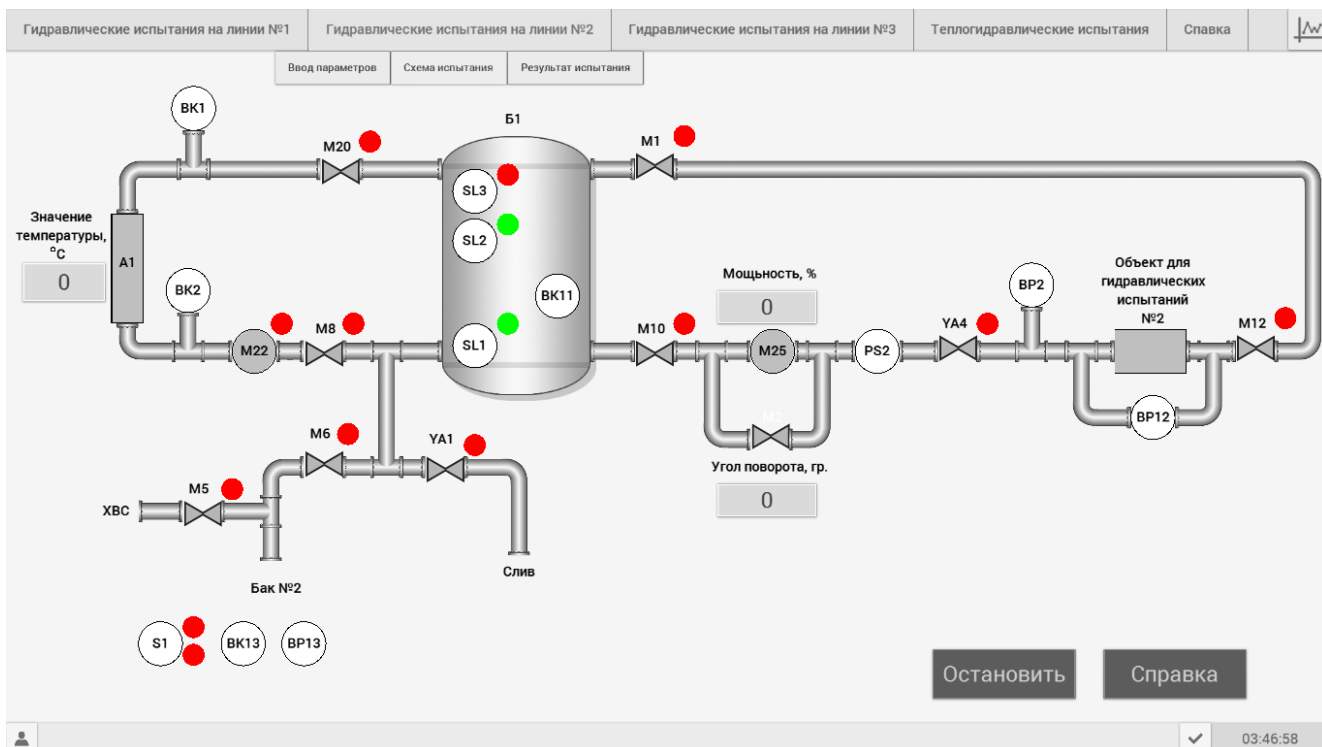


Рисунок 3.6 – Страница со схемой испытания №2

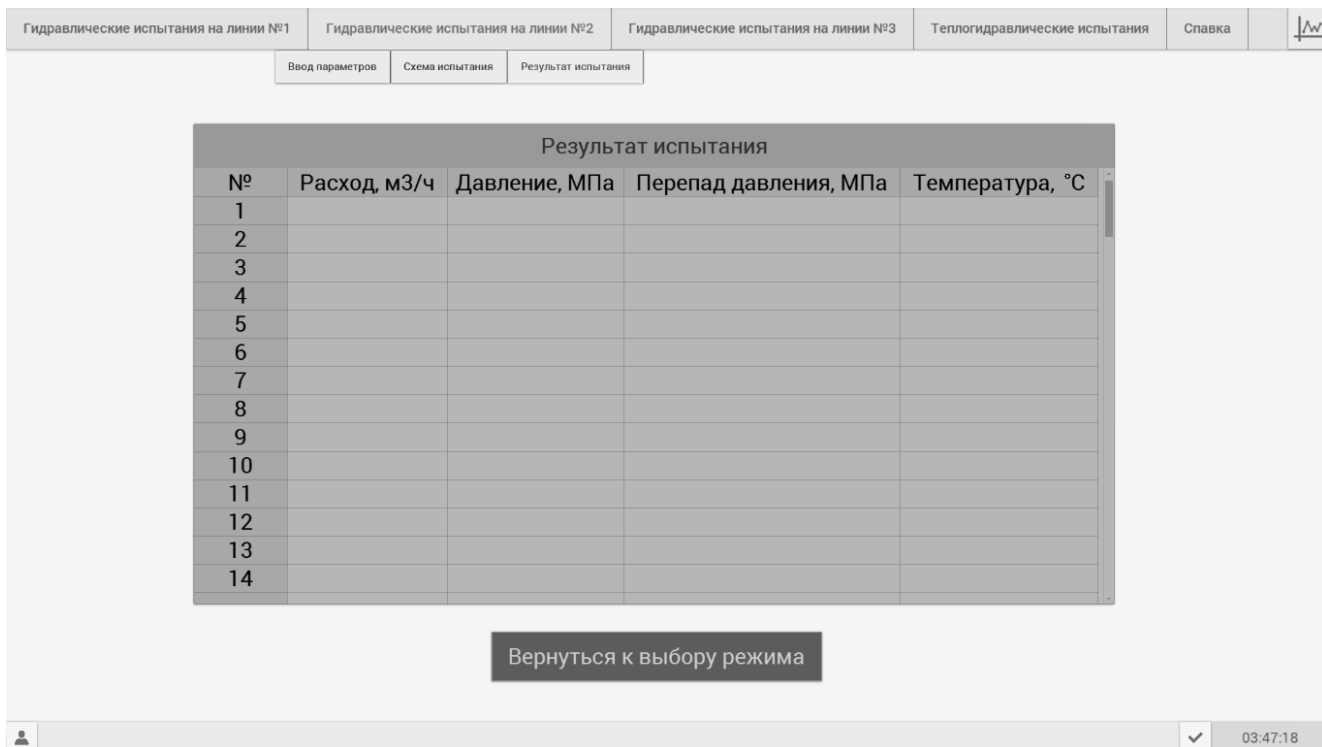


Рисунок 3.7 – Страница с результатом испытаний №2

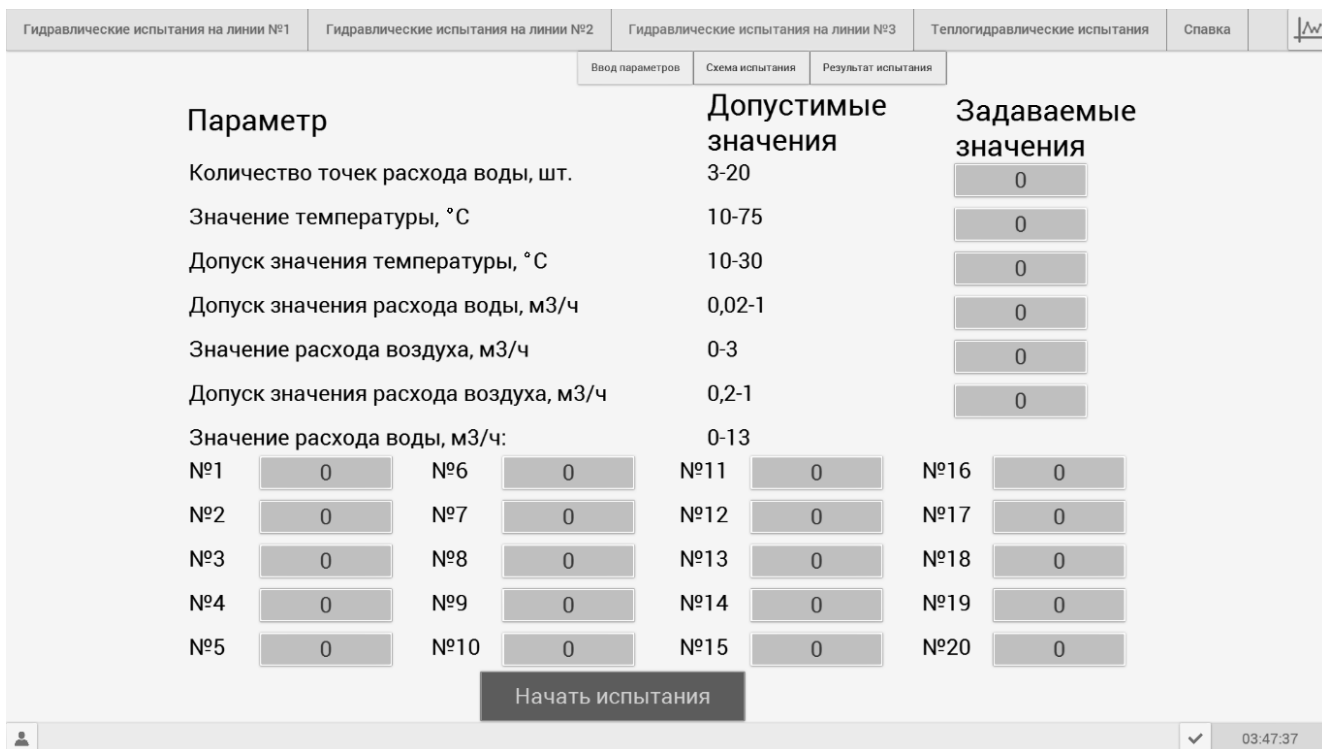


Рисунок 3.8 – Страница ввода параметров для испытания №3

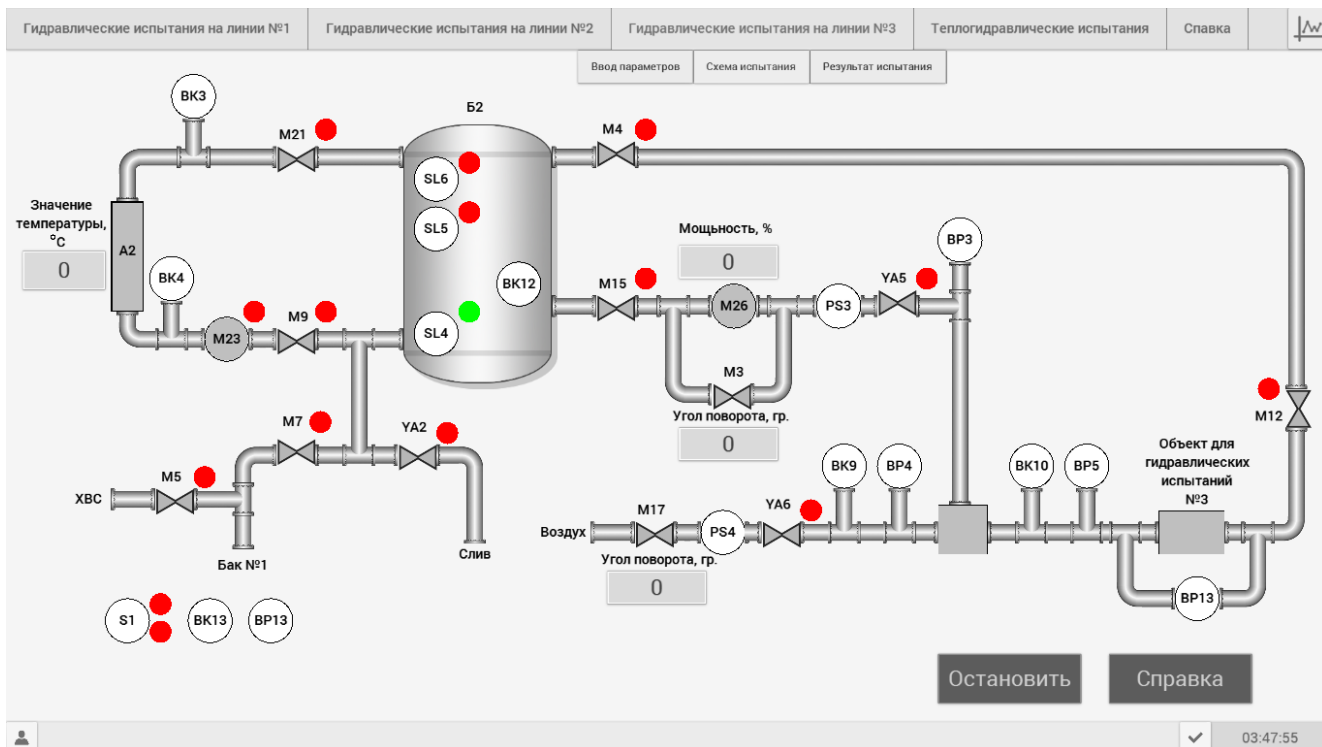


Рисунок 3.9 – Страница со схемой испытания №3

№	Расход воды, м3/ч	Давление смеси, МПа	Перепад давления смеси, МПа	Температура смеси, °C	Расход воздуха, м3/ч
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					

Рисунок 3.10 – Страница с результатом испытаний №3

Гидравлические испытания на линии №1		Гидравлические испытания на линии №2		Гидравлические испытания на линии №3		Теплогидравлические испытания		Справка	
<div style="text-align: right;"> <input type="button" value="Ввод параметров"/> <input type="button" value="Схема испытаний"/> <input type="button" value="Результат испытаний"/> </div>									
Параметр			Допустимые значения			Задаваемые значения			
Количество точек расхода, шт.			1-5			<input type="text" value="0"/>			
Количество точек температуры, шт.			3-20			<input type="text" value="0"/>			
Допуск значения температуры, °C			10-30			<input type="text" value="0"/>			
Допуск значения расхода, м3/ч			0,02-1			<input type="text" value="0"/>			
Значение расхода, м3/ч:			0-13						
№1	<input type="text" value="0"/>	№2	<input type="text" value="0"/>	№3	<input type="text" value="0"/>	№4	<input type="text" value="0"/>	№5	<input type="text" value="0"/>
№1'	<input type="text" value="0"/>	№2'	<input type="text" value="0"/>	№3'	<input type="text" value="0"/>	№4'	<input type="text" value="0"/>	№5'	<input type="text" value="0"/>
Значение температуры, °C:			10-75						
№1	<input type="text" value="0"/>	№5	<input type="text" value="0"/>	№9	<input type="text" value="0"/>	№13	<input type="text" value="0"/>	№17	<input type="text" value="0"/>
№2	<input type="text" value="0"/>	№6	<input type="text" value="0"/>	№10	<input type="text" value="0"/>	№14	<input type="text" value="0"/>	№18	<input type="text" value="0"/>
№3	<input type="text" value="0"/>	№7	<input type="text" value="0"/>	№11	<input type="text" value="0"/>	№15	<input type="text" value="0"/>	№19	<input type="text" value="0"/>
№4	<input type="text" value="0"/>	№8	<input type="text" value="0"/>	№12	<input type="text" value="0"/>	№16	<input type="text" value="0"/>	№20	<input type="text" value="0"/>
<input type="button" value="Начать испытания"/>									

03:48:26

Рисунок 3.11 – Страница ввода параметров для испытания №4

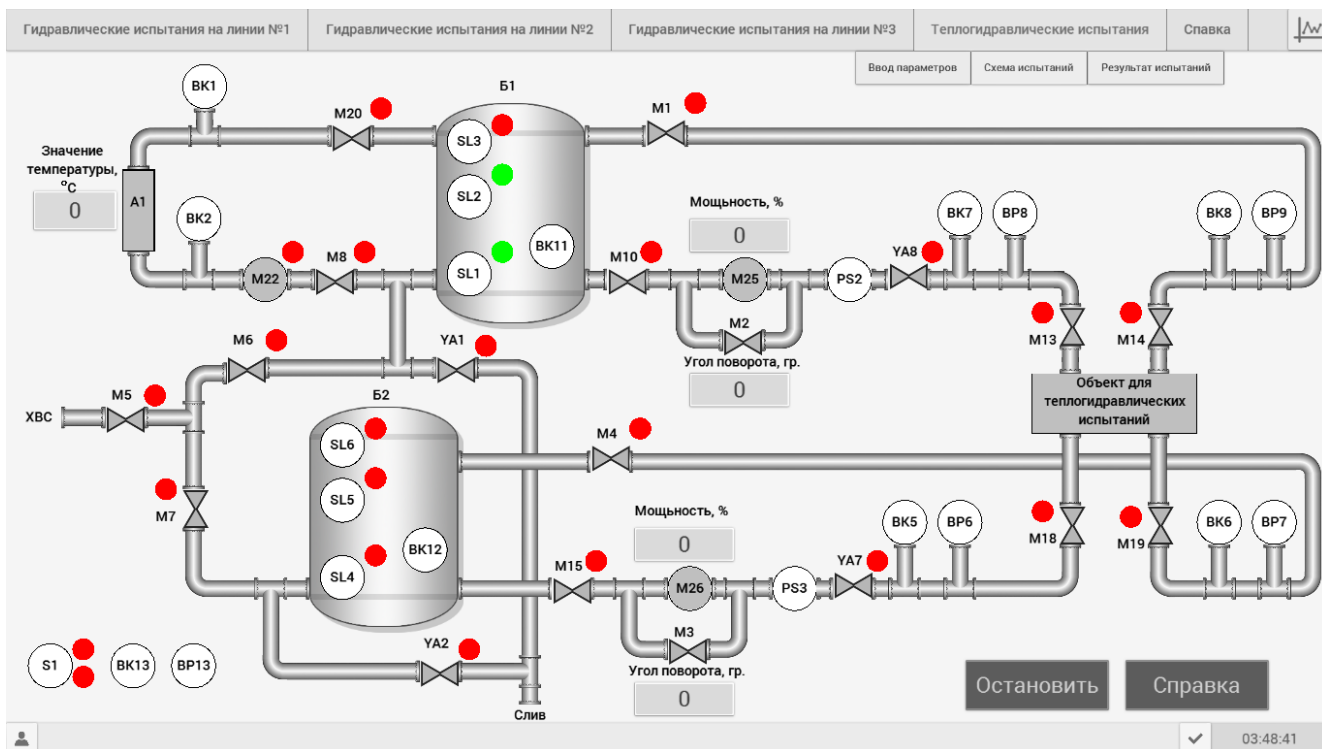


Рисунок 3.12 – Страница со схемой испытания №4

Гидравлические испытания на линии №1		Гидравлические испытания на линии №2		Гидравлические испытания на линии №3		Теплогидравлические испытания		Справка		
<input type="button" value="Ввод параметров"/> <input type="button" value="Схема испытаний"/> <input type="button" value="Результат испытаний"/>										
Результат испытания										
№	Расход, м3/ч	Расх.', м3/ч	Дав. до, МПа	Дав. после, МПа	t до,°C	t после,°C	Дав. до', МПа	Дав. после', МПа	t до',°C	t после',°C
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										

03:49:00

Рисунок 3.13 – Страница с результатом испытаний №4

Для подсказок оператору создана страница справки, на которой приведены основные моменты схем испытаний. Страница справки приведена на рисунке 3.14. На этой странице присутствует кнопка «Вернуться», при нажатии на которую программа возвращается на ту страницу с которой был сделан переход на справку.

Гидравлические испытания на линии №1		Гидравлические испытания на линии №2		Гидравлические испытания на линии №3		Теплогидравлические испытания		Справка	
<p>Обозначения:</p> <p>ХВС - холодное водоснабжение; Б1 - бак №1 для хранения воды; Б2 - бак №2 для хранения воды; А1 и А2 - нагревательные элементы со встроенными устройствами защиты; Слив - место куда воду сливают из стенда;</p> <p> <input type="radio"/> BK2 - датчики; <input type="radio"/> M24 - насосы; <input type="radio"/> M6 - вентили с электро приводом; <input type="radio"/> YA1 - электроклапаны. </p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Вернуться"/></p>									
<p>Круги возле некоторых устройств показывают состояние дискретного устройства. Круг красного цвета соответствует закрытому состоянию или нулю. Круг зеленого цвета соответствует открытому состоянию или единице.</p> <p>Мощность, %</p> <p>0</p> <p><input type="radio"/> M24</p> <p>Значения возле некоторых устройств показывают состояния данного устройства в данный момент.</p> <p><input type="radio"/> S1</p> <p>Датчик S1 - это датчик протечки, он имеет две выходных линии, которые сигнализируют о потечки воды и об обрыве кабеля датчика. Верхний круг возле датчика отвечает за протечку, а низний - за обрыв кабеля.</p>									

03:49:15

Рисунок 3.14 – Страница справка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы был модернизирован автоматизированный стенд гидропроливочных испытаний.

За время выполнения выпускной квалификационной работы был изучен процесс проведения гидравлических и теплогидравлических испытаний. Проведена разработка схемы функциональной автоматизации стенда гидропроливочных испытаний. Исходя из требуемого функционала, выполнен подбор измерительных и исполнительных элементов системы. Произведен выбор программируемого логического контроллера и модулей расширения входов и выходов. Разработаны схема электрическая принципиальная и схема соединений системы управления станком. Разработан алгоритм работы стенда и интерфейс оператора в программе Simple-SCADA.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

2 ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению схем – М.: Стандартинформ, 2009. – 17 с.

3 Технический паспорт датчика температуры ТС-Б-У. – <http://www.pointltd.by/index.php/datchiki-temperaturey/termopreobrazovateli-soprotivleniya-ts-b>.

4 Технический паспорт датчика давления DMP 331. – http://www.orleks.ru/files/380/dmp331_opis.pdf.

5 Руководство по эксплуатации датчика перепада давления ИД-Р-2,0-1,0. – <http://point.nt-rt.ru/images/manuals/ID.pdf>.

6 Руководство по эксплуатации расходомера ЭМИС-МАСС 260. – http://emis-kip.ru/pics/books/massovyj_rashodomer.pdf.

7 Технический паспорт электропривода AVM125SF132 Sauter. – http://www.sauter-cumulus.de/uploads/tx_cabagpdm/836743.pdf.

8 Руководство по эксплуатации напорного насоса CRE 3-19. – <http://www.rimos.ru/catalog/pump/19118>.

9 Руководство по эксплуатации напорного насоса CRE 10-09. – <http://www.abiana.ru/g/grundfos/104705/>.

10 Руководство по монтажу и эксплуатации насоса ALPHA L 25-60 180. – <http://chelyabinsk.vseinstrumenti.ru/instruction/grundfos-alpha2-l-32-60-95047566-53871.pdf>.

11 Технический паспорт водонагревателя ЭВАН В1-6. – http://www.topclimat.ru/files/catalog/goods/evan/pasport_evan_b1.pdf.

12 Руководство по монтажу и эксплуатации электроклапана SL7555F. – <http://centrarm.ru/wa-data/public/shop/photos/passports/SL7555F.pdf>.

- 13 Руководство по монтажу и эксплуатации электроклапана SM5563S. – <http://centrarm.ru/wa-data/public/shop/photos/passports/SM5563S.pdf>.
- 14 ГОСТ 21.404-2013 СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах – М.: Стандартинформ, 2015. – 27 с.
- 15 Каталог твердотельного реле Овен. – http://www.owen.ru/catalog/serii_hd_xx44va_hd_xx2210u_i_hd_xx25la_ttr_dlya_neprerivnogo_regulirovaniya_nap_ryazheniya/opisanie.
- 16 Каталог радиаторов охлаждения для твердотельных реле Овен. – http://www.owen.ru/catalog/radiator_i_ohlazhdeniya/opisanie.
- 17 Технический паспорт электропривода LF24. – http://www.belimo.ch/pdf/e/LF24_datasheet_en-gb.pdf.
- 18 Каталог магнитных пускателей КМИ 24 В. – <https://www.iek.ru/products/catalog/?page=detail&article=KMD11-009-02410>.
- 19 Технический паспорт диода 1N4007. – <https://www.chipdip.ru/product/1n4007>.
- 20 Руководство по эксплуатации датчика Т.п/п-420-Кл1-1-40/125. – <https://relsib.com/product/datchiki-temperature-zhidkosti-i-sypuchih-sred-tp-420-k11-1-tha-420-k11-1>.
- 21 Руководство по эксплуатации датчика Т.п/п-420-Кл3-2-40/50. – <https://relsib.com/product/datchik-temperature-vozduha-tp-420-k13-2>.
- 22 Руководство по эксплуатации датчика давления 415М. – <http://www.piezoelectric.ru/files/415MOwnerManual.pdf>.
- 23 Руководство по эксплуатации выключателя ПДУ-В231-107. – <http://www.terainvest.ru/catalog/datchiki/datchiki-urovnya-i-protechki/miniaturnyy-poplavkovyy-vyklyuchatel-pdu-v231-1071991/>.
- 24 Технический паспорт датчика SWF 5.1. – http://www.protechki.ru/pdf/datchik_protechki_vody.pdf.
- 25 Руководство по эксплуатации ПЛК160-220.И-М. – http://www.owen.ru/catalog/programmiruemij_logicheskij_kontroller_oven_plk160/opisanie.

- 26 Руководство по эксплуатации модуля вывода МУ110-224.16Р. – http://www.owen.ru/catalog/modul_diskretnogo_vivoda_oven_mu110_8r/opisanie.
- 27 Руководство по эксплуатации модуля ввода МВ110-224.8А. – http://www.owen.ru/catalog/modul_vvoda_analogovih_signalov_owen_mv110_8a/opisanie.
- 28 Руководство по эксплуатации модуля вывода МУ110-224.6У. – http://www.owen.ru/catalog/modul_analogovogo_vivoda_oven_mu110_8i/opisanie.
- 29 Каталог ламп на 220 В. – <http://www.etm.ru/cat/nn/4213287/>.
- 30 Руководство по эксплуатации сигнальной колонны TL56B-024-RG. – https://rusautomation.ru/svetosignalnoe_oborudovanie/tl56b-024-rg.
- 31 Каталог кнопок на 220 В. – <http://www.etm.ru/cat/nn/9811235/>.
- 32 Технический паспорт блока питания DRA240-24А. – <https://static.chipdip.ru/lib/021/DOC001021700.pdf>.
- 33 Каталог однофазных автоматических выключателей АBB. – <http://www.tinko.ru/catalog/product/237576/>.
- 34 Каталог трехфазных автоматических выключателей АBB до 10 А. – <http://www.tinko.ru/catalog/product/270441/>.
- 35 Каталог трехфазных автоматических выключателей АBB от 10 А. – <http://www.tinko.ru/catalog/product/213332/>.
- 36 Каталог магнитных пускателей КМИ для трехфазной цепи. – <http://xn--itbbuddngbkhsf1bzi.xn--plai/katalog/kontaktery-puskateli/kontaktery-iek-serii-kmi-kti-kt6600/kmi-11810-18-a-400-vas-3-1-no-iek.html>.
- 37 Каталог рубильников для трехфазной цепи. – <http://www.elektroportal.com/product/show/4502>.
- 38 ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем – М.: Стандартинформ, 2011. – 23 с.
- 39 Характеристики провода ПуГВ. – <https://samelectrik.ru/obzor-xarakteristik-provoda-pv-3.html>.
- 40 Каталог клемм. – http://xn--e1agecchai.xn--plai/din_rail/2139/15683.html.

ПРИЛОЖЕНИЕ А Схема стенда гидропроливочных испытаний

- Обозначения:
 1. Ф1 – фильтр для воды;
 2. С1 – смеситель;
 3. СП1 – сепаратор;
 4. Б1 – бак для хранения воды №1;
 5. Б2 – бак для хранения воды №2;
 6. А1 и А2 – нагревательные элементы со встроенными устройствами защиты

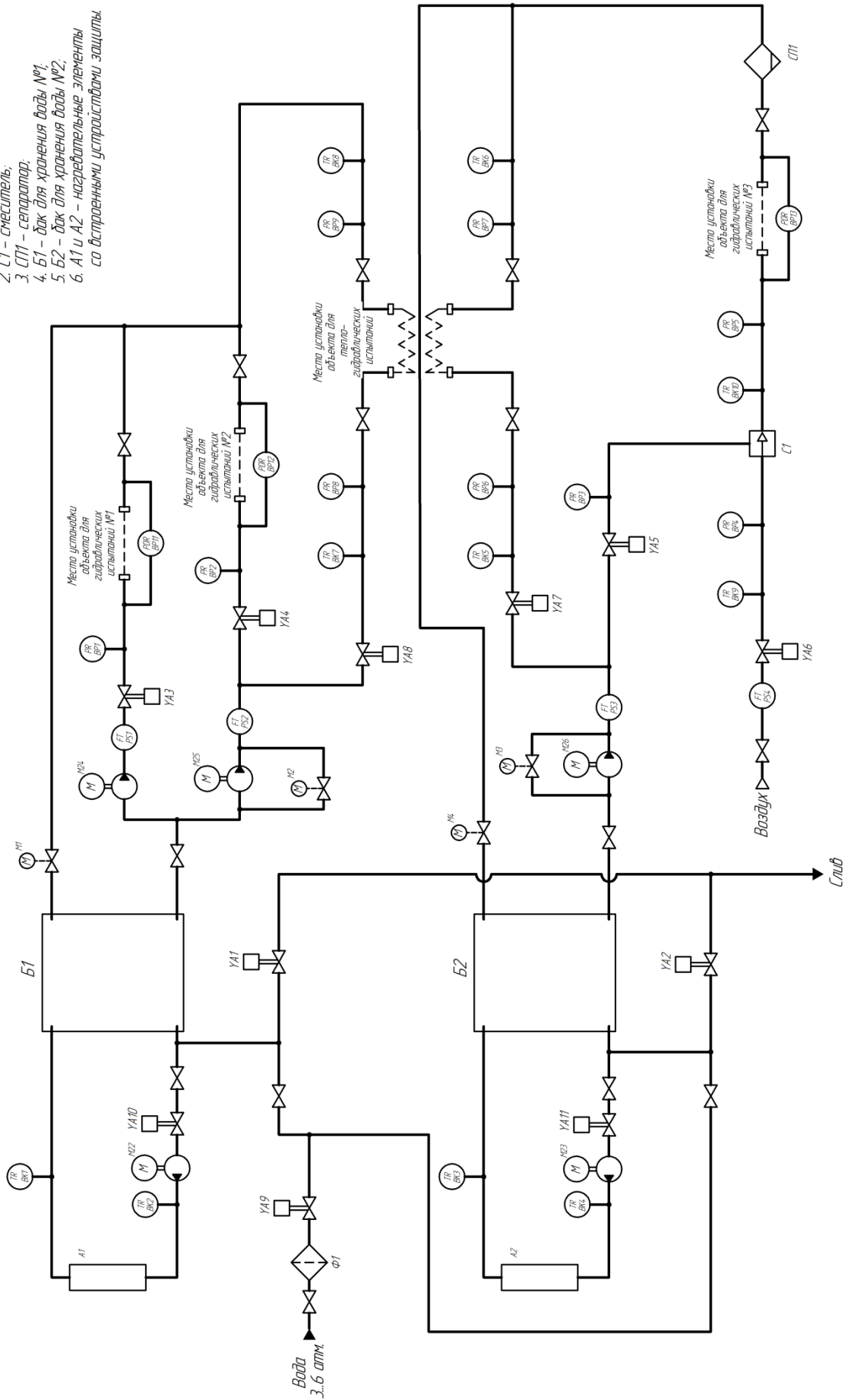


Рисунок А.1 – Схема стенда гидропроливочных испытаний

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Схема функциональная автоматизации

- Объяснение
1. XBC – колдвое водоснабжение;
 2. C1 – стесатель;
 3. C11 – сепаратор;
 4. Б1 – бак для хранения воды №1;
 5. Б2 – бак для хранения воды №2;
 6. А1 и А2 – нагревательные элементы со встроенными устройствами защиты;
 7. АРУ – автоматизированное рабочее место.

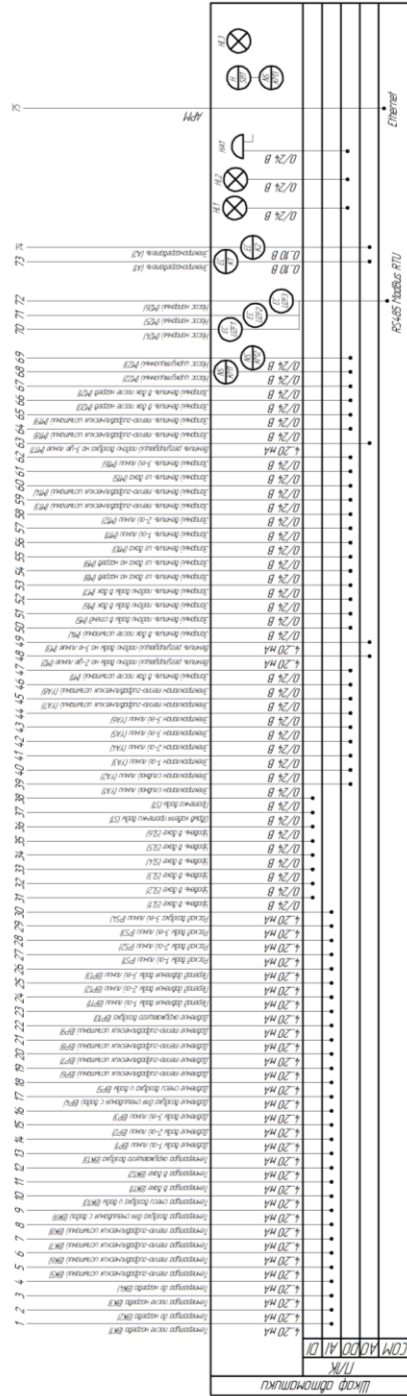
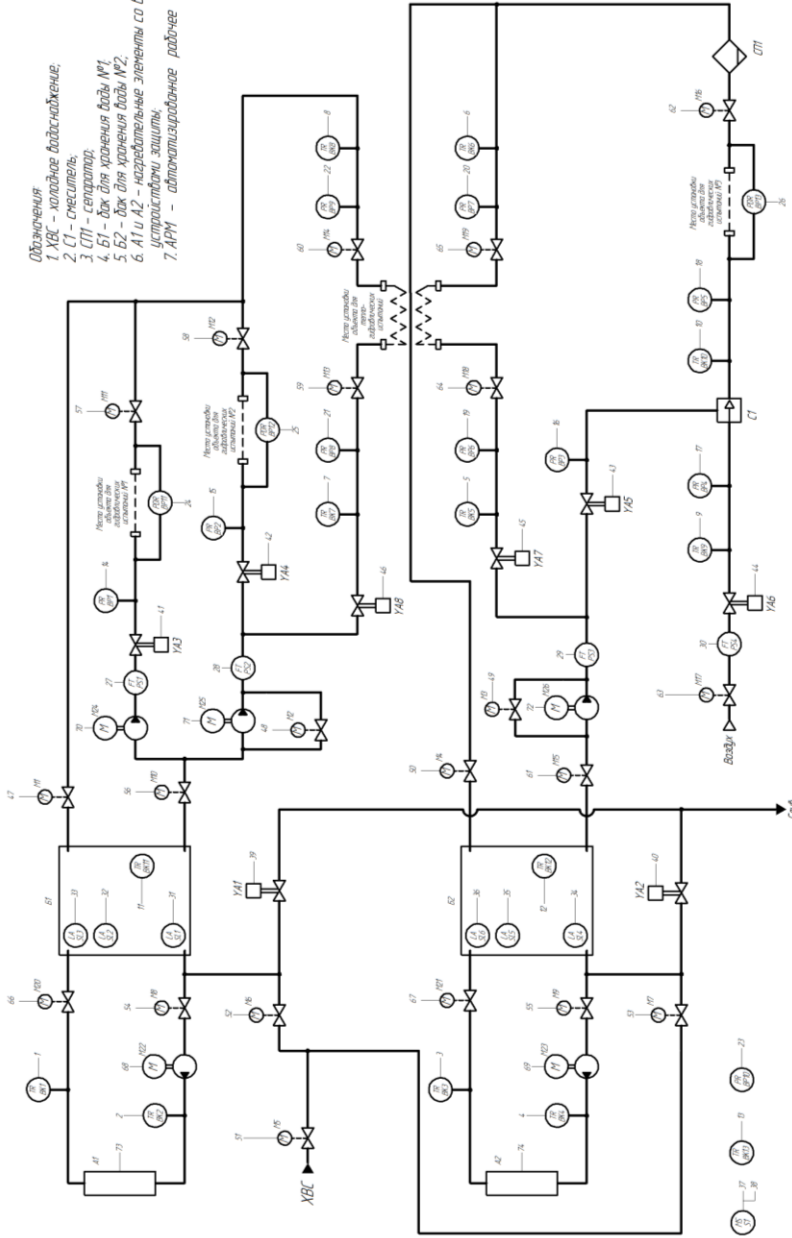


Рисунок Б.1 – Схема функциональная автоматизации

ПРИЛОЖЕНИЕ В Схема электрическая принципиальная

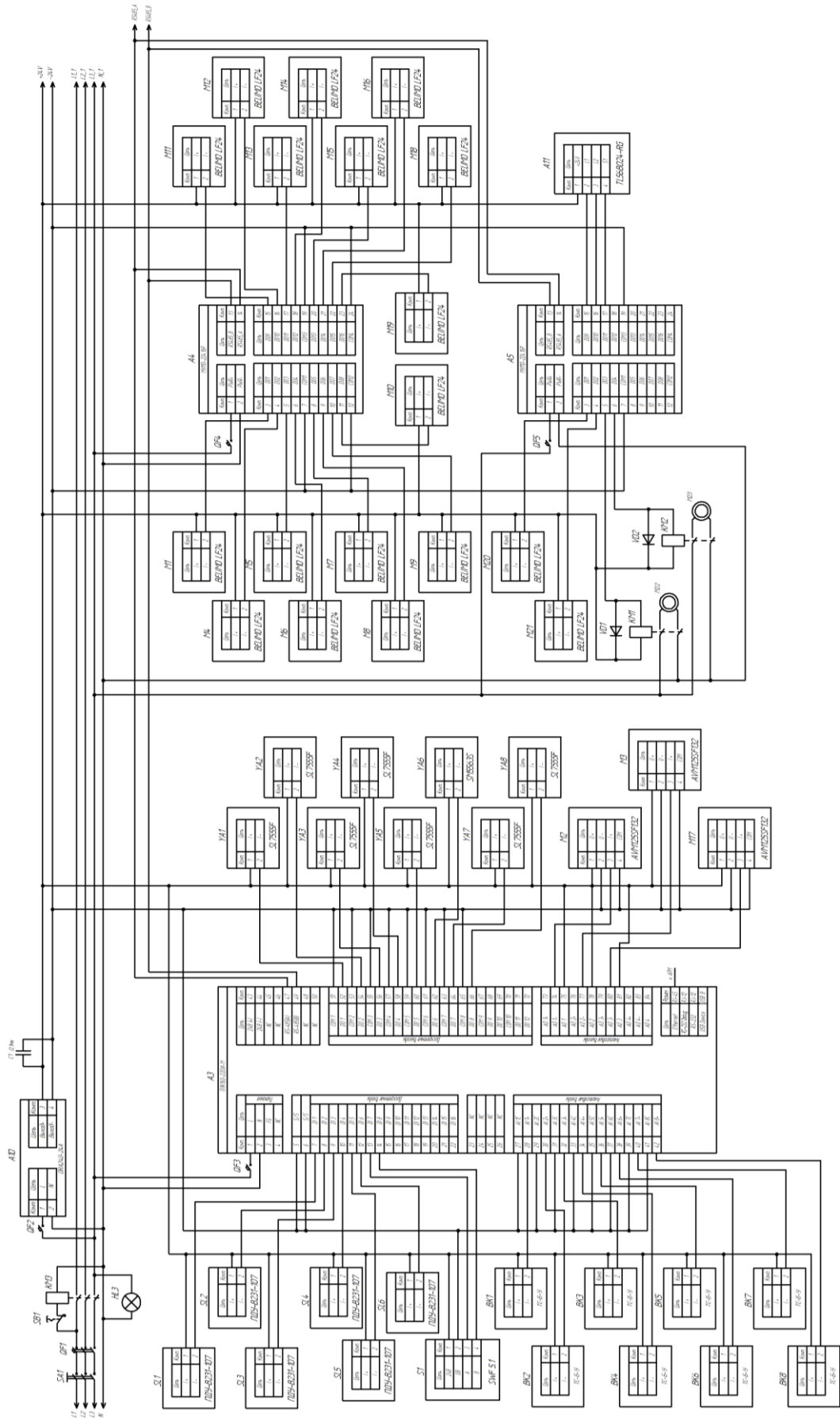


Рисунок В.1 – Схема электрическая принципиальная (лист 1)

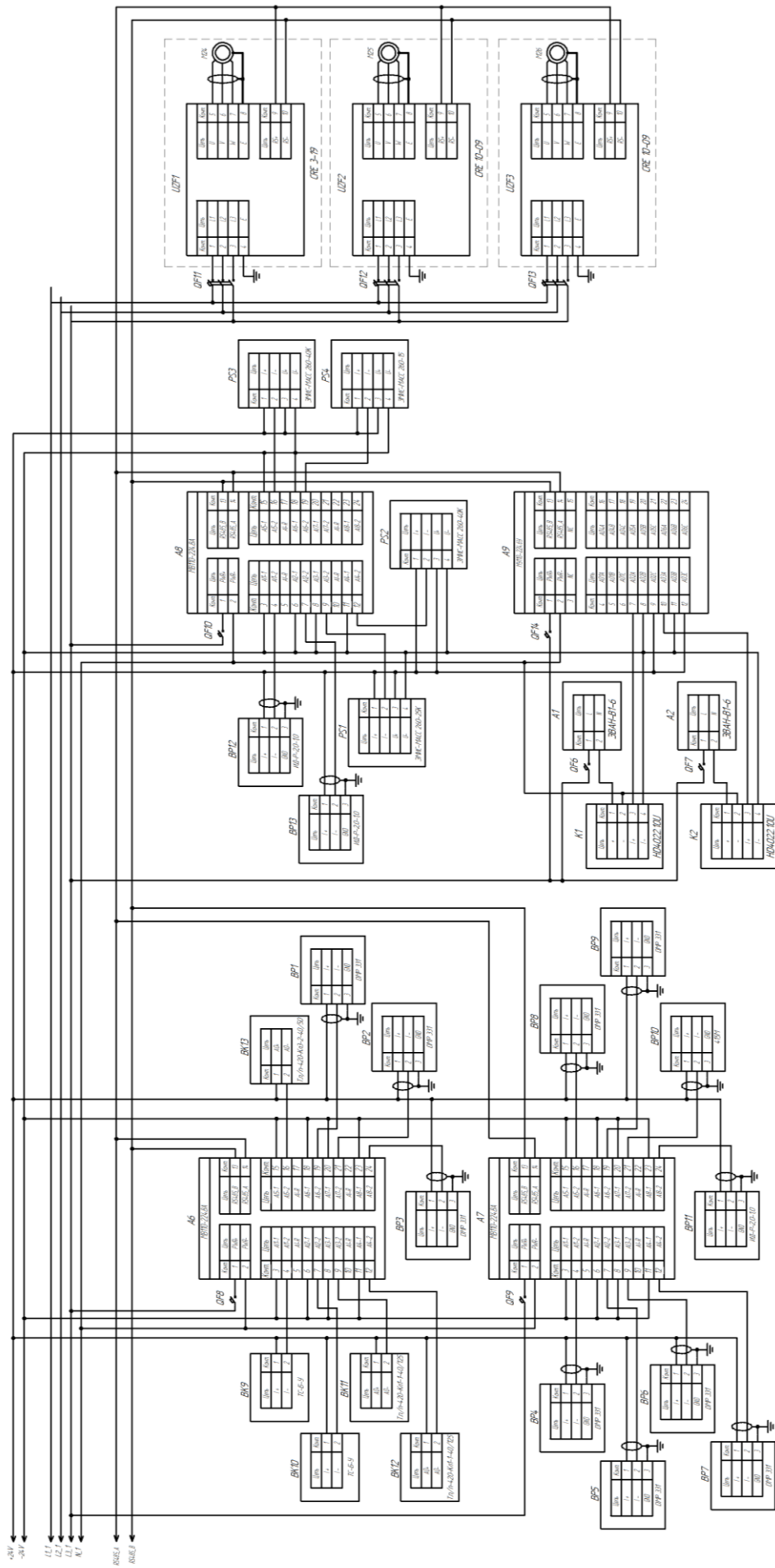


Рисунок В.2 – Схема электрическая принципиальная (лист 2)

<i>Поз. обознач.</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
A1-A2	Водонагреватель ЭВАН В1-6кВт	2	
A3	Контроллер ПЛК160-220.И-М	1	
A4-A5	Модуль дискретного вывода МУ110-224.16Р	2	
A6-A8	Модуль аналогового ввода МУ110-224.8А	3	Сигнал 4...20 мА
A9	Модуль аналогового вывода МУ110-224.6У	1	Сигнал 0...10 В
A10	Блок питания DRA240-24А	1	24 В, 240 Вт
A11	Сигнальная колонна TL56B024-RG	1	
	<i>Датчики температуры</i>		
BK1-BK10	Термометр сопротивления ТС-Б-У	10	
BK11-BK12	Т.п/п-420-Кл1-1-40/125	2	
BK13	Т.п/п-420-Кл3-2-40/50	1	
	<i>Датчики давления</i>		
BP1-BP9	DMP 331	9	
BP10	415М модель 8ХХ8	1	
BP11-BP13	ИД-Р-2,0-1,0	3	
HL3	Лампа LA-ENS-G-220	1	
K1-K2	Твердотельное реле HD4022.10U	2	
	<i>Магнитные пускатели</i>		
KM1-KM2	КМИп-10910 24В	2	
KM3	КМИп-11810-18А400В	1	
M1	Запорный вентиль BELIMO LF24	1	
M2-M3	Вентили регулирующие AVM125SF132	2	
M4-M16	Запорный вентиль BELIMO LF24	13	
M17	Вентили регулирующие AVM125SF132	1	
M18-M21	Запорный вентиль BELIMO LF24	4	
M22-M23	Циркуляционный насос ALPHA L 25-60 180	2	
M24	Насос напорный CRE 3-19	1	
M25-M26	Насос напорный CRE 10-09	2	

Рисунок В.3 – Перечень элементов (лист 1)

<i>Поз. обознач.</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
	<i>Расходомеры</i>		
<i>P1</i>	<i>ЭМИС-МАСС 260-25К-И-Ж-1,6-100-24-А-0,5</i>	<i>1</i>	
<i>P2-P3</i>	<i>ЭМИС-МАСС 260-40К-И-Ж-1,6-100-24-А-0,5</i>	<i>2</i>	
<i>P4</i>	<i>ЭМИС-МАСС 260-15-И-Х-1,6-100-24-А-0,5</i>	<i>1</i>	
	<i>Автоматические выключатели</i>		
<i>QF1</i>	<i>SH203L C20</i>	<i>1</i>	
<i>QF2-QF10</i>	<i>SH201L C6</i>	<i>9</i>	
<i>QF11-QF13</i>	<i>SH203L C6</i>	<i>3</i>	
<i>QF14</i>	<i>SH201L C6</i>	<i>1</i>	
<i>S1</i>	<i>Датчик протечки SWF 5.1</i>	<i>1</i>	
<i>SA1</i>	<i>Рубильник ВР32-31В31250 3п 100А сх(0-1)</i>	<i>1</i>	
<i>SB1</i>	<i>Кнопка АЕАL-22-220В</i>	<i>1</i>	
<i>SL1-SL6</i>	<i>Датчик уровня ПДУ-В231-107</i>	<i>6</i>	
	<i>Частотные преобразователи</i>		
<i>UZF1</i>	<i>Насос напорный CRE 3-19</i>	<i>1</i>	
<i>UZF2-UZF3</i>	<i>Насос напорный CRE 10-09</i>	<i>2</i>	
<i>VD1-VD2</i>	<i>Диод 1N4007</i>	<i>2</i>	
	<i>Электромагниты</i>		
<i>YA1-YA5</i>	<i>Электроклапан SL7555F</i>	<i>5</i>	
<i>YA6</i>	<i>Электроклапан SM5563S</i>	<i>1</i>	
<i>YA7-YA8</i>	<i>Электроклапан SL7555F</i>	<i>2</i>	

Рисунок В.4 – Перечень элементов (лист 2)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Схема соединений

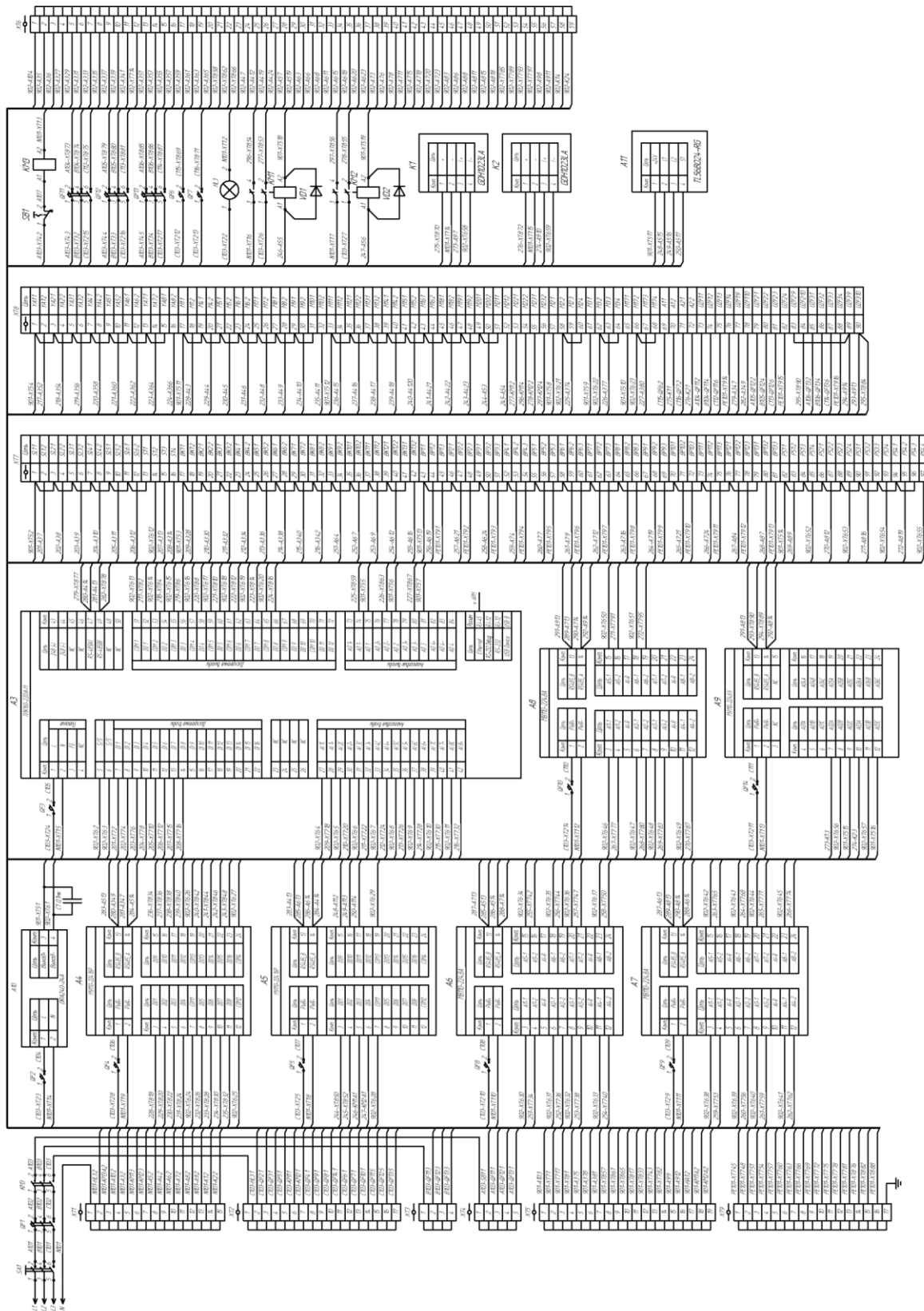


Рисунок Г.1 – Схема соединений

ПРИЛОЖЕНИЕ Д Алгоритм работы стенда

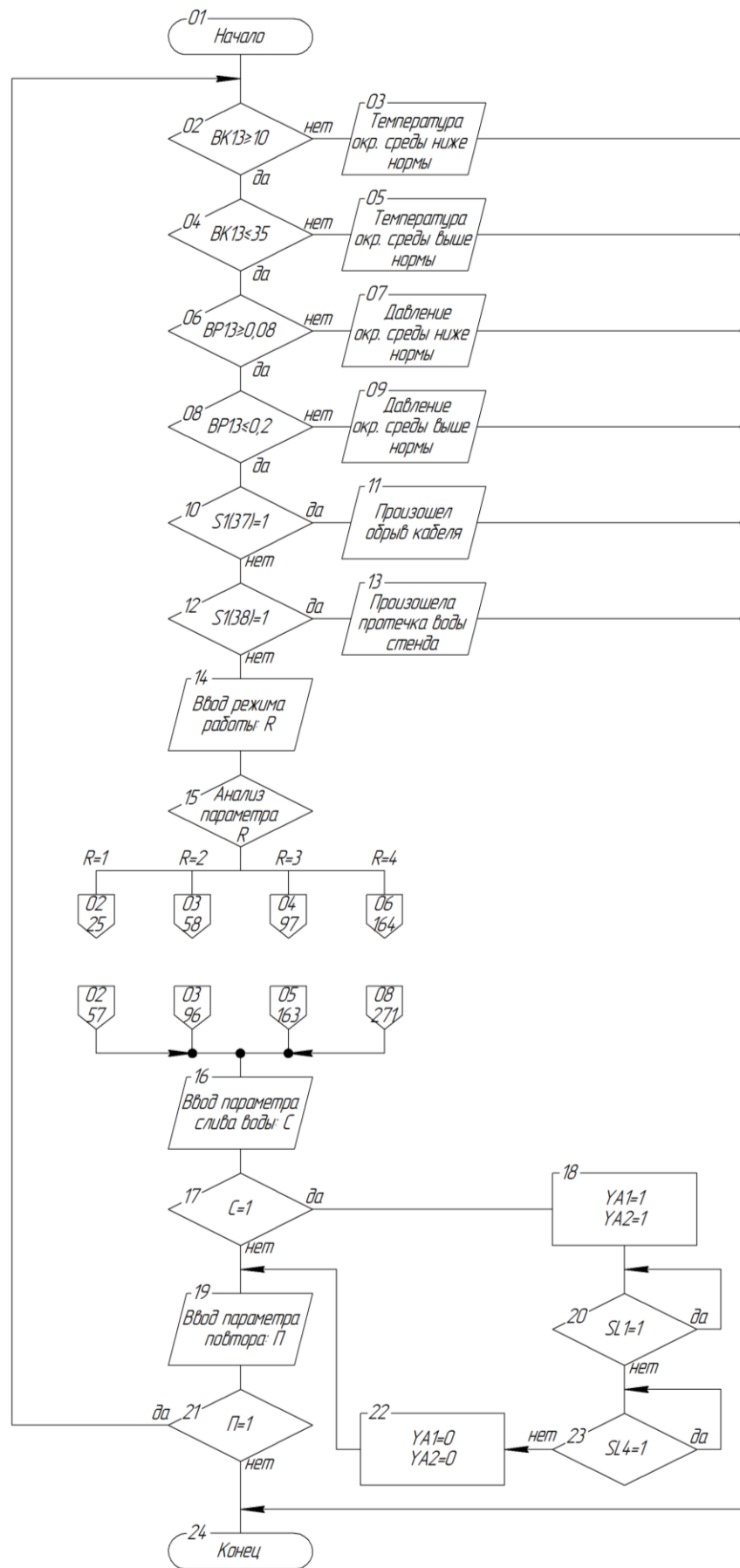


Рисунок Д.1 – Алгоритм (лист 1)

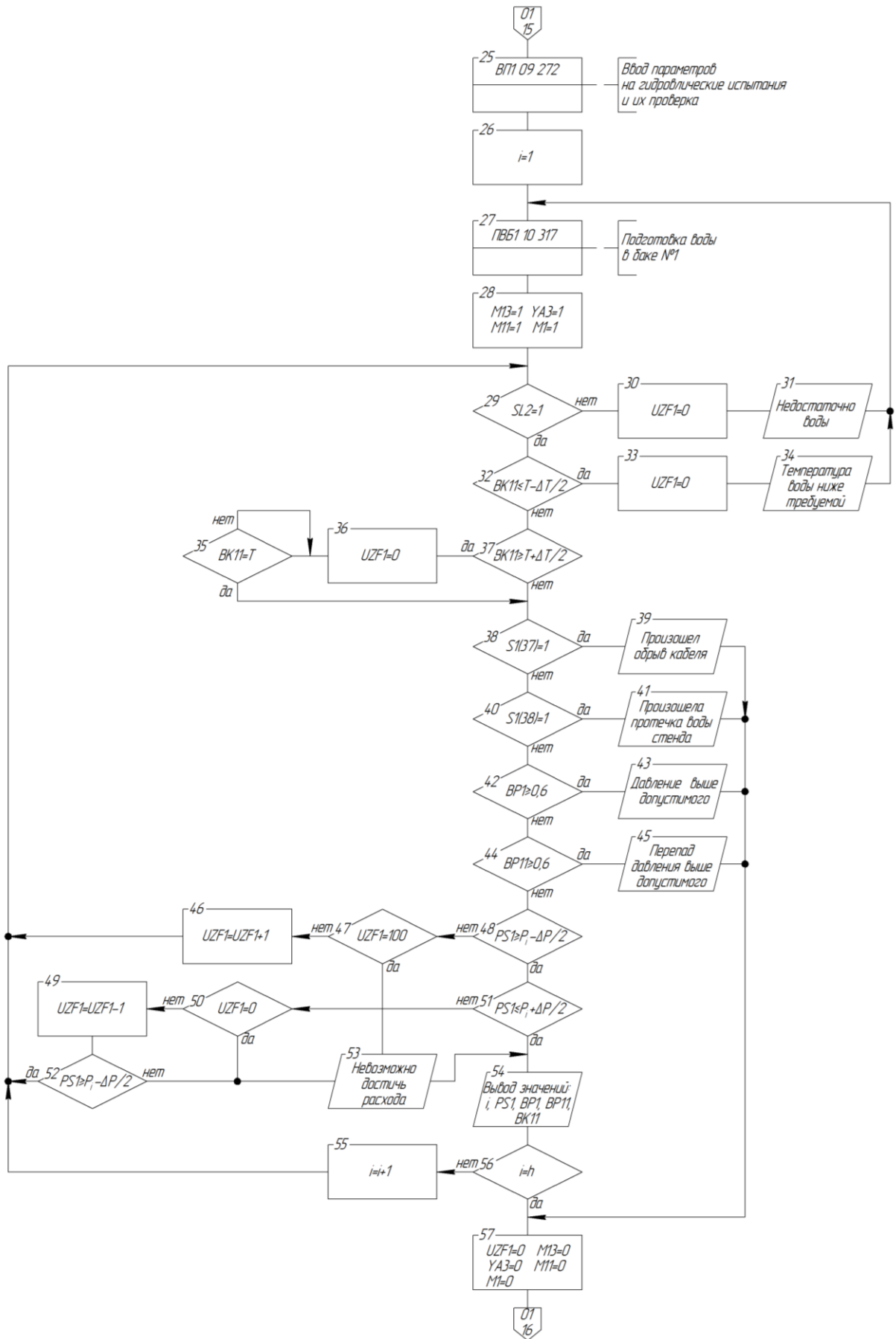


Рисунок Д.2 – Алгоритм (лист 2)

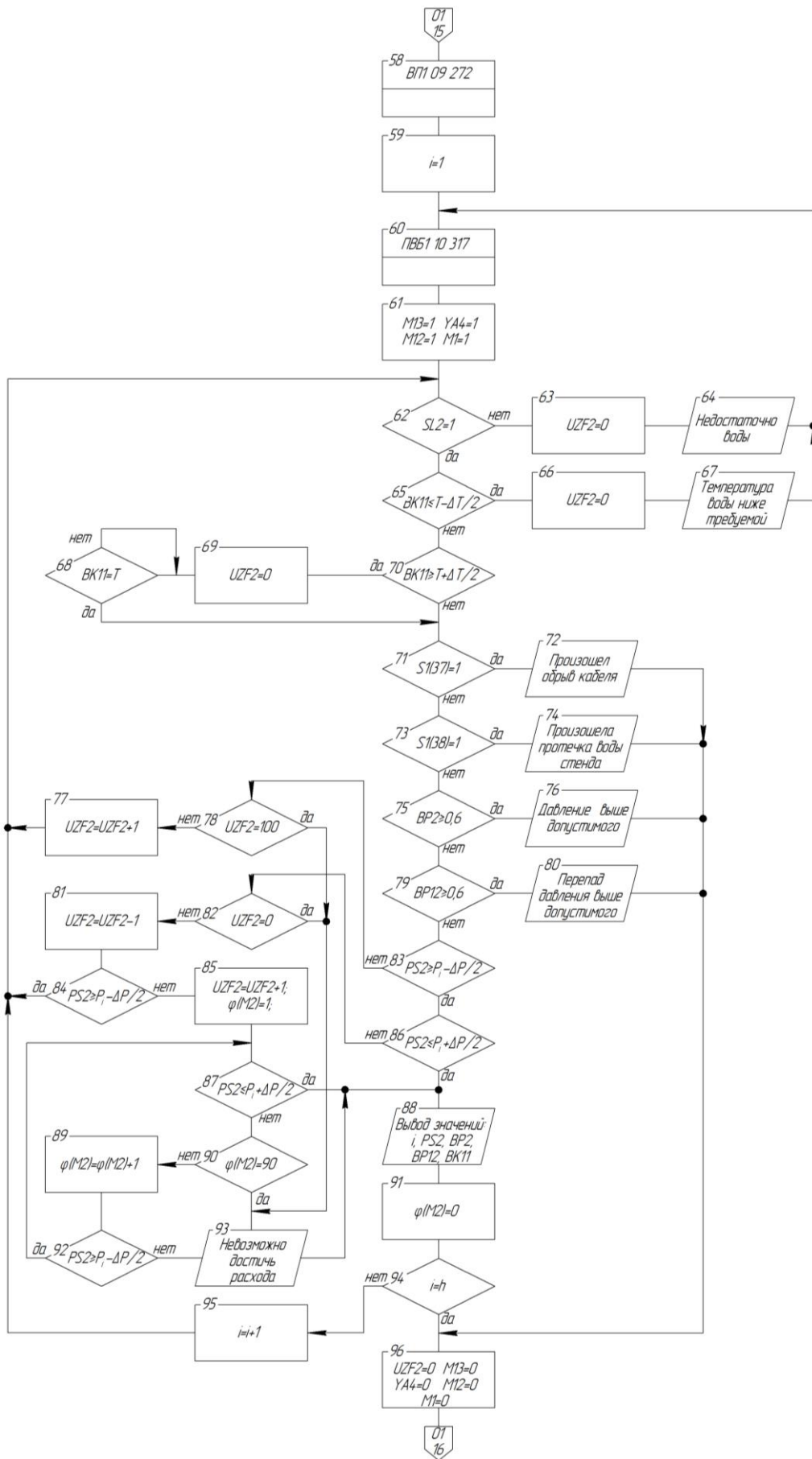


Рисунок Д.3 – Алгоритм (лист 3)

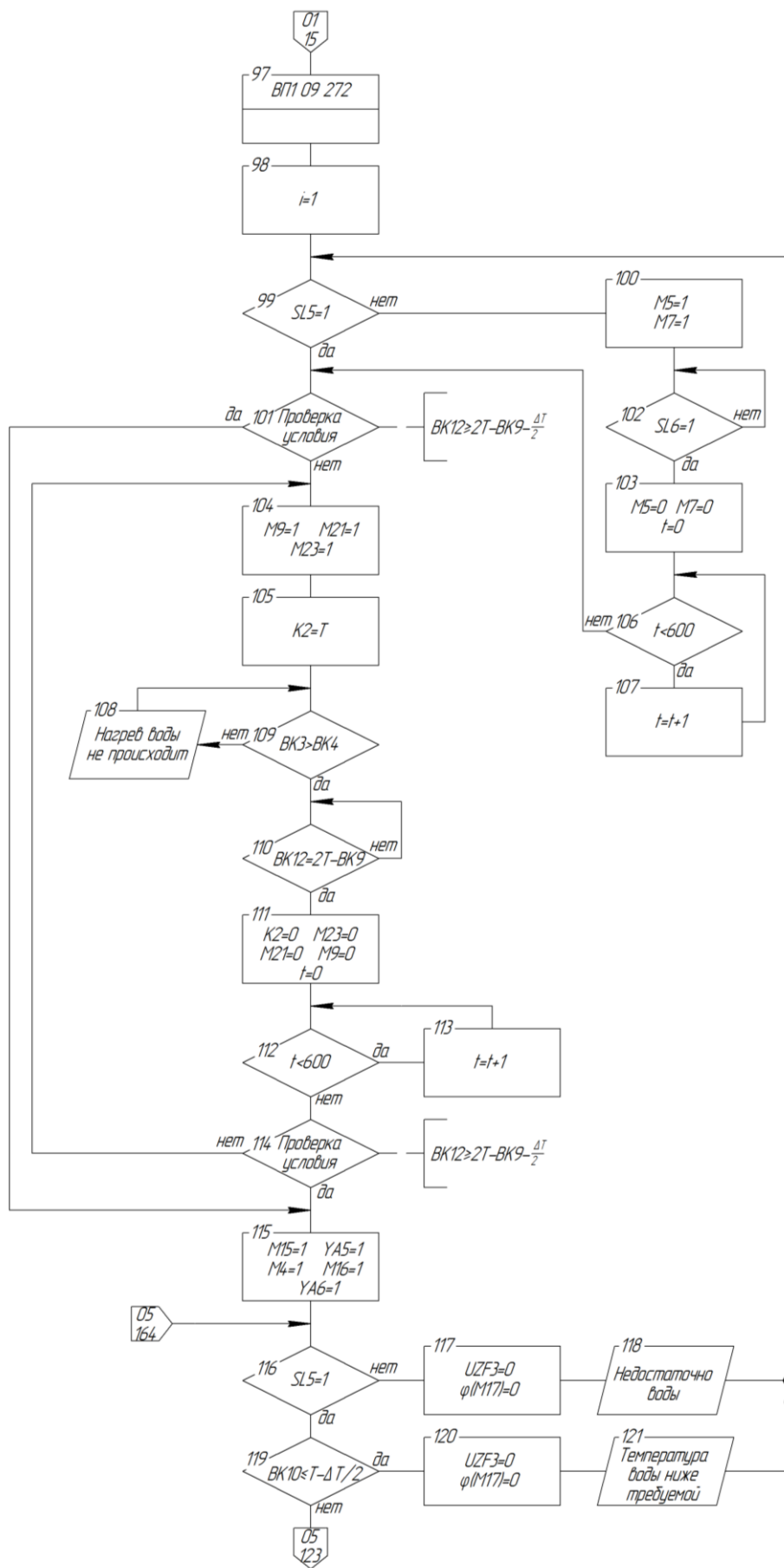


Рисунок Д.4 – Алгоритм (лист 4)

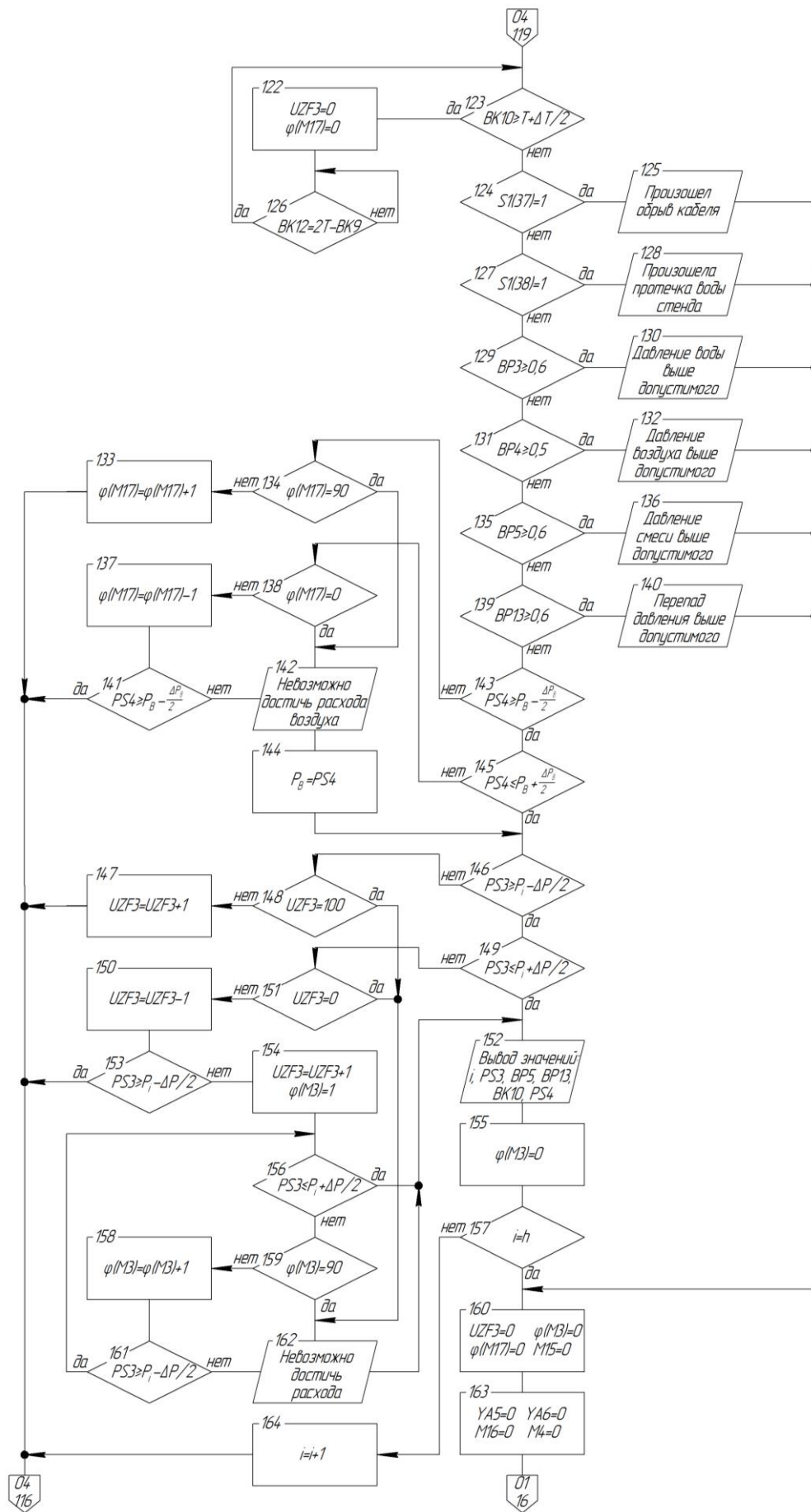


Рисунок Д.5 – Алгоритм (лист 5)

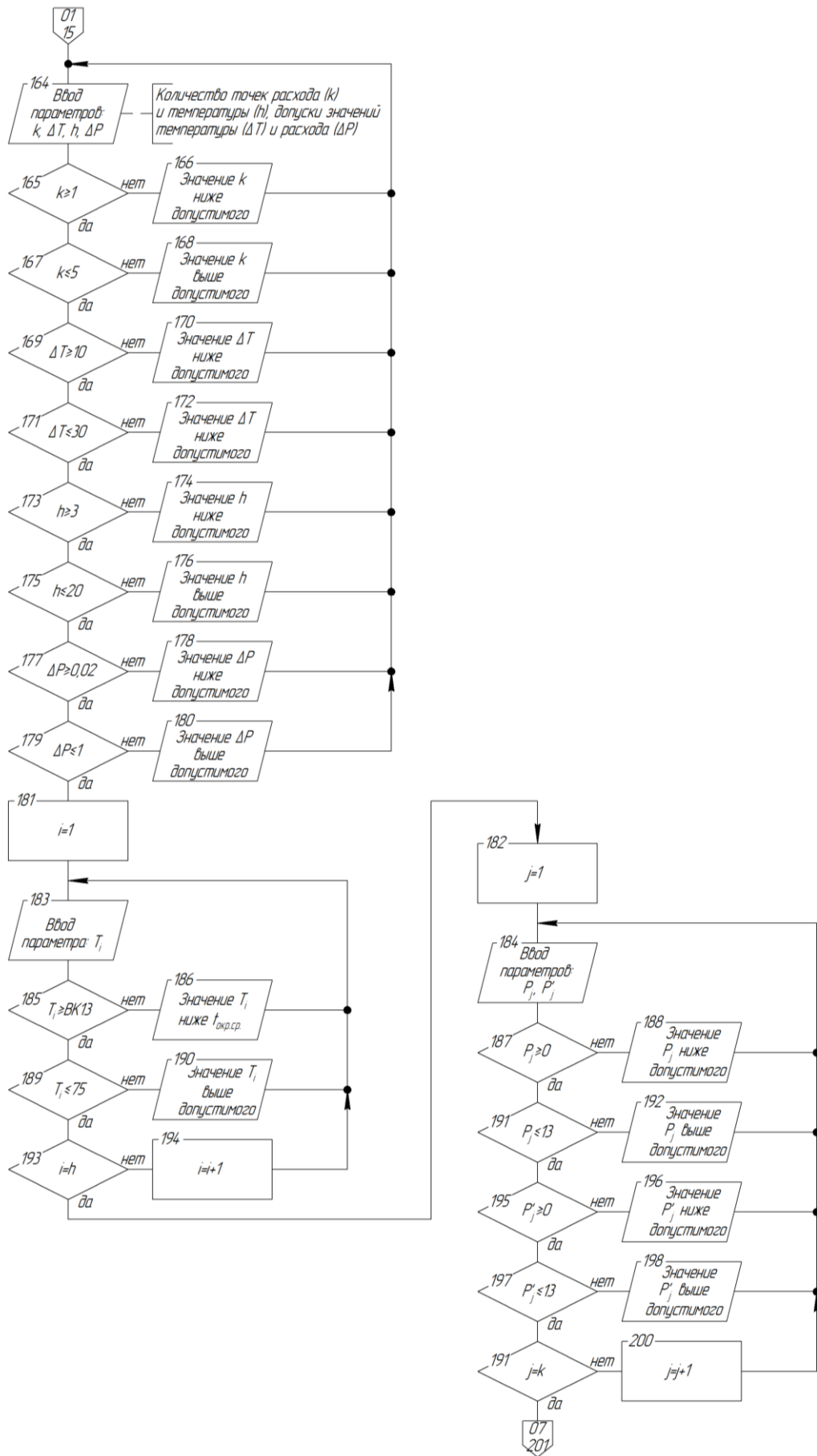


Рисунок Д.6 – Алгоритм (лист 6)

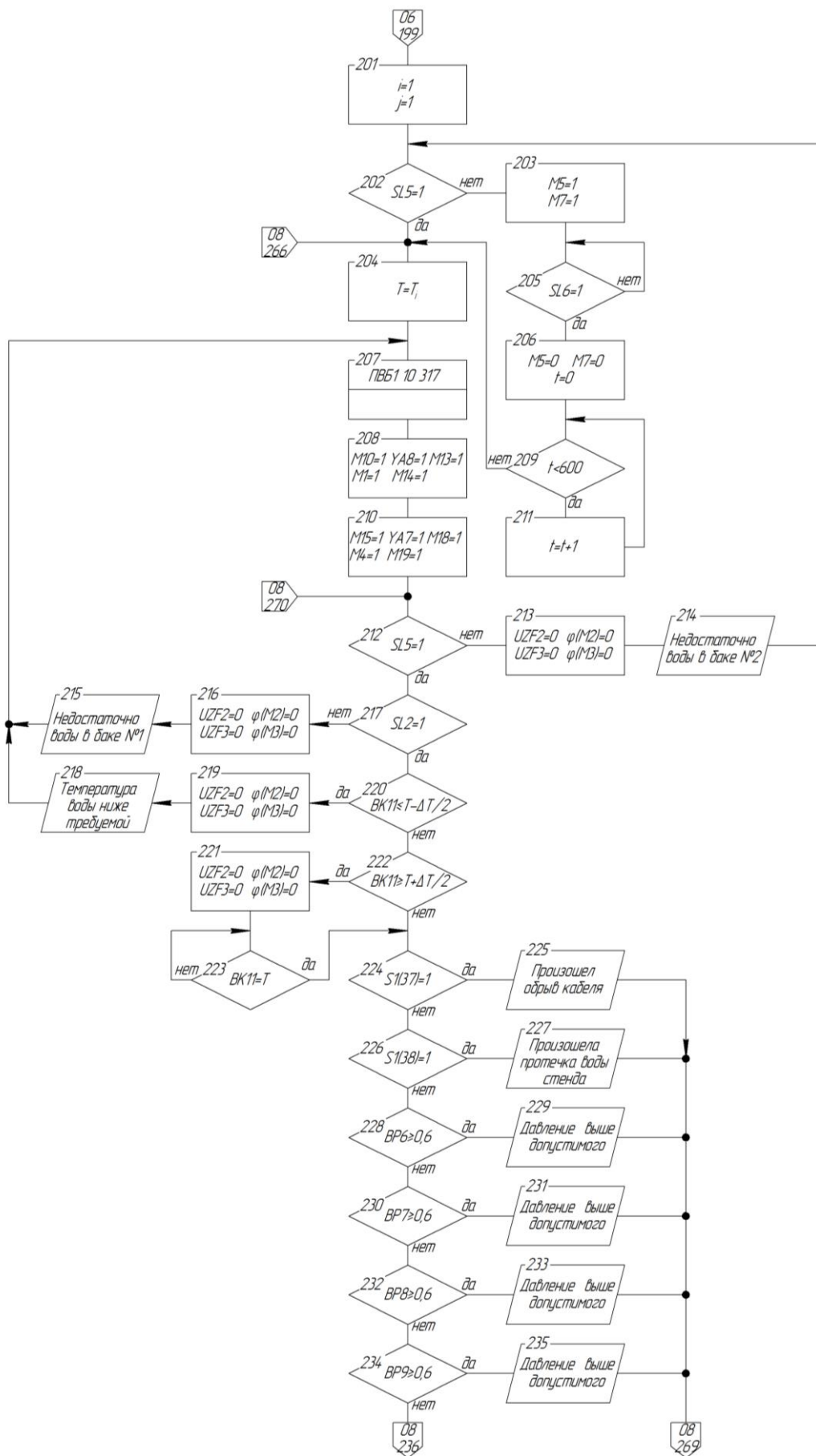


Рисунок Д.7 – Алгоритм (лист 7)

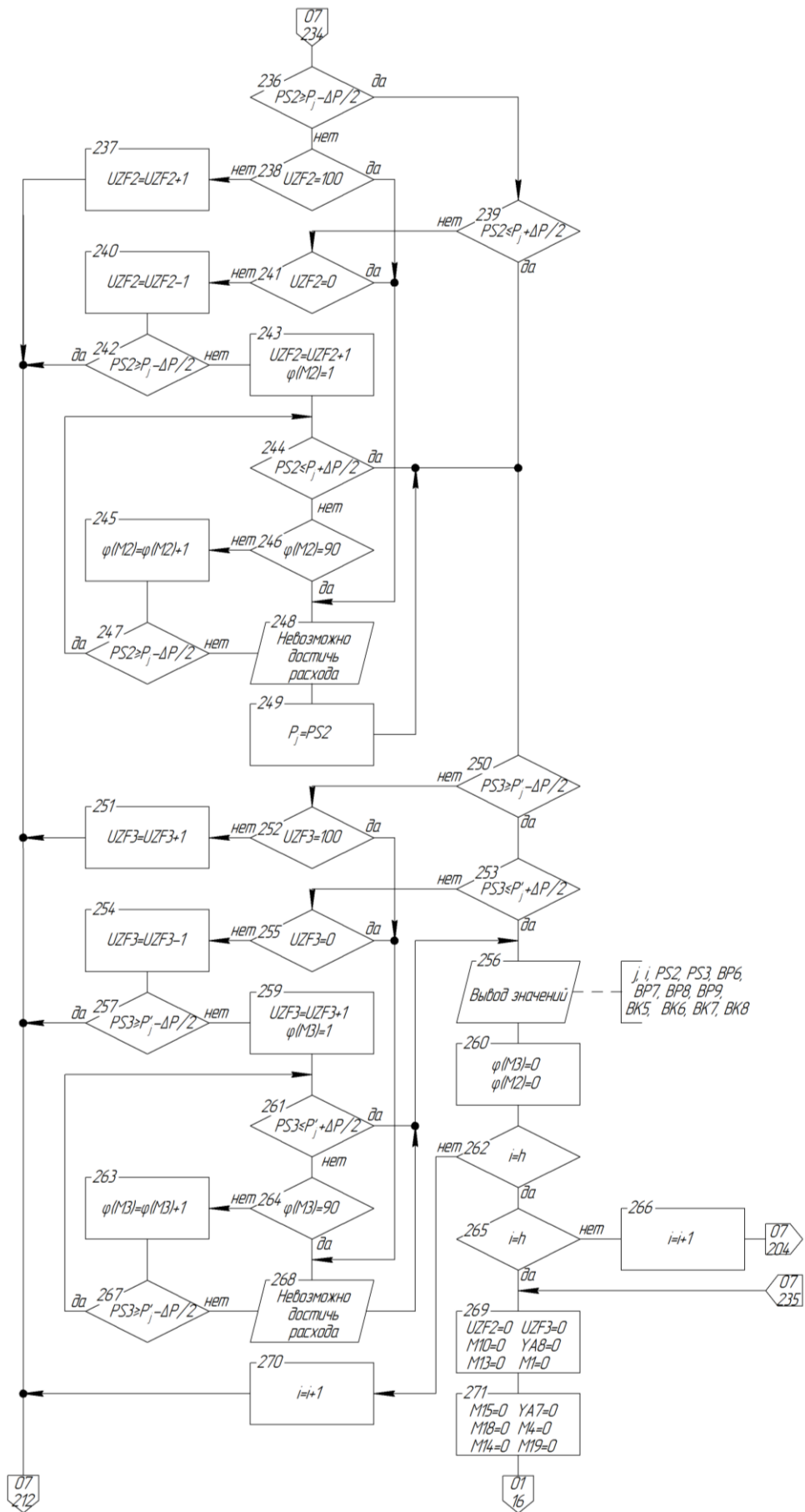


Рисунок Д.8 – Алгоритм (лист 8)

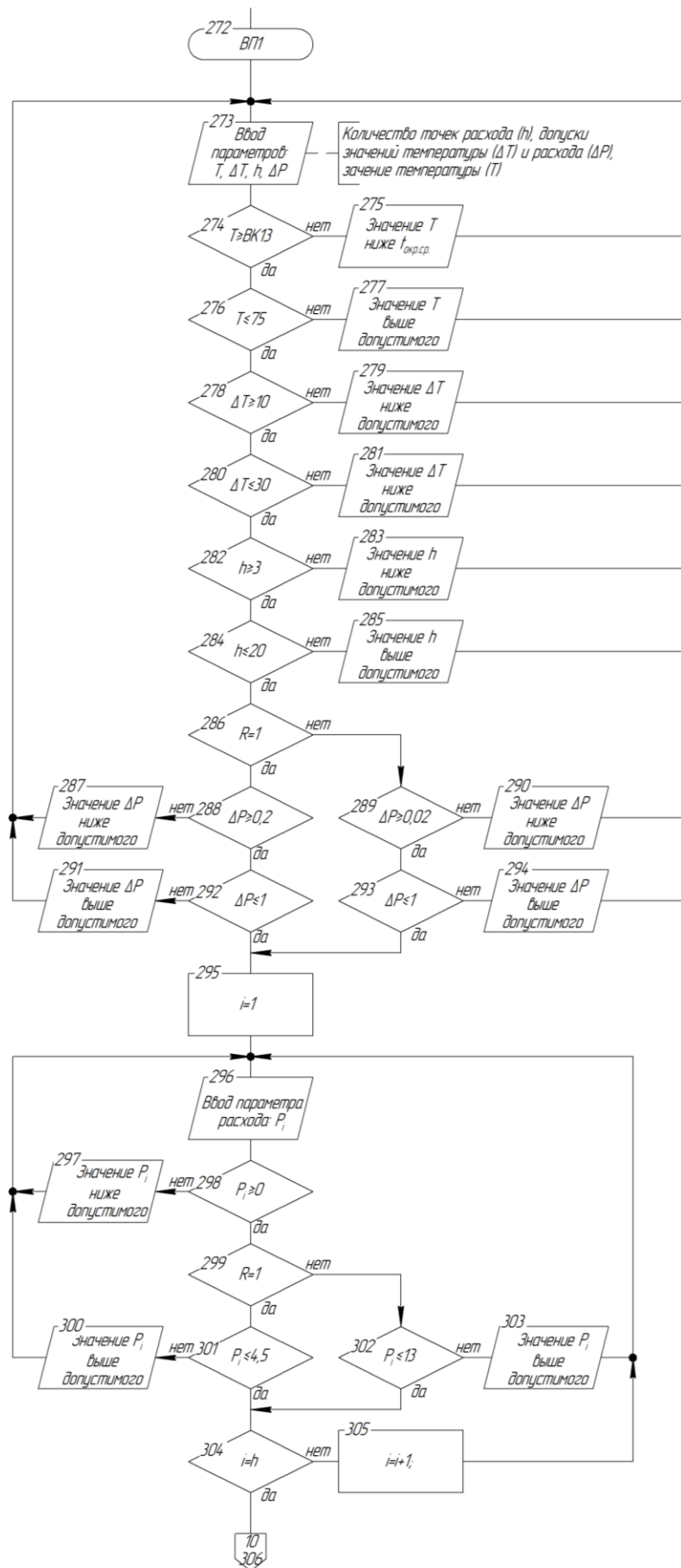


Рисунок Д.9 – Алгоритм (лист 9)

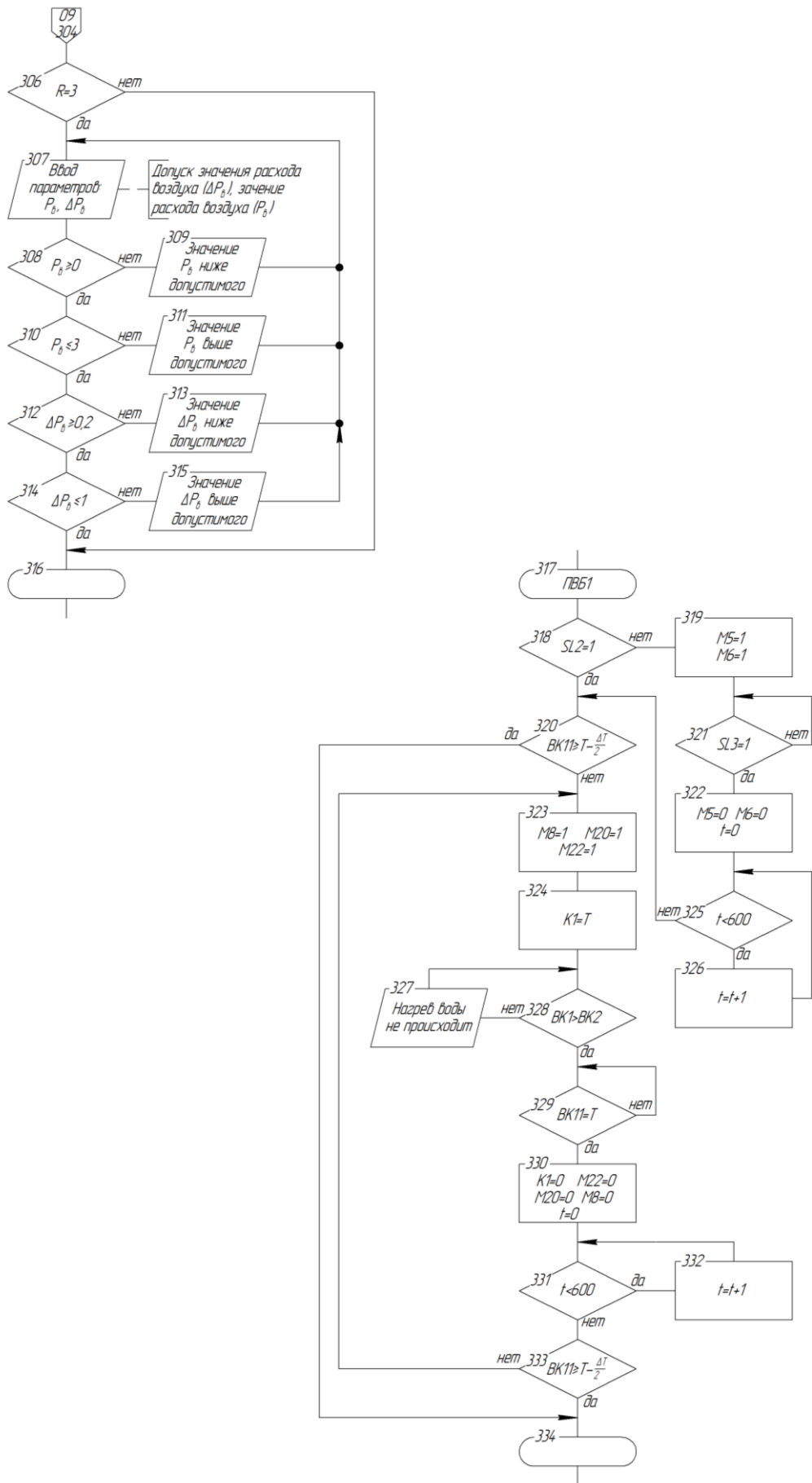


Рисунок Д.10 – Алгоритм (лист 10)