

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Энергетический  
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
Кафедра Автоматизация теплоэнергетических процессов

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Модернизация АСУ ТП водоснабжения радиохимического завода «ПО«Маяк» при переходе с дросселирования на частотное регулирование УДК 628.14-048.35:62-83-523(470.55)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Чебочакова Диана Анатольевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер-исследователь	Глушков Дмитрий Олегович	к.ф-м.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. экологии и БЖД	Василевский Михаил Викторович			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АТП	Стрижак Павел Александрович	д.ф-м.н., доцент		



	<p>радиохимического завода «ПО«Маяк» ;</p> <p>3) схема электрическая соединений щита автоматического управления системы водоснабжения радиохимического завода «ПО«Маяк»;</p> <p>4) общий вид щита автоматического управления системы водоснабжения радиохимического завода «ПО«Маяк»;</p> <p>5) мнемосхема;</p> <p>6) результаты технико-экономических расчетов.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Василевский Михаил Викторович

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
-------------------------------------------------------------------------------------------------	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер-исследователь	Глушков Дмитрий Олегович	к.ф.-м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Чебочакова Диана Анатольевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 80 с., 20 рис., 21 табл., 17 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: система водоснабжения, насосная станция, автоматическая система управления, частотный преобразователь, микропроцессорный контроллер.

Объектом автоматизации является насосная станция промышленного водоснабжения радиохимического завода.

Цель выпускной квалификационной работы – модернизация автоматической системы управления технологического процесса водоснабжения радиохимического завода при переходе с дросселирования на частотное регулирование.

В процессе исследования проводились анализ нормативной и технической документации по тематике задания, анализ типовых проектных решений, сравнительный анализ оборудования.

В результате исследования осуществлен выбор структурной схемы АСУ ТП водоснабжения, технических средств автоматизации, разработка функциональной схемы АСУ ТП, электрической схемы, также разработка SCADA-системы. Проведена оценка экономической эффективности реализации проекта.

Экономическая эффективность проекта: снижение трудовых затрат на техническое обслуживание и ремонт, также снижение убытков из-за простоя технологического объекта в связи с оперативным устранением внештатных ситуаций.

## Оглавление

Введение .....	7
1 Технологический объект управления.....	9
2 Выбор структуры автоматической системы управления насосами .....	16
3 Технологические параметры .....	20
4 Разработка функциональной схемы и составление заказной спецификации .	22
4.1 Выбор датчика давления промышленной воды.....	22
4.2 Выбор преобразователя расхода .....	23
4.3 Выбор датчика температуры промышленной воды .....	25
4.4 Выбор преобразователя частоты .....	26
4.5 Выбор программируемого логического контроллера.....	27
4.5.1 Описание многофункционального контроллера CJ1G-P.....	30
5 Расчет оптимальных параметров настройки одноконтурной системы .....	35
5.1 Идентификация объекта.....	36
5.2 Расчет построения границы заданного запаса устойчивости.....	38
5.3 Определение оптимальных параметров настройки регулятора.....	42
5.4 Переходный процесс по каналу задания .....	43
6 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления.....	49
7 Разработка общего вида щита управления .....	52
8 Выбор SCADA-пакета. Разработка мнемосхемы .....	54
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	60
9.1 Определение единовременных капитальных вложений на приобретение средств автоматизации и их монтаж .....	60
9.2 Годовые эксплуатационные затраты .....	62
9.3 Расчет экономической эффективности .....	62
10 Социальная ответственность.....	67
10.1 Опасность поражения электрическим током .....	68
10.2 Опасность механического травмирования .....	70
10.3 Опасность, обусловленная шумами и вибрацией машин .....	70

10.4 Опасность, обусловленная шумами и вибрацией машин .....	72
10.5 Микроклимат .....	75
10.6 Производственное освещение.....	76
10.7 Расчет конструкции системы заземления.....	78
10.8 Экологичность проекта .....	79
Заключение.....	81
Список использованных источников .....	83
Приложение А Технологическая схема насосной станции .....	85
Приложение Б Заказная спецификация приборов и средств автоматизации .....	86

Графический материал:

На отдельных листах

ФЮРА. 421000.001 С1	Структурная схема
ФЮРА. 421000.001 С2	Схема функциональная
ФЮРА. 421000.001 С3	Схема электрическая принципиальная щита
ФЮРА. 421000.001 ДМ1	Общий вид щита

## Введение

Система водоснабжения радиохимического завода, перерабатывающего отработанное ядерное топливо, играет важную роль в подаче поверхностных или подземных вод водопотребителям в требуемом количестве и в соответствии с целевыми показателями качества воды в водных объектах. Инженерные сооружения, которые предназначены для решения задач водоснабжения, образуют систему водоснабжения.

Вода на радиохимическом заводе 235 расходуется различными потребителями (цехами) на самые разнообразные нужды. Однако подавляющее большинство этих расходов может быть сведено к трем основным категориям:

1) производственно-противопожарный водопровод (ППВ), предназначенный для нужд производства (охлаждение технологических процессов, охлаждение компрессоров, а также для противопожарных целей), на этой сети установлены пожарные гидранты и пожарные краны в зданиях;

2) хозяйственно-питьевой водопровод, предназначенный для питьевых целей, нужд санпропускников, водоснабжения столовых, стирки белья в прачечной, для приготовления химических реагентов и других бытовых и производственных целей;

3) обмывочный водопровод предназначен для мытья полов и оборудования в технологических цехах 2,5 и мойки вагонов.

Кроме того, система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности, то есть обеспечивать снабжение потребителей водой без недопустимого снижения установленных показателей своей работы в отношении количества или качества подаваемой воды.

Насосные станции – это сложные объекты с различными характеристиками и со своими особенностями. Основной целью данной работы является внедрение частотных преобразователей насосных агрегатов, за счет которых решаются многие задачи в надежности, производительности и самое главное, в энергоэффективности системы.

Цель выпускной квалификационной работы заключается в модернизации АСУ ТП водоснабжения радиохимического завода при переходе с дросселирования на частотное регулирование. В работе рассматриваются методы регулирования режимов работы насосной станции.

Для достижения сформулированной цели планируется решить следующие задачи:

- 1) снижение удельных затрат электрической энергии в мощных насосных агрегатах;
- 2) повышение качества контроля состояния технологического оборудования;
- 3) повышение качества контроля технологических параметров;
- 4) повышение надежности водоснабжения потребителей;
- 5) предупреждение и локализация аварий;
- 6) оперативная передача предупредительной и аварийной информации на диспетчерский пункт;
- 7) улучшение условий и изменения характера труда эксплуатационного персонала.

## 1 Технологический объект управления

Технологическим объектом управления является насосная станция, которая представляет собой комплексную систему для перекачки жидкостей и включает в себя здание и оборудование: насосные агрегаты (рабочие и резервные), трубопроводы и вспомогательные устройства.

Здание 140 (Приложение А) является насосной станцией второго подъема, которая служит для снабжения цехов радиохимического завода промышленной водой.

ППВ подается с завода химводоочистки по трем водоводам: первый диаметром 300 мм, второй диаметром 500 мм, третий также диаметром равным 500 мм. В зависимости от давления в сети вода может поступать и от насосной станции, которая находится на соседней площадке по существующим перемышкам. Режим работы сетей устанавливается руководством отдела.

Давление воды на вводных водоводах от завода химводоочистки может варьироваться в пределах  $P = 1,5 \div 2,5$  кгс/см<sup>2</sup>, а минимальное давление  $P = 0,5$  кгс/см<sup>2</sup>.

Резервуары 138, 139 емкостью по 400 м<sup>3</sup> каждый используются, как резервные емкости для аварийных положений.

С всасывающего коллектора здания 140 ПВ насосами выдается в сеть по четырем ниткам диаметром 300 мм каждая.

Давление в напорном коллекторе здания 140 должно быть в пределах от 3,0 до 4,5 кгс/см<sup>2</sup> и поддерживается за счет изменения оборотов электродвигателей насосов № 3–5. На каждом напорном водоводе установлены предохранительные клапаны, отрегулированные на 6,0 кгс/см<sup>2</sup>.

Для повышения давления воды в здании 140 установлено 5 насосов: два насоса 1Д630-90 (рис. 1) и три насоса SCP 200/390 НА-90/4-Т4-СО/РО (рис. 2) с частотным регулированием вращения электродвигателя. Насосы работают в автоматическом режиме.

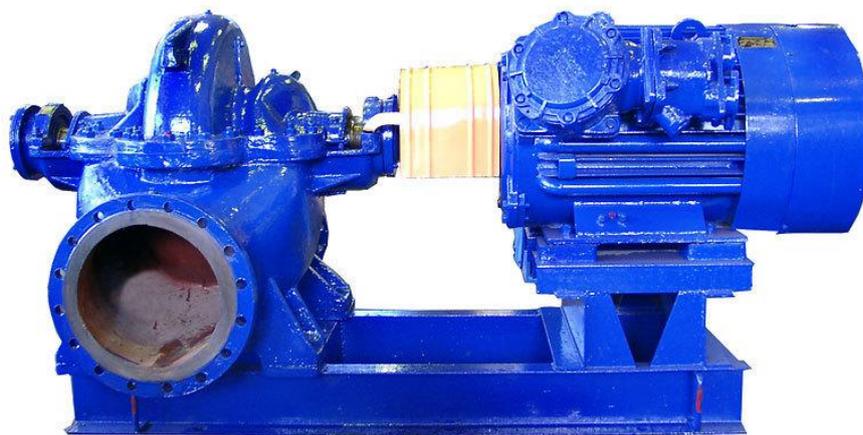


Рисунок 1 – Насос типа 1Д630-90

Насос 1Д630-90 представляет собой горизонтальный, одноступенчатый центробежный насос с двусторонним полуспиральным подводом жидкости к рабочему колесу двустороннего входа, со спиральным отводом и сальниковым уплотнением вала.

Данный вид насосов имеет горизонтальный разъем корпуса. Насос 1Д 630-90 и агрегаты на их основе предназначены для перекачивания воды и сходных с ней по вязкости  $36 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  (36 сСт) и химической активности жидкостей, температурой от 1 до +85 °С, не содержащих твердых включений более 0,05 % по массе, размером до 0,2 мм и микротвердостью более 6,5 ГПа.

Основным материалом, из которого изготовлены детали проточной части насоса 1Д - серый чугун СЧ-25, вал насоса 1Д630-90 изготовлен из стали.

Для предотвращения протечек жидкости по валу в корпусе насоса устанавливается сальниковое уплотнение. Гидравлический затвор сальника насосов 1Д обеспечивается посредством подвода жидкости к кольцу сальника по каналу в крышке насоса. Допускаемая вакуумметрическая высота всасывания до 5,5 м. Преимущества насосов типа 1Д630-90:

1) возможность работы в химически активных средах: с морской водой, с пластовой водой и нетоксичными жидкостями;

2) подбор диаметра рабочего колеса в зависимости от требований заказчика обеспечивает оптимальный выбор насоса с необходимыми характеристиками;

3) особенности конструктивного исполнения позволяют уменьшить осевые силы и нагрузки на подшипники;

4) для высоконапорных насосов найдено решение, которое позволило снизить радиальные нагрузки на ротор (за счет исполнения проточной части в виде двойной спирали);

5) легкость выполнения текущих ремонтных работ без отключения трубопроводов.



Рисунок 2 – Насос типа SCP 200/390 HA-90/4-T4-CO/PO

Одноступенчатый низконапорный центробежный насос на фундаментальной раме с аксиально-разделенным корпусом. Такой тип насоса применяется для перекачивания воды или водогликолевых смесей в системах отопления. Он может использоваться в различных отраслях промышленности, в системах водоснабжения и орошения, при оборудовании зданий и сооружений.

Особенности и преимущества насосов типа SCP 200/390 HA-90/4-T4-CO/PO:

1) простое техническое обслуживание (без снятия напорных и всасывающих трубопроводов);

- 2) низкое значение NPSH (за счет рабочего колеса двойного всасывания);
- 3) большой срок службы (распределенная нагрузка на подшипники);
- 4) возможны оба направления вращения (по часовой стрелке и против часовой стрелки);
- 5) подшипник с постоянной смазкой.

От насосов этой станции через напорный коллектор по четырем водоводам диаметрами 300 мм каждый вода поступает в кольцевую сеть площадки 25. Давление в сетях площадки 25 должно быть в пределах  $3 \div 4,5$  кгс/см<sup>2</sup>.

Таблица 1 – Характеристики насосных агрегатов

Технический № агрегата	Тип насоса	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Напор, МвС	Напряжение, В	Номинальный ток, А	Мощность, кВт	Тип электродвигателя
АД-1÷2	1Д630-90	600	35	380	200	110	АОЗ-3155-6У3
АД 3÷5	SCP 200/390 НА-90/4- Т4-СО/РО	600	35	380/ 660	167/ 96,4	90	W22

Контроль за работой насосных станций может осуществляться:

- 1) непосредственно в здании 140 по уровнемерам, манометрам и приборам на агрегатах и напорных коллекторах;
- 2) дистанционно с щита отдела главного энергетика (ОГЭ) по манометрам на напорных коллекторах типа ЭПВИ-14 и уровнемеру типа ЭИВ-2-02 в здании 802 и схеме сигнализации.

Для насосных агрегатов применяют дроссельный способ регулирования подачи жидкости и давления.

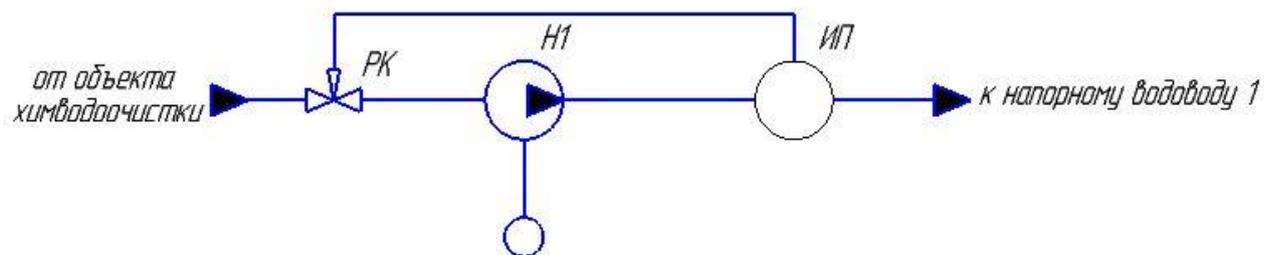


Рисунок 3 – Схема дроссельного регулирования:  
 Н – насосный агрегат, РК – регулирующий клапан, ИП – измерительный преобразователь

Данный метод является наиболее распространенным и простым, но наименее экономичным, так как часть напора, создаваемого насосами, бесполезно тратится на преодоление сопротивления задвижки и при этом рассеивается соответствующая мощность.

Одним из основных способов повышения энергетической эффективности насосных агрегатов в условиях технической модернизации систем водоснабжения является введение частотно-регулируемых электроприводов.

Преимущества от внедрения частотного ПИ – регулирования:

- 1) отсутствие гидроударов за счет плавного включения насосных агрегатов;
- 2) отсутствие резких перепадов давления в трубопроводах;
- 3) отсутствие перезапуска насосных агрегатов при кратковременных посадках электропитания;
- 4) диагностика режимов работы насосного оборудования;
- 5) энергосбережение.

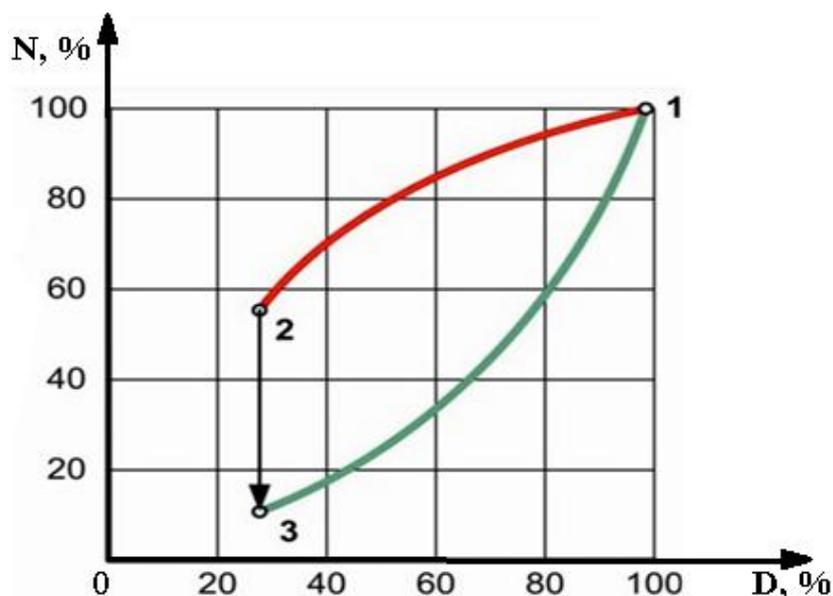


Рисунок 4 – Зависимость мощности от расхода жидкости:  
1-2 – дроссельное регулирование; 1-3 – частотное регулирование

Регулирование числа оборотов электропривода насоса может также осуществляться за счет использования в работе электропривода частотного преобразователя, электронным образом регулирующего частоту вращения вала двигателя.

Преобразователи частоты (ПЧ) – это электронные устройства для плавного бесступенчатого регулирования скорости вращения вала асинхронного двигателя.

В простейшем случае частотного регулирования управление скоростью вращения вала осуществляется с помощью изменения частоты и амплитуды трехфазного напряжения, подаваемого на двигатель.

При соединении ПЧ с расходомером, получается система, которая будет поддерживать расход с точностью до долей процента. При этом исчезают явления, связанные с прямым пуском двигателя насоса от сети, как при старт-стопном регулировании - отсутствуют броски напряжения, нет разрушения обмоток двигателя от рывков, гидравлические удары и пуск происходит плавно.

Самое главное - двигатель затрачивает ровно столько энергии, сколько ему необходимо для обеспечения заданных показателей технологического процесса, а значит идет прямая экономия электрической энергии.

В общем виде схему подключения ПЧ можно представить следующим образом (рисунок 5):

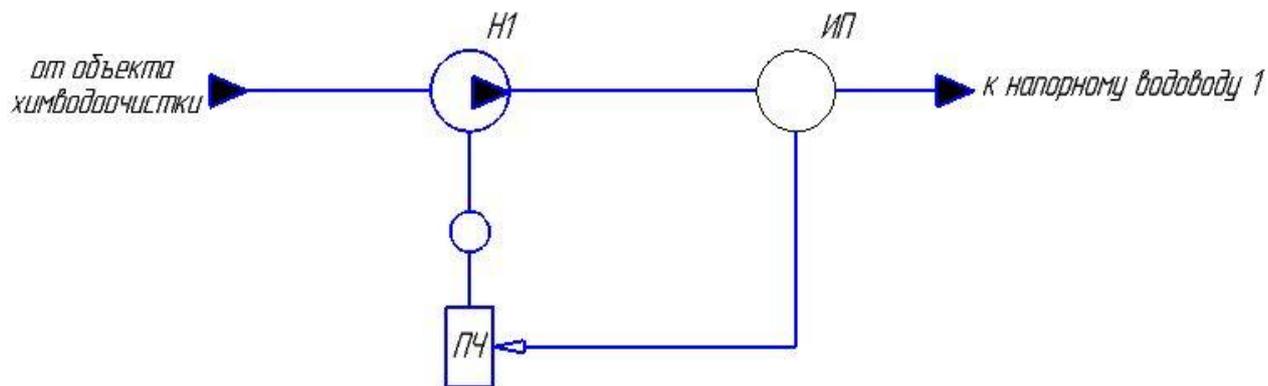


Рисунок 5 – Схема подключения преобразователя частоты:

Н – насосный агрегат, ИП – измерительный преобразователь, ПЧ – преобразователь частоты

Таблица 2 – Сравнение технических характеристик насосной станции при дроссельном и частотном регулировании

Показатель	Дроссельное регулирование	Частотное регулирование
Давление (уставка)	3,5 кгс/см <sup>2</sup>	3,5 кгс/см <sup>2</sup>
Частота (уставка)	50 Гц	30 ÷ 50 Гц
Давление на напоре	3,32 кгс/см <sup>2</sup>	3,0 ÷ 4,5 кгс/см <sup>2</sup>
Давление на всасе	2,02 кгс/см <sup>2</sup>	2,02 кгс/см <sup>2</sup>
Давление на вводных водоводах	1,62 кгс/см <sup>2</sup>	1,5 ÷ 2,5 кгс/см <sup>2</sup>
Расход водовода	131,63 м <sup>3</sup> /ч	110 ÷ 300 м <sup>3</sup> /ч

## 2 Выбор структуры автоматической системы управления насосными агрегатами

Система управления насосными агрегатами (СУНА) предназначена для управления насосными агрегатами в режиме автоматического поддержания давления в напорном коллекторе на заданном уровне. С этой целью СУНА обеспечивает:

- 1) ПИ – регулирование частоты питающего напряжения электродвигателей насосных агрегатов в зависимости от величины расхождения текущего давления от уставки;
- 2) автоматическое подключение/отключение резервных насосных агрегатов;
- 3) ввод/вывод насосных агрегатов из эксплуатации без потери давления;
- 4) отработку нештатных, аварийных ситуаций.

Структурная схема СУНА представлена на рисунке 6.

Условно структуру СУНА можно разделить на три уровня:

- 1) нижний (полевой) уровень – уровень непосредственного управления насосными агрегатами (датчики давления, температуры, расхода и т.д.);
- 2) средний уровень – уровень ПИ-регулятора. Шкаф насосной станции (ШНС), информационные и управляющие датчики;
- 3) верхний уровень – информационный уровень. Центральный пульт управления (ЦПУ), переход от внутренней управляющей цифровой сети ControllerLink (CLK) в информационную сеть завода Ethernet.

Нижний уровень состоит из частотных преобразователей, датчиков давления, датчиков температуры, датчиков расхода промышленной воды и т.д.

На нижнем уровне располагаются объекты управления – насосы, работающие в различных режимах. Пуск электродвигателей насосов осуществляется при помощи оборудования, размещаемого в силовых щитах. Таким образом, на этом уровне реализуются функции получения и передачи технологических данных, включая информацию о текущем состоянии оборудования и прием команд управления.

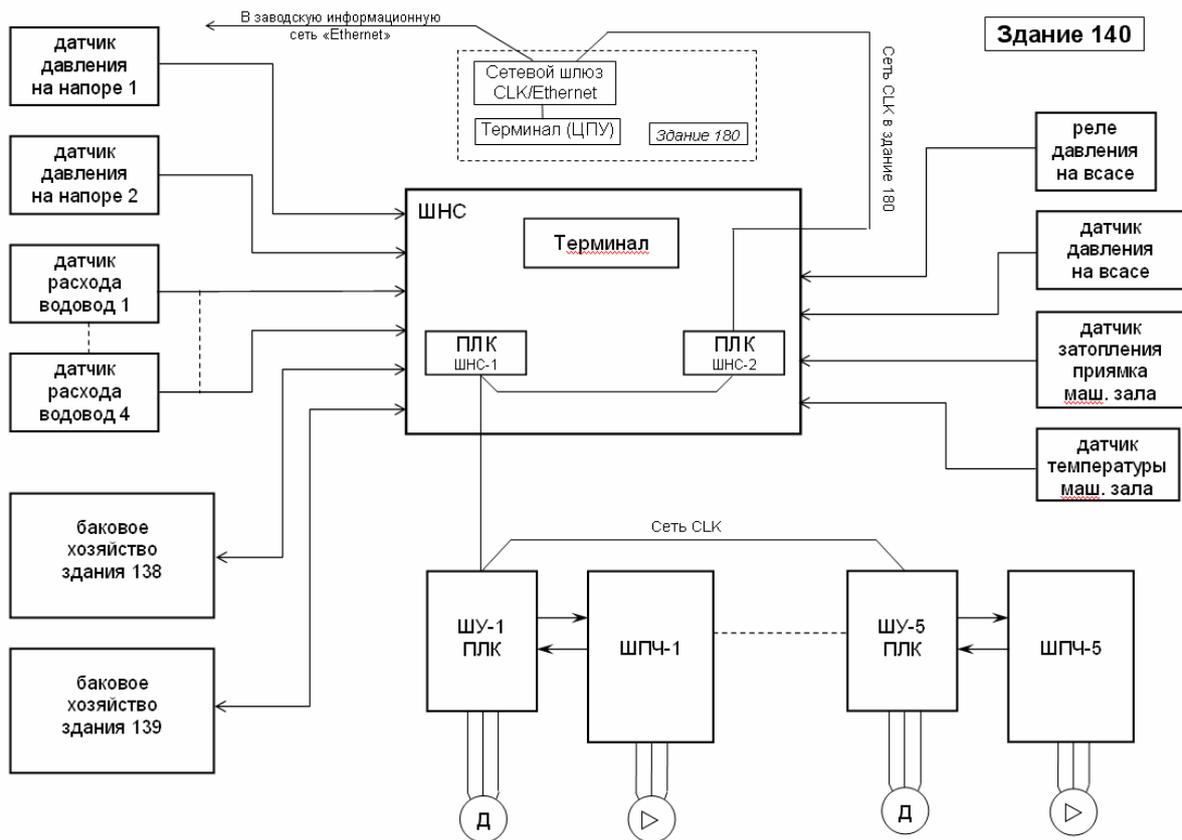


Рисунок 6 – Структурная схема системы автоматического управления насосной станции

Местный пульт управления (МПУ) каждого насосного агрегата расположен на передней панели соответствующего шкафа управления.

Средний уровень СУНА – шкаф ШНС, его информационные и управляющие датчики. Расположен ШНС непосредственно в насосной здания 140. Оборудование среднего уровня (ПЛК, источник гарантированного питания, аккумуляторная батарея, устройства защиты, релейно-контактная аппаратура и др.) размещается в щите автоматического управления, находящегося в непосредственной близости от объектов управления (в машзале).

Шкаф ШНС, является центральным управляющим звеном СУНА и выполняет следующие функции:

1) ПИ-регулятора (ПЛК ШНС-1), т.е. выдаёт значение частот для шкафов преобразователей частоты (ШПЧ). Значения вычисляются в

зависимости от величины отклонения текущего давления на напоре от величины уставки;

2) обрабатывает информацию от датчиков (расхода, давления, температуры, затопления машинного зала);

3) при аварии управляющего датчика давления, производит автоматическое переключение ПИ-регулятора на резервный датчик, подключенный к ПЛК ШНС-2;

4) управляет задвижками бакового хозяйства (здания 138, 139) и обрабатывает информационные сигналы от уровнемеров бакового хозяйства;

5) дублирует центральный управляющий пульт СУНА. Дублирование выполняется на терминальной панели расположенной на дверце шкафа ШНС;

6) отображает информацию о текущем и суммарном расходах на водоводах 1-4;

7) связывает управляющей сетью ControllerLink все шкафы ШПЧ с собственными контроллерами и центральным пультом управления щита дежурных энергетиков;

8) контролирует работу контроллеров СУНА. В случае отказа любого контроллера (ПЛК ШНС-1 или ПЛК ШНС-2) шкафа ШНС, на терминальной панели в области бегущей строки появляется сообщение о неисправности (аварии) соответствующего контроллера.

Верхний уровень СУНА – центральный пульт управления и шлюз перехода от управляющей сети Controller Link в информационную сеть завода “Ethernet”. На данном уровне осуществляется прием и обработка всего объема телемеханической информации станции, визуализации технологического процесса, централизованного хранения текущих и архивных параметров, дистанционного управления объектами в различных режимах, предоставления отчетности эксплуатирующему персоналу.

Аппаратные средства верхнего уровня разрабатываемой системы включают следующее оборудование:

1) центральный пульт управления (ЦПУ) – терминальная панель, выполняющая роль интерфейса между оператором и СУНА;

2) шлюзовой контроллер служит для передачи информации о режимах работы насосных агрегатов на архивирующий сервер;

3) источник гарантированного питания и аккумуляторная батарея.

Обмен информацией в цифровом виде между средним и верхним уровнями осуществляется по оптическому каналу связи (это объясняется тем, что между щитом автоматического управления и сервером телемеханики достаточно большое расстояние).

Устройства верхнего уровня объединяются в сеть Ethernet, стандарт которой обеспечивает передачу больших объемов данных с высокой скоростью по физическому интерфейсу 10/100BaseT и протоколу TCP/IP. Для построения сети используются кабель типа «витая пара» и Ethernet-коммутатор.

### 3 Технологические параметры

Перечень контролируемых технологических параметров и технологических сред объекта автоматизации, местоположение точек контроля технологических параметров и технических средств автоматизации, функции, выполняемые техническими средствами автоматизации, определяют в соответствии с выпиской из нормативной документации по объему оснащения паровых котлов средствами контроля и сигнализации.

Наличие знака «+» в той или иной графе означает выполнение соответствующей функции измерения, регистрации или вычисления технико-экономических показателей (ТЭП). Наличие знака «↓» или знака «↑» в графе «Сигнализация» означает выполнение функции сигнализации при достижении технологическим параметром заданного значения выше или ниже его номинальной величины.

Наименование функции «Постоянно» означает измерение технологического параметра с помощью индивидуального измерительного прибора. Наименование функции «По требованию» означает измерение технологического параметра путем подключения первичного преобразователя к измерительному прибору с помощью переключателя. Наименование функции «Сигнализация» означает автоматическую подачу светового сигнала. Наименование функции «Регистрация» означает автоматическую запись мгновенного значения технологического параметра, его усредненной за заданный интервал времени величины или величины отклонения параметра от заданного значения. Запись выполняется на диаграммной ленте или диаграммном диске самопишущих приборов, а в информационно-измерительных системах – на бланках [1].

Таблица 3 – Точки контроля и значения контролируемых параметров

№ П/ П	Параметр, состояние, положение	Форма представления информации					Значения параметров
		БЩУ					
		Постоянно	Сигнализация	Регистрация	ТЭП	По месту	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Температура промышленной воды			+		+	0÷21 °С
2	Давление на вводных водоводах	+	↑↓	+	+	+	1,5 ÷ 2,5 кгс/см <sup>2</sup>
3	Давление на напоре	+	↑↓	+	+	+	3,0 ÷ 4,5 кгс/см <sup>2</sup>
4	Расход водовода		↑↓	+			110 ÷ 300 м <sup>3</sup> /ч
5	Частота			+	+		35 ÷ 50 Гц

Сигнал, характеризующий давление в напорном водоводе, формируется первичным преобразователем 3а. Унифицированный токовый сигнал с выхода преобразователя идет на вход регулирующего устройства ба. Если в регулирующем устройстве (РУ) ба возникает сигнал рассогласования, то в РУ вырабатывается управляющее воздействие, которое подается на преобразователь частоты 5а. Преобразователь частоты управляет исполнительным механизмом 5б (электрическим двигателем насоса), который с помощью механической связи соединен с регулирующим органом.

## 4 Выбор технических средств АСР. Составление заказной спецификации приборов и средств автоматизации

### 4.1 Выбор датчика давления промышленной воды

При измерении давления на теплоэнергетических объектах используются различные датчики, такие как, датчики абсолютного давления, избыточного давления, перепада давления, разности и другие.

Рассмотрим возможные варианты датчиков с необходимой модификацией:

- 1) датчик давления ПД100-ДИ М, производитель – ПГ «Овен», г. Москва;
- 2) интеллектуальный датчик давления Метран 150TG, производитель – ПГ «Метран», г. Челябинск.

Приведем сравнительную характеристику для датчиков давления (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристики преобразователей давления

Характеристика/тип	Метран-150TG2	ПД100-ДИ М
Выходной сигнал	4-20 мА, HART протокол	4-20 мА
Время отклика	150 мс	165 мс
Температура процесса	-55...80 °С	-40...80 °С
Питание	24 В DC, 220 В AC	12...36 В пост.тока
Материалы мембраны	Нержавеющая сталь 316L	Нержавеющая сталь 316L
Конструктивное исполнение	Стандартное: IP67	IP65
Погрешность измерения	± 0,2 % от установленного диапазона измерения	± 0,5 % от установленного диапазона измерения
Диапазоны измеряемых давлений	0...693 кгс/см <sup>2</sup>	0,25...101,9 кгс/см <sup>2</sup>
Межповерочный интервал	4 лет	3 года
Гарантия	5 лет	5 лет

Оба вида преобразователей подходят, они имеют сравнительно близкие характеристики, как по классу точности, так и по надежности.

Однако, рассмотрим вариант преобразователя избыточного давления фирмы ОАО «Метран» типа Метран 150TG2. Интеллектуальные датчики давления данной серии используют для преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал или цифровой сигнал в стандарте HART-протокола входных измеряемых величин: избыточного давления, разности давлений и т.д [2]. Эта структура имеет высокую надежность и точность, поэтому для данного проекта выбираем данный тип преобразователя.

В качестве преобразователя давления на напорном водоводе выбираем также Метран 150TG2, измеряющий избыточное давление. Верхний предел измерения у этой модели 60 МПа.



Рисунок 7 – Преобразователь давления Метран 150TG2

#### 4.2 Выбор преобразователя расхода

Измерение расхода промышленной воды, проходящей через насосную станцию здания 140, осуществляется методом переменного перепада давления.

Метод измерения расхода по перепаду давления в сужающем устройстве основан на зависимости перепада давления в неподвижном сужающем устройстве, устанавливаемом в трубопроводе, от расхода измеряемой среды. Это устройство следует рассматривать как первичный преобразователь расхода.

Расходомер переменного перепада давления состоит из таких элементов как сужающее устройство, дифференциальный манометр, который предназначен для измерения перепада давления и соединительные линии с запорной и предохранительной арматурой.

Для расхода промышленной воды выбираем в качестве сужающего устройства диафрагму типа ДВС-32-300.

Рассмотрим такие альтернативные варианты преобразователей разности давления, как Сапфир 22М – ДД. Преобразователи данного типа используют для работы в системах автоматического контроля, управления и регулирования технологическими процессами, также обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра (давления нейтральных и агрессивных сред) в унифицированный токовый выходной сигнал дистанционной передачи.

Также можно рассмотреть вариант преобразователя разности давлений типа Метран 150CD. Интеллектуальные датчики давления данной серии используют для преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал или цифровой сигнал в стандарте HART-протокола входных измеряемых величин разности давлений [3].

Выбираем преобразователь разности давлений типа Метран 150CD, так как данный тип преобразователей имеет высокую надежность и точность.



Рисунок 8 – Преобразователь разности давления Метран 150CD

Технические характеристики преобразователя разности давлений представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики преобразователя разности давлений

Характеристика/тип	Метран-150CD
Выходной сигнал	4-20 мА, HART протокол
Время отклика	150 мс
Температура процесса	-40...220 °С
Питание	24 В DC, 220 В AC
Материалы мембраны	Нержавеющая сталь 316L
Конструктивное исполнение	Стандартное: IP67
Погрешность измерения	± 0,2 % от установленного диапазона измерения
Диапазоны измеряемых давлений	0...68 МПа
Межповерочный интервал	4 лет
Гарантия	5 лет

#### 4.3 Выбор датчика температуры промышленной воды

При измерении температуры на теплоэнергетических объектах в качестве первичных преобразователей используют термопреобразователи сопротивления (ТПС) и термоэлектрические преобразователи (ТЭП). В настоящее время выпуск стандартных термопреобразователей освоен промышленной группой «Метран» (г. Челябинск) и заводом «Эталон» (г. Омск). Термопреобразователи предназначены для измерения температуры газообразных и жидких неагрессивных и агрессивных сред, а также твердых тел.

Таблица 6 – Технические характеристики ТПС с унифицированным токовым выходным сигналом

Наименование	ТСП-0193
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, %	± 0,25; ±0,5 ± 0,25; ±0,5; ±1,0
Выходной сигнал, мА	4 – 20
Пределы измерений, °С	-50...+500 °С
Потребляемая мощность, Вт	0,8

Защитные чехлы погружаемых термопреобразователей рассчитаны на малые условные давления, поэтому при установке термопреобразователей в трубопроводы с высокими давлениями необходимо предварительно устанавливать защитную гильзу на соответствующее условное давление [4]. Защитные гильзы предназначены для защиты термопреобразователей (датчиков температуры) от воздействия измеряемых сред с высоким давлением и температурой.

#### 4.4 Выбор преобразователя частоты

Регулирование числа оборотов электропривода насоса осуществляется с помощью преобразователя частоты. Приведем описание технических характеристик преобразователей частоты от компаний «Omron» и «Овен».

Преобразователь частоты типа CIMR – E7Z41320B фирмы Omron предназначен для управления нагрузкой с переменным моментом, это могут быть центробежные насосы и вентиляторы. Частотник осуществляет вольт-частотное регулирование, его перегрузочная способность составляет 110 % в режиме обычной нагрузки в течение одной минуты. Исключительная особенность частотника типа CIMR E7 – это специальный алгоритм энергосбережения, который позволяет дополнительно экономить до 20 % электрической энергии [6].

Линейка преобразователей частоты Овен ПЧВЗ предназначены для плавного пуска и останова двигателя. Особенности данного типа частотника:

- 1) встроенный ПИ-регулятор;
- 2) вольт-частотный или векторный алгоритмы управления;
- 3) полная функциональная и аппаратная диагностика и защита работы ПЧВ.

Проанализировав технические характеристики преобразователей частоты остановимся на CIMR – E7Z41320B фирмы Omron. Так как он имеет усовершенствованный ПИ-регулятор с функциями HVAC .

Внешний вид преобразователя частоты представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Преобразователь частоты типа CIMR – E7Z41320В фирмы Omron

#### 4.5 Выбор программируемого логического контроллера

В автоматических системах регулирования сейчас используют программируемые логические контроллеры (ПЛК). Конструкция этих систем управления рассчитана на удовлетворение растущих потребностей в скорости обработки и прозрачности сетей. Они обеспечивают совместимость при обмене данными в модулях, между модулями и главными компьютерами, а также между оборудованием и удаленными станциями.

Рассмотрим два типа ПЛК от фирмы Omron: CJ1G-P и CS1D.

В один модуль ЦПУ модульного логического контроллера типа CJ1G-P встроены одновременно инструменты для высокотехнологичного, высокоскоростного регулирования параметров технологических процессов (таких как давление, температура или расход) и инструменты для высокоскоростного последовательного программного управления.

Достоинства модульного ПЛК серии CJ1G-P:

1) упрощенное проектирование благодаря использованию функциональных блоков при программировании;

2) функции программного управления и регулирования с обратной связью составляют единое целое;

3) экранные формы для устройств ЧМИ автоматически генерируются из функциональных блоков;

4) обновленные функции регулирования поддерживают регулирование по нескольким контурам;

5) использована проверенная временем технология регулирования серии CS;

6) эффективные функции прогнозирования профилактического обслуживания;

7) недорогое решение для многоконтурного регулирования.

CS1D дополняет хорошо проявившую себя архитектуру CS1 функциями дублирования, обеспечивающими абсолютно безотказное функционирование системы и исключаящими даже самые минимальные простои. Сдвоенные центральные процессоры, с функциями управления циклом или без них, непрерывно следят друг за другом на предмет возникновения сбоев, что освобождает пользователя от написания специальных программ. Другим, еще более простым способом повышения надежности системы является применение сдвоенных источников питания. Возможность "горячей" замены модулей ЦПУ, источников питания и модулей ввода/вывода позволяет производить обслуживание системы практически без прерывания технологического процесса. Достоинства контроллера типа CS1D:

1) дублирование ЦПУ, дублирование источника питания, дублирование интерфейса связи;

2) написание специальной программы, равно как и программные средства не требуются;

3) "горячая" замена модулей ввода/вывода;

4) допускается установка любых стандартных модулей ввода/вывода серии CS1;

5) идеальное решение для ответственных объектов, таких как электростанции, системы водоснабжения и круглосуточные производственные линии.

Таблица 7 – Технические характеристики программируемого логического контроллера

Наименование	CJ1G-P	CS1D
Количество точек ввода/вывода	1280	5120
Память данных	128 К слов	64 К ... 448 К слов
Объем программы пользователя	10...60 К шагов	10 К ... 250 К шагов
Потребляемый ток	5 В, постоянного тока, 0,82 А	5 В, постоянного тока, 0,82 А
Время выполнения	0,04 мкс	0,04 / 0,02 мкс
Специальные функции	Модуль ЦПУ с функциями регулирования с обратной связью, встроенный алгоритм регулирования по градиенту, большая емкость памяти программ	Дублирование, ЦПУ со встроенным контуром регулирования, "горячая" замена
Связь	Ethernet, EtherNet/IP, Controller Link, DeviceNet, PROFIBUS-DP, PROFINET, ModBus, CompoNet, CompoBus/S, CAN (свободно конфигурируемый	Ethernet, Controller Link (дуплексное/оптическое кольцо), послед. интерфейс, DeviceNet, PROFIBUS-DP, CAN, CompoBus/S

Два контроллера различны по специальным функциям и памятью данных. Выберем контроллер типа CJ1G-P более простой в устройстве, а также относительно недорогой.

Контроллер построен на современной цифровой элементной базе, в него изначально заложены достаточно мощные аппаратные ресурсы: процессор, с широкими вычислительными возможностями, большое количество памяти.

Программируется контроллер с помощью профессиональной среды CX-Programmer, которая входит в комплект поставки. Кроме того, доступна бесплатная библиотека функциональных блоков, облегчающая процесс проектирования математического обеспечения.



Рисунок 10 – ПЛК от фирмы Omron типа CJ1G-P

Встроена батарея бесперебойного питания, позволяющая выполнять программу при пропадании питания, и переводить выходные элементы в безопасное состояние.

Имеется различные типовые выходные элементы, которые можно выбрать при заказе контроллера, а также универсальные аналоговые входы для подключения широкого спектра датчиков и встроенный интерфейс RS – 232 и RS – 485 [7].

#### 4.5.1 Описание многофункционального контроллера CJ1G-P фирмы Omron

##### Модуль CJ1W-PD022

Модуль предназначен для питания модулей контроллера программируемого CJ1G-P от сети постоянного тока с возможностью резервирования.

Технические характеристики модуля приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики модуля CJ1W-PD022

Наименование характеристики	Единица измерения	Значение
Напряжение питания	В	24 В
Потребляемая мощность	Вт	50
Диапазон рабочего напряжения:	В	19,2 – 28,8
Пусковой ток	А	30
Рабочая температура	°С	0 – 50
Габаритные размеры, не более	мм	60×90
Масса, не более	кг	5

Модуль имеет конструкцию, аналогичную конструкции функциональных модулей контроллера, и состоит из печатной платы и металлического корпуса.

#### Модуль CJ1M-CPU 11

Процессорный модуль типа CJ1M-CPU 11 предназначен для логической обработки данных и выдачи сигналов управления в соответствии с прикладной программой, а также для обмена данными между модулями. Процессорные модули сохраняют данные в энергонезависимой памяти и имеют часы реального времени. Обеспечивает отличную высокую скорости производительность [8].

Технические характеристики модуля приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики процессорного модуля

Наименование характеристики	Значение
Объем памяти данных контроллера	32 К слов
Потребляемый ток 5В	580 мА
Время выполнения команд	0,1 мс
Максимальное количество входов/выходов	160 шт.
Расширяемость ПЛК	до 10 модулей

Внешний вид модуля представлен на рисунке 11.

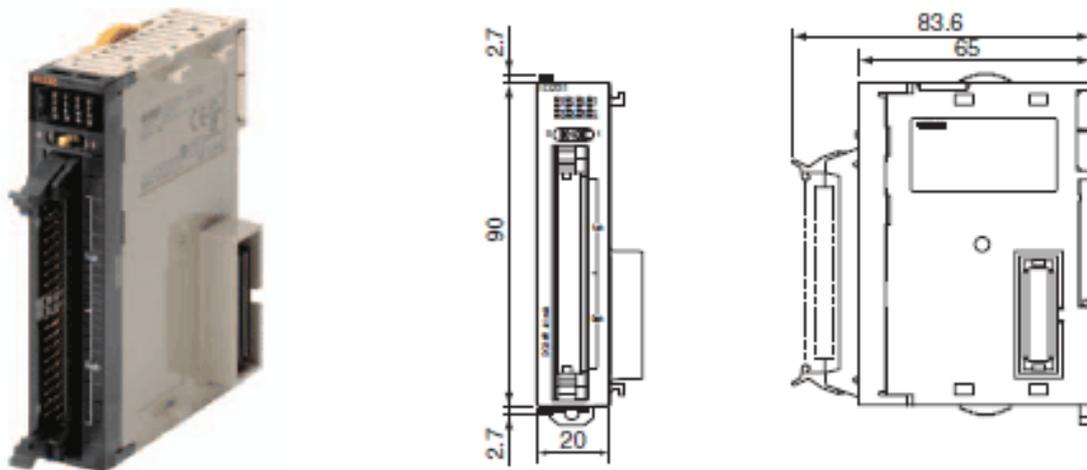


Рисунок 11 – Внешний вид модуля центрального процессора CJ1M-CPU 11

Все модули ЦПУ поддерживают программирование на языках структурированного текста, последовательных функциональных схем и на языке релейно-контактной логики («лестничных диаграмм»), предусмотренных стандартом IEC61131-3.

#### Модуль CJ1W-CLK21-V1

Коммуникационные модули Controller Link имеют независимый процессор и передача данных может осуществляться даже при остановленной программе. Сеть Controller Link является основной в системах промышленной автоматизации с использованием программируемых контроллеров корпорации Omron.

Подключение модуля Controller Link к сети обеспечивает установление обмена данными между программируемыми контроллерами. Сеть Controller Link является сетью реального времени. В качестве соединительных линий сети Controller Link используют двухпроводные витые кабели или оптоволоконные кабели.

## Модуль CJ1W-SCU31-V1

Коммуникационный модуль последовательной связи для CJ1, 2 порта RS-422/485. Особенности модуля:

- 1) возможность резервирования каналов связи;
- 2) согласование интерфейсов связи и преобразование протоколов;
- 3) поддержка стандартных открытых и специализированных промышленных протоколов;
- 4) высокоскоростная передача данных.

## Модули CJ1W-ID211(SL) и CJ1W-OD211(SL)

Модули дискретных входов/выходов служат для взаимодействия ПЛК с другим оборудованием, позволяя наладить оперативное и надежное автоматическое управление. Для своей линейки программируемых логических контроллеров CJ1 компания Omron предусмотрела обширный ассортимент модулей - от релейных выходов до скоростных входов постоянного напряжения. Благодаря этому открываются возможности гибкой настройки ПЛК под определенную задачу управления. В серии CJ1 представлены модули с различными способами подключения и разным количеством входов/выходов.

Например, при помощи съемных клеммных блоков могут быть присоединены до 16 входных/выходных цепей. Для этого используются винтовые (M3) или безвинтовые пружинные зажимы. Модули на 32 и 64 точки с высокой плотностью входов/выходов подключаются через стандартные разъемы под 40-жильный кабель. Что касается простого подсоединения цепей к модулям с высокой плотностью разъемов, то в данном случае подойдут готовые клеммные блоки и кабели.

Технические характеристики модулей приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики дискретных модулей

Наименование характеристики	Значение
Тип	вход постоянного тока
Количество точек	16 шт.
Номинальное напряжение	24 В
Номинальный ток	7 мА
Способ подключения	безвинтовые клеммы

#### Модуль CJ1W-AD081-V1

Модуль аналоговых входов - это устройство для приема аналоговых сигналов постоянного тока. При подключении к ПЛК такой модуль позволяет увеличить эффективность управления автоматизированной системой, расширяя возможности производства. Модули ввода/вывода сигналов процесса совместимы с разнообразными датчиками и гарантируют высокую скорость получения необходимой информации.

Аналоговые выходы могут быть использованы для внешней индикации или улучшения точности управления. В аналоговых модулях CJ предусмотрены такие возможности, как фильтрация, масштабирование, а также автоматическое оповещение об аварийных ситуациях. Благодаря такому подходу, отпадает необходимость создавать сложные программы для подключенных ПЛК.

Таблица 11 – Технические характеристики модуля CJ1W-AD081-V1

Наименование характеристики	Значение
Количество точек	8 шт.
Время преобразования	250 мкс
Диапазон сигналов:	1 – 5 В; 0 – 10 В
Допустимое отклонение напряжения	±0,2 %
Допустимое отклонение тока	±0,4 %
Способ подключения	безвинтовые клеммы

## 6 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления

Принципиальная электрическая схема отображает все устройства и элементы, которые входят в состав изделия, показывает их входные и выходные элементы, а также соединение между этими устройствами и элементами. По схеме осуществляется проверка правильности электрических соединений при монтаже и наладке электрооборудования. От качества разработки принципиальной схемы зависит четкость работы производственного механизма, его производительность и надежность в эксплуатации.

В процессе проектирования систем автоматизации различных технологических процессов принципиальные электрические схемы разрабатывают в следующем порядке:

- 1) на основании функциональной схемы автоматизации составляют четко сформулированные технические требования, предъявляемые к принципиальной электрической схеме;
- 2) применительно к этим требованиям задают условия и последовательность действия схемы;
- 3) каждое из заданных условий действия схемы изображают в виде тех или иных элементарных цепей, отвечающих данному условию действия;
- 4) производят выбор аппаратуры и электрический расчет параметров отдельных элементов;
- 5) корректируют схему в соответствии с возможностями принятой аппаратуры;
- 6) проверяют в схеме возможность возникновения ложных или обходных цепей или ее неправильной работы при повреждениях элементарных цепей или контактов;
- 7) рассматривают возможные варианты решения и принимают окончательную схему применительно к имеющейся аппаратуре.

Система электрического питания должна обеспечить необходимую надёжность питания, соответствующее качество электроэнергии, экономичность, удобство и безопасность обслуживания.

Схема электрическая принципиальная щита управления представлена на листе ФЮРА.421000.018 С3.

Питание щита АСУ осуществляется от трехфазной электрической цепи номинальным напряжением 380 В. Количество вводов питания – 2 (основной и резервный).

Для защиты оборудования от перегрузок и токов короткого замыкания, устанавливаемого внутри щита управления, все питающие напряжения подаются через отдельные автоматические выключатели.

На входе цепи питания 220 В предусмотрена защита от перенапряжения РТ 2-РЕ/S-230AC-ST (Z01). Для резервирования питания и преобразования напряжения сети переменного тока 220 В в постоянное напряжение 24 В установлен импульсный источник питания EF UPS EF UPS 1AC/24DC-4 (G1) с блоком аккумуляторной батареи АБ-24М (G2), обеспечивающей автономную работу всех устройств щита в течение не менее 30 минут.

В щите управления предусмотрено внутреннее рабочее освещение (лампа EL1) для обслуживания и ремонта. Для автоматического включения лампы при открытии и выключения при закрытии дверцы шкафа предусмотрен концевой выключатель SQ1.

Для защиты коммуникационных модулей ПЛК предусмотрены блоки защит РТ 4x1-12AC-ST (Z1, Z2).

Для обеспечения связи между ПЛК и оборудованием верхнего уровня (центральным пультом управления) используют внутреннюю управляющую цифровую сеть ControllerLink, которая переходит в информационную сеть завода Ethernet. Оптический кросс применяется для неразъемного соединения одноканальных оптических шнуров и магистрального многоволоконного оптического кабеля.

Для ручного управления в схеме предусмотрена группа коммутирующих устройств – кнопки с подсветкой SB1...SB6 (для открытия/закрытия и предотвращения аварии нужной задвижки), а также кнопки с подсветкой SB7, SB8 (для выбора скорости преобразователя частоты насосного агрегата). Также для преобразователя частоты предусмотрен индикатор HL4 (оповещает о выходе из строя ПЧ).

## 7 Разработка общего вида щита управления

Щиты и пульта системы автоматизации предназначены для размещения на них средств контроля и управления технологическим процессом, контрольно-измерительных приборов, элементов сигнализации, защиты, блокировки и других элементов.

Щиты устанавливаются в производственных и специальных щитовых помещениях: операторных, диспетчерских, аппаратных, машинных залах и т.п. Щиты бывают панельные с каркасом и шкафные. Фасадная панель состоит из двух (исполнение 1) и трех (исполнение 2) функциональных полей.

При проектировании щитов рассматриваются такие задачи, как:

- 1) выбор типов и размеров шкафов, панелей с каркасом, корпусов пультов, стоек и вспомогательных элементов щитов и пультов;
- 2) определение монтажных зон щитов шкафных, панельных с каркасом, стивов, пультов;
- 3) компоновка приборов и аппаратуры, а также изделий для их монтажа на фасаде и внутри щитов.

Чертеж общего вида щита содержит вид спереди, вид на внутренние плоскости, таблицу надписей на табло и в рамках.

На виде спереди единичного щита показывают приборы, средства автоматизации, проставляют габаритные размеры щита, размеры, координирующие установку на нем всех приборов и средств автоматизации.

На чертеже вида на внутренние плоскости щита боковые стенки, поворотные конструкции, крышки, находящиеся в разных плоскостях, изображают условно развернутыми в плоскости чертежа.

На внутренней плоскости щита показывают:

- установленные на нем приборы и электроаппаратуру;
- изделия из монтажа электропроводок (упоры, колодки маркировочные, блоки зажимов и другие элементы).

Общий вид щита представлен на листе ФЮРА.421000.018 ДМ1.

Габаритные размеры щита должны обеспечивать удобство монтажа и обслуживания. При разработке щита были определены его габариты: высота – 1200 мм, ширина – 600 мм, глубина – 300 мм [10].

Конструктивно щит имеет закрытое исполнение и одностороннее обслуживание.

Для удобства обслуживания предусмотрены лампа местного освещения и розетка 220 В.

В выпускной квалификационной работе используется шкаф распределительный типа СМ 5112.500, габаритные размеры которого 1200x600x300 производства фирмы Rittal (Германия). На чертежах изображен вид щита спереди и на монтажные панели. На двери распложен светильник. На передней монтажной панели расположены элементы питания шкафа (блоки питания, автоматы защиты), модули ПЛК, реле, клеммные сборки. В нижней части щита расположены элементы цоколя. Цоколь имеет центральное отверстие, через которое обеспечивается циркуляция воздуха, а также подвод силовых и коммуникационных кабелей снизу из пространства под фальшполом.

## 8 Выбор SCADA-пакета. Разработка мнемосхемы

Для создания человеко-машинного интерфейса используется компонент CX – Programmer (разработчик – компания Omron, Япония). CX – Programmer является единым программным пакетом для программируемых логических контроллеров компании Omron, составляющий единое целое с комплектом программного обеспечения CX-One [8].

Этот компонент предназначен для разработки, визуализации и управления объектами технологического процесса на мнемосхемах в реальном масштабе времени и имеет следующие основные функции:

1) создание визуальных объектов, позволяющих с необходимой степенью детализации разработать виртуальный образ реального технологического процесса;

2) отображение значений параметров объектов текстом, графическими объектами, анимацией;

3) средства разработки обеспечивают создание мнемосхем без создания программного кода, что существенно снижает требования к квалификации пользователей;

4) время обновления графической информации составляет 50 мс, что позволяет оперативно реагировать на изменения в ходе технологического процесса.

Контроль и управление технологическим процессом в системе производится при помощи набора экранных форм. Экранные формы предназначены для контроля состояния и управления технологическим оборудованием. Каждая форма дает представление о работе каждого технологического узла или подсистемы, а также о технологическом процессе. Формы позволяют осуществлять выполнение и оперативный контроль процессами управления технологическим оборудованием.

В качестве элементов экранных форм могут выступать знаки символизации, отражающие состояние технологического оборудования. Знак

символизации – это графический символ, визуализирующий необходимый набор состояний и режимов технологического оборудования, группы оборудования или целого процесса. Знаки символизации призваны отражать весь возможный набор состояний технологического оборудования, включая штатные, нештатные и аварийные режимы. Нештатные и аварийные режимы работы отображаются посредством ярких цветовых схем и мигания.

Диалоговые окна управления оборудованием предназначены для вывода информации о технологическом объекте и управлении им. Диалоговые окна управления оборудованием вызываются, как правило, со знака символизации на мнемосхеме.

На экране терминальной панели ЦПУ может отображаться несколько управляющих окон. Выбор управляющего окна осуществляется оператором. Навигация по терминальной панели осуществляется легким прикосновением пальца к управляющим элементам (кнопки, стилизованные изображения, информационные поля) на экране терминальной панели. По умолчанию на экране терминальной панели отображается главное окно управления основного контроллера. Из главного окна терминальной панели можно войти в:

- 1) окно управления любого из пяти насосных агрегатов;
- 2) окно выбора управляющего терминала (центрального, либо дублирующего);
- 3) окно контроля питания контроллеров и контроля состояния сети;
- 4) окно индикации и задания уставки текущего давления на напоре насосной станции;
- 5) окно аварий и тревог СУНА.

Смена уставки осуществляется прикосновением к надписи «Уставка» и последующим набором требуемой уставки (рисунок 18). Набор осуществляется на клавиатуре, появляющейся на экране терминальной панели

Напор №1 – текущее давление на напоре насосной станции, отображаемое основным датчиком давления, напор №2 – текущее давление на напоре насосной станции, отображаемое резервным датчиком давления.

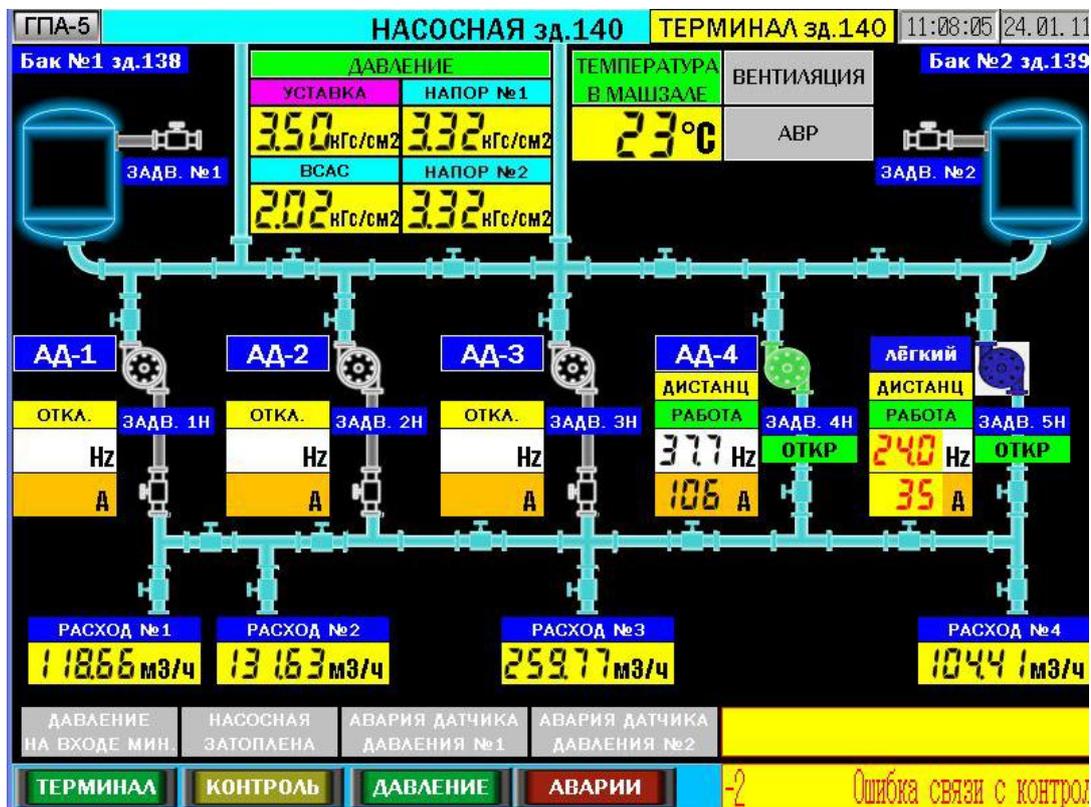


Рисунок 19 – Основная мнемосхема насосной станции

Выбор датчика, с которым будет работать управляющий ПИ-регулятор осуществляется прикосновением к надписям «Напор №1» или «Напор №2». Цвет надписи «Напор №1» и «Напор №2» указывает, от какого датчика осуществляется ПИ-регулирование.

В случае возникновения ситуации, определяемой СУНА, как “Авария датчика” (обрыв цепи, неисправность датчика и т.п.) загорается табло «Авария датчика №1 (№2)». При этом ПИ-регулятор контроллера автоматически переключится на резервный датчик.

Всас – это величина давления на всасе насосной станции. Кроме текущего давления, СУНА отображает информацию о достижении давления на всасывающем коллекторе насосной станции минимального порогового

значения. В качестве порогового элемента используется реле давления. Информация от реле давления выводится на индикатор «Давление на входе мин.».

Расход №1 ÷ Расход №4 отображает величину текущие показания объёмного расхода на 1 ÷ 4 водоводах в м<sup>3</sup>/час.

Окно насосного агрегата (рисунок 20) – это окно, в котором задаются режимы работы насосного агрегата и отображается подробная информация о режимах и параметрах работы ПЧ, состоянии задвижки, уровне давления на напорном коллекторе.

На графиках отображаются параметры работы ПЧ (частота, ток, напряжение на шине постоянного тока) за последние 3 часа работы насоса (архив). Кнопка  позволяет остановить процесс отображения параметров в режиме реального времени для просмотра архива. Навигация по архиву осуществляется с помощью кнопок ,  и , . Чтобы вновь запустить отображение параметров ПЧ в реальном времени, необходимо повторно нажать кнопку , подтвердив команду в появившемся диалоговом окне.

В нижней части окна расположены информационные поля, отображающие дополнительные параметры ПЧ:

- 1) напряжение на выходе частотного регулятора;
- 2) напряжение на шине постоянного тока ПЧ (DCbus);
- 3) время работы частотного регулятора;
- 4) количество электроэнергии, потребленной электроприводом.

При нажатии на кнопку «Управление насосом», появляется управляющее окно. Режим работы насосного агрегата выбирается клавишами:

- дистанционный;
- резервный;
- отключен;
- местный;
- наладка.

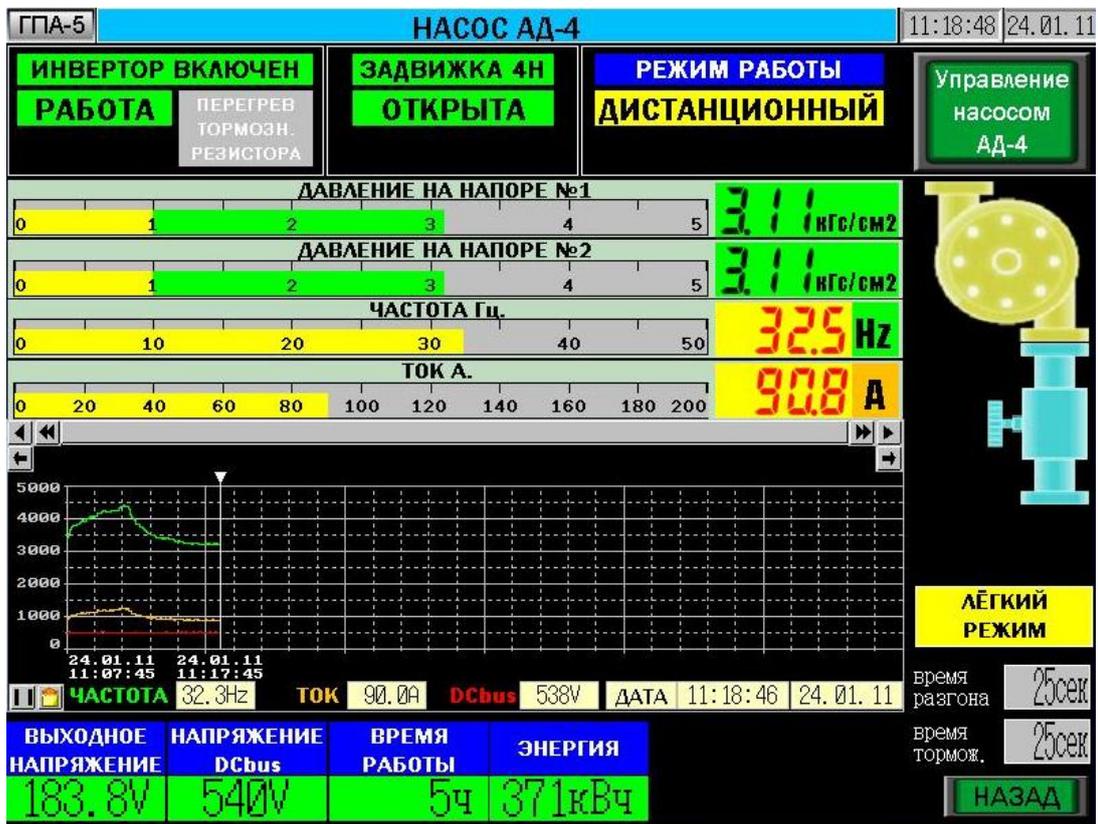


Рисунок 20 – Окно управления насосными агрегатами

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б2В	Чебоचाковой Диане Анатольевне

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>АТП</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость ресурсов</i>	<i>Зарботная плата инженера 10 разряда, тарифы на электроэнергию, надбавка за повышенную интенсивность труда – 3200 руб.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Отчисления на социальные нужды – 30 %, накладные расходы – 200 % от ЗП, издержки на монтаж, транспортировку оборудования – 20 % от затрат на тех. средства</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Перечень работ и их продолжительность по времени, распределение по исполнителям</i>
<i>2. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	<i>Смета затрат на проект, смета затрат на оборудование автоматизации</i>
<i>3. Составление бюджета инженерного проекта</i>	<i>Расчет годовых эксплуатационных затрат</i>
<i>4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Расчет экономической эффективности.</i>

**Перечень графического материала**

--	--

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

--	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. МЕН	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б2В	Чебочакова Диана Анатольевна		

## 9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является качественное и количественное доказательство целесообразности модернизации системы водоснабжения радиохимического завода, а также определение организационных и экономических условий ее эффективного функционирования.

9.1 Определение единовременных капитальных вложений на приобретение средств автоматизации и их монтаж

Для определения капитальных вложений на приобретение средств автоматизации, материалов и комплектующих изделий составим смету затрат (таблица 16).

Таблица 16 – Смета затрат на оборудование, материалы и комплектующие

№ п/п	Наименование	Цена за ед., руб.	Кол -во	Суммарная цена, руб.
1	2	3	4	5
1	Контроллер Omron CJ1	130058	1	130058
2	Модуль EF UPS 1AC/24DC- 4	10000	1	10000
3	Аккумуляторная батарея АБ-24М	5000	1	5000
4	Выключатель автоматический A9F74202iC60N 2/2C	300	2	600
5	Выключатель автоматический A9F74270iC60N 2/0,5C	300	1	300
6	Выключатель автоматический A9N18350 C120N 3П 100А В	1260	1	1260
7	Предохранители 0,315 А	36	3	108
8	Пускатель магнитный Moeller DILM7	1040	4	4160
9	Устройство защиты РТ 2-РЕ/S-230АС	1000	1	1000

Окончание таблицы 16

10	Преобразователь частоты CIMR-E7Z41320B	86000	1	386000
11	Тормозной резистор IP20 Ом	800	1	800
12	Розетка Legrand 042 85	329	1	329
13	Светильник Rittal SZ 4103.350	956	1	956
14	Термореле ETA WI 284*1141	300	2	600
15	Блок зажимов STS 2,5-TWIN-PE 3031733	50	3	150
16	Клемма STS 2,5-TG 3037009	55	12	660
17	Реле Finder 55.34.9.024	182	5	910
18	Кнопка с подсветкой Moeller M22-DL-G	162	8	1296
19	Кнопка с подсветкой Moeller M22-DL-R	190	2	380
20	Провод НВ-0,50 4 600 ГОСТ 17515-72	3,48	250	870
21	Провод НВ-1,00 4 600 ГОСТ 17515-72	8,94	50	447
22	Шкаф приборный Rittal AE 1260.500	11596	1	11596
23	Преобразователь разности давления Метран 150CD	26000	1	26000
24	Преобразователь давления Метран 150TG2	11000	1	11000
25	Термопреобразователь сопротивления типа ТСП-0193	1000	1	1000
26	Фильтр входной 3J3RV-PF/3200-SE	2200	1	2200
	Итого			596175

Издержки на демонтаж, транспортировку, монтаж оборудования составят 20 % от затрат на технические средства:

$$K_{\text{монт}} = 0,2 \cdot K_{\text{оборуд}} = 0,2 \cdot 596175 = 119235 \text{ руб.}$$

Общий размер единовременных капиталовложений составит:

$$K = K_{\text{оборуд}} + K_{\text{монтаж}} = 596175 + 119235 = 715410 \text{ руб.}$$

## 9.2 Годовые эксплуатационные затраты

Оклад рабочих составляет 15000 рублей, тогда годовые издержки на зарплату обслуживающему персоналу составят:

$$ЗП_{\text{перс}} = 15000 \cdot k_p \cdot n \cdot 12,$$

где  $k_p = 1,3$  – районный коэффициент;

$n = 1$  чел. – обслуживающий персонал данной системы;

$$ЗП_{\text{перс}} = 15000 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 12 = 234000 \text{ руб.}$$

Социальные отчисления составят 30 % от заработной платы:

$$K_{\text{со}} = 0,3 \cdot ЗП_{\text{перс}},$$

$$K_{\text{со}} = 0,3 \cdot 234000 = 70200 \text{ руб.}$$

Издержки на амортизацию (при сроке службы технических средств  $T_{\text{сл}} = 10$  лет):

$$K_{\text{ам}} = 0,1 \cdot 596175 = 59617,5 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт составляют 10 % от амортизации:

$$K_{\text{рем}} = 0,1 \cdot K_{\text{ам}},$$

$$K_{\text{рем}} = 0,1 \cdot 59617,5 = 5961,75 \text{ руб.}$$

Суммарные годовые издержки составят:

$$K_{\text{год}} = K_{\text{зп}} + K_{\text{со}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{рем}},$$

$$K_{\text{год}} = 234000 + 70200 + 59617,5 + 5961,75 = 369779,25 \text{ руб.}$$

## 9.3 Расчет экономической эффективности

Эффективность работы системы водоснабжения данного предприятия может быть существенно повышена за счет автоматизации и внедрения преобразователей частоты электропривода насосного агрегата.

При правильном выборе насосного агрегата его расход и мощность электрического двигателя рассчитаны на обеспечение нужного давления в системе при максимальном потреблении воды, которое.

Применив частотный регулятор для управления силовым агрегатом энергетического объекта можно получить новые эффективные законы автоматического регулирования.

При этом ограничение производительности энергетического объекта будет обеспечиваться не за счёт рассеивания части затрачиваемой им энергии на суживающих устройствах, а за счёт уменьшения или увеличения скорости вращения электродвигателя его силового агрегата.

Взяв данные на момент расчета 1 кВт/ч = 2,55 руб. и замерив величины энергопотребления с использованием ПЧ и при дроссельном регулировании, мы получим экономию электроэнергии в 59 %.

Таблица 17 – Потребление электроэнергии насосной станции

Наименование	Кол-во	Единица измерения
Экономия расчетная по сравнению с дросселированием	59	%
Потребление при дроссельном регулировании	1582150	кВт/ч
Потребление при преобразователе частоты	947889	кВт/ч
Стоимость шкафа управления с ПЧ	255000	руб.

С учетом того, что годовые затраты на эксплуатацию оборудования водоотливной установки без внедрения системы локальной автоматики на базе унифицированных микропроцессорных средств составляли 562087 руб. в год, возможно определить срок окупаемости внедряемого проекта.

Срок окупаемости рассчитывается делением суммы единовременных затрат на проектирование, приобретение оборудования, пусконаладочные работы на величину годового дохода, обусловленного внедрением системы автоматизации [11]:

$$T_{ок} = \frac{K_{проект} + K_{оборуд} + K_{монт}}{Д},$$

где  $D$  – разность между затратами на эксплуатацию оборудования до внедрения системы автоматики на базе микропроцессорных средств и затратами на эксплуатацию после внедрения проектируемой системы локальной автоматики

$$T_{\text{ок}} = \frac{596175 + 119235}{562087 - 369779,25} = 2,6 \text{ год.}$$

Исходя из полученного значения периода окупаемости можно сделать вывод, что вложение денежных средств в проектирование, приобретение оборудования и монтаж системы водоснабжения является оправданным, так как приносит не только технический (повышение надежности, расширение функциональности и др.), но также и экономический эффект. За счет сэкономленных средств возможно дополнительно повышать надежность системы в целом путем дополнительного резервирования используемого оборудования.