

Министерство образования и науки 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

2017 г.

Автоматизация гидравлических испытаний насосно-компрессорных труб

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА  
ЮУрГУ – 15.03.04.2017.12-125-1888.07 ПЗ (ВКР)

Консультант  
к.т.н., доцент  
Е.Ж. Васильев

2017 г.

Руководитель работы  
Ст.преподаватель  
М.М Тверской

2017 г.

Нормоконтролер  
Преподаватель  
Е.А. Маклакова

2017 г.

Автор работы  
студент группы П-455  
Евгений Николаевич Зубарев

2017 г.

Ст. преподаватель  
С.С. Воронин

2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**Институт** Политехнический институт  
**Факультет** Механико-технологический  
**Кафедра** Мехатроники и автоматизации  
**Направление** 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
**Профиль** Без профиля

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ В.Р. Гасяров  
подпись

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ  
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА**

Студенту группы П-455

Зубареву Евгению Николаевичу  
(Ф.И.О. полностью)

1 Тема работы

Автоматизация гидравлических испытаний насосно-компрессорных труб

утверждена приказом по университету от 28.04.2017г. № 835 (приложение № 76)  
(утверждена распоряжением по факультету от \_\_\_\_\_ 201\_ г. № \_\_\_\_\_)

2 Срок сдачи студентом законченной работы \_\_\_\_\_

3 Исходные данные к работе материалы производственной практики

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

**ВВЕДЕНИЕ**

**1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ**

1.1 Основные компоненты объекта автоматизации

1.2 Устройство установки и её основных составных частей

1.3 Техническое описание электрооборудования

**2 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

2.1 Выбор программируемого логического контроллера

2.2 Выбор бесконтактных выключателей

**3 ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ**

3.1 Разработка структурной схемы

3.2 Разработка структурно-функциональной схемы

3.3 Разработка электрической принципиальной схемы

3.3.1 Описание электрической схемы

3.3.2 Автоматический режим

**4 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

**5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**6 РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

6.1 Расчет затрат на проектирование

6.2 Расчет сметной стоимости материалов

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**5 Перечень графического и иллюстративного материала**

– Объект автоматизации (А1)

– Структурно-функциональная схема ( А1)

– Электрическая принципиальная схема (4 листа А1)

– Блок-схема алгоритма САУ (2 листа А1)

– Техничко-экономические показатели (А1)

Всего 9 листов

**Согласовано:**

Консультант по экономике и  
управлению производством:

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

Фамилия И.О.

**Руководитель**

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

Должность, звание

\_\_\_\_\_

Фамилия И.О.

Дата выдачи задания «   » \_\_\_\_\_ 201 г.

**Задание принял к исполнению студент**

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

Фамилия И.О.

## АННОТАЦИЯ

Зубарев Е.Н. Автоматизация  
гидравлических испытаний насосно-  
компрессорных труб. – Челябинск: ЮУрГУ,  
П-455; 2017, 54 с., 2 ил., библиогр. список – 7  
наим., 2 прил.

В выпускной квалификационной работе бакалавра изучена специфика автоматизирования установки и разработки системы управления гидравлическими испытаниями, а также проведен подбор необходимого оборудования для разработанной системы.

Проведен расчет себестоимости проекта, экономического эффекта и срока окупаемости.

					15.03.04.2017.888.07 ПЗ (ВКР)			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Зубарев				Автоматизация гидравлических испытаний насосно-компрессорных труб. Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Тверской						4	54
Реценз.						ЮУрГУ кафедра МиА		
Н. Контр.	Маклакова							
Утверд.	Гасияров							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ .....	6
1.1 Основные компоненты объекта автоматизации.....	6
1.2 Устройство установки и ее основных составных частей.....	6
1.3 Техническое описание электрооборудования.....	18
2 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ .....	20
2.1 Выбор программируемого логического контроллера.....	20
2.2 Выбор бесконтактных выключателей.....	21
3 ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ .....	25
3.1 Разработка структурной схемы .....	25
3.2 Разработка структурно-функциональной схемы .....	26
3.3 Разработка электрической принципиальной схемы.....	28
3.3.1 Описание электрической схемы.....	28
3.3.2 Автоматический режим.....	30
4 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ.....	37
5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ .....	38
6 РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	39
6.1 Расчет затрат на проектирование.....	38
6.2 Расчет сметной стоимости материалов .....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	48
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Листинг программы.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Перечень элементов.....	53

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, использующее технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоемкости выполняемых операций.

В данной работе проектируется автоматизированная система управления гидравлическим испытанием насосно-компрессорных труб, которая предназначена для автоматизации процесса гидравлических испытаний гладких насосно-компрессорных труб (НКТ) 73 по ГОСТ 633-80 внутренним гидростатическим давлением воды 70 МПа на прочность и герметичность.

АС «Гидроиспытания» создается с целью:

- автоматизации процесса гидравлических испытаний НКТ;
- обеспечения персонала достаточной, достоверной и своевременной информацией о ходе гидравлического испытания;
- предотвращения ошибочных действий персонала путем своевременной сигнализации и блокирования ошибочных команд управления.

Далее подробно описаны этапы проектирования АС «Гидроиспытания», представлен графический материал и проведен расчет технико-экономических показателей.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

# 1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

## 1.1 Основные компоненты объекта автоматизации

Объектом автоматизации является установка гидроиспытания НКТ "УГ 700", плакат 15.03.04.2017.12-125-1888.07.01 ВО, - специальное технологическое оборудование для гидроиспытания труб длиной от 5,5 до 10,5 м. двух типоразмеров по диаметру.

Основанием установки является сварная рама, по краям которой на стойках смонтирована верхняя балка.

На раме установлены механизмы: узел опрессовки; опоры неподвижные и опоры подводимые; устройство слива воды; устройство промывки; вращатель трубы.

На верхней балке смонтированы: зажим; ограничители трубы; подвижная каретка и узел энергоподвода.

Рабочая зона закрыта спускающимися кожухами ограждения. Загрузка и разгрузка труб осуществляется автоматически с помощью рычажного переключателя.

Подвод воды для гидроиспытания и промывки труб осуществляется системой подачи воды.

Электроразводка электрооборудования выполнена в специальных нишах рамы и балки, а также верхними коробами и утопленными в пол трубами.

Пульт управления расположен на отдельно стоящей стойке, показан на рисунке 1.

## 1.2 Устройство установки и ее основных составных частей.

### 1. Органы управления.

Органы управления и сигнализации включают в себя:

						Лист
					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- пульт управления (ПУ) с панелью оператора (ПО), показан в приложении 2;
- светофор двухцветный СМ28-10 (желтый цвет-работа по автоматическому циклу, красный цвет- брак трубы) см. таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики СМ28-10

Мощность	10 Вт
Напряжение	28 В

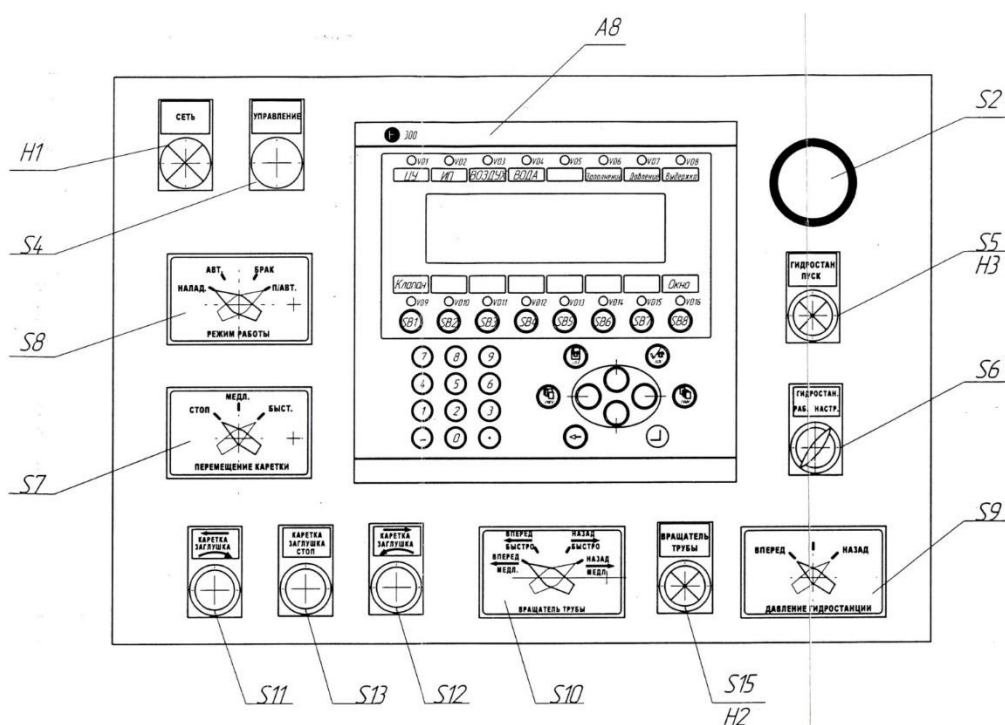


Рисунок 1 – Панель оператора.

## 2. Пульт управления (ПУ).

На пульте управления (приложение 2), расположены светодиодные индикаторы (светодиоды), кнопки управления и переключатели режимов работы.



Таблица 1.2 - Обозначение кнопок

Обозначение	Название	Режим
S2	Аварийное отключение	Любой
S4	Включение цепей управления	Любой
S5	Гидростанция пуск	Любой
S6	Гидростанция: «Работа»; «Настройка».	Наладка
S9	Давление гидростанции при движении каретки: «Навинчивание»; «Вперед»; «Назад».	Наладка
S10	Вращатель трубы: «Вперед медленно»; «Вперед быстро»; «Назад быстро»; «Назад медленно».	Наладка
S11	Каретка вперед Заглушка по часовой стрелке	Наладка
S8	Режим работы: «Наладка»; «Автомат»; «Брак»; «Полуавтомат».	-
S12	Каретка назад Заглушка против часовой стрелке	Наладка
S13	Каретка, заглушка стоп	Наладка
S15	Вращатель трубы: «Пуск/стоп»	Наладка
H1	«Сеть»	-
H2	Вращатель включен	Наладка
H3	Гидростанция включена	Любой
S7	Перемещение каретки: «Стоп»; «Медленно»; «Быстро».	Наладка

### 3. Панель оператора (ПО).

Панель оператора (ПО) предназначена для управления установкой во всех режимах и для вывода информации о цикле работы и состоянии устройств и механизмов установки. Панель оператора МАС Е300 имеет интерфейс RS-422. Панель оператора оснащена также интерфейсом RS-232С для соединения с персональным компьютером.

Интерфейс панели реализован в виде программируемых функциональных клавиш и графического экрана.

Таблица 1.3 – Характеристики МАС Е300

Питание	24 В
Потребление	350 мА
Память	Flash-RAM 400 Кбайт
Функциональные кнопки	8 (назначаются пользователем) + 12 клавиш числового набора
Размер	212x198x69

### 4. Система подачи воды.

Система предназначена для подачи воды на заполнение и промывку труб.

Заполнение и промывка труб происходят одновременно после включения 2-ух асинхронных электродвигателей АИР 90L2Y3 (таблица 1.4):

- на позиции испытания происходит заполнение трубы и клапанного узла сначала оборотной водой от насоса низкого давления, а затем чистой водопроводной водой от насоса высокого давления АИР 225M8Y3 (таблица 1.5), обеспечивая заданное давление;

- на позиции промывки, расположенной перед позицией испытания происходит промывка внутренней поверхности трубы оборотной водой

Система состоит из двух баков: расходного и сливного; насоса высокого давления (табл.1.5) с насосом подпитки (табл.1.7); двух насосов низкого давления (табл.1.4); перекачивающей помпы (табл.1.6); узла клапанов и соединяющих трубопроводов.

Уровень воды в сливном баке контролируется датчиками-реле уровня РОС-301-вертик.(табл.1.8), управляющими перекачкой воды в расходный бак. Узел клапанов отсекает магистрали:

- низкого давления при работе насоса высокого давления;
- насоса высокого давления после его отключения при опрессовке,
- а также сбрасывает высокое давление после окончания опрессовки.

Узел клапанов закреплен на кронштейне на вертикальной стойке рядом с узлом опрессовки и состоит из корпуса клапанов, внутри которого расположены:

- узел обратного клапана;
- узел клапана сброса давления с приводом от пневмоцилиндра;
- игольчатый клапан для периодического контроля высокого давления по манометру;
- датчики блока контроля высокого (ДДВ) и низкого давлений (ДДН) ТЖИУ.406233;

Таблица 1.4 - Характеристики электродвигателя АИР 90L2Y3

Напряжение	380 В
Мощность	3 кВт
Частота вращения	2860 об/мин
Номинальный ток	3,46 А

Таблица 1.5 - Характеристики электродвигателя АИР 225M8Y3

Напряжение	380 В
Мощность	30 кВт

Продолжение таблицы 1.5

Частота вращения	975 об/мин
Номинальный ток	62 А

Таблица 1.6 - Характеристики электродвигателя П100М

Напряжение	380 В
Мощность	0,75 кВт
Частота вращения	2780 об/мин
Номинальный ток	1,75 А

Таблица 1.7 - Характеристики электродвигателя АД80А2У3

Напряжение	380 В
Мощность	1,5 кВт
Частота вращения	3000 об/мин
Номинальный ток	3,3 А

Таблица 1.8 - Характеристика РОС-301

Выходной сигнал	Релейный, ток от 0,1 до 2,5 А, напряжение от 12 до 250 В, частота 50 Гц
Напряжение питания	220 В, частота 50 Гц ± 2% или 50 Гц ± 5% для исполнения ОМ
Потребляемая мощность	Не более 12 В·А
Напряжение на электроде	не более 6В переменного тока

5. Работа системы подачи воды.

После навинчивания опрессовочного комплекта на трубу начинается заполнение испытуемой трубы водой из бака через трубопровод; задвижку;

трубопровод; фильтр; насос; трубопровод; задвижку; обратный клапан и опрессовочную головку. Трубы диаметром 73 заполняются водой в один приём.

Клапан сброса давления закрыт усилием пневмоцилиндра. Контроль давления производится по датчику (манометру). После выхода воздуха из испытуемой трубы через клапан выпуска воздуха (расположенного в корпусе заглушки), который закрывается автоматически под увеличивающимся напором воды, включается насос высокого давления и начинается процесс нарастания давления. При этом вода из чистого отсека бака через трубопровод; задвижку; фильтр; трубопровод; насос; трубопроводы; обратный клапан в клапанном узле; рукав высокого давления и опрессовочную головку попадает в испытуемую трубу.

Контроль высокого давления производится по датчику (манометру). По окончании выдержки времени испытания (10 с) открывается клапан сброса давления.

Включается асинхронный электродвигатель АИР 100L4Y3 (табл.1.9), труба отвинчивается с опрессовочной головки, включатся гидромотор типа Г15-24Р (табл.9) отвинчивается заглушка и вода сливается в воронку на раме, соединенную патрубком со сливным баком.

По мере заполнения бака электронасос (табл.1.6) перекачивает воду в расходный отсек бака.

Перед позицией испытания трубы на позиции промывки к торцу муфты трубы подводится сопло и одновременно с процессом заполнения водой испытуемой трубы включается насос и через трубопроводы, задвижки начинается процесс промывки трубы. Выливающаяся из ниппельной части трубы вода через воронку в раме сливается в бак. Проработав заданное время, насос отключается, сопло отводится.

Таблица 1.9 - Характеристики двигателя АИР 100L4Y3

Напряжение	380 В
Мощность	4 кВт
Частота вращения	1500 об/мин
Номинальный ток	8,5 А

Таблица 1.10 - Характеристика Гидромотор Г15-24Р

Давление	6,3 МПа
Частота вращения	960 об/мин
Рабочий объем	80 см <sup>3</sup>
Крутящий момент	68 Н*м

6. Узел оптических выключателей каретки.

Узел предназначен для размещения на подвижной каретке оптических выключателей, необходимых для работы электроавтоматики. Первая пара (ближняя к каретке) - служит для перехода каретки на большую скорость при отходе назад от ниппельного конца трубы, вторая пара - для перехода на малую скорость при ходе вперед.

Используются оптические выключатели ВБО-У25-80Р-9111-С и оптический излучатель ВБО-У25-80Р-9100-Н.

Таблица 1.11- Характеристика ВБО-У25-80Р-9111-С

Ток потребления излучателя, не более	25 mA
Диапазон номинальных напряжений питания	12-24 В
Номинальный ток	200mA
Диапазон рабочих напряжений питания	10-30В
Частота циклов срабатывания	500 Гц

## 7. Каретка

Подвижная каретка предназначена:

- для навинчивания заглушки на ниппельный конец трубы с определённым вращающим моментом;
- для вращения трубы и перемещения её к узлу опрессовки;
- для окончательного навинчивания муфтовой части трубы на опрессовочную головку с определённым вращающим моментом.

Каретка состоит из сварной рамы, на которой установлен гидромотор для перемещения каретки по направляющим верхней балки. С рамой шарнирно соединена подвеска, на которой для вращения заглушки установлен второй гидромотор.

Заглушка состоит из корпуса, внутри которого расположен клапан выпуска воздуха; гайки, стопорящейся обвязочной проволокой, и сменного резьбового кольца-инструмента.

В зависимости от диаметра испытываемой трубы, положение заглушки по высоте регулируется по лимбу ручкой. Корпус заглушки, крепится на приводной шпindel. На боковой поверхности рамы установлена гидропанель типа Г53-3М, управляющая гидромоторами.

После возврата каретки в исходное положение клапан выпуска воздуха продувается обратным потоком сжатого воздуха.

## 8. Устройство продувки клапана

Устройство продувки предназначено для прочистки и надежного возврата в исходное положение клапана выпуска воздуха каретки.

Устройство состоит из кронштейна, которое закреплено на стойке ограждения. На кронштейне шарнирно закреплен корпус, в котором установлено подпружиненное сопло. В корпусе выполнено отверстие для подвода воздуха.

## 9. Узел опрессовки

Узел опрессовки предназначен для уплотнения муфтового конца испытываемой трубы и для подвода воды. Узел состоит из стойки, на которой подвешена

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

опрессовочная головка при помощи системы пружин, которые позволяют опрессовочной головке самоустанавливаться соосно испытываемой трубе. Шарнирное соединение замыкает момент от вращения трубы на стойку.

Опрессовочная головка состоит из подвода и сменной головки-инструмента.

Подвод имеет два входных отверстия: одно для заполнения через специальный обратный клапан трубы водой от насоса низкого давления, другое для подачи воды от насоса высокого давления через рукав высокого давления и узел клапанов системы подачи воды.

В зависимости от диаметра трубы положение головки регулируется по лимбу винтом.

#### 10. Опора подводимая.

Четыре подводимые опоры предназначены для поддержки трубы в зоне колебания длины трубы от минимальной до максимальной.

Каждая опора состоит из пневмоцилиндра, откидной опоры с парой роликов, образующих призмы для укладки трубы.

Пневмоцилиндр отводит опоры с роликами вниз, освобождая место для прохода каретки с заглушкой.

Имеющиеся на установке неподвижные три опоры по конструкции роликов аналогичны подвижным опорам.

#### 11. Вращатель трубы

Вращатель (табл.1.9) предназначен для вращения испытываемой трубы при навинчивании и отвинчивании муфтового конца на опрессовочную головку.

Вращатель состоит из привода вращения (мотор-редуктор), специального цилиндрического редуктора с двумя выходными валами, на которые установлены приводные опорные ролики. С противоположной стороны привода установлена специальная подшипниковая опора с двумя выходными валами, на которые установлена вторая пара опорных роликов.

Приводные концы валов при помощи шарнирных соединений соединены со второй парой выходных концов валов подшипниковой опоры.

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ				



Для регулирования частоты вращения трубы используется частотный преобразователь SJ100-030HFE.

Таблица 1.12 - Характеристика частотного преобразователя SJ100-030HFE

Мощность	3 кВт
Номинальный ток	7,8 А

## 12. Зажим

Зажим предназначен для прижима трубы к роликам вращателя при её навинчивании и отвинчивании.

Зажим представляет собой шарнирно-закреплённый рычаг, соединенный с другим рычагом, на конце которого находится опора с парой роликов.

Рычаг с роликами подводится сверху при помощи пневмоцилиндра и прижимает трубу к роликам вращателя. Исходное положение рычага контролируется конечным выключателем. Усилие зажима регулируется пневморедуктором давления и контролируется реле давления и манометром.

## 13. Перекладчик

Перекладчик предназначен для загрузки труб на установку с входного стеллажа, перекладки их внутри установки и выгрузки труб на откидные скаты (стелюги) после установки гидроиспытания.

Перекладчик состоит из шести кронштейнов с опорами, через которые проходит полый вал с четырьмя рычагами перекладчика. Качание рычагов перекладчика при загрузке и выгрузке труб, осуществляется через рычаг и пневмоцилиндр.

## 14. Ограничители трубы (фиксаторы)

Устройство предназначено для исключения сброса трубы из опор при испытании и имеет подводимые к трубе с зазором рычаги. Подвод осуществляется через рычажную систему и пневмоцилиндр. Рычажная система шарнирно подвешена к кронштейнам верхней балки.

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ				

На концах рычагов закреплены поворотные упоры, с фиксацией положения в зависимости от диаметра испытуемой трубы.

#### 15. Устройство промывки

Устройство предназначено для промывки внутренней поверхности труб от различных загрязнений (стружка после механической обработки и т.п.) перед гидроиспытанием.

Устройство состоит из опорных разновысоких кронштейнов, на которые укладывается труба; устройства подвода-отвода сопла с приводом от пневмоцилиндра; системы трубопроводов сбора воды.

#### 16. Устройство слива воды

Устройство слива воды предназначено для слива воды из трубы после гидроиспытания.

Устройство состоит из опор для фиксации трубы; системы рычагов с роликами для наклона и опускания трубы. Привод системы рычагов - пневмоцилиндр. Для приёма воды предусмотрен лоток.

#### 17. Ограждение

Предназначено для ограждения рабочей зоны при испытании, подъёма и опускания защитных кожухов при загрузке и выгрузке трубы.

Ограждение состоит из верхней балки; боковых стоек, нижних неподвижных кожухов; подвижных щитов и двух приводов для подъёма и опускания этих щитов. Привода установлены на верху балки.

Привод подъёма ограждения состоит из рамы; электродвигателя (табл.12); червячного редуктора; втулочно-пальцевой муфты с тормозным шкивом; тормоза; приводной звездочки; опорных стоек с обводными звездочками; натяжного рычага и отклоняющих роликов.

Таблица 1.13 - Характеристика электродвигатель 5A80MA6

Напряжение	380 В
Мощность	0,76 кВт

Продолжение таблицы 1.13

Частота вращения	1000 об/мин
Номинальный ток	2,3 А

18. Узел энергоподвода.

Узел энергоподвода предназначен для подвода электроэнергии и масла к подвижной каретке.

Рукава и кабели через вертикальную штангу, закреплённой на каретке, выведены наверх балки и закреплены на подвижных блоках, которые при ходе каретки перемещаются по направляющим.

19. Узел оптических выключателей.

Узел оптических выключателей предназначен для определения момента отхода муфты от опрессовочной головки при отвинчивании после испытания.

Узел закреплен на стойках возле опрессовочного узла.

Используются оптические выключатели ВБО-У25-80Р-9111-С и оптический излучатель ВБО-У25-80Р-9100-Н (табл.1.11).

20. Приспособление для опрессовки.

Приспособление для опрессовки предназначено для испытания на прочность и герметичность магистралей высокого давления, узлов и деталей, подверженных воздействию высокого давления (кроме инструмента, насоса высокого давления и рукава высокого давления, соединяющего этот насос с узлом клапанов).

В состав приспособления входят:

- две заглушки, с резьбовыми концами для подсоединения рукава от ручного насоса высокого давления;
- пружина для закрытия клапана выпуска воздуха;
- пробки для выпуска воздуха;

Заглушки устанавливаются вместо соответствующего инструмента на опрессовываемый узел и через рукав подаётся давление от внешнего источника.

## 21. Ролики опорные.

Ролики опорные предназначены для исключения касания трубы, при завинчивании и отвинчивании её кареткой, за рифлённые ролики вращателя трубы.

Ролики закреплены на подпружиненном, относительно корпуса вращателя, рычаге и при воздействии зажима отходят вниз.

### 1.3 Техническое описание электрооборудования

Электрооборудование предназначено для управления агрегатами механизмами установки и обеспечения испытаний насосно-компрессорных труб(НКТ), имеющих диаметр 73 мм. Оно является составной частью установки и служит для работы оборудования в автоматическом, полуавтоматическом, наладочном режиме и режиме «Брак».

В приложении 1 представлен полный перечень электрооборудования.

В состав электрооборудования входят:

- насосная установка 2С63В (гидростанция);
- панель оператора МА;
- блок датчиков давления;
- частотно-регулируемые электроприводы переменного тока;
- датчик-реле контроля уровня воды в расходном и сливном баке;
- блоки питания входных и выходных цепей ПЛК;
- электродвигатели насосов;
- электродвигатели приводов ограждения;
- электродвигатель привода вращения трубы
- электромагниты тормоза электродвигателей;
- электромагниты воздухораспределителей;
- электромагниты гидрораспределителей;
- выключатели бесконтактные контроля положения механизмов установки;

						Лист
					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

- реле контроля давления воздуха в пневмосистеме;
- ШУ - шкаф управления с пуско-защитной аппаратурой для управления агрегатами и механизмами установки;
- ПУ - пульт управления с кнопками, переключателями, сигнальными светодиодами и панелью оператора ЕЗОО с дисплеем для отображения текущей информации и клавиатурой управления агрегатами и механизмами установки.

Электропитание ШУ производится от промышленной электросети напряжением 3N~380В, потребляемый ток не более 110А.

Питание электродвигателей производится от электросети 3N~380В через автоматические выключатели, магнитные пускатели и преобразователи частоты.

Питание электромагнитов пневмораспределителей и магнитных пускателей осуществляется переменным напряжением 110В через понижающий трансформатор.

Питание контроллера производится от трансформатора напряжением переменного тока 152В.

Питание светодиодов осуществляется постоянным напряжением 24В от блока питания.

Питание бесконтактных конечных выключателей входных цепей контроллера осуществляется напряжением постоянного тока 24В от блока питания.

Питание местного освещения установки осуществляется напряжением переменного тока 24В от трансформатора. Включение освещения производится с помощью переключателя, который установлен на боковой стенке ШУ.

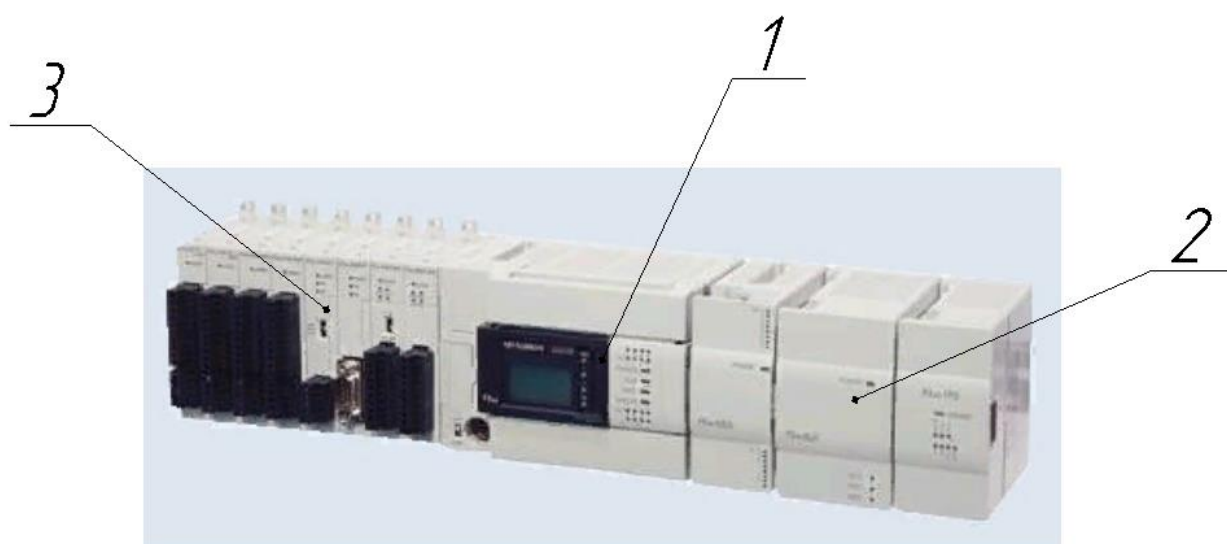
Работа электрооборудования установки гарантируется при изменении напряжения сети от плюс 10% до минус 15% номинального значения напряжения.

## 2 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

### 2.1 Выбор программируемого логического контроллера

Установка гидроиспытания труб расположена на заводе в котором используется линейка ПЛК производителя Mitsubishi. Снижение номенклатуры ПЛК на заводе облегчает обслуживание производства, снижает затраты на обучение персонала и запасные изделия прилагаемые (ЗИП).

Для работы системы управления будем использовать компактный контроллер Mitsubishi FX3U-48MT/ESS. Программируемые контроллеры Mitsubishi FX3U являются самыми мощными и высокопроизводительными в линейке MELSEC FX.



1 - ПЛК; 2 - адаптерные модули; 3 - расширительные модули.

Рисунок 2.1 - Программируемый контроллер FX3U Mitsubishi с модулями

Программируемые контроллеры FX3U Mitsubishi обладают следующими особенностями необходимыми для реализации системы:

- Расширительных модули позволяют увеличить количество входов/выходов до 256 (при прямой адресации);
- Возможность подключения интерфейса RS-422;
- Питание: 100 - 240 В перем. (+10%/-15%), 50/60Гц ( $\pm 10\%$ )

					Лист
					20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ

Будем использовать ПЛК с транзисторными выходами. Транзисторные выходы имеют более высокое быстродействие и ресурс, применяем для цепей с небольшим (24 В) напряжением постоянного тока.

Характеристика ПЛК:

- Быстродействие: 0,065 мкс/ лог. инструкцию
- Энергонезависимая память программы (максимальный объем): 8000 шагов RAM (внутренняя)
- Каналов дискретного входа: 24
- Каналов транзисторного выхода: 24
- Тип выхода: транзисторный (положительная логика)
- Мощность 40 Вт

Для обеспечения достаточного количества входов будем использовать: блок расширения FX2N-48ET-ESS/UL, 2 модуля расширения FX2N-16EX-ES/UL, модуль аналоговый FX0N-3A, интерфейсный адаптер RS-422 FX3G-422-BD.

## 2.2 Выбор бесконтактных выключателей

Для реализации системы управления будем использовать индуктивный бесконтактный выключатель, чтобы исключить ошибки срабатывания от немаetalлических предметов.

Свойства индуктивных выключателей:

- срабатывание только на металл и нечувствительность к другим материалам;
- герметичность;
- надежность и долговечность, т.к. рабочая поверхность выключателя не контактирует с объектом;
- компактность и небольшая масса;
- бесконтактные выключатели не оказывают на объекты обратного воздействия;

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

- высокая степень защиты.

Для определения:

- навинчивание трубы на опрессовочную головку,
- открытия клапана сброса давления,
- положения фиксаторов,
- положение подъемника,
- положение переключателя,
- положение опор,
- положение каретки,
- положение заглушки,
- положение сопло

будем использовать бесконтактные выключатели ВБИ-М18-86С-2111-3, так как номинальное расстояние срабатывания достаточно для реализации задачи, увеличение номинального расстояния не требуется и может привести к ошибкам. Всего понадобится 25 выключателей.

Характеристика ВБИ-М18-86С-2111-3:

- Номинальное расстояние срабатывания 8 мм
- Гарантированный интервал срабатывания 0-6,5 мм
- Диапазон рабочих напряжений 10-30 В
- Номинальный ток 200 мА
- Схема выхода PNP общий минус
- Функция выхода НО замыкающий
- Подключение Кабель 2 м (ПВС ХЛ 3x0,35 мм<sup>2</sup>)
- Защита коммутационного элемента Есть бистабильная
- Падение напряжения не более 2 В
- Остаточный ток менее 0,01 мА
- Степень защиты корпуса IP67

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22



Для определения:

- положение ограждения,
- разжатие трубы,
- труба на позиции слива.

будем использовать бесконтактные выключатели ВБИ-Ф60-40У-2111-3, так как номинальное расстояние срабатывания достаточно для реализации задачи, уменьшение номинального расстояния не требуется и может привести к ошибкам. Подключение при помощи кабеля, встроенного в выключатель, без штуцера. Всего понадобится 11 выключателей.

Характеристика ВБИ-Ф60-40У-2111-3:

- Номин. расстояние срабат. 35 мм
- Гарантированный интервал срабатывания 0-28,4 мм
- Диапазон рабочих напряжений 10-30 В DC
- Номинальный ток 200 мА
- Схема выхода PNP общий минус
- Функция выхода НО замыкающий
- Подключение Кабель 2 м (ПВС ХЛ 3x0,35 мм<sup>2</sup>)
- Частота переключения 50 Гц
- Защита коммутационного элемента Есть бистабильная
- Падение напряжения не более 2 В
- Остаточный ток менее 0,01 мА
- Степень защиты корпуса IP67

Для определения:

- труба на стеллаже выгрузки/загрузки,
- труба на позиции испытания,
- труба на позиции промывки,

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

будем использовать бесконтактный выключатель ВБИ-Ф60-40К-2111-3. Подключение при помощи клеммных выводов (зажимов). Всего понадобится 6 выключателей.

Характеристика ВБИ-Ф60-40К-2111-3:

- Номин. расстояние срабат. 35 мм
- Гарантированный интервал срабатывания 0-28,4 мм
- Диапазон рабочих напряжений 10-30 В DC
- Номинальный ток 200 мА
- Схема выхода PNP общий минус
- Функция выхода НО замыкающий
- Подключение Клеммник (до 2,5 мм<sup>2</sup>)
- Частота переключения 50 Гц
- Категория применения коммут. элемента DC13
- Защита коммутационного элемента Есть бистабильная
- Падение напряжения не более 2 В
- Остаточный ток менее 0,01 мА
- Степень защиты корпуса IP67

						Лист
					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

### 3 ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Разработка структурной схемы

На начальном этапе проектирования любых систем управления, необходимо определить функционал системы. Исходя из технического задания и задач, предъявляемых к системе была разработана структурная схема системы (рис. 3.1).

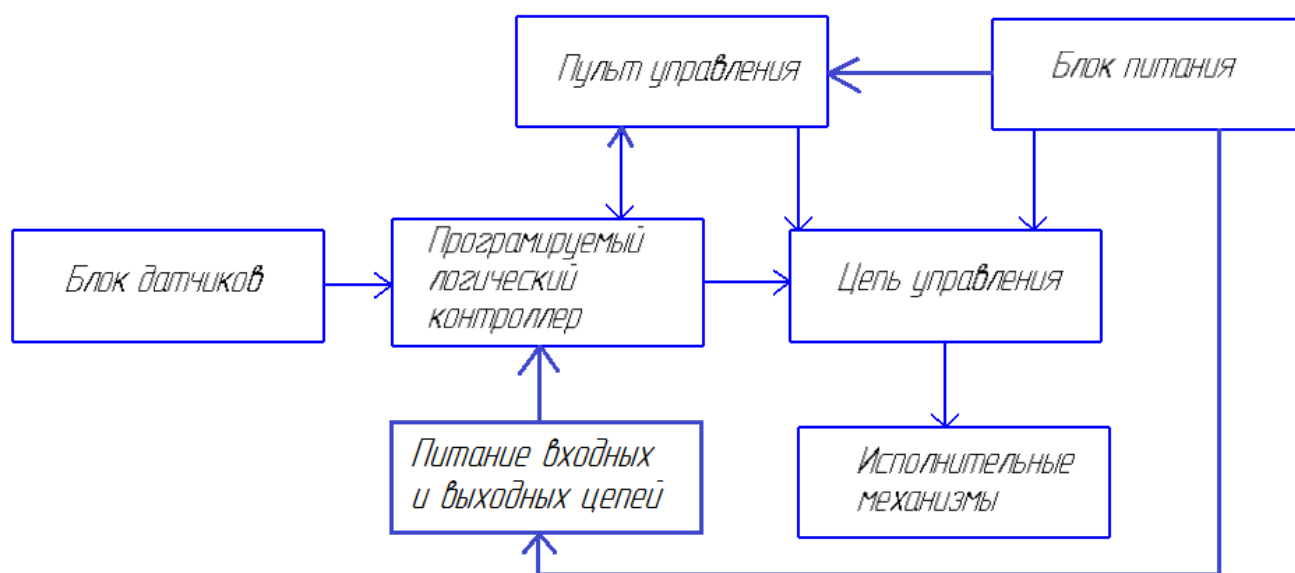


Рисунок 3.1 – Структурная схема

Входные сигналы на контроллер поступают от пульта управления, датчиков высокого и низкого давления, датчиков контроля воды в баках, бесконтактных выключателей.

Поступившие на вход сигналы обрабатываются в соответствии с записанной в него программой. Выходные команды с контроллера выдаются на промежуточное реле в цепи управления, которые своими контактами включают соответствующие механизмы установки.

### 3.2 Разработка структурно-функциональной схемы

На основе анализа структурной схемы и технического задания была разработана структурно – функциональная схема (плакат 15.03.04.2017.888.07.02 Э2).

Структурно-функциональная схема является одним из основных технических документов, определяющих функциональную и блочную структуру АС, а также отражающих оснастку объекта приборами и средствами автоматизации.

На структурно-функциональной схеме в форме условных изображений представлены исполнительные механизмы, коммутационная аппаратура, блоки ПЛК, датчики (с указанием типа сигнала), а также панель управления.

Датчики которые были выбраны ранее обозначаются на схеме так:

Таблица 3.1 – Обозначение датчиков

SQ3, SQ7, SQ10-SQ23, SQ26, SQ33-SQ35, SQ37-SQ39, SQ41-SQ42	ВБИ-М18-86С-2111-3
SQ6, SQ27-SQ32, SQ36, SQ43-SQ45	ВБИ-Ф60-40У-2111-3
SQ4, SQ9, SQ5, SQ40, SQ46, SQ47	ВБИ-Ф60-40К-2111-3

Главным элементом системы является вычислительное устройство, в качестве которого был выбран контроллер Mitsubishi FX3U.

Блоки контроллера на схеме обозначены так:

Таблица 3.2 – Блоки контроллера

Базовый блок FX3U	FX3U-48MT/ESS	A2
Модуль расширения	FX2N-16EX-ES/UL	A5, A6
Блок расширения	FX2N-48ET-ESS/UL	A3
Модуль аналоговый	FX0N-3A	A7

Преобразователи частоты фирмы “НІТАСНІ” А12 и А13 предназначены для включения электродвигателей М3 (Насос высокого давления) и М7 (Привод вращателя трубы), а также для управления их частотой вращения. Команда на запуск двигателя М3 поступает от контроллера через промежуточное реле (коммутационную аппаратуру). Задание выходной частоты преобразователя А12 производится аналоговым сигналом, который выдает ЦАП (А7).

Преобразователи настроены и готовы к работе.

Электромагниты служат для управления механизмами установки. На схеме обозначаются У. Назначение электромагнитов приведено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Назначение электромагнитов

Обозначение	Назначение
У1	Тормоз электродвигателя М4
У2	Тормоз электродвигателя М5
У3	Закрытие клапана сброса давления
У4	Зажим трубы
У5	Подвод фиксаторов трубы
У6	Отвод фиксаторов трубы
У7	Движение переключателя вверх
У8	Движение переключателя вниз
У9	Подвод опоры 1
У10	Отвод опоры 1
У11	Подвод опоры 2
У12	Отвод опоры 2
У13	Подвод опоры 3
У14	Отвод опоры 3
У15	Перемещение каретки вперед
У16	Перемещение каретки назад
У17	Перемещение каретки быстро

Продолжение таблицы 3.3

Y20	Разгрузка гидростанции
Y21	Движение каретки медленно
Y22	Продувка воздушного клапана
Y24	Движение подъемника вниз
Y25	Подвод опоры 4
Y26	Отвод опоры 4
Y27	Движение переключателя вверх
Y28	Движение переключателя вниз
Y31	Разжим трубы
Y23	Движение подъемника вверх
Y18	Клапан давления 3 МПа
Y19	Клапан давления 3 МПа

### 3.2 Разработка электрической принципиальной схемы

#### 3.2.1 Описание электрической схемы

Разработка схемы электрической принципиальной (плакат 15.03.04.2017.12-125-1888.07.03 Э3 графического материала) основывалась на схеме структурно - функциональной (плакат 5.03.04.2017.12-125-1888.07.02 Э2 графического материала) путем поэлементной реализации каждого блока.

Схема управления установкой выполнена с применением программируемого контроллера FX2N (A2, A3, A4...A5). В запоминающем устройстве контроллера записана программа работы установки.

Входные сигналы на контроллер поступают от органов управления ПУ, путевых выключателей, датчиков высокого и низкого давления, датчиков контроля уровня заполнения баков и реле давления воздуха.

Поступившие на вход контроллера сигналы обрабатываются в соответствии с записанной в него программой. Выходные команды с контроллера выдаются на промежуточные реле К4...К51, которые своими контактами включают соответствующие исполнительные механизмы установки.

Напряжение в схему подается включением вводного автоматического выключателя QF на боковой стенке ШУ. При этом на ПУ загорается светодиодный индикатор Н1 «Сеть» и светится экран ПО (А8).

Для подключения переносного компьютера имеется розетка Х1 на 220В переменного тока.

Аварийное отключение установки в любом режиме работы производится кнопками S2 (расположена на установке) и S3 (расположена на ПУ).

При наличии давления воздуха в пневмосистеме включается реле давления SP1. Оно подает сигнал (цепь 122-301) на вход ПЛК (А5) о наличии требуемого давления воздуха. На панели оператора загорается светодиод VD3 «Воздух».

Включение цепей управления производится с ПУ кнопкой S4.

Включаются магнитные пускатели К2 и К3, и становятся на самопитание.

Контакт К3 в цепи 113 - 117 замыкается и подает питание в цепи управления переменное напряжение 110 В. Контакт К3 в цепи 122 - 303 подает сигнал о включении цепей управления на вход ПЛК (А5). На ПО загорается светодиод VD1 «ЦУ». Включение светодиода VD1 сигнализирует о включении цепей управления и подключении преобразователей частоты к сети 380 В. А12 через выключатель QF4 и силовые контакты КМ3, а А13 - через выключатель QF8 и силовые контакты КМ2. По мере готовности преобразователей к работе по цепи 122 - 311 и 122 - 313 подаются сигналы на вход ПЛК (А5). На ПО выводится информация о готовности преобразователей частоты к работе.

Включение гидростанции производится нажатием кнопки S5 «Гидростан.пуск», при этом включается магнитный пускатель КМ1 и становится на самопитание по цепи 117 - 118. Контакт КМ1 в цепи 142 - 157 подает питание на светодиодный индикатор Н3, который расположен в S5 на ПУ. Подсветка кнопки S5 сигнализирует о включении КМ1, который подает напряжение 380В

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

через силовые контакты и выключатель QF1. Контакт KM1 в цепи 122 - 305 подает сигнал на вход ПЛК (A5). ПЛК обрабатывает данные сигналы и выдает информацию на ПО о готовности установки к работе, при условии, что агрегаты и механизмы находятся в исходном положении. На ПО загорается светодиод VD2 «ИП» (A8). Если VD2 не горит, то на экране высвечивает информация отсутствия готовности к работе соответствующего агрегата или механизма.

Насос перекачки воды из сливного бака в расходный включается и отключается автоматически от датчиков уровня A13 или вручную от кнопки SB7 с панели ПО в окне «Наладка 1». О наличии воды в расходном баке сигнализирует светодиод VD3 «Вода».

В зависимости от положения переключателя S8 на индикаторе дисплея ПО (A8) высвечивается информация о заданном режиме работы установки.

Схема электрооборудования установки обеспечивает четыре режима работы: автоматический, полуавтоматический, наладочный и режим «Брак».

Выбор режима работы установки производится переключателем S8.

Управление во всех режимах осуществляет ПЛК в соответствии с записанной в него программой.

### 3.2.2 Автоматический режим

Автоматический режим является основным. В нем осуществляются испытания поступающих по загрузочному стеллажу труб и выдача их на стеллаж выгрузки.

Для запуска автоматического цикла необходимо чтобы все механизмы находились в исходном положении:

- клапан сброса давления открыт;
- каретка в исходном положении;
- ограждения в среднем положении;
- опоры подведены;
- переключатель вниз;

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30



- на позиции испытаний лежит труба и не подведена к головке;
- на стеллаже выгрузки имеется свободное место для трубы
- выходной стеллаж опущен;
- преобразователи частоты А12, А13 готовы к работе;
- прижим отведен;
- фиксаторы отведены;
- подъемник отведен.

При выполнении выше перечисленных условий на ПО загорается светодиодный индикатор VD2 «ИП».

Для включения цикла необходимо нажать кнопку SB2 «ПУСК» на ПО (А8). На экране ПО выводится информации о пуске цикла. По команде ПЛК включается реле К18, которое по цепи 177 - 173 включает желтые лампы светофора Н5, Н6. В начале цикла включаются реле К10, К12, К13, К14 которые включают электромагниты Y15, Y17, Y18 и Y19. Начинается ускоренное перемещение каретки по направлению к трубе (вперед) и вращение заглушки. Во время движения каретки электромагнит разгрузки гидросистемы Y20 отключается контактом реле К39. Одновременно с ходом каретки «вперед - быстро» К43 отключает электромагнит Y31, а К35 включает электромагнит Y4 «зажим трубы», зажим опускается вниз. На преобразователь частоты А13 поступают команды для вращения трубы М7 «вперед - быстро».

Если труба имеет укороченную длину, каретка должна последовательно пройти одну, две, три или четыре подвижные опоры, которые автоматически отводятся для пропуска каретки. Происходит это следующим образом. При подходе к опоре 1 срабатывает путевой выключатель SQ21 и включается реле К21, дающее команду на отвод опоры 1. В конце отвода включается SQ15, который отключает К21. Также происходит отвод 2-ой, 3-ей и 4-ой опор. Когда каретка подходит к трубе, срабатывает SQ24, отключается электромагнит Y17, а электромагнит Y21 включается и каретка переходит на медленную скорость. Начинается навинчивание трубы на опрессовочную головку и заглушки на трубу. Так как электромагниты Y18 отключен, а Y19 включен, навинчивание

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

идет с ограничением максимального давления в гидростанции (от 3,5 до 4,0МПа). В процессе навинчивания труба перемещается в сторону опрессовочной головки, при этом срабатывает 508 (если он не был включен ранее при загрузке трубы).

Каретка продолжает движение на малой скорости, досылая трубу до конечного выключателя SQ7. При включении выключателя SQ7, ПЛК выдает команду преобразователю частоты А13 «вперед - медленно». Происходит навинчивание трубы на опрессовочную головку и заглушки на трубу.

При отсутствии сигнала от SQ35 «Контроль вращения заглушки» в течении 1-ой секунды, ПЛК снимает команду на продолжение вращения трубы (M7 выключается), каретка останавливается и включается электромагнит Y20 «Разгрузка гидросистемы». По выключению SQ24, ПЛК дает команду на включение K29 и K47. Реле дают команду на опускание ограждения. Опускание левой стороны ограждения происходит до SQ29, а правой стороны до SQ32. При этом происходит контроль равномерного перемещения ограждений с помощью выключателей SQ44 и SQ45. Если срабатывание выключателей происходит с задержкой более 0,5с, то ПЛК выключает реле K29 и K47. Происходит выключение пускателей KM3 и KM9.

Навинчивание заглушки на трубу контролируется выключателем SQ35, который выдает кратковременный сигнал при условии вращения заглушки.

При навинчивании трубы на заглушку срабатывает SQ7. По команде этих выключателей срабатывает K13, которое включает электромагнит Y18, обеспечивающий давление 3МПа, соответствующее усилию, с которым заканчивается навинчивание резьбы. Через 2 секунды (гарантия навинчивания) ПКП отключает K10 (электромагнит Y15). Движение каретки прекращается, K36 дает команду на подвод фиксаторов, который контролируется выключателем SQ10. Реле K33 включает KM7 (насос заполнения M2).

Работа насоса высокого давления ведется по следующему алгоритму.

Команда на запуск двигателя M3 поступает в преобразователь частоты А12 от ПЛК через промежуточное реле K4. Задание выходной частоты

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

преобразователя А12 производится аналоговым сигналом, который выдает ЦАП (А7). Давление в трубе должно подняться до 70МПа (контроль по ДДВ) за время не более 10с. При достижении заданного давления, реле К4 выключается и выключает насос высокого давления (М3). Если в течение 10с давление не опустится ниже 63МПа, отключается электромагнит У3, открывается клапан сброса давления. Клапан сброса давления в закрытом положении воздействует на SQ3. Электромагнит У3 включается, клапан закрывается. Испытания закончены.

Если по какой-либо причине при заполнении трубы водой давление в течение 6 сек. не достигает 0,2МПа, насос заполнения отключается, а еще через 7с включается повторно на 10с (все выдержки времени занесены в программу ПЛК). При достижении давления 0,2МПа во время второго включения, дальнейшая работа происходит как описано выше. Если же давление и на этот раз не достигает заданной величины, насос заполнения отключается, включается реле К19, в светофоре загораются красные лампы Н7 и Н8. На ПО загорается красным светом светодиодный индикатор VD6 «Заполнение».

Если во время работы насоса высокого давления, оно не возрастает до 70Мпа за 10 с, то насос выключается и включаются реле К19, в светофоре загораются красные лампы Н7 и Н8. На ПО загорается красным светом светодиодный индикатор VD7 «Давление».

Наконец, если во время выдержки трубы под давлением, последнее упадет ниже 63МПа за 10 с, срабатывает К19, в светофоре загораются красные лампы Н7 и Н8. На ПО загорается красным светом светодиодный индикатор VD8 «Выдержка».

Во всех трех случаях оператор может повторить испытания сначала, нажав на кнопку SB7 «Повтор». При этом включается К34. Открывается клапан сброса (У3). По истечении выдержки 5с отключается К34, клапан сброса закрывается, но реле К35 на этот раз не срабатывает. После освобождения SQ3 включается К33. Снова происходит заполнение трубы водой насосом заполнения (М2). Повторное испытание проводится один раз.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

При благополучном завершении испытаний и сбросе давления после опрессовки начинается автоматический разбор трубы. Отводятся фиксаторы, поднимаются ограждения, подводится прижим. Окончание подвода прижима фиксируется реле давления SP2. После окончания подвода прижима одновременно включаются привод вращения трубы «медленно назад» - К6 и вращение каретки назад К11 с усилием подтяжки (К14). После момента выключения путевого переключателя SQ7. реле К14 выключается, по истечению 2 с включается реле К16 - движение каретки «медленно». После выключения оптического путевого переключателя SQ25 реле К16 выключается, включается реле К12 движение каретки «быстро» и реле К7 - вращатель трубы быстро. После выключения оптического путевого переключателя SQ8 выключается привод вращателя трубы К6 и К7. Реле К11 и К12 отключатся когда каретка вернется в свое исходное состояние (SQ20) и через 1 с включается продувка воздушного клапана К38 на 3 с. По мере продвижения каретки выдаются команды на подвод тех опор, которые были отведены для пропуска каретки.

Одновременно с испытанием трубы осуществляется промывка трубы находящейся на позиции промывки. Во время подхода каретки к трубе на позиции испытаний происходит подвод сопла на позиции промывки (реле 41). Затем включается насос промывки М6 на 8 с. После того как насос промывки отработал включается отвод сопла (реле 42).

После окончания цикла испытаний и промывки и при условии, что подъемник на позиции слива опущен, включаются электромагниты подъема переключателя Y7 и Y27. Переключатель снимает трубы со стеллажа загрузки, с позиций промывки и с позиции испытаний. С позиции испытаний труба скатывается на позицию слива, включается SQ36.

В верхнем положении переключателя включается SQ12. По сигналу SQ12 и SQ36 включается электромагнит подъемника на позиции слива Y23. В верхнем положении подъемника включается путевого переключатель SQ33, по сигналу которого включаются Y8 и Y28, переключатель опускается. Труба, снятая со стеллажа загрузки, скатывается на позицию промывки, а труба, снятая с позиции

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

промывки, на позицию испытаний. При этом включаются SQ5 и SQ40. По сигналам от SQ5, SQ40 и SQ13 начинается следующий цикл.

Тем временем на позиции слива труба остается в наклонном положении.

Через 40 с включается электромагнит подъемника Y24. Труба опускается и скатывается на разгрузочный стеллаж, при условии, что разгрузочный стеллаж опущен (SQ43).

Для прекращения автоматического цикла необходимо нажать на ПО кнопку SB3 «Стоп». После завершения цикла, новый цикл не начинается.

Агрегаты и механизмы установки приводятся в исходное состояние. Лампы светофора Н5 и Н6 гаснут, т.е. выключается реле K18.

В случае если трубы на входном стеллаже закончились (SQ9, SQ47), работа по циклу продолжается до тех пор пока последняя труба не попадет на стеллаж выгрузки.

Если последняя труба из предыдущей партии находится на позиции испытаний, а первая труба из следующей партии на стеллаже загрузки (т.е. на позиции промывки трубы нет), то после проведения испытаний и перекладки цикл остановится. В этом случае необходимо перейти в режим «Наладка» (переключатель S8 ставится в положение «НАЛАД.»), переложить трубу на позицию испытаний в ручном режиме и только после этого возобновить работу по циклу (переключатель S8 ставится в положение «АВТ.»).

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

#### 4 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Установка гидроиспытания труб может работать в автоматическом, наладочном или режиме “брак”. Автоматический режим является основным.

Установка работает следующим образом:

- 1) Проверка исходного положения механизмов и наличие трубы на позиции испытаний;
- 2) Прижим зажимает трубу к опорным роликам и начинается вращение;
- 3) Каретка с заглушкой движется в направлении к трубе;
- 4) Заглушка закручивается на ниппельный конец трубы и узел опрессовки закручивается на муфтовый конец трубы;
- 5) Включается насос заполнения, через опрессовочный узел вода заполняет трубу;
- 6) После достижения 0,2 МПа по манометру низкого давления включается насос высокого и через 5 сек отключается насос заполнения;
- 7) Через 10 сек на манометре высокого давления будет 70 МПа и насос высокого давления отключается;
- 8) Происходит выдержка давления 70МПа в течении 10 сек;
- 9) Открывается клапан сброса давления;
- 10) Происходит разбор трубы, заглушка откручивается и возвращается в исходное положение и труба начинает вращение и раскручивается опрессовочный узел, зажим отключается;
- 11) Устройство слива наклоняет трубу для слива на установленное время, а после возвращает трубу в исходное положение;
- 12) Перекладчик переносит трубу на стеллаж выгрузки.

Алгоритм программы представлен на плакате 15.03.04.2017.12-125-1888.07.04 графического материала.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

## 5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Для программирования контроллера Mitsubishi FX3U использую специализированное ПО GX Developer от компании Mitsubishi.

GX Developer это среда для программирования контроллеров использует преимущества хорошо знакомой пользователям операционной системы Microsoft Windows.

Моделирующая программа GX представляет собой средство автономного моделирования, с помощью которого вы уже перед вводом в эксплуатацию можете проверить все важные функции вашей программы. С помощью моделирующей программы GX вы можете также имитировать все свои операнды и предварительно выбирать реакции вашего приложения, благодаря чему возможно реалистичное тестирование.

- Стандартное программное обеспечение для программирования всех контроллеров MELSEC
- Удобное ведение пользователя под Microsoft Windows
- Язык релейных диаграмм (LD), список инструкций (IL) или язык последовательных функциональных схем (SFC)
- Переключение во время работы
- Мощные функции контроля и тестирования
- Автономное моделирование программируемых контроллеров всех типов

После изучения соответствующих документов и на основе информации алгоритма работы (плакат 15.03.04.2017.12-125-1888.07.04 графического материала), была разработана программа для ПЛК Mitsubishi FX3U (см. приложение 2) на языке релейных диаграмм (LD).

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

## 6 РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

### 6.1 Расчет затрат на проектирование

Для расчета затрат на разработку технического проекта автоматизации гидроиспытания насосно-компрессорных труб составим таблицу (таблица 6.1), куда заносим виды работ (в порядке их последовательности), продолжительность их выполнения, а также состав выполняющих её людей.

Таблица 6.1 – Перечень работ, продолжительности выполнения и исполнители

Номер работы	Наименование работ	Продолжительность, дней			Исполнители, человек		
		Мин.	Макс.	Ожидаемое	Руководитель	Инженер	Лаборант
1	Составление технического задания	1	3	2	1	1	-
2	Разработка графика выполнения работ	2	3	2	-	1	-
3	Анализ объекта автоматизации	5	6	5	1	1	1
4	Разработка схемы объекта автоматизации	4	5	4	-	1	1
5	Разработка структурно-функциональной схемы	4	5	4	-	1	-
6	Подбор элементов	5	7	6	-	1	1
7	Разработка схемы электрической принципиальной	4	5	4	-	1	1



Продолжение таблицы 6.1

8	Оформление перечня элементов	6	7	6	-	1	1
9	Разработка блок-схемы	5	7	6	-	1	-
10	Программирование контроллера	9	12	11	1	1	1
11	Разработка монтажной схемы	5	6	5	-	1	1
12	Разработка и оформление алгоритма работы	4	5	4	1	1	1
13	Расчет экономической эффективности	4	5	4	-	1	1
14	Оформление пояснительной записки	10	12	11	1	1	-
15	Сдача проекта	5	6	5	1	1	-
16	Защита проекта	1	1	1	-	1	-

Ожидаемая продолжительность работы рассчитывается по принятой двух оценочной методике, то есть исходя из минимальной и максимальной оценок продолжительности, задаваемых ответственным исполнителем каждой работы. При этом предполагается, что минимальная оценка соответствует наиболее благоприятным условиям работы, а максимальная – наиболее неблагоприятным.

Ожидаемая продолжительность работ находится по формуле:

$$t_{\text{ожид.}} = 0,6t_{\text{мин}} + 0,4t_{\text{макс}},$$

Для примера расчетов в дальнейшем будем рассчитывать работу №3

$$t_{\text{ожид.}} = 0,6 \cdot 5 + 0,4 \cdot 6 = 5 \text{ дней.}$$

Количество работников:

Руководитель – 1 человека,

Инженер – 1 человек,

Лаборант – 1 человек.

Должностные оклады работникам:

Руководитель – 39000 руб.,

Инженер – 30000 руб.,

Лаборант – 18000 руб.

Определим коэффициенты пересчета реальной численности работников различной категории к приведенной численности инженеров.

Расчет выполняется по заработной плате:

$$K_{рук.} = 39000/30000 = 1,3;$$

$$K_{инж.} = 30000/30000 = 1;$$

$$K_{лаб.} = 18000/30000 = 0,6.$$

Рассчитаем приведенную численность работников:

$$Ч_3 = N_{рук.} \cdot K_{рук.} + N_{инж.} \cdot K_{инж.} + N_{лаб.} \cdot K_{лаб.} = 1 \cdot 1,3 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0,6 = 2,9.$$

Расчет приведенной трудоемкости работ:

$$T_3 = Ч_3 \cdot t_{ожид 3} = 2,9 \cdot 5 = 14,5 \text{ инж. дней.}$$

Расчет среднедневной заработной платы инженера. Инженер получает основную и дополнительную заработную плату. Определим дополнительную заработную плату:

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$$Z_{\text{доп}} = (0,1 \dots 0,12) \cdot Z_{\text{осн}},$$

где  $Z_{\text{осн}} = 30000$  руб основная плата назначается разработчиком проекта.

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 30000 = 3000 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата равна сумме основной и дополнительной, деленных на количество рабочих дней в месяце

$$СД_{\text{з/п}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) / РД = (30000 + 3000) / 24 = 1375 \text{ руб./день.}$$

Исходя из значений основной и дополнительной заработной платы инженера, рассчитаем прочие затраты. Данные сведем в таблицу 6.2.

Среднедневные прочие затраты найдем по формуле:

$$СД_{\text{пз}} = \Sigma Z_{\text{проч}} / РД = 45900 / 24 = 1912 \text{ руб./день}$$

Рассчитаем среднедневную стоимость одного инженер день

$$СД_{\text{инж. дня}} = СД_{\text{з/п}} + СД_{\text{пз}} = 1375 + 1912 = 3287 \text{ руб./день}$$

Стоимость работы равна произведению приведенной трудоёмкости на среднедневную стоимость инженер дня:

$$СР_3 = T_3 \cdot СД_{\text{ирж, дня}} = 14,5 \cdot 3287 = 47\,661 \text{ руб.}$$

Результаты расчета сведены в таблицу 6.3.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Таблица 6.2 – Прочие затраты

Номер	Наименование	Соотношение затрат	Величина затрат, руб.
1	Единый социальный налог	$0,3 \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$	9900
2	Стоимость материалов и покупных изделий, необходимых для проектирования	$(0,15 \dots 0,55) \cdot Z_{\text{осн}}$	4500
3	Накладные расходы	$(0,45 \dots 0,85) \cdot Z_{\text{осн}}$	13500
4	Командировочные расходы	$(0,15 \dots 0,25) \cdot Z_{\text{осн}}$	-
5	Контрагентные услуги сторонних организаций	$(0,2 \dots 0,5) \cdot Z_{\text{осн}}$	6000
6	Стоимость оборудования и приборов необходимых для проектирования	$(0,4 \dots 0,6) \cdot Z_{\text{осн}}$	12000
ИТОГО			45900

Таблица 6.3 – Затраты на проектирование дипломного проекта

Номер работы	Ожидаемая продолжительность, дней	Исполнители, чел.			Приведенная численность	Приведенная трудоемкость	Стоимость работы
		Руководитель	Инженер	Лаборант			
1	2	1	1	-	2,3	4,6	15 120
2	2	-	1	-	1,0	2,0	6 574
3	5	1	1	1	2,9	14,5	47 661
4	4	-	1	1	2,3	9,2	30 240

Продолжение таблицы 6.3

5	4	-	1	-	1,0	4,0	13 148
6	6	-	1	1	2,3	13,8	45 360
7	4	-	1	1	2,3	9,2	30 240
8	6	-	1	1	2,3	13,8	45 360
9	6	-	1	-	1,0	6,0	19 772
10	11	1	1	1	2,9	31,9	104 855
11	5	-	1	1	2,3	11,5	37 800
12	4	1	1	1	2,9	11,6	38 129
13	4	-	1	1	2,3	9,2	30 240
14	11	1	1	-	2,3	25,3	83 161
15	5	1	1	-	2,3	11,5	37 800
16	1	-	1	-	1,0	1,0	3287
ИТОГО							588 747

Затраты на проектирование составляют – 588 747 рублей.

### 6.2 Расчёт сметной стоимости материалов

В таблица 6.3 представлен перечень элементов, необходимых для реализации проекта, а также их количество и стоимость. Стоимость представленных материальных элементов дана с учетом транспортных затрат.

Таблица 6.4 – Сводная таблица элементов

Наименование	Единицы измерения	Кол-во	Цена за ед., тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
FX3U-48MT/ESS	шт.	1	45 500	45 500
FX2N-48ET-ESS/UL	шт.	1	24 062	24 062

Продолжение таблицы 6.4

FX2N-16EX-ES/UL	шт.	2	17 516	35 032
FX0N-3A	шт.	1	9 000	9 000
FX3G-422-BD	шт.	1	6 533	6 533
ВБИ-М18-86С-2111-3	шт.	23	953	21 953
ВБИ-Ф60-40У-2111-3	шт.	11	1 152	12 672
ВБИ-Ф60-40К-2111-3	шт.	5	984	4 920
Итого				159 672

Затраты на приобретение материальных элементов, которые будут необходимы для создания разработанного объекта  $Z_m = 159\,672$  тыс.руб.

Затраты на заработную плату работников, которые будут внедрять проект. Данные затраты можно принять как 40% от материальных затрат

$$Z_{зп} = 0,4 Z_m = 0,4 \cdot 159\,672 = 63\,868 \text{ руб.}$$

Затраты на внедрение проекта

$$Z_{вн} = Z_m + Z_{зп} = 159\,672 + 63\,868 = 223\,540 \text{ руб.}$$

Доход – это сумма денег, полученная после реализации произведенных товаров или услуг. Рассчитывается по формуле:

$$D = P \cdot Q,$$

где P – цена испытания 1 трубы у подрядчика;

Q – количество потребленных испытываемых труб за год.

$$D = 700 \cdot 1848 = 1\,293\,600 \text{ руб.}$$

Так же необходимо посчитать все затраты, связанные с проектом. Затраты на разработку, внедрение и реализацию проекта вычисляем по формуле:

$$Z_{\text{сум}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{вн}} + Z_{\text{пп}},$$

где  $Z_{\text{сум}}$  – суммарные затраты, связанные с проектом, рублей;

$Z_{\text{пр}}$  – затраты на проектирование, рублей;

$Z_{\text{вн}}$  – затраты на внедрение проекта, рублей;

$Z_{\text{пп}}$  – затраты на производство готовой продукции;

$$Z_{\text{пп}} = Z_{\text{обс.}} + Z_{\text{пер.}}$$

где  $Z_{\text{обс.}}$  – затраты на обслуживание установки;

$Z_{\text{пер.}}$  – затраты на заработную плату персоналу;

Расчет электроэнергии потребляемой за год:

- Мощность установки 50 кВт;
- Тариф электроэнергии 3 руб за 1 кВт;
- Время работы установки в сутки 4 ч;
- Работает 22 дня в месяц;

Найдем работу тока в месяц:

$$P_{\text{T.}} = 50 * 4 * 22 = 4400 \text{ кВт/ч}$$

Найдем расход электроэнергии за год:

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$P_{\text{э}} = 4400 * 3 * 12 = 158\,400 \text{ руб.}$$

Прочие расходы обслуживания в течении - 60 000 руб.

Итого затраты на обслуживания установки: 218 400 руб.

Затраты на заработную плату персонала:

Оператор – 30 000;

Слесарь – 20 000;

$$Z_{\text{пер.}} = 50\,000 * 12 = 600\,000 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пп.}} = 600\,000 + 218\,400 = 818\,400 \text{ руб.}$$

Найдем сумму всех затрат:

$$Z_{\text{сум}} = 588\,747 + 223\,540 + 818\,400 = 1\,630\,687 \text{ руб.}$$

Экономический эффект первого года проекта:

$$\text{Э}_1 = D - Z_{\text{сум}} = 1\,293\,600 - 1\,630\,687 = -337\,087 \text{ руб.}$$

Полученное отрицательное значение говорит о том, что за первый год проект не окупится.

Рассмотрим второй год с учетом  $Z_{\text{пп.}}$ :

$$\text{Э}_2 = 1\,293\,600 - 1\,155\,486 = 138\,113 \text{ руб.}$$

Положительное значение полученного результата говорит о том, что проект окупится во втором году, но на окупаемость пойдет не весь год, а только его

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46



часть. Следовательно, срок окупаемости составит:

$$\text{Ток} = 1 + d/ D2 = 1 + 138\ 113/ 1\ 293\ 600 = 1 \text{ год } 10 \text{ месяцев}$$

Экономический эффект от внедрения проекта составит 138 113 руб. за два года.

По результатам расчетов можно утверждать, что разработанный проект является экономически целесообразным и может быть рекомендован к внедрению.

						Лист
					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система автоматического управления гидравлическим испытанием насосно-компрессорных труб.

Для каждого модуля была разработана структурно-функциональная схема, схема электрическая принципиальная, печатная плата и печатный узел.

На основе блок-схемы алгоритма работы системы было разработано программное обеспечение для контроллера Mitsubishi FX3U в программном обеспечении GX Developer.

При выполнении работы использовались различные стандарты (например, ГОСТ 21.408 – 93 «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов»). Данные о ценах на оборудование были получены с соответствующих страниц интернет-магазинов, а данные о технических характеристиках – с интернет-сайтов производителей соответствующего оборудования.

В организационно – экономической части был приведен полный расчет себестоимости и прочих расходов. Экономический эффект от внедрения проекта составит 138 113 руб. за два года.

По результатам расчетов можно утверждать, что разработанный проект является экономически целесообразным и может быть рекомендован к внедрению.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов, В. А. Электроника систем управления. Часть 2. Цифровая электроника /В. А. Смирнов , Шереметьев А.В. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 144с.
2. СТО ЮУрГУ 04–2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению /Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: издательство ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
3. ГОСТ 2.701 – 2008. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – М.:Изд- во стандартов, 1980 – 4с.
4. ГОСТ 19.701 – 90. Единая система программной документации. Схема алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения. – М.: Изд – во стандартов, 1992 – 24с.
5. Общетехнический справочник./ Под редакцией Е.А. Скороходова – 2-е издание.– Москва: изд-во «Машиностроение», 1982.– 415с.
6. Псигин, Ю.В., «Управление системами и процессами машиностроения».– Ульяновск: изд-во УлГТУ, 2003.–76с.
7. Вайрадян, Л.С. Надежность автоматизированных систем управления / Л.С. Вайрадян, Ю.Н. Федосеев; Под ред. Я.А. Хетагурова. Ч. 1, 2. – М.: МИФИ, 1974.– 430с.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень элементов

Наименование	Кол	Примечание
Резистор С5-35В, 100 Ом, 3Вт ОЖО. 467.551 ТУ	24	100 Ом, 3Вт
Резистор С2-23-1-100 Ом, ±5% ОЖО. 467.104 ТУ	39	100 Ом, 3Вт
Варистор S20K300	2	
Термопреобразователь сопротивления медный ТСМ-108В 50М	1	l=200мм
Переключатель ТВ1-1 УСО.360.049ТУ	1	1з; 1р, 250 Вт
Выключатель ПКУ1-У2 с КУ 023 202, красный ТУ16-93 БКЖИ 642245.001ТУ	1	2р; 10А
Кнопка управления грибовидная XB4-BS542, красная	1	1р; ~120В 6А
Кнопка управления XB4-BA61, синяя	1	1з
Кнопка управления с подсветкой XB4-BW35B5, зеленая	1	1з; 1р =24В; 18мА
Переключатель XB4-BD25	1	1з, 1р
Кнопка управления XB4-BA21, черная	2	1з
Кнопка управления XB4-BA42, красная	1	1р
Кнопка управления с подсветкой XB4-BW36B5, синяя	1	1з; =24В; 18мА
<u>Переключатели галетные П2Г-3</u>		
П2Г-3-3П4Н	2	60Вт, 2А
П2Г-3-4П3Н	2	60Вт, 2А
<u>Выключатели ВА51-25 ТУ16-522.157-83</u>		
<u>Выключатели А63 ТУ16-522.110-74</u>		
ВА51-25-340010 Р00 - УХЛ, 10А, 10In	1	lраси = 10А
А63МУЗ, переменного тока, 5А, 5In	2	lраси = 5А
А63МУЗ, переменного тока, 2А, 5In	2	lраси = 2А
А63МУЗ, постоянного тока, 2,5А, 5In	2	lраси = 2,5А
А63МУЗ, переменного тока, 8А, 5In	1	lраси=8А
А63МУЗ, переменного тока, 6,3А, 5In	3	lраси=6,3А
Выключатель реле давления	2	

<u>Трансформаторы ОСМ1 ТУ16-717.137-83</u>		
ОСМ1 - 0,16У3 380/5-110/42В	1	0,16кВт
ОСМ1 - 0,63У3 380/5-24В	1	0,63кВт
ОСМ1 - 0,63У3 380/5-22-110/24В	1	0,63кВт
ОСМ1 - 0,25У3 380/220В	1	0,25кВт
Евророзетка с заземляющим контактом	1	250В; 70А
Электромагнит тормоза	2	380В; 400ВА
Электромагнит воздухораспределителя "Catozzi"	18	~110В; 65ВА
Электромагнит гидрораспределителя	7	~110В; 5ВА
Панель оператора MAC E300	1	=24В; 450МА
Блок датчиков давления ВЮМА 406233, 001	1	2вых.=4-20МА
Частотный преобразователь L300P-370HFE	1	37кВт; 70А
Частотный преобразователь SJ100-030HFE	1	3кВт; 7,8А
Датчик-реле уровня РОС-301-вертик.УХЛ4 ТУ25-2408.0009-08	1	
Трехфазный дроссель-фильтр ДФ301-1211	1	10А; 3кВт; 2,93мГ
Кабель соединительный 9992-992/00.011	1	интерфейс RS-422
Блок питания ЕСА 600.10.240	2	=24В; 2,5А
ВА57-35-341810-20УХЛ3, ~100А, независимый расцепитель ~110В, 50Гц	1	Iрасц = 100А
<u>Выключатели ВА51Г-25 ТУ16-522.157-83</u>		
ВА51Г-25-340010Р00УХЛ, 10А, 14In	2	Iрасц = 10А
ВА51Г-25-340010Р00УХЛ, 2А, 14In	1	Iрасц = 2А
ВА51Г-25-340010Р00УХЛ, 6,3А, 14In	2	Iрасц = 6,3А
ВА51Г-25-340010Р00УХЛ, 4,0А, 14In	2	Iрасц = 4,0А
ВА51Г-25-340010Р00УХЛ, 0,8А, 14In	1	Iрасц = 0,8А
ВА51Г-25-340010Р00УХЛ, 4,0А, 14In	1	Iрасц = 4,0А

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ

Лист

51

Регулятор температуры ТЭЭПЗМ ТУ25-7541.0001-88	1	0-100 °С
Конденсатор МБГЧ-1-2А-500В-0,5мкФ ±10% О.ЖО. 462. 141 ТУ16 - 75	24	500В 0,5мкФ
Конденсатор К73.11-400В-0,1мкФ ±10% О.ЖО. 461.093 ТУ	39	400В 0,1мкФ
Лампа М024-60 ТУ16-87 ИЖУЦ. 875. 316. 001ТУ	9	24В; 60Вт
Вставка плавкая ВП1-1-2А О.ЮО. 480. 003 ТУ	3	2А; 250В
Держатель предохранителя ДП6 ОЮ4.810.000ТУ	3	
Вставка плавкая ВП1-1-5А О.ЮО. 480. 003 ТУ	2	5А; 250В
Держатель предохранителя ДП6 ОЮ4.810.000ТУ	2	
Вставка плавкая ВП1-1-0,5А О.ЮО. 480. 003 ТУ	11	0,5А; 250В
Держатель предохранителя ДП6 ОЮ4.810.000ТУ	11	
Арматура светосигнальная ХВ4 - ВВВ1, белая	1	=24В; 18мА
Лампа СМ28-10 ТУ16-535. 642-76	4	28В; 10Вт
Реле тока РТ 40/6 УХЛ4, переднее присоединение, ТУ16-523.468-78	2	Iуст=2А
Реле FLARE 24DC-1W-250V6A-F	48	24В; 14мА
Пускатель ПМЛ-110004А -110В ТУ16-523.554-82	7	4з; 10А
Пускатель ПМЛ-110004А -110В ТУ16-523.554-82	1	4з; 10А
Приставка контактная ПКЛ-4004 ТУ16-523.554-78	1	4з; 16А
Пускатель ПМЛ-410004А -110В ТУ16-523.554-82	1	3з; 63А 1з+1р; 10А
Приставка контактная ПКЛ-4004 ТУ16-523.554-78	1	4з; 16А
Пускатель ПМЛ 150104А -110В ТУ16-523.554-82	2	6з; 2р; 10А
Электродвигатель АИР56В2У3; ТУ16-525.564-84	1	0,25кВт; 3000об/мин ~380В; 0,7А
Электродвигатель насоса П100 М	1	0,75кВт; 2780об/мин ~380В; 1,75А
Электродвигатель АИР90L2У3; ТУ16-525.564-84	2	3кВт; 2850об/мин ~380В; 6,1А
Электродвигатель насоса АИР225М8У3; ТУ16-510.776-81	1	30кВт; 975об/мин ~380В; 62А
Электродвигатель 5А80МА6У3; ТУ16-525.564-84	2	0,76кВт; 1000об/мин ~380В; 2,3А
Электродвигатель АИР100L4У3, ТУ16-525.564-84	1	4кВт; 1500об/мин ~380В; 8,5 А
Электродвигатель АД80А2У3; ТУ16-525.564-84	1	1,5кВт; 3000об/мин ~380В; 3,3 А
Выключатели ВА57-35 ТУ16-90 ИГПН.641453.098ТУ		
ВА57-35-341810-20УХЛ3, ~125А, независимый расцепитель ~110В, 50Гц	1	Iрасц = 125А 2р+1з;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ 15.03.04.2017.888.07.00 ПЗ

Лист

52

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Листинг программы

