

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Факультет электротехнический

Направление 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,
профиль подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств в
машиностроении и энергетике»

Кафедра микропроцессорных средств автоматизации

Зав. кафедрой МСА

_____ А.Б. Петроченков

« _____ » _____ 2020 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему Автоматизация процесса приготовления питьевой воды на
предприятии Пермского края

Студент _____ (Князева П.О.)
(подпись студента) (Фамилия И.О.)

Состав дипломного проекта:

1. Пояснительная записка на 47 стр.
2. Графическая часть на 4 листах

Руководитель дипломного проекта

_____ (Билоус О.А.)
(подпись) (Фамилия И.О.)

Консультант

_____ (_____)
(подпись) (Фамилия И.О.)

Пермь 2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Пермский национальный исследовательский политехнический
университет**

Кафедра микропроцессорных средств автоматизации

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой МСА

_____ А.Б. Петроченков

« ____ » _____ 2020 г.

З А Д А Н И Е

**на выполнение выпускной квалификационной работы бакалавра –
дипломного проекта**

Фамилия, И.О. Князева П.О. _____

Факультет электротехнический Группа АТПП-16-16 _____

Начало выполнения работы 18.05.2020 _____

Контрольные сроки просмотра работы кафедрой 10.06.2020-13.06.2020 _____

Сроки представления на рецензию _____

Защита работы на заседании ГЭК 16.06.2020 _____

1. Наименование темы Автоматизация процесса приготовления питьевой воды на предприятии
Пермского края _____

2. Исходные данные к работе _____

Описание технологического процесса приготовления питьевой воды _____

Описание оборудования фильтровальной станции _____

3. Содержание пояснительной записки _____

Глава 1 Общая характеристика фильтровальной станции _____

Глава 2 Выбор технических средств автоматизации _____

Глава 3 Экономическая часть _____

Глава 4 Разработка верхнего уровня автоматизации, алгоритма управления и регулятора
уровня _____

Глава 5 Обеспечение безопасности персонала при эксплуатации фильтровальной станции _____

4. Перечень графического материала _____

1. Функциональная схема автоматизации технологического процесса; _____

2. Структурная схема автоматизации технологического процесса; _____

3. Алгоритм управления клапаном с электроприводом; _____

4. Синтез регулятора уровня в резервуарах с питьевой водой _____

5. Дополнительные указания - нет

6. Основная литература

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.» - Введ. с 26.09.2001. _____

2. Казанцев В.П. Системы управления исполнительными механизмами: Учебное пособие, Пермь, РИО ПГТУ – 2015 г, 145 с. _____

Руководитель дипломного проекта

_____ доцент каф. МСА _____ (Билоус О.А.)
(должность) (подпись) (Фамилия И.О.)

Консультант

_____ _____ (_____)
(должность) (подпись) (Фамилия И.О.)

Задание получил _____ (Князева П.О.)
(дата) (подпись) (Фамилия И.О.)

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

№ п/п		Объем этапа в %	Сроки выполнения		Примечание
			начало	конец	
1.	Анализ исходных данных, выбор схемы и основных параметров	15	18.05.2020	27.05.2020	
2.	Разработка основной части	50	28.05.2020	07.06.2020	
3.	Разработка графической части	10	03.06.2020	07.06.2020	
4.	Разработка раздела по экономике и организации производства	2	01.06.2020	02.06.2020	
5.	Разработка раздела по охране труда и безопасности жизнедеятельности	3	02.06.2020	04.06.2020	
6.	Оформление пояснительной записки	10	03.06.2020	07.06.2020	
7.	Представление работы на проверку и отзыв руководителя выпускной квалификационной работы	5	08.06.2020	09.06.2020	
8.	Представление работы заведующему кафедрой	5	10.06.2020	13.06.2020	
9.	Представление на рецензию	—	—	—	
10.	Защита на заседании ГЭК		16.06.2020	16.06.2020	

Руководитель

выпускной квалификационной работы _____ (Билоус О.А.)

(подпись)

(Фамилия И.О.)

« 18 » мая 2020 г.

Аннотация

Тема дипломного проекта: «Автоматизация процесса приготовления питьевой воды на предприятии Пермского края».

Дипломный проект изложен на 47 листах, включает 9 таблиц, 12 рисунков, 14 формул, 22 литературных источников, 4 листа графической части.

Ключевые слова: фильтровальная станция, автоматизация процесса приготовления питьевой воды.

Дипломный проект состоит из введения, пяти разделов, и заключения.

Объектом проектирования (исследования) является фильтровальная станция предприятия Пермского края.

Цель работы – разработать автоматизированную систему для обеспечения эффективной, бесперебойной и безопасной круглосуточной работы фильтровальной станции.

В работе рассматриваются следующие вопросы: проанализирован технологический процесс приготовления питьевой воды; найдены недостатки данного процесса, снижающие качество питьевой воды; произведен поиск существующих решений, способствующих повышению качества питьевой воды и увеличению уровня безопасности труда.

В результате выполнения работы достигнуты следующие результаты: выбраны технические средства автоматизации; разработана структурная схема автоматизации; разработан алгоритм управления клапаном с электроприводом; произведен синтез регулятора уровня; разработана система мониторинга за ТП с использованием SCADA системы.

					<i>460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Автоматизация процесса приготовления питьевой воды на предприятии Пермского края</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Князева П.О.</i>						
<i>Провер.</i>		<i>Билоус О.А.</i>					5	47
<i>Н. контр.</i>		<i>Шульга Н.А.</i>				<i>ПНИПУ, зр. АТПП-16-18</i>		
<i>Утверд.</i>		<i>Петраченко А.Б.</i>						

Содержание

Перечень используемых условных обозначений, сокращений, терминов	8
Введение.....	9
Глава 1. Общая характеристика фильтровальной станции.....	11
1.1 Общая характеристика фильтровальной станции	11
1.2 Описание технологического процесса приготовления питьевой воды	12
1.3 Недостатки существующей системы	14
1.4 Поиск основных направлений модернизации фильтровальной станции	14
1.5 Требования к автоматизированной системе.....	15
Глава 2. Выбор технических средств автоматизации.....	17
2.1 Техническое обеспечение нижнего (полевого) уровня АСУ ТП.....	17
2.1.1 Подбор датчика уровня	17
2.1.2 Выбор анализатора воды.....	19
2.1.3 Подбор анализатора цветности	21
2.1.4 Подбор клапана с электроприводом	21
2.2 Техническое обеспечение среднего уровня АСУ ТП	22
2.2.1 Подбор частотного преобразователя	22
2.2.2 Подбор промышленного контроллера.....	25
Глава 3. Экономическая часть	27
3.1 Расчет единовременных затрат на модернизацию фильтровальной станции	27
Глава 4. Разработка верхнего уровня автоматизации, алгоритма управления и регулятора уровня	28
4.1 Разработка алгоритма управления автоматического поддержания уровня воды в резервуарах с питьевой водой	28
4.2 Синтез регулятора уровня в резервуарах с питьевой водой.....	30

Инд. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Подп. и дата
Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Подп. и дата
Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Подп. и дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

4.2.1 Расчет передаточной функции клапана.....	31
4.2.2 Расчет передаточной функции резервуара.....	31
4.2.3 Расчет передаточной функции регулятора.....	33
4.3 Разработка SCADA системы.....	35
Глава 5. Обеспечение безопасности персонала при эксплуатации фильтровальной станции	38
5.1. Обоснование необходимости разработки мер по обеспечению безопасности персонала предприятия.....	38
5.2 Безопасная эксплуатация производства	38
5.2.1 Характеристика опасностей производства.....	38
5.2.2 Меры предосторожности и безопасности	39
5.3 Действия при возможных аварийных ситуациях	41
5.3.1 При возникновении возгорания	41
5.3.2 при проливе гипохлорита натрия.....	41
5.4 Организация рабочего места оператора	42
Заключение	44
Список использованных источников	45

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Введение

На сегодняшний день автоматизация технологических и производственных процессов является актуальной задачей для значительной части предприятий во всех отраслях промышленности. Автоматизированные системы помогают повысить качество производственных процессов и в значительной степени увеличить их эффективность.

Рост масштабов производства, увеличение численности рабочих, расширение участков изготовления и выпуска продукции требует подачи воды в большом объеме. В связи с этим необходимо совершенствование систем очистки и подачи воды и их грамотная эксплуатация.

Очистка воды – это процесс устранения вредных химических веществ, твердых частиц, биологических загрязнителей из источников водоснабжения. Водоочистка осуществляется на специально отведенных установках на фильтровальной станции.

На предприятии Пермского края, рассматриваемого в данном дипломном проекте, по сей день рабочие дозы реагентов устанавливаются по результатам лабораторных анализов исходной и питьевой воды. Исследование проводится раз в час, что значительно увеличивает риск на выходе получить питьевую воду с критическими органолептическими показателями и большим содержанием примесей.

Еще одна проблема фильтровальной станции заключается в отсутствии мониторинга за опасными химическими реагентами, что может привести к аварийной ситуации во время ведения технологического процесса и потере большого количества времени на ее поиск и устранение. Также не предусмотрено светозвуковое оповещение об аварии на технологической линии.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Индв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Тема выпускной квалификационной работы – «Автоматизация процесса приготовления питьевой воды на предприятии Пермского края».

Цель проекта – это разработка автоматизированной системы для обеспечения эффективной, бесперебойной и безопасной круглосуточной работы фильтровальной станции.

В процессе выполнения дипломного проекта должны быть выполнены следующие задачи, составленные исходя их темы и цели работы:

- анализ существующего технологического процесса приготовления питьевой воды;
- разработка схемы автоматизации;
- подбор технических средств автоматизации;
- разработка алгоритма управления клапаном с электроприводом;
- синтез регулятора уровня в резервуарах с питьевой водой;
- разработка автоматизированного рабочего места оператора для реализации мониторинга за ТП.

Практическая значимость выпускной квалификационной работы – это конечная оптимальная автоматизированная система, позволяющая обеспечить безопасность ведения технологического процесса, свести к минимуму человеческий фактор и повысить качество питьевой воды.

Теоретическая значимость выпускной квалификационной работы – это получение в большом объеме теоретических и практических навыков, применимых в дальнейшей работе по специальности.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Индв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Глава 1. Общая характеристика объекта исследования

1.1 Общая характеристика фильтровальной станции

1.1.1 Фильтровальная станция предназначена для производства питьевой воды из воды источников водоснабжения.

1.1.2 Год ввода в эксплуатацию – 1964. На стадии хлорирования жидкий хлор заменен на раствор гипохлорита натрия в 2016 году.

1.1.3 Фильтровальная станция выполнена по типовому проекту. Технические решения блока фильтровальной станции при разработке проекта согласованы с Госсанинспекцией и одобрены Главстройпроектом при Госстрое РСФСР (протокол от 23 сентября 1959 г.).

1.1.4 Типовой проект фильтровальной станции рассчитан на осветление воды из источников водоснабжения с мутностью до 2000 мг/л, общей жесткостью не свыше 7 мг-экв./л., цветностью до 100°, минимальной щелочностью 0,7 мг-экв./л.

1.1.5 Производительность станции определяется качеством воды источника. Расчетная производительность 9000 м³/сутки (нетто) принята при круглосуточной работе станции, осветлении воды мутностью 400-600 мг/л и при коагуляции воды алюминия сульфатом.

1.1.6 Количество технологических линий – одна.

1.1.7 Метод производства питьевой воды (метод очистки): коагуляция, осветление в осветлителях, фильтрование на скорых фильтрах и обеззараживание гипохлоритом натрия.

1.1.8 В качестве резервного реагента для обеззараживания воды предусматривается кальция гипохлорит нейтральный.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

1.2 Описание технологического процесса приготовления питьевой воды

Обрабатываемая вода источника по трубопроводу подводится вниз пирамидальной части смесителя для создания турбулентного движения, способствующего лучшему перемешиванию воды с введенными в нее реагентами. Сбор воды в смесителе производится кольцевым лотком через затопленные отверстия на боковой поверхности смесителя. Из сборного кольцевого лотка вода поступает в карман и далее на осветлители. После осветления вода фильтруется на скорых фильтрах. Очищенная и обеззараженная вода поступает в подземные резервуары, из которых насосами второго подъема подается потребителям.

Для улучшения процесса коагуляции и предотвращения разложения микрофлоры технологической схемой предусмотрено хлорирование воды - реагента 4-5 мг/л реагента вводится в обрабатываемую воду при поступлении ее на станцию;

Хлорирование воды запроектировано раствором гипохлорита натрия по ГОСТ 11086-76 марки А. При временном отсутствии раствора гипохлорита натрия предусмотрено хлорирование воды гипохлоритом кальция марки А [1].

В весенне-летний (паводковый) период, когда водородный показатель исходной воды составляет менее 6 ед. рН, предусмотрено подщелачивание воды раствором соды кальцинированной.

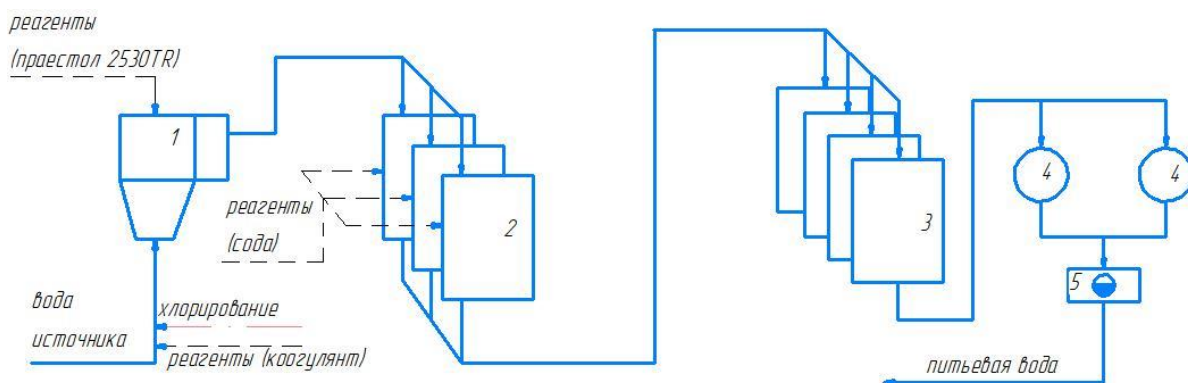
В зимний период при температуре исходной воды менее плюс 10 °С для улучшения коагуляции применяется флокулянт - Праестол 2530TR.

Технологическая схема процесса приготовления воды представлена на рисунке 1.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01



1-смеситель, 2-осветлители, 3-фильтры, 4-резервуары, 5-насосы 2-ого подъема

Рисунок 1 – Технологическая схема производства питьевой воды

Рабочие дозы реагентов устанавливаются во время ведения технологического процесса по результатам лабораторных анализов исходной и питьевой воды.

График потребления воды с фильтровальной станции представлен на рисунке 2. Можно выделить четыре основных периода: ночь 23:00-07:00, утро 07:00-13:00, день 13:00-18:00, вечер 18:00-23:00. Расход воды составляет соответственно 23%, 44,8%, 59,8%, 30% от номинального суточного значения для имеющегося насосного агрегата.

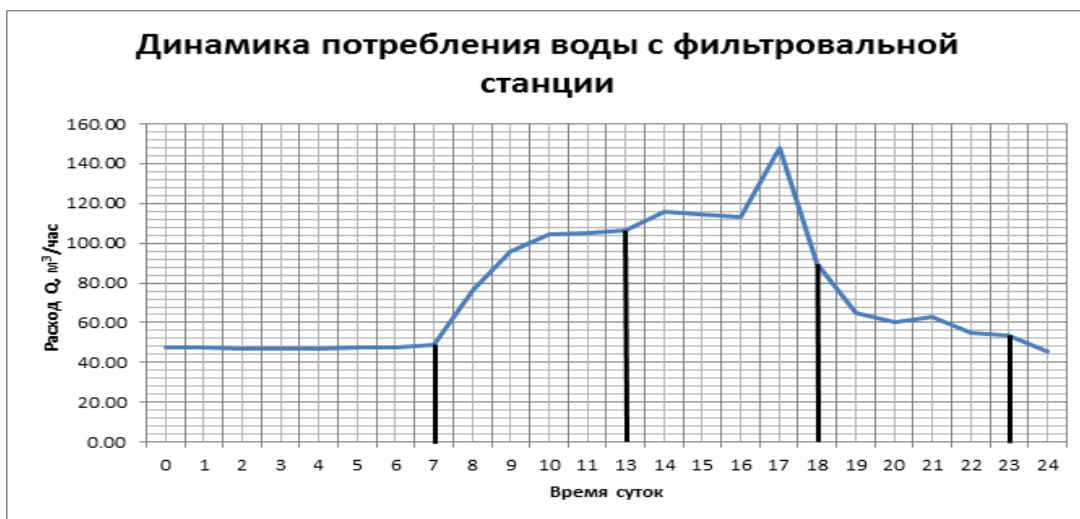


Рисунок 2 - Динамика потребления воды с фильтровальной станции в течение суток

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

1.3 Недостатки существующей системы

Действующая система имеет некоторые недостатки. Основная проблема – значительное влияние человеческого фактора на технологический процесс.

Персонал фильтровальной станции вынужден брать пробу воды на входе и выходе технологической линии на лабораторный анализ каждый час. По результатам лабораторных анализов устанавливаются рабочие дозы вводимых реагентов. Отсутствует мониторинг уровня опасных химических растворов в баках. Отсутствует светозвуковое оповещение об аварии.

Решение о модернизации действующей системы управления связано с необходимостью: повышения уровня безопасности эксплуатации за счет установки нового электрооборудования и внедрения АРМ оператора; и повышения качества питьевой воды посредством установки современных многопараметрических зондов.

1.4 Поиск основных направлений модернизации фильтровальной станции

Проанализировав все существующие недостатки данной системы предлагается:

- установить контроль уровня реагентов в баках по средствам установки датчиков уровня, так как на фильтровальной станции идет работа с химически опасными реагентами и необходимо исключить или свести к минимуму возникновение аварийных ситуаций;
- установить контроль уровня в резервуарах с питьевой водой по средствам установки датчиков уровня;

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

- установить анализатор исходной и питьевой воды на начало и конец технологической линии для упрощения технологического процесса и возможности сделать его автономным;
- установить частотные преобразователи на группы дозирочных агрегатов с целью автоматического расчета и подачи реагентов в трубопровод по результату анализа воды;
- установить клапан с электроприводом перед резервуарами с питьевой водой для исключения попадания воды, не соответствующей нормам СанПин, и поддержания уровня воды в резервуарах [2];
- реализовать непрерывный мониторинг за технологическим процессом при помощи SCADA системы.

1.5 Требования к автоматизированной системе

1.5.1 Автоматический расчет и подача реагентов, необходимых для очистки воды в разные этапы технологического процесса;

1.5.2 Автоматическое перекрытие клапана с электроприводом в том случае, когда показатели выходной питьевой воды не соответствуют нормам СанПин;

1.5.3 Функционирование АСУ должно быть рассчитано на круглосуточный режим работы.

1.5.4 Аппаратура АСУ, устанавливаемая в помещениях и на открытом пространстве, должна быть устойчива к воздействию внешних климатических факторов.

1.5.5 Перечень основных типов функционально самостоятельных операций (ФСО) АСУ и критерии отказов приведены в таблице 1.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Таблица 1 – Критерии отказов операций.

Наименование функции	Критерий отказа
Автоматическая подача реагента в технологический процесс водоподготовки	Отклонение регулируемого параметра от установленного значения
Автоматическое принудительное закрытие клапана с электроприводом	Невыполнение операции
Автоматический анализ воды на входе и выходе системы	Неисправность прибора

В случаях аварийной ситуации система должна выполнять следующие блокировки:

1.5.5.1 При критических показателях вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения – автоматическое перекрытие трубопровода, отключение насосов и насосных агрегатов, выдача светозвукового оповещение на монитор оператора;

1.5.5.2 При достижении критического уровня химических растворов в баках – выдача светозвукового оповещение на монитор оператора;

1.5.5.2 При достижении критического уровня питьевой воды в резервуаре – выдача светозвукового оповещение на монитор оператора.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Глава 2. Выбор технических средств автоматизации

2.1 Техническое обеспечение нижнего (полевого) уровня АСУ ТП

В состав нижнего (полевого) уровня АСУ ТП входят контрольно-измерительные приборы, датчики и исполнительные механизмы.

В рамках данного проекта по автоматизации фильтровальной станции приведен подбор следующего оборудования:

- датчики уровня;
- анализатор воды;
- анализатор цветности;
- клапан с электроприводом.

2.1.1 Выбор датчиков уровня

Согласно заданию требуется установить шесть датчиков уровня: для измерения уровня гипохлорита натрия, раствора соды кальцинированной/гипохлорита кальция, Праестола 2530TR, раствора сульфата алюминия и на 2 резервуара с питьевой водой.

Технические данные резервуаров:

- гипохлорит натрия – 0,42 м³;
- гипохлорит кальция/сода кальцинированная – 4 м³;
- Праестол 2530TR – 1 м³;
- сульфат алюминия – 0,3 м³;
- резервуар питьевой воды – 800 м³.

Учитывая параметры объекта автоматизации, выделим следующие основные критерии выбора:

- диапазон пределов измерения – от 0 до 2 м;
- предел погрешности измерения - 2 мм;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01	Лист
											17

- контролируемая среда – агрессивная;
- выходной сигнал – RS-485;
- степень защиты – IP-64.

Сравним датчики уровня следующих фирм: ООО «НПО РИЗУР» [3], СКБ "Приборы и системы" [4], АО «ЛИМАКО» [5].

Таблица 2 – Технические данные датчиков уровня

Диапазон пределов измерения	Предел погрешности измерения	Контролируемая среда	Выходной сигнал	Степень защиты
ООО «НПО РИЗУР» - РУПТ-АМ				
От 0,1 до 16 м	2 мм	агрессивная жидкость; неагрессивная жидкость; нефть; нефтепродукты; сжиженные газы; электронепроводящая жидкость	Токовый 4-20 мА, RS485	IP64
СКБ "Приборы и системы" - РИС-101М1				
От 0,1 до 22 м	1.5 мм	неагрессивная жидкость, электронепроводящая жидкость, нефть, нефтепродукты, пищевые продукты	Токовый 4-20 мА; RS485	IP54
АО «ЛИМАКО» - Лимако УЛМ-11				
От 0,6 до 30 м	1 мм	неагрессивная жидкость, агрессивная жидкость, нефть, нефтепродукты, пищевые продукты	Токовый 4-20 мА, RS485	IP65

По результатам сравнения был выбран РУПТ-АМ, так как он полностью соответствует критериям и подходит как для баков с реагентами, так и для резервуаров с питьевой водой.

Преимущества РУПТ-АМ:

- высокая точность и стабильность показаний;
- независимость показаний от температуры среды и окружающего воздуха;

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

- простота настройки при первоначальной установке и в эксплуатации;
- межповерочный интервал - 2 года;
- погрешность срабатывания сигнализации не более 2 мм.

2.1.2 Выбор анализатора воды

Согласно технологическому процессу необходимо проанализировать следующие параметры обрабатываемой и питьевой воды: мутность, температура, водородный показатель, цветность, общая минерализация, содержание хлора и т.д. Следовательно, выделим следующие основные критерии выбора:

- рабочая температура – от минус 5 до плюс 40 °С;
- класс защиты – IP68;
- выходной сигнал – RS-485;
- срок снятия показаний – 1 значение каждые 2-3 минуты;
- точность измерения – 0,3;
- возможность автономной работы.

Рассмотрим несколько многопараметрических зондов анализа воды:

Байкал-71 [6], Aqua TROLL® 600 [7], МП-МБ-01 [8]

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Таблица 3 – Технические данные анализатора воды

Рабочая температура	Класс защиты	Выходной сигнал	Срок снятия показания	Точность измерения	Возможность автономной работы
Байкал-71					
от 0 до 50°C	IP68	RS485	1 значение в секунду	0,1°C	Есть
ООО "Полтраф СНГ" - Aqua TROLL® 600					
от минус 5 до плюс 50°C	IP68	RS-485, Bluetooth®	1 значение каждые 2 секунды	0,3°C	До 9 месяцев
МП-МБ-01					
от минус 5 до плюс 50°C	IP68	GPRS	Каждые 4 часа	0,4°C	до 3 лет (в режиме передачи два раза в сутки)

По результатам сравнения был выбран Aqua TROLL® 600, так как соответствует всем параметрам. Анализатор имеет до 25 параметров (аммоний, фикоцианин/фикоэритрин, родамин WT, хлорофил, температура и проводимость, pH/ORP, уровень/давление, мутность, плотность, нефтепродукты).

Преимущества выбора Aqua TROLL® 600:

- мониторинг 24/7/365;
- минимальное обслуживание;
- простота установки;
- измерения каждые 2 секунды;
- система самоочищения;
- точность измерений.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

460.MCA.15.03.04-2020.00792-01 81 01

2.1.3 Выбор анализатора цветности

Исходя из задания, требуется автоматическое определение цветности до и после технологического процесса. На сегодняшний день нет ни одного анализатора цветности, входящего в состав многопараметрических зондов. По этой причине был выбран проточный фотометр ColorPlus 2 [9].

Принцип работы основан на поглощении света определенной длины волны, прошедшего слой пробы определенной толщины. Также достоинством данного анализатора является и его непрерывный контроль цветности питьевой, природной и сточный вод. Данный прибор не имеет аналогов, позволяющих не только значительно увеличить интервал между сервисным обслуживанием, но и достигнуть высокой чувствительности в достаточно мутных и сложных пробах.

Технические характеристики:

- диапазон измерений – от 0 до 3000°;
- класс защиты – IP 65;
- цифровые интерфейсы: Ethernet, microSD карта (для записи и хранения данных измерений, обновления ПО и диагностики), Modbus RTU, HART.

2.1.4 Подбор клапана с электроприводом

При аварийных ситуациях необходимо исключить попадания обрабатываемой воды в резервуары с питьевой водой. Для этого необходимо установить клапан с электроприводом на конец технологического процесса.

Критерии выбора:

- диаметр – 300мм;
- рабочая среда – вода.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01	Лист
											21

Был выбран клапан запорно-регулирующий (КЗР) 25ч945п с ЭИМ [10].



Рисунок 3 – Клапан с электроприводом 25ч945п

Технические характеристики:

- диаметр DN – 300 мм;
- давление номинальное – 1,6 (16) Мпа (кгс/см²);
- пропускная характеристика – линейная;
- рабочая среда – вода, пар, воздух и др. жидкие и газообразные среды, нейтральные к материалам деталей, соприкасающихся со средой;
- температура рабочей среды – от минус 15 до плюс 150 °С;
- срок службы – не менее 10 лет;
- наработка на отказ – 10000 часов.

2.2 Техническое обеспечение среднего уровня АСУ ТП

2.2.1 Подбор частотного преобразователя

Для обеспечения автоматической, своевременной и более точной подачи реагентов в технологический процесс было предусмотрено внедрение частотных преобразователей.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

На фильтровальной станции установлены дозировочные агрегаты на гипохлорит натрия, праестол 2530TR, раствор сульфата алюминия, гипохлорит кальция/раствор соды кальцинированной.

Три дозировочных агрегата ДДМ 63/6 Па установлены для бака с раствором гипохлорита натрия со следующими характеристиками:

- Р_н – 0,25 кВт;
- подача – 63 л/ч;
- предельное давление – 6 кгс/см².

Технические характеристики двигателя, входящего в состав дозировочного агрегата, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные электродвигателя дозировочного агрегата ДДМ 63/6 Па

Р, кВт	п, об/мин	КПД, %	Коэффициент мощности	И _н , А
0,25	1500	68	0,67	1,16

Три дозировочных агрегата ДП 630/6к 14А установлены на баки с гипохлоритом кальция/раствором соды кальцинированной, раствором Праестола 2530TR, раствором сульфата алюминия со следующими характеристиками:

- Р_н – 1,5 кВт;
- подача – 630 л/ч;
- предельное давление – 16 кгс/см².

Технические характеристики двигателя, входящего в состав дозировочного агрегата, представлены в таблице 5.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Таблица 5 – Данные электродвигателя дозирочного агрегата ДП 630/6к 14А

Р, кВт	n, об/мин	КПД, %	Коэффициент мощности	И _n , А
1,5	1500	77,2	0,8	3,6

Дозировочные агрегаты установлены для перекачки агрессивных сред, следовательно, один из основных критериев выбора – степень защиты не меньше 54.

Сравним несколько фирм-производителей: ООО «Производственное объединение ОВЕН» [11], ООО «Компания Веспер» [12], ПКФ «СИРИУС ЭНЕРГОМАШ» [13].

Таблица 6 – Технические данные преобразователей частоты

Р _n , кВт	U _n , В	I _n , А	Выходной сигнал	IP	Цена, руб.
ПЧВЗ-К75-В-54					
0,75	380	2,2	RS-485	IP54	30 240
Веспер EI-9011 001H					
0,75	380	3,4	RS-485	IP20	40 400
СИРИУС-С8-0.75/1.5-3Ф380					
0,75	380	1,5	RS-485	IP20	22 870

По результатам сравнения был выбран частотный преобразователь фирмы «Owen» ПЧВЗ-К75-В-54, так как соответствует всем критериям выбора.

Основные функциональные возможности ПЧВЗ:

- плавный пуск и останов двигателя;
- компенсация нагрузки и скольжения;
- автоматическая оптимизация энергопотребления, обеспечивающая высочайший уровень энергоэффективности;
- полная функциональная и аппаратная диагностика и защита работы ПЧВ;

460.MCA.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

- «спящий» режим для эффективной работы при малом разборе;
- пропуск резонансных частот (до 2 участков пропуска);
- возможность одновременного управления по физическим входам и по интерфейсу RS-485;
- простая настройка в русскоязычном конфигураторе или с использованием локальной панели оператора.

По аналогии выберем частотный преобразователь той же фирмы и для дозирочного агрегата ДП 630/6к 14А.

Таблица 7 – Технические данные преобразователя частоты ПЧВ3-1К5-В-54

Рн, кВт	Un, В	In, А	Выходной сигнал	IP	Цена, руб
ПЧВ3-1К5-В-54					
1,5	380	3,7	RS-485	IP54	37 440

2.2.2 Подбор промышленного контроллера

Каждая из подсистем автоматизированной системы (нижнего, среднего, верхнего) связана с другими подсистемами АСУ ТП информационными связями в соответствии со своей иерархической структурой. Таким образом, подсистема верхнего уровня может получать информацию от подсистем нижнего уровня только через средний и наоборот. За счет этого достигается возможность автономного функционирования автоматизированной системы снизу вверх.

Сравним ПЛК двух фирм-производителей: ООО «Производственное объединение ОВЕН» [14], ООО «Завод МикроДАТ» [15].

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Таблица 8 – Технические данные ПЛК

Напряжение питания	Интерфейсы связи			Дискретные		Аналоговые	
				Вх	Вых	Вх	Вых
ООО «Производственное объединение ОВЕН» - ПЛК150							
90...264 В переменного тока	1× Ethernet	1×RS- 485	1×RS- 232	6	4 э/м реле	4	2
ООО «Завод МикроДАТ» - МК120.32-15.3							
20,4...30 В напряжения постоянного тока	1× Ethernet	2×RS- 485	-	8	8 э/м реле	4	-

По результатам сравнения был выбран - ПЛК150.

Назначение:

- управление малыми и средними объектами;
- построение систем диспетчеризации;
- управление малыми станками и механизмам;

Преимущества:

- компактный корпус с креплением на DIN-рейку;
- дискретные и аналоговые входы/выходы «на борту» с возможностью расширения их количества путем подключения внешних модулей ввода/вывода по любому из встроенных интерфейсов;
- большое количество интерфейсов на борту: Ethernet, RS-485, RS-232 Debug, RS-232, USBDevice.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Глава 3. Экономическая часть

3.1 Расчет единовременных затрат на модернизацию фильтровальной станции

Проведем подсчет затрат на модернизацию фильтровальной станции. Результаты представлены в таблице 8.

Таблица 9 – Стоимость нового оборудования

Наименование	Кол.шт.	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
Датчики РУПТ-АМ	4 (от 0,1 до 4 м)	45000	278000
	2 (от 0,1 до 16 м)	49000	
Частотные преобразователи«Owen» ПЧВЗ	1 (0,75 кВт)	30240	142560
	3 (1,5 кВт)	37440	
Клапан с ЭИМ	1	415057	415057
Анализаторы воды Aqua TROLL 600	2	345000	690000
Контроллер «Owen» ПЛК150	1	21240	21240
Анализатор цветности ColorPlus 2	2	264000	528000
SCADA TraceMode 6	1	11220	11220
ИТОГО			2086077

Таким образом, затраты на внедрение автоматизированной системы составят 2 086 077 рублей.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Глава 4. Разработка верхнего уровня автоматизации, алгоритма управления и регулятора уровня

4.1. Разработка алгоритма управления автоматического поддержания уровня воды в резервуарах с питьевой водой

Данный алгоритм должен обеспечивать непрерывную подачу воды в резервуар с питьевой водой при отсутствии аварийного сигнала на выходе технологического процесса. Таким образом, клапан с электрическим приводом работает в двух режимах:

- аварийный – показатели воды после последнего этапа очищения являются критическими и не удовлетворяют нормам СанПиН;
- поддержания уровня воды в резервуарах при помощи угла поворота заслонки.

Принятые обозначения: L_n – заданный уровень воды в резервуаре, L – текущий уровень воды в резервуаре. Алгоритм работы клапана представлен на рисунке 4.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

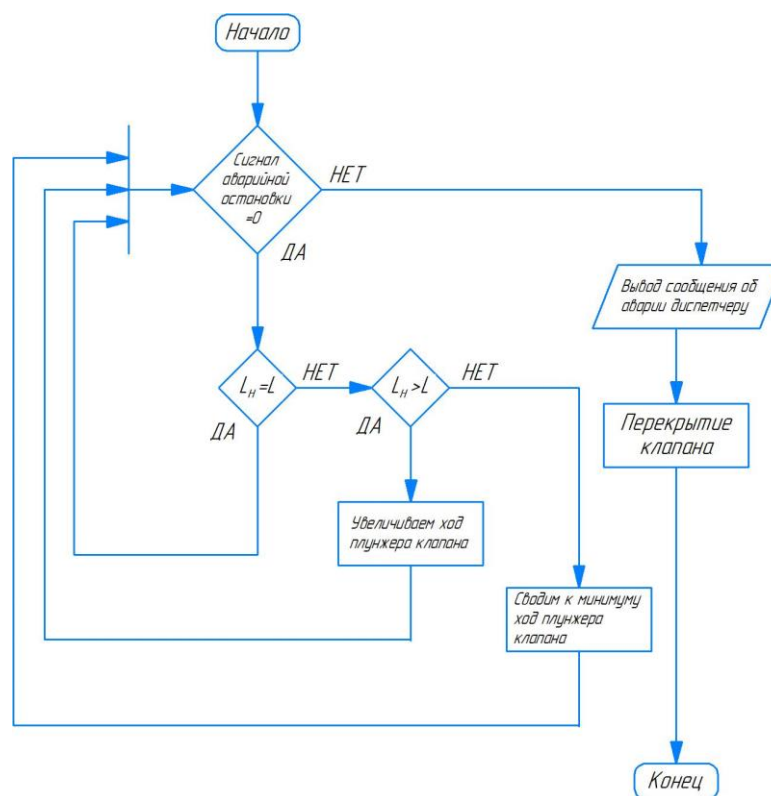


Рисунок 4 – Алгоритм работы клапана с ЭИМ

Разработанная система управления функционирует следующим образом:

1. Система проверяет сигнал аварийной остановки. Если таковой отсутствует - переход к следующему условию. Если сигнал равен единице, то диспетчеру выводится сообщение об аварийной ситуации. Клапан с ЭИМ перекрывается.
2. Далее проверка состояния регулятора (вкл/выкл). Если регулятор активен, то переход к следующему условию. Если выключен – выход из программы.
3. Сравнение текущего уровня воды с заданным. Если значения равнозначны, но система переходит к первому шагу: проверка на наличие аварийного сигнала. В случае расхождения значений переход к следующему условию.

Индв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Индв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

4. Далее второе сравнение уровней. Если текущий уровень воды меньше заданного, то на клапан поступает управляющий сигнал увеличения хода плунжера. Если уровень больше заданной границы, то на клапан поступает управляющий сигнал уменьшения хода плунжера. Оба выхода из условия циклом направляются к первому шагу: проверка на наличие аварийного сигнала.

4.2 Синтез регулятора уровня в резервуарах с питьевой водой

Контур регулирования уровня в резервуарах с питьевой водой дает возможность поддержания уровня в необходимом заданном диапазоне. Добиться устойчивости можно при помощи автоматического устройства и регулирующего органа.

В качестве регулирующего органа был выбран клапан с электроприводом, установленный на трубу, который изменяет расход воды на входе в резервуар. Степень открытия клапана регулируется в диапазоне от 0 до 100 %. Отбор жидкости осуществляется при помощи насосов, установленных на насосной станции второго подъема. В случае отключения насосов не производится отбор воды. Из этого следует, что управляющая величина – это прилив воды, а управляемая – это уровень воды в резервуарах. Возмущением является изменение скорости насоса. Функциональная схема контура регулирования уровня воды в резервуаре представлена на рисунке 5.

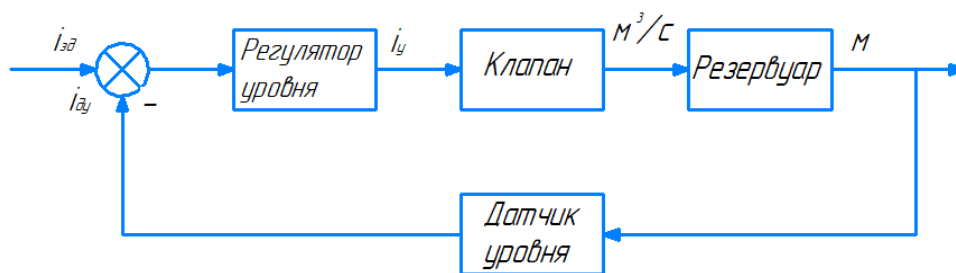


Рисунок 5 – Функциональная схема регулирования уровня воды

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

4.2.1 Расчет передаточной функции клапана

Передаточную функцию клапана представим в виде аperiodического звена первого порядка:

$$W_K(p) = \frac{Q(p)}{X(p)} = \frac{K_K}{T_K p + 1} \quad (1)$$

Время переходного процесса – это время открытия клапана 30с. Вычисляем постоянную времени клапана:

$$t_{пп} = 3T_K \quad (2)$$

$$T_K = \frac{30}{3} = 10 \text{ с} \quad (3)$$

Определим коэффициент усиления:

$$K_K = \frac{Q_H}{X_H} = \frac{0,10866}{20} = 0,00543 \quad (4)$$

Подачу жидкости определим из следующей формулы:

$$Q_H = \frac{\Delta L_1 * S}{\Delta t} = \frac{(5,5 - 0,1) * 153,94}{(7680 - 30)} = 0,10866 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad (5)$$

где Δt – это время наполнения резервуара.

$$S = \pi * r^2 = \pi * 7^2 = 153,94 \text{ м}^2 \quad (6)$$

Передаточная функция клапана с электроприводом имеет вид:

$$W_K(p) = \frac{0,00543}{10p + 1} \quad (7)$$

4.2.2 Расчет передаточной функции резервуара

При подаче единичного ступенчатого воздействия выходная величина не стремится к установившемуся значению, а продолжает изменяться в установившемся режиме. Таким образом, можно сделать вывод о том, что

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<i>460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01</i>	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

передаточная функция резервуара является интегрирующим звеном и имеет вид:

$$W_{рез}(p) = \frac{K_{рез}}{p} = \frac{0,00648}{p} \quad (8)$$

$$\Delta L_2(t) = K_{рез} \int_{30}^{6563} Q(t) dt \quad (9)$$

$$K_{рез} = \frac{\Delta L_2}{Q_H * \Delta t} = \frac{(4,7-0,1)}{0,10866 * (6563-30)} = 0,00648 \quad (10)$$

Определим передаточную функцию разомкнутой системы клапан и резервуар по уровню воды:

$$W_K * W_{рез} = \frac{0,00543}{10p+1} * \frac{0,00648}{p} \quad (11)$$

Модель разомкнутой системы представлена на рисунке 6.

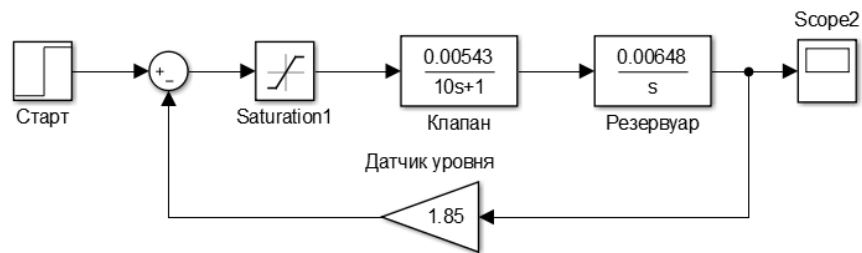


Рисунок 6 – Разомкнутая система регулирования уровня воды

Промоделируем данную систему и получим график переходного процесса заполнения резервуара. Результат приведен на рисунке 7.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

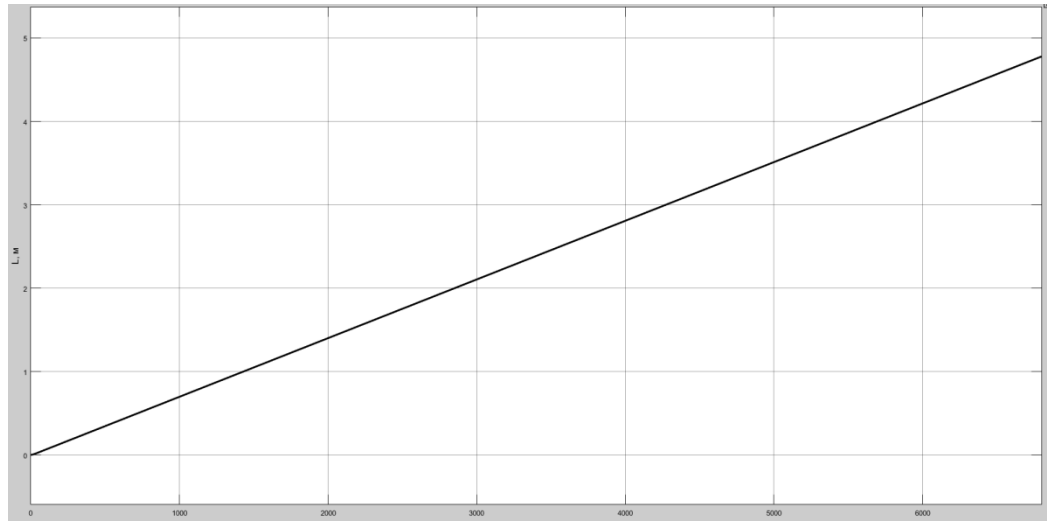


Рисунок 7 – График переходного процесса заполнения резервуара

4.2.3. Расчет передаточной функции регулятора

Перерегулирование выходной координаты должно равняться нулю, следовательно, применим настройку на апериодический процесс [16].

$$W_{p,жел}(p) = \frac{1}{T_{\mu}p}, \text{ где } T_{\mu} = 1 \quad (12)$$

Необходимо поддерживать уровень воды в резервуарах в 4,7 м. Коэффициент усиления датчика уровня берем из соотношения, что на входе датчика уровень в 4,7 м, на выходе сигнал 8,7 мА.

$$W_{ду}(p) = K_{ду} = \frac{i_n}{L_n} = \frac{8,7}{4,7} = 1,85 \quad (13)$$

Найдем передаточную функцию регулятора:

$$W_{рег}(p) = \frac{10p + 1}{0,00543} * \frac{p}{0,00648} * \frac{1}{p} * \frac{1}{1,85} = 153622p + 15362,2 \quad (14)$$

Структурная схема управления с ПД-регулятором приведена на рисунке 8. График переходного процесса и реакция на возмущение приведен на рисунке 9.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	
Изм. Лист	№ докум.
Подп.	Дата

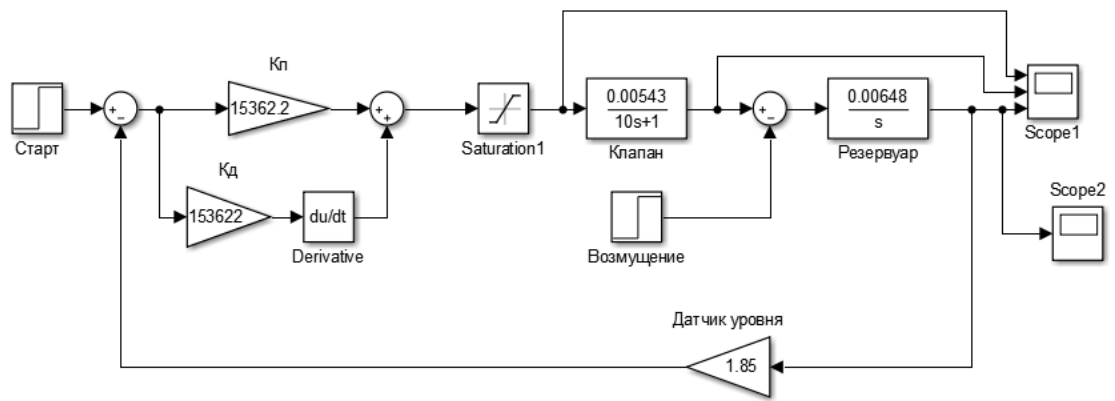


Рисунок 8 – Система управления с ПД-регулятором

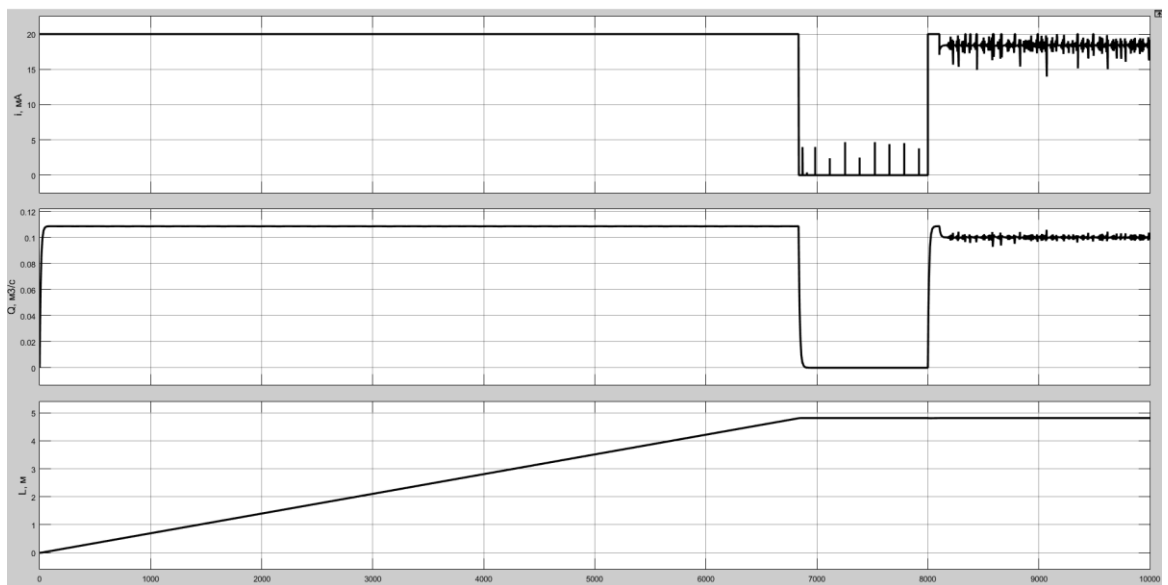


Рисунок 9 – График переходного процесса в системе управления с ПД-регулятором

Для большей наглядности представлен на рисунке 10 участок графика переходного процесса с реакцией на возмущение.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата
Изм. Лист	№ докум.
Подп.	Дата

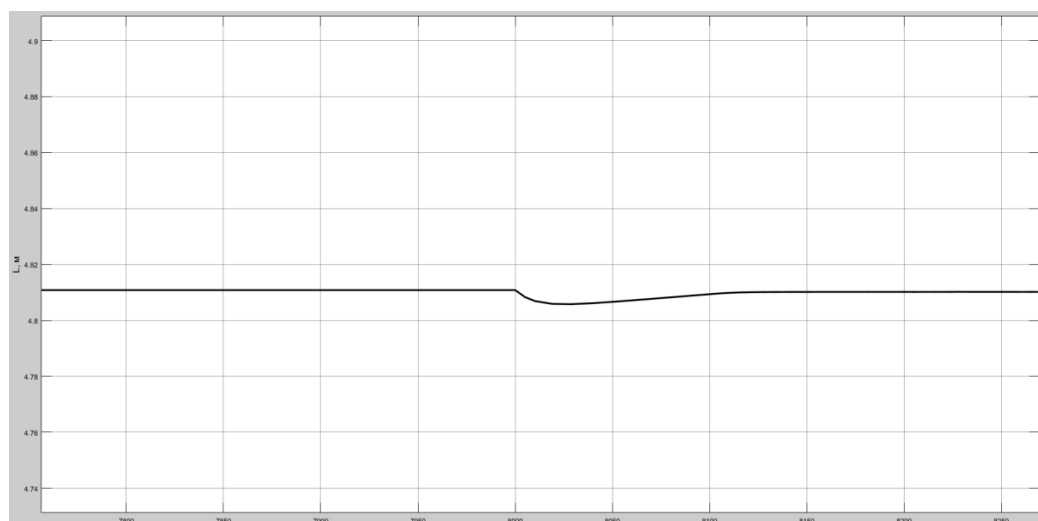


Рисунок 10 – Участок графика переходного процесса с реакцией на возмущение

4.3 Разработка и выбор SCADA системы

SCADA – программная среда, применяемая для разработки или осуществления работы в режиме реального времени систем сбора, обработки, визуализации и архивирования данных об объекте мониторинга или управления.

Выбор SCADA системы был сделан из отечественных разработок исходя из принципа импортозамещения: TraceMode (AdAstra) [17], MasterSCADA (НПФ «ИнСАТ») [18], Круг-2000 (НПФ «Круг») [19], Саргон («НВТ – Автоматика») [20].

Реализация верхнего уровня была осуществлена в программной среде TRACEMODE.

TRACEMODE - высокотехнологичная российская программная система для автоматизации технологических процессов (АСУ ТП), телемеханики, диспетчеризации, учета ресурсов (АСКУЭ, АСКУГ) и автоматизации зданий. TRACE MODE работает под Windows и Linux.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	Дата

Визуализация автоматизированного рабочего места оператора представлена на рисунке 11.

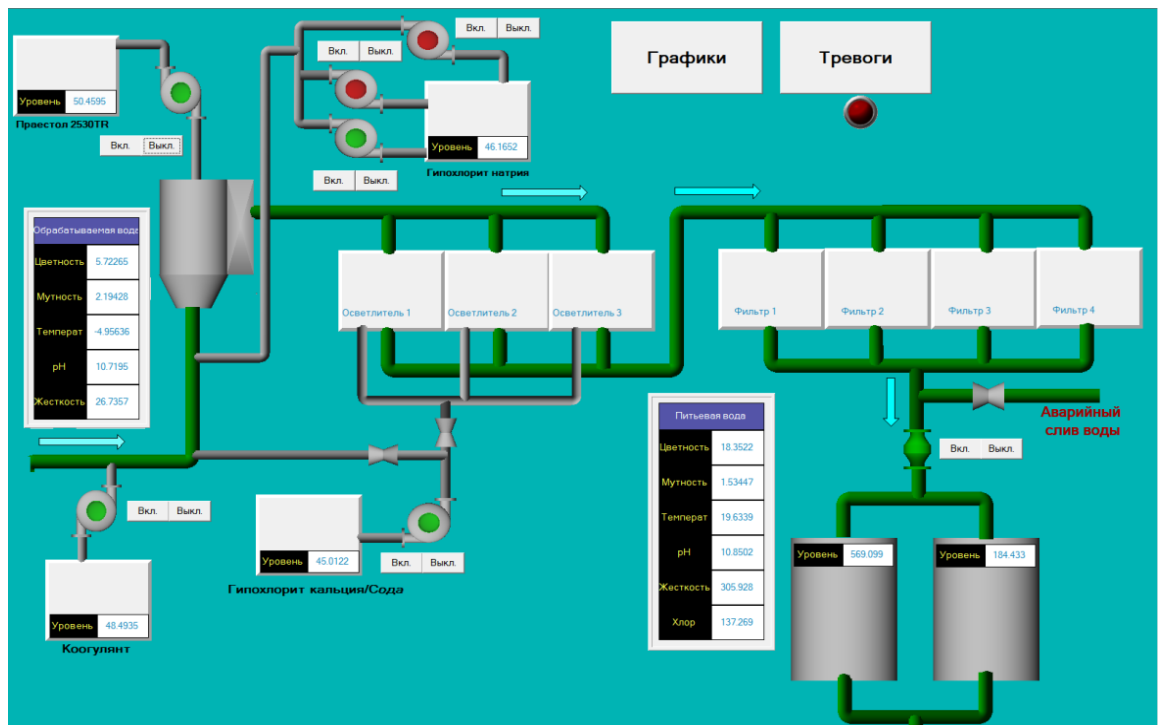


Рисунок 11 – Мнемосхема технологического процесса приготовления ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.

Графики уровня в резервуарах с чистой водой и в баках с химическими реагентами представлены на рисунке 12.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01	Лист
											36



Рисунок 12 – Графики уровня в резервуарах с чистой водой и в баках с химическими реагентами

Автоматизированное рабочее место оператора выполняет следующие задачи:

- мониторинг входных и выходных параметров воды;
- управление дозировочными агрегатами;
- контроль уровня в баках с химическими реагентами и в резервуарах с питьевой водой;
- управление клапаном с электроприводом;
- выдача светозвукового оповещения о критических ситуациях;
- построение графиков уровня в баках с химическими реагентами.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Глава 5. Обеспечение безопасности персонала при эксплуатации фильтровальной станции

5.1 Обоснование необходимости разработки мер по обеспечению безопасности персонала предприятия

Согласно статье 212 Трудового Кодекса «Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда» работодатель должен обеспечить безопасность работников при выполнении технологического процесса, а также при эксплуатации сооружений, зданий, оборудования. Работодатель обязан обеспечить персонал средствами индивидуальной защиты, а также установить контроль за состоянием условий труда на рабочих местах [21].

5.2 Безопасная эксплуатация производства

5.2.1 Характеристика опасностей производства

5.2.1.1 В технологическом процессе обеззараживания воды на фильтровальной станции применяется гипохлорит натрия марки А с массовой концентрацией активного хлора не менее 190 г/дм³.

5.2.1.2 Химическая формула: NaClO. Гипохлорит натрия - жидкость зеленовато-желтого цвета с резким запахом хлора.

5.2.1.3 Гипохлорит натрия является сильным окислителем. По степени воздействия на организм (по ГОСТ 12.1.007) относится ко 2-му классу опасности - вещества высокоопасные [22].

5.2.1.4 Предельно-допустимая концентрация в рабочей зоне для гипохлорита натрия не установлена, но при его нагревании выше 35 °С гипохлорит натрия разлагается с выделением кислорода и хлоратов, наиболее опасный из которых хлорит натрия - 1 мг/м³ (2-ой класс опасности).

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Индв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

5.2.1.5 Гипохлорит натрия не горюч и не взрывоопасен, однако в контакте с органическими горючими веществами (опилки, ветошь) в процессе высыхания может вызвать их самовозгорание.

5.2.1.6 При попадании на окрашенные предметы всех марок может вызвать их обесцвечивание.

5.2.1.7 Емкостное оборудование и трубопроводы должны быть герметичными.

5.2.2 Меры предосторожности и безопасности.

5.2.2.1 Индивидуальная защита персонала должна осуществляться с применением спецодежды и СИЗ:

- универсальных респираторов «РУ-60м» с патроном марки В;
- противогазов марки В и БКФ;
- перчаток резиновых;
- сапог резиновых;
- очков защитных.

5.2.2.2 Разлитый гипохлорит натрия необходимо смыть большим количеством воды в емкость приямка, разбавить до концентрации остаточного хлора не более 1,14 мг/л и перекачать в канал сброса промывных вод фильтровальной станции.

5.2.2.3 Для своевременного оповещения персонала фильтровальной станции об опасности в случае аварийного выброса хлора предусмотрена система аварийной сигнализации.

5.2.2.4 Система аварийной сигнализации хлора на фильтровальной станции включает в себя:

- сигнализатор хлора «Хоббит»;

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

- звуковую сигнализацию;
- вытяжную вентиляцию.

Вытяжная вентиляция обеспечивает удаление выбросов хлора из помещения. Вентиляция работает непрерывно в течении ведения техпроцесса.

5.2.2.5 Меры по оказанию первой помощи пострадавшим:

При отравлении ингаляционным путем (при вдыхании) возникает першение в горле, кашель, затрудненное дыхание, одышка. Необходимо:

- обратиться за медицинской помощью в здравпункт завода;
- обеспечить пострадавшему свежий воздух, покой, тепло.

5.2.2.6 При воздействии на кожу возникает болезненность места поражения, отёк, покраснение, длительные незаживающие язвы. Необходимо:

- место поражения обильно промыть проточной водой не менее 15 минут;
- сделать примочки пяти процентным раствором уксусной кислоты;
- наложить антисептическую повязку;
- обратиться за медицинской помощью.

5.2.2.7 При попадании в глаза возникает слезотечение, жжение, спазм век, помутнение роговицы. Необходимо:

- обратиться за медицинской помощью в здравпункт завода;
- промыть глаза обильной струей воды в течение 15-20 минут;
- ввести в конъюнктивальный мешок 1-2 капли 2 % раствора новокаина, а также 1-2 капли 30 % раствора альбуцида.

5.2.2.8 При проглатывании гипохлорита натрия возникает отравление со следующими симптомами: раздражение, боль, воспаление ротовой

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

полости и пищевода, тошнота, рвота, в тяжелых случаях - спутанность сознания, шок, кома. Необходимо:

- обратиться за медицинской помощью;
- промыть желудок водой с молоком, затем вызвать рвоту;
- применить противоядие - 1 % раствор тиосульфата натрия.

5.2.2.9 Во всех случаях пострадавшие или очевидцы обязаны уведомить о происшедшем начальника службы (начальника смены).

5.3 Действия при возможных аварийных ситуациях

5.3.1 При возникновении возгорания:

- сообщите о возгорании в пожарную охрану по телефону 01 или через пожарный извещатель и начальнику службы фильтровальной станции (начальнику смены), оповестите персонал станции;
- отключите оборудование, приточно-вытяжную вентиляцию в помещении с гипохлоритом натрия;
- примите меры по эвакуации людей;
- до прибытия пожарной команды используйте первичные средства пожаротушения, ликвидируйте или локализируйте очаг возгорания;
- при возникновении пожара в зоне размещения ёмкостей с гипохлоритом натрия необходимо производить охлаждение ёмкостей водой с максимального расстояния.

5.3.2 При проливе гипохлорита натрия:

- все работы связанные с ликвидацией и локализацией проливов гипохлорита натрия, производится в положенных по нормам (п.1.18) СИЗ, в противогазе и в общевойсковом защитном костюме Л-1 или Л-2;
- сообщите о проливе начальнику службы фильтровальной станции (начальнику смены), оповестите персонал станции;

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

- удалите из опасной зоны на расстояние не менее 50 м от места пролива персонал, не задействованный в ликвидации аварии;
- по возможности, примите меры к прекращению пролива (отключите насосы, закройте запорную арматуру);
- откройте ворота помещения приготовления раствора гипохлорита натрия;
- при образовании течи из емкости перекачайте раствор гипохлорита натрия в исправные емкости;
- после окончания ликвидации аварии следы пролива гипохлорита натрия смойте с оборудования и пола струей воды;
- при наличии пострадавших от воздействия гипохлорита натрия действуйте согласно инструкции;
- при травмировании или другом резком ухудшении состояния здоровья при оказании доврачебной помощи руководствуйтесь пунктом «Общие правила по охране труда и промсанитарии для работающих на заводе».

5.4 Организация рабочего места оператора

Основная часть контроля над ведением технологического процесса после реализации данного проекта перейдет к промышленному контроллеру и АРМ оператора. Рабочее место будет размещаться в здании фильтровальной станции.

Полагается, что основным рабочим местом оператора будет рабочий стол, так как весь технологический процесс будет отображаться в мониторе SCADA системы: параметры процесса, графики уровня в баках с реагентами, управление частотными преобразователями и клапаном с ЭИМ.

Основной элемент АРМ оператора – рабочий стол и кресло. Следовательно, основным положением оператора является положение, сидя,

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

что вызывает минимальное утомление. Необходимо на рабочем месте организовать рациональную планировку, предусматривающую четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. Предметы, которые чаще всего используются оператором, располагаются в зоне рабочей досягаемости.

Монитор должен располагаться по центру рабочего стола ниже уровня глаз с наклоном на оператора. Экран отстоит от глаз оператора на расстоянии 50 см, что соответствует санитарным нормам при высоте символов 2,5 мм.

Кресло оператора должно удовлетворять следующие требования:

- допускает возможность изменения положения тела;
- допускает регулирование высота сидения в зависимости от роста работающего человека (в пределах от 400 до 500 мм);
- имеет слегка вогнутую поверхность;
- имеет небольшой наклон назад.

Все вышеперечисленные требования имеют большое значение, как для облегчения труда, так и для повышения привлекательности рабочего места, что благотворно влияет на производительность труда. Также окраска помещений и мебели создают благоприятные условия для зрительного восприятия, что влияет на настроение работника.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Заключение

Результатом выпускной квалификационной работы является разработанное проектное решение по модернизации фильтровальной станции предприятия Пермского края, которое включает выбор оборудования для полевого и среднего уровня автоматизации, а также выбор и разработка SCADA системы. Приведен подсчет единовременных затрат на модернизацию. Разработаны структурная функциональная схемы, а также произведен синтез регулятора уровня и алгоритм управления клапаном с ЭИМ.

Предложенная автоматизированная система снижает участие человека в технологическом процессе, позволяет увеличить межремонтный цикл оборудования технологического и электрооборудования за счет снижения влияния динамических нагрузок на дозирочный агрегаты, трубопроводную арматуру. Так же система позволяет добиться высоких показателей безопасности и повысить качество питьевой воды. В результате выполнения выпускной квалификационной работы получен большой объем теоретических и практических навыков, которые будут необходимы для дальнейшего повышения квалификации и будущей успешной работы по специализации.

По завершению работы можно утверждать, что поставленные цели выполнены в полном объеме, следовательно, достигнута цель.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.MCA.15.03.04-2020.00792-01 81 01

Лист

44

Список использованных источников

- 1) ГОСТ 11086-76 «Гипохлорит натрия. Технические условия». - Введ. с 01.07.1977.
- 2) СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.» - Введ. с 26.09.2001.
- 3) Датчик уровня РУПТ-АМ [Электронный ресурс]. URL: <https://skbr.ru/catalog/preobrazovateli-urovnya/rupt-am/> (дата обращения 17.04.2020).
- 4) Датчик уровня РИС-101М1 [Электронный ресурс]. URL: <https://skbr.ru/catalog/preobrazovateli-urovnya/ris-101m1/> (дата обращения 17.04.2020).
- 5) Датчик уровня Лимако УЛМ-11 (сопу) [Электронный ресурс]. URL: https://limaco.pro-solution.ru/?gclid=CjwKCAjw-YT1BRAFEiwAd2WRtvJevCsRRnzTVuXAT0GWgYcytTR7IRrakYE6I1_U8jN6sRkY2-atjxoCoUwQAvD_BwE (дата обращения 20.04.2020).
- 6) Анализатор воды Байкал-71 [Электронный ресурс]. URL: <https://datchiki.com/product/gidrohimicheskij-multisensornyj-zond-bajkal-71/> (дата обращения 15.04.2020).
- 7) Анализатор воды Aqua TROLL® 600 [Электронный ресурс]. URL: <https://in-situ.com/aqua-troll-600-multiparameter-sonde> (дата обращения 17.04.2020).
- 8) Анализатор воды МП-МБ-01 [Электронный ресурс]. URL: <https://merapribor.ru/catalog/geologicheskoe-oborudovanie/monitoringovyy-buy/> (дата обращения 15.04.2020).
- 9) Анализатор цветности ColorPlus 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sigrist.ru/catalog/avtomaticheskij-kontrol-tsvetnosti-v-zhidkostyakh->

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

[i-izmerenie-kontsentratsiy-primesej/protochnyy-fotometr-in-line-by-pass-colorplus-2/](#) (дата обращения 14.04.2020).

10) Запорно-регулирующий клапан с электрическим исполнительным механизмом 25ч945п [Электронный ресурс]. URL: <https://valfit.ru/product/klapan-zaporno-reguliruyushij-chugunnyj-flancevyj-s-eim-tip-25ch945p> (дата обращения 15.04.2020).

11) Частотный преобразователь ПЧВ3-К75-В-54 . [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/product/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv3 (дата обращения 20.04.2020).

12) Частотный преобразователь Веспер EI-9011 001Н [Электронный ресурс]. URL: https://www.vesper.ru/catalog/invertors/ei9011/?utm_source=adwords&utm_medium=cpc&utm_term=%2Bei%20%2B9011&utm_campaign=google_search_model_1 (дата обращения 14.04.2020).

13) Частотный преобразователь СИРИУС-С8-0.75/1.5-3Ф380 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elec.ru/market/chastotnyj-preobrazovatel-sirius-s8-075-15-3f380-0-14962422944.html> (дата обращения 14.04.2020).

14) Промышленный контроллер ПЛК150 [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/product/plk100_150_154 (дата обращения 17.04.2020).

15) Промышленный контроллер МК120.32-15.3 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.belconstar.ru/МК120.php> (дата обращения 17.04.2020).

16) Казанцев В.П. Системы управления исполнительными механизмами: Учебное пособие, Пермь, РИО ПГТУ – 2015 г, 145 с.

17) SCADA система TraceMode [Электронный ресурс]. URL: <http://www.adastra.ru> (дата обращения 16.04.2020).

18) SCADA система MasterSCADA [Электронный ресурс]. URL: <http://www.masterscada.ru> (дата обращения 16.04.2020).

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01

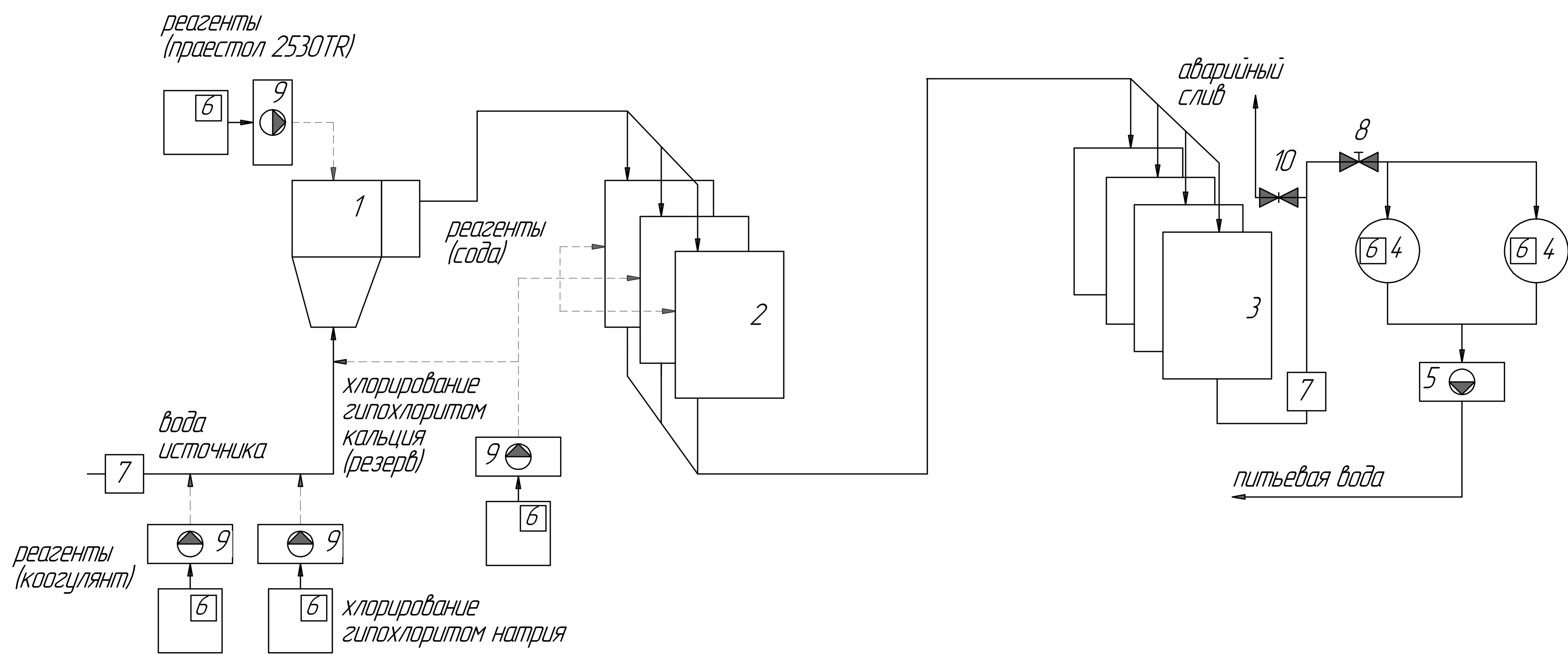
19) SCADA система Круг-2000 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.krug2000.ru> (дата обращения 16.04.2020).

20) SCADA система Саргон [Электронный ресурс]. URL: <https://nvtsys.ru/sargonpo.html#> (дата обращения 16.04.2020).

21) Трудовой кодекс РФ Статья 212. «Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда». - Введ. 30.12.2001.

22) ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». - Введ. 01.01.1977.

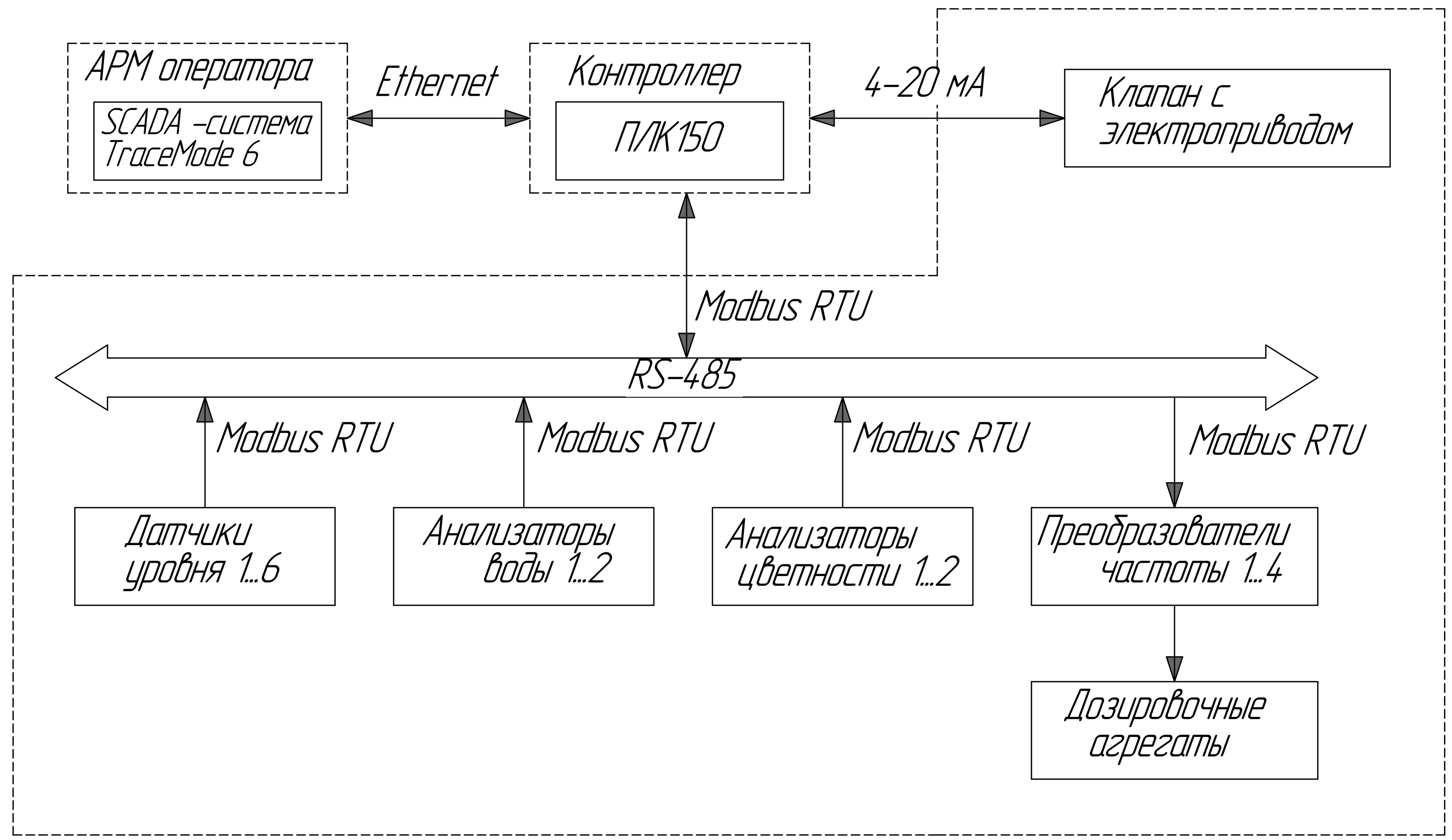
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



1-смеситель, 2-осветлители, 3-фильтры, 4-резервуары, 5-насосы 2-ого подъема, 6-датчики уровня, 7-анализаторы, 8-клапан с электроприводом, 9-дозировочные агрегаты, 10- задвижка

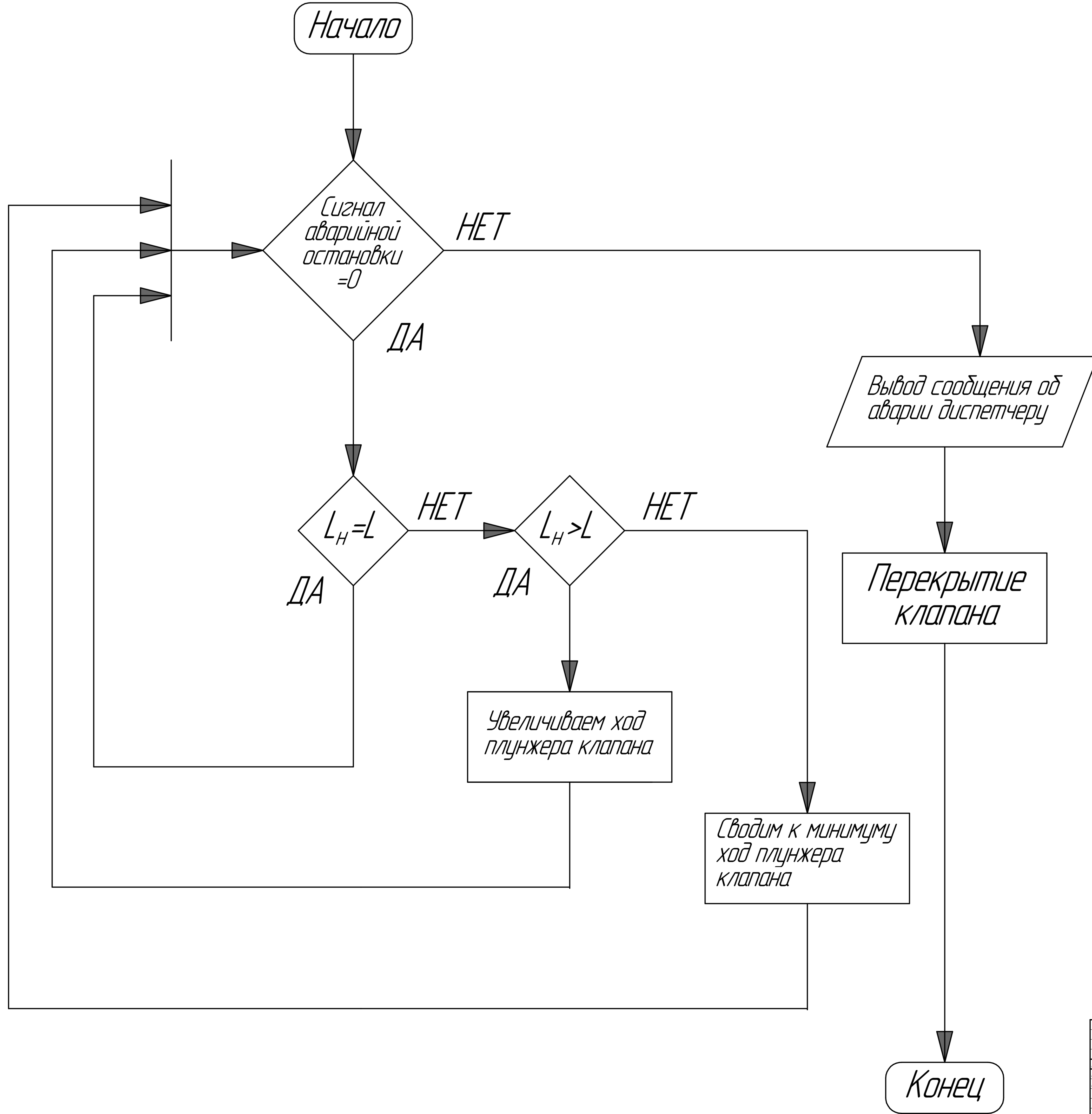
460.MCA.15.03.04-2020.00792-01 81 01			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Рисовал	Князева П.О.		
Провер.	Биласус О.А.		
Технича			
Исполн.	Шильга Н.А.		
Утв.	Петрученок А.Б.		
Автоматизация процесса приготовления питьевой воды на предприятии Пермского края			Лит. Масса Масштаб
Функциональная схема автоматизации технологического процесса			Лист 1 Листов 4
Копировал			Формат А1

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01



Лист 2 из 4
Лист 1 из 4
Лист 3 из 4
Лист 4 из 4
Лист 5 из 4
Лист 6 из 4
Лист 7 из 4
Лист 8 из 4
Лист 9 из 4
Лист 10 из 4
Лист 11 из 4
Лист 12 из 4
Лист 13 из 4
Лист 14 из 4
Лист 15 из 4
Лист 16 из 4
Лист 17 из 4
Лист 18 из 4
Лист 19 из 4
Лист 20 из 4
Лист 21 из 4
Лист 22 из 4
Лист 23 из 4
Лист 24 из 4
Лист 25 из 4
Лист 26 из 4
Лист 27 из 4
Лист 28 из 4
Лист 29 из 4
Лист 30 из 4
Лист 31 из 4
Лист 32 из 4
Лист 33 из 4
Лист 34 из 4
Лист 35 из 4
Лист 36 из 4
Лист 37 из 4
Лист 38 из 4
Лист 39 из 4
Лист 40 из 4
Лист 41 из 4
Лист 42 из 4
Лист 43 из 4
Лист 44 из 4
Лист 45 из 4
Лист 46 из 4
Лист 47 из 4
Лист 48 из 4
Лист 49 из 4
Лист 50 из 4

460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01			
Имя/Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Рязань	Князева П.О.		
Проб.	Билас А.А.		
Техни.			
Исполн.	Шульга Н.А.		
Элб.	Петрученок А.Б.		
Автоматизация процесса приготовления пива на предприятии Пермского края			
Структурная схема автоматизации технологического процесса			
Лит.	Масса	Масштаб	
Лист 2	Листов 4		
ПНИПУ, АТПП-15-15			
Копиродол Формат А1			



460.МСА.15.03.04-2020.00792-01 81 01				Лит	Масса	Масштаб	
Изм/Лист	№ докум	Подп	Дата	3		4	
Разраб	Князева П.О.			Лист	3	Листов	4
Проб	Богоус О.А.			Автоматизация процесса приготовления пива на предприятии Пермского края			
Технпр				Алгоритм управления клапаном с электроприводом			
Исполн	Шильга Н.А.			ПНИПУ, АТПП-15-15			
Этп	Петрученок А.Б.			Копирайт			
				Формат А1			

Лист 3 из 4
Копирайт

Система управления с ПД-регулятором

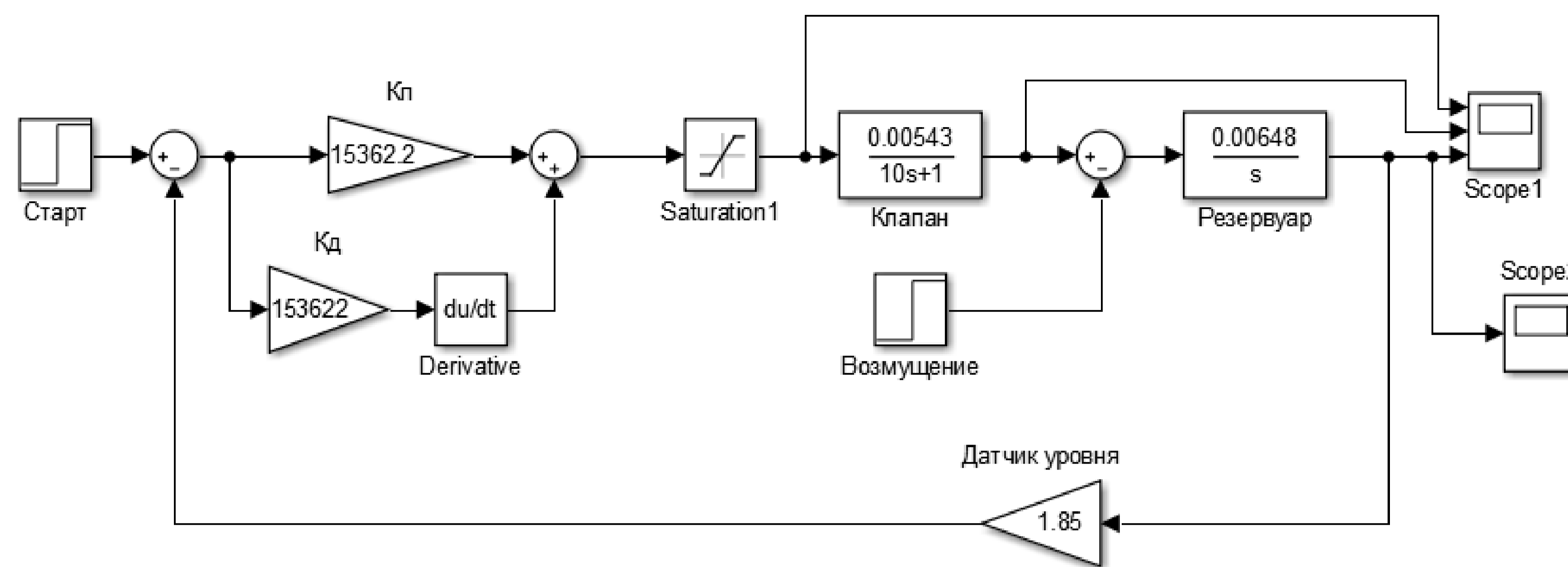
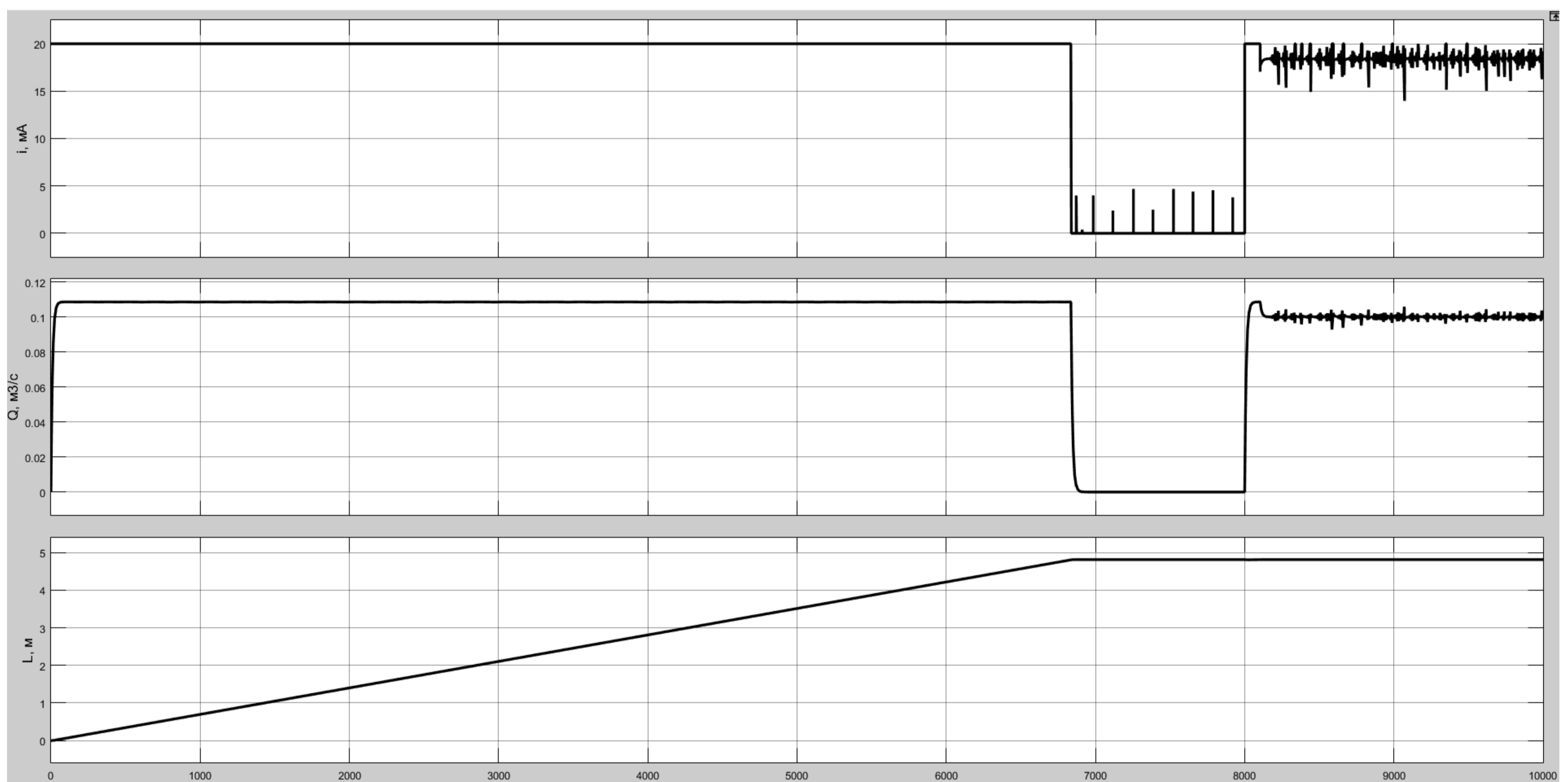
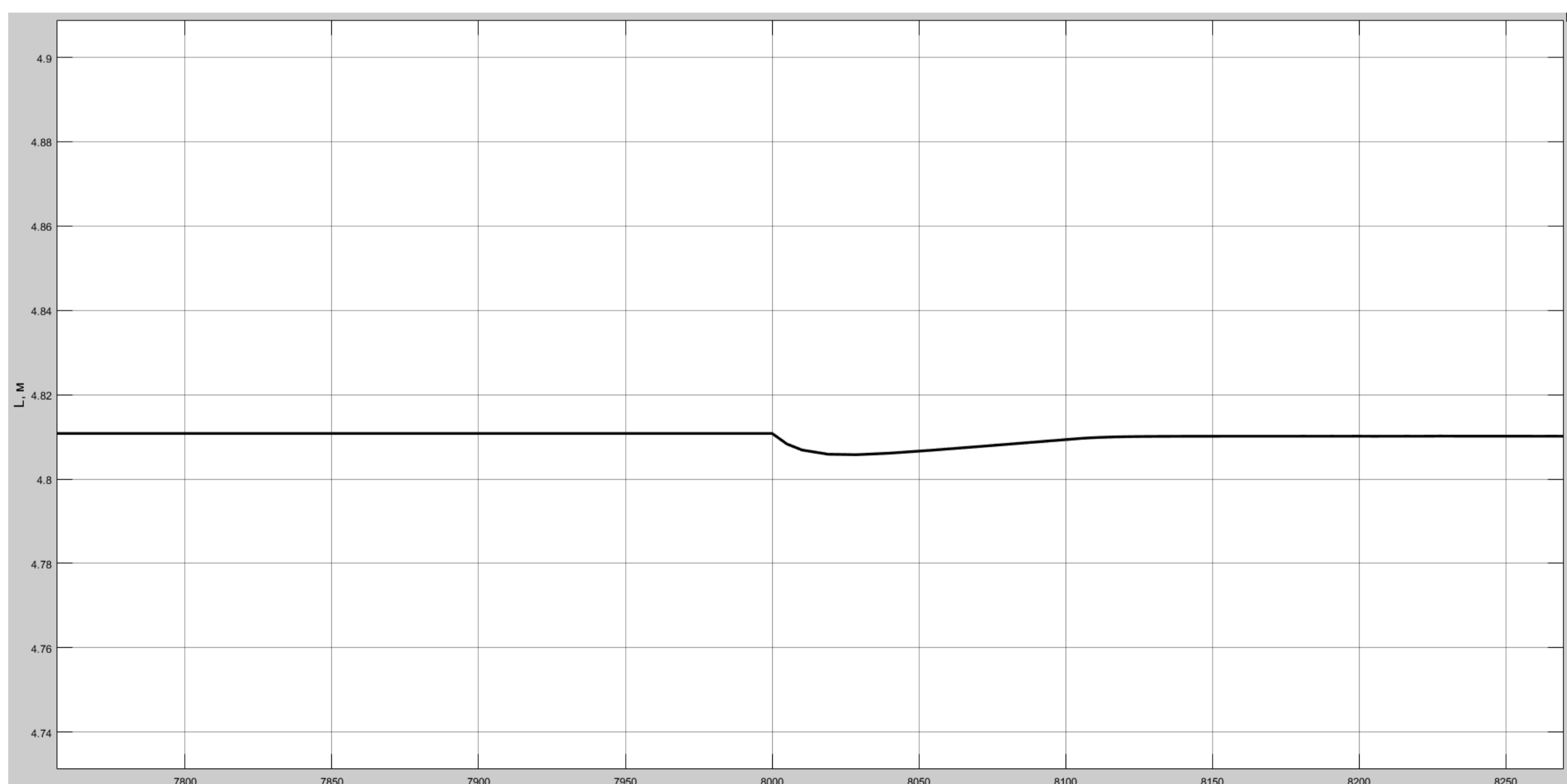


График переходного процесса в системе управления с ПД-регулятором



Участок графика переходного процесса с реакцией на возмущение



Имя, № подразделения, Подпись и дата, Взам. инв. №, Инв. № докум., Ссылка №, Перв. составлен

460.MCA.15.03.04-2020.00792-01 81 01				Лист	Масса	Максимум
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Автоматизация процесса приготовления питьевой воды на предприятии Пермского края		
Разраб.	Князева П.О.			Лист	4	Листов
Проб.	Билаус С.А.			4		4
Т.контр.				Синтез регулятора уровня в резервуарах с питьевой водой		
И.контр.	Шильга Н.А.			ПНИПУ, АТПГ-16-15		
Утв.	Петренко А.В.			Копирован		
				Формат А1		