

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

6В07103 – Автоматизация и роботизация

Қарымсақ Нұрдаулет Медетұлы

Разработка систем автоматизации подготовки воды для комбината

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6В07103 – Автоматизация и роботизация

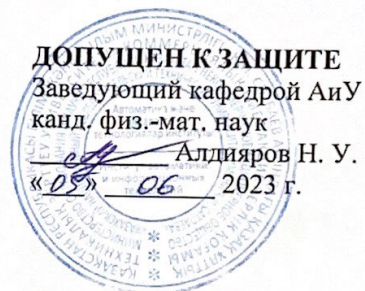
Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка систем автоматизации подготовки воды для комбината»

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Выполнил

Қарымсақ Н. М.

Рецензент

магистр техн. наук

М. Кунтунова Кунтунова Л.С.

(подпись)

«02» 06 2023 г.

Научный руководитель

магистр техн. наук

Г. Е. Куандыкова - Куандыкова Г.Е.

(подпись)

«29» 05 2023 г.

Алматы 2023

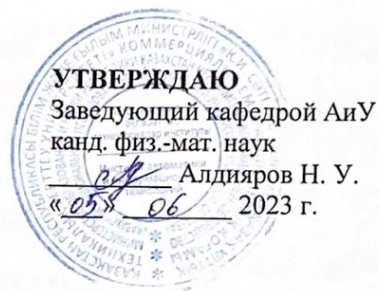
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

6В07103 – Автоматизация и роботизация



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Қарымсақ Н. М.

Тема: «Разработка систем автоматизации подготовки воды для комбината»

Утверждена приказом ректора М.Бегентаева № 1725-до от «28» октября 2022 г.

Срок сдачи законченной работы «15» мая 2023 г.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) технологическая часть;
- б) специальная часть;
- в) Разработка СУ технологического процесса очистки промышленных вод ;
- г) разработка программного обеспечения на базе SCADA.



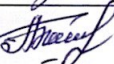
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
функциональная схема автоматизации; структурная схема САУ.

Рекомендуемая основная литература: из 17 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологическая часть	15 апреля 2023 г.	
Специальная часть	15 марта 2023 г.	

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта


Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата	Подпись
Технологическая часть	Г.Е.Куандыкова магистр техн. наук	3.05.23	
Специальная часть	Г.Е.Куандыкова магистр техн. наук	20.05.23	
Нормоконтролер	А.Б. Жеңіс маг. техн. наук, ассистент	31.05.23	

Научный руководитель

 -

Куандыкова Г.Е.

Задание принял к исполнению обучающийся



Қарымсақ Н.М.

Дата

«5» января 2023 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект

Қарымсақ Нұрдәулет Медетұлы

6B07103 – Автоматизация и роботизация

на тему: Разработка систем автоматизации подготовки воды для комбината

Выполнено:

- а) графическая часть на 2 листах
- б) пояснительная записка на 54 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В данном дипломном проекте разрабатывается система подготовки и очистки промышленной сточной воды. Управление данной системы заключается в регулировании уровня воды в приемном резервуаре. Для данного проекта разрабатывается SCADA система с использованием существующих технологии автоматизации компьютеризации.

В данном дипломном проекте рассмотрены методы очистки промышленных сточных вод, а также технология установки, предложены схему очистки производственных сточных вод до нормативных требований при использовании на технологические нужды, определены расход поверхностных сточных вод, направляемых на комплекс очистных сооружений.

Считаю, что студент Қарымсақ Нұрдәулет Медетұлы справился с поставленной задачей, дипломный проект соответствует требованиям, предъявляемым к дипломному проекту по специальности 6B07103 – Автоматизация и роботизация.

Оценка работы

На основании характеристики выполненной работы студент Қарымсақ Н.М. заслуживает оценки «85» (хорошо) с присвоением квалификации бакалавра по ОП 6B07103 – «Автоматизация и роботизация».



Рецензент

Лектор АЛП, магистр технических наук

Л.С. Кунтунова

«02» 06 2023 г.

**Протокол анализа Отчета подобия
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения заявляет, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Карымсак Нурдаулет Медетұлы

Название: Разработка систем автоматизации подготовки воды для комбината

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 0.10%

Коэффициент подобия 2: 0.00%

Замена букв: 1

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем не допускаю работу к защите.

Обоснование: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 0.10% и Коэффициент подобия 2: 0.00%. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«31» мая 2023 г.
Дата

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:
Дипломный проект допускается к защите.

«31» мая 2023 г.
Дата

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Қарымсақ Нұрдаулет Медетұлы

Название: Разработка систем автоматизации подготовки воды для комбината

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 0.10%

Коэффициент подобия 2: 0.00%

Замена букв: 1

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 0.10% и Коэффициент подобия 2: 0.00%. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«31» мая 2022 г.

Дата

Подпись Научного руководителя



ОТЗЫВ

на дипломный проект

Қарымсақ Нұрдәулет Медетұлы

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Тема: Разработка систем автоматизации подготовки воды для комбината

В данном дипломном проекте разрабатывается система подготовки и очистки промышленной сточной воды. Управление данной системы заключается в регулировании уровня воды в приемном резервуаре. Для данного проекта разрабатывается SCADA система с использованием существующих технологии автоматизации компьютеризации.


В данном дипломном проекте рассмотрены методы очистки промышленных сточных вод, а также технология установки, предложены схему очистки производственных сточных вод до нормативных требований при использовании на технологические нужды, определены расход поверхностных сточных вод, направляемых на комплекс очистных сооружений.

Қарымсақ Н.М. работает по специальности, он сам выбрал тему дипломного проекта и показал свои знания по автоматизации, выполнил поставленные перед ним задачи в срок и смог их решить..

Считаю, что студент Қарымсақ Нұрдәулет Медетұлы справился с поставленной задачей, дипломный проект соответствует требованиям, предъявляемым к дипломному проекту по специальности 6B07103 – Автоматизация и роботизация.

Руководитель

старший преподаватель кафедры АиУ,
магистр технических наук

 Куандыкова Г.Е.
« 02 » 06 2023 г.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жобада өндірістегі ағынды суларды дайындау және тазарту жүйесі құрылады. Қабылдау резервуарындағы судың деңгейін реттеру басқару жүйесі болып табылады. Бұл жоба үшін SCADA жүйесі қолданыстағы компьютерлендіру автоматтандыру технологияларын қолданылады.

Бұл дипломдық жобада өнеркәсіптік ағынды суларды тазарту әдістері, сондай-ақ орнату технологиясы қарастырылған, технологиялық қажеттіліктер үшін пайдаланылған кезде өнеркәсіптік ағынды суларды нормативтік талаптарға сәйкес тазарту схемасы ұсынылған, тазарту кешеніне жіберілетін жер үсті ағынды суларының шығыны анықталады.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте разрабатывается система подготовки и очистки промышленной сточной воды. Управление данной системы заключается в регулировании уровня воды в приемном резервуаре. Для данного проекта разрабатывается SCADA система с использованием существующих технологии автоматизации компьютеризации.

В данном дипломном проекте рассмотрены методы очистки промышленных сточных вод, а также технология установки, предложены схему очистки производственных сточных вод до нормативных требований при использовании на технологические нужды, определены расход поверхностных сточных вод, направляемых на комплекс очистных сооружений.

ABSTRACT

In this diploma project, a system for the preparation and purification of industrial wastewater is being developed. The control of this system is to regulate the water level in the receiving tank. For this project, a SCADA system is being developed using existing computerization automation technologies.

This thesis project considers the methods of industrial wastewater treatment, as well as the installation technology, proposes a scheme for the treatment of industrial wastewater to the regulatory requirements when used for technological needs, determines the flow rate of surface wastewater sent to the complex of treatment facilities.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Характеристика процесса подготовки воды	8
1.2 Система очистки воды в производстве	8
1.3 Требования к водоподготовке для завода	9
1.4 Стадии очистки воды в производстве	9
1.5 Оборудование для очистки воды для производства	10
1.6 Удаление железа	10
1.7 Окисление	11
1.8 Коагуляция и флокуляция	11
1.9 Фильтрация	12
1.1 Дезинфекция и стерилизация. Облучение ультрафиолетовыми лучами	12
1.1 Ионообменные смолы	13
1.1 Обработка активированным углем	14
2	
1.1 Метод разделения с использованием мембранных фильтров.	
3 Обратный осмос	16
2 Специальная часть	18
2.1 Постановка задачи	18
2.2 Основные методы очистки промышленных сточных вод	18
2.3 Разработка технологической схемы процесса очистки промышленных сточных вод	22
2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации	23
2.5 Разработка системы управления (математической модели) технологического процесса очистки промышленных вод	24
2.6 Обоснование и выбор комплекса технических средств (для объекта)	34
2.7 Разработка интерфейса пользователя на базе пакета Master SCADA	44
Заключение	52
Список использованной литературы	53
Перечень сокращенных слов	54
Приложения	55

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Қарымсақ Нұрдаулет Медетұлы

Разработка систем автоматизации подготовки воды для комбината

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой АиУ
канд. физ.-мат. наук
_____ Алдияров Н. У.
«__» _____ 2023 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка систем автоматизации подготовки воды для комбината»

6В07103 – Автоматизация и роботизация

Выполнил

Қарымсақ Н. М.

Рецензент
магистр техн. наук
_____ Кунтунова Л.С.
(подпись)
«__» _____ 2023 г.

Научный руководитель
магистр техн. наук
_____ Куандыкова Г.Е.
(подпись)
«__» _____ 2023 г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

6B07103 – Автоматизация и роботизация

-

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой АиУ

канд. физ.-мат. наук

_____ Алдияров Н. У.

«___» _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Қарымсақ Н. М.

Тема: «Разработка систем автоматизации подготовки воды для комбината»

Утверждена приказом ректора М.Бегентаева № 1725-до от «28» октября 2022 г.

Срок сдачи законченной работы

«15» мая 2023 г.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

а) технологическая часть;

б) специальная часть;

в) Разработка СУ технологического процесса очистки промышленных вод ;

г) разработка программного обеспечения на базе SCADA.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

функциональная схема автоматизации; структурная схема САУ.

Рекомендуемая основная литература: из 17 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологическая часть	15 апреля 2023 г.	
Специальная часть	15 марта 2023 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с
указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата	Подпись
Технологическая часть	Г.Е.Куандыкова магистр техн. наук		
Специальная часть	Г.Е.Куандыкова магистр техн. наук		
Нормоконтролер	А.Б. Жеңіс маг. техн. наук, ассистент		

Научный руководитель _____ Куандыкова Г.Е.

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Қарымсақ Н.М.

Дата «5» января 2023 г.

ВВЕДЕНИЕ

Вода – основа жизни человека. От качества употребляемой воды зависят его здоровье и долголетие. Вода используется человеком не только для бытовых нужд, но и для промышленности, производства. Процесс водоподготовки в производстве играет крайне важную роль. Без исключения каждая отрасль промышленности использует воду в ряде производственных процессов. От качества используемой воды будет зависеть не только качество выпускаемой продукции, но и состоянии промышленного оборудования, используемого при производстве. Техническая вода применяется в промышленности для изготовления, переработки, промывки, разбавления, охлаждения или транспортировки продукции, включая воду как составляющую продуктов или воду для поддержания санитарно-гигиенического состояния помещений предприятия. В больших количествах используют некоторые предприятия воду при приготовлении продукции, в том числе при производстве химикатов, нефтепродуктов, первичных металлоизделий и т.д. К сожалению, в настоящее время воду из-под крана нельзя использовать не только в питьевых целях, но и в промышленных. Очень часто вода, подаваемая из центрального водопровода, из скважин или колодцев не соответствует установленным нормам и критериям. Цель данного проекта разработать систем автоматизации подготовки воды для комбината, предложить систему очистки производственных сточных вод до нормативных требований предприятия магнезитовых огнеупоров. В рамках поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- изучить характеристики комбината как источника загрязнения водного объекта;
- предложить схему очистки производственных сточных вод до нормативных требований при использовании на технологические нужды;
- определить расход поверхностных сточных вод, направляемых на комплекс очистных сооружений.

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Характеристика процесса подготовки воды

Водоподготовка в производстве играет большую роль в развитии экономики страны. Очистка воды на производстве-одна из ветвей промышленной водоподготовки. Эта область охватывает широкий спектр направлений, где требуется чистая вода для производственных процессов. Промышленный рынок стремительно развивается и для того, чтобы быть всегда востребованными, предприятиям необходимо использовать в своем производстве новейшие методы. В настоящее время заводы и фабрики проводят модернизацию своего оборудования, в том числе и систему очистки воды на заводе.

Специализация производственного предприятия зависит от региона, сырьевой базы и технологического процесса. Однако, несмотря на глобальные различия предприятий, абсолютно везде требуется качественная водоподготовка для производства. Вода проходит этапы очистки и включается в технологический процесс. Она выступает в качестве сырья для пищевой промышленности, для линии розлива бутилированной воды и других напитков, приготовления лекарств. Подготовленная вода необходима для микроэлектроники, лабораторных исследований, парогенераторов, приготовления лекарственных препаратов, так как от нее напрямую зависят качественные характеристики получаемой продукции. Срок службы дорогого оборудования также во многом зависит от исходной воды. Для предотвращения процессов коррозии и разрушения, в воде должно содержаться минимальное количество различных солей и частиц [1].

1.2 Система очистки воды в производстве

Производственные предприятия потребляют разные объемы очищенной и подготовленной воды в зависимости от масштаба собственного производства. Одни предприятия используют воду для технических целей, другие - для питьевых или сырьевых. Оборудование для очистки воды на производстве используются в таких отраслях промышленности как:

1. Питательная вода для котельных и тепловых станций. Для стабильной работы паровых и водогрейных котлов требуется максимально умягченная вода жесткостью менее 2 Ж°.

2. На пищевых производствах продуктов питания и напитков. От воды зависят вкусовые качества продукции и срок их годности.

3. Для увлажнителей воздуха промышленного масштаба. Высокое содержание в воде жестких солей приводит к образованию налета и минеральных отложений, тем самым сокращая срок службы оборудования.

4. В производстве нано- и микросхем. Очень важно получить воду,

которая имеет минимальную электропроводность, для точности расчетов и правильной работы элементов.

5. На фармацевтическом производстве для приготовления косметики, лекарств и медицинских растворов. Здоровье человека с ослабленным иммунитетом напрямую зависит от качества лекарственных препаратов и растворов для инъекций.

6. Для производств бутилированной воды. Бутилированная вода должна иметь определенное качество по жесткости, железу, солесодержанию.

7. Для лабораторных испытаний. Результат исследования зависит от точности эксперимента и качества составляющих реагентов.

8. Химические и нефтяные заводы, заводы по производству ламината, картона и бумаги, стекла, гальванические производства, молочные заводы - везде требуется вода наивысшего качества в промышленных масштабах [2].

1.3 Требования к водоподготовке для завода

На каждом производстве определены свои собственные требования к качеству воды. Это зависит от спецификации завода и выпускаемой продукции. Для производства по микроэлектронике, фармацевтического производства требуется ультрачистая и сверхчистая вода с сопротивлением 0,1 МОм*см, 1 МОм*см, 10 МОм*см, 18 МОм*см. Для тепловых станций и паровых котлов главным условием является жесткость воды, которая должна быть максимально низкой. Мягкая вода предотвращает образование нерастворимых отложений и перегрева оборудования. Водородный показатель варьируется в пределах 4-7 единиц. Важно обеспечить полное обеззараживание воды на любом производстве. Требования к воде для производственных процессов прописываются в инструкциях, технических заданиях, ГОСТах и СанПиНах.

1.4 Стадии очистки воды в производстве

Водоподготовка производств осуществляется на нескольких этапах в зависимости от состава воды на входе и выходе:

- стадия предварительной очистки воды заводов;
- удаление железа и растворенных веществ;
- умягчение воды;
- осветление с помощью сорбционных фильтров для очистки воды на заводе;
- стабилизация показателей с помощью реагентов;
- обессоливание и глубокая деионизации воды;
- стерилизация и обеззараживание, как элемент систем водоподготовки на заводе.

Анализируя полученную информацию, специалисты подбираются количество этапов очистки воды для производства индивидуально для каждого случая [3].

1.5 Оборудование для очистки воды для производства

На каждом этапе применяется определенные установки очистки воды на производстве, которое выполняет определенный круг действий:

1. Дисковые и промывные сетчатые фильтры, которые задерживают крупные взвеси на входе воды в систему.

2. Фильтры для удаления железа + аэратор. Для окисления железа из скважины применяется аэрационная колонна, далее на фильтрующей среде засыпного фильтра удаляются ионы уже окисленного железа и марганца.

3. Фильтры с ионообменной смолой для умягчения воды. Соли жесткости заменяются ионами натрия и удаляются в дренажную систему.

4. Сорбционные и осадочные фильтры. Эти колонны предназначены для удаления органики из воды и улучшения вкуса и запаха.

5. Реагенты для корректировки pH, связывания кислорода и предотвращения осадкообразования.

6. Промышленный обратный осмос. Мембранная очистка позволяет получать дистиллированную воду, очищенную от всех известных примесей.

7. Установка электродеионизации и фильтры ФСД. Получение ультрачистой воды для нужд лабораторий и медицины.

8. Лампы и стерилизаторы с УФ-излучением. Обеззараживание воды от грибков и микроорганизмов за счет губительной действия волны 254 нм.

9. Фильтры патронного типа с различными картриджами. На этапе доочистки происходит улучшение вкуса и запаха воды и удаление остаточных частиц.

1.6 Удаление железа

Несмотря на то, что удаление железа является теоретически простым, решение проблемы по удалению железа на практике в обязательном порядке должно быть подвергнуто измерениям и тестам на местах, иначе могут возникнуть очень серьезные расхождения теоретических и практических результатов.

Железо может присутствовать в воде либо в твердой форме (окислы и гидроокислы), либо в растворенном виде.

Железо в твердом виде можно легко удалить методом фильтрования через картриджи или гранулированный материал.

Растворимое железо может быть удалено с помощью различных методов в соответствии с формулой содержания железа в воде:

- **минеральное железо:** оно содержит как двухвалентное железо (ионы Fe^{2+}) в воде с малым содержанием кислорода или как трехвалентного железа (ионы Fe^{3+}) в воде с низкими рН;

- **органическое железо:** атомы железа собраны в комплексы органических молекул (особенно гуминовой кислоты) [3].

Целью обработки заключается в превращении растворимого железа в ионы нерастворимого трехвалентного железа (путем окисления двухвалентного железа или его органических фракций), в последующем осаждении его в виде гидрооксида с установлением значения рН в интервале от 7.2 до 8.2.

1.7 Окисление

Окислительно – восстановительная реакция – это реакция, которая основана на следующем:

- некоторые ионы теряют (окисление) или получают (восстановления) электроны;

- другие ионы теряют или получают атомы кислорода;

- нежелательные органические материалы превращаются в воду и CO_2 (и иногда в азот).

Если реакция восстановления ограничивается, чисто на практике, выводом растворенного кислорода и превращением токсичного шестивалентного хрома в менее токсичный трехвалентный хром, то реакции окисления находят разнообразное применение:

- дезинфекции;

- превращение растворимых соединений в нерастворимые, которые легко удаляются фильтрованием (железа);

- и, конечно же, процессы, основанные на биотехнологиях.

Для удаления железа используется дешевый и доступный реагент как кислород из воздуха.

Создание контакта воды с воздухом позволяет растворить атмосферный кислород. Этот растворенный кислород имеет низкую окислительную способность, которая тем не менее, является достаточной для изменения при температуре окружения, минерального железа.

1.8 Коагуляция и флокуляция

Процессы коагуляции и флокуляции используются для отделения твердых взвесей от воды тогда, когда скорость естественного осаждения является довольно низкой, для того, чтобы получить эффект очистки. Успешная очистка воды, обезуглероживания известняка, уплотнение илистых осадков и дегидратация зависят от правильного применения принципов коагуляции и флокуляции.

Если рассматривать очистку поверхностных вод, то, к примеру, грязная и сырая вода содержит взвешенные фракции, состоящие из твердых частиц, обладающие способностью осаждаться, содержит частицы, достаточно крупные для того, чтобы выпадать в осадок самим, а также рассеянные твердые фракции и частицы, которые не осаждаются быстро. Заметная часть таких не осаждающихся твердых фракций может быть коллоидной. Каждая частица стабилизируется сама посредством отрицательного электрического заряда на ее поверхности; таким образом, соседние частицы отталкиваются друг от друга так же, как и отталкивают друг друга магнитные полюса.

Так как это явление не дает заряженным частицам соударяться друг с другом с тем, чтобы образовать более массивные объединения, называемые хлопьями, они, поэтому не могут осадиться. Коагуляция определяется как разрыв устойчивости таких коллоидов посредством нейтрализации сил, которые держат их на расстоянии друг от друга. Это обычно имеет место при добавлении химических коагуляторов и приложении энергии смешивания. Обычно используются такие химические соединения, как соли алюминия, соли железа или полиэлектролиты.

1.9 Фильтрация

Фильтрация – это процедура, посредством которой жидкость, содержащая твердые частицы, пропускаются через пористую среду (фильтр), которая задерживает твердые фракции, тогда как жидкая фракция пропускается (фильтруется).

Если взвешенные частицы по размерам больше, чем поры, они улавливаются на поверхности фильтра; такое происходит при фильтрации через картридж. В случае глубокой фильтрации или фильтрующего пласта, частицы удерживаются внутри пористой массы [4].

В любом случае, явление, связанные с прогоном воды через пористую среду, управляется законом Дарси, который гласит, что потеря (сброс) давления P пропорциональна скорости фильтрации R (отношение мгновенной скорости потока Q к единице площади поверхности).

1.10 Дезинфекция и стерилизация. Облучение ультрафиолетовыми лучами

Стерилизацией является операция, которой подвергнута замкнутая среда и которая ведет к отсутствию способных к регенерации микробов численностью не менее 10 объектов.

Дезинфекцией является операция, которой подвергается незамкнутая среда и которая приводит к снижению численности способных к регенерации микробов на 10 . Поэтому если вода первоначально содержащая 10 микробов,

считается дезинфицированной, если содержания микробов в ней после обработки составляет менее 10^2 .

В отношении водных систем понятие стерильности трудно сформировать, так как такие системы есть не что, как единый замкнутый объект. Поэтому в рассматриваемой в проекте системе говорится о дезинфекции, а не о стерилизации.

Биоцидные процессы можно классифицировать в соответствии рядом критериев:

- по природе микробных штаммов, которые надо уничтожить, это фунгицидной (плесени и грибки), алгаецидной (морские водоросли), бактерицидной (бактерии) или антивирусной (вирусные) обработках;

- по характеру применяемого воздействия, которое может быть нескольких типов: прямая токсичность, коагуляция протеинов, энзиматическое воздействие посредством блокирования обмена веществ или подавление размножения;

- в зависимости от применяемых методов процессы могут быть физическими и химические. А среди последних выделяют окисляющие и неокисляющие реагенты.

Ультрафиолетовые лучи С типа (обычно называемые “УФ”), излучаемые лампами испарения паров ртути, длина волны которых лежит в интервале от 200 до 280 нанометров, имеют свойство мощного биоцидного действия, независимо от показателя рН, которое не образует экологически вредных побочных продуктов, в данном случае длина волн 254 nm. Именно при этой длине волн коэффициент поглощения микроорганизмов достигает своего наивысшего уровня, результатом которого является смертоносное воздействие на микробов. Однако применение этих лучей требует следующего:

- небольшой толщины воды;

- хорошая прозрачность воды, так как присутствие твердых частиц может привести к “теневым эффектом”, то есть они могут действовать как экран между биоцидным облучением и организмом, который надо уничтожить.

Существует два типа ламп, в проекте задействованы лампы 2-го типа:

- лампы «низкого давления»;

- лампы «высокого давления».

Менее эффективны по мощности (потребляют около 15 Ват на каждый Вт УФ излучения), но срок службы более длительный (примерно от 8000 до 10000 часов, сокращает срок службы включение/выключение).

1.11 Ионообменные смолы

Ионообменные смолы (иониты) – это твердые нерастворимые соединения, имеющие базовую химическую структуру, с которой подвижные ионы связанные химическими группами, известными как “функциональные группы”.

Базовую структуру получают в результате органического синтеза (путем полимеризации соединения или сополимеризации нескольких органических соединений). Поэтому иониты являются синтетическими смолами, и чаще известны как “ионообменные смолы” или просто “иониты”. Функциональные группы получают либо непосредственно при полимеризации, либо во время последующей обработки полимерных бусин. Внешне смола похожа на щучью или икру минтая.

Каждая смола имеет различную степень сродства с различными ионами, с которыми она вступает в контакт. Всякий раз, когда смола, несущая ионы А, которыми она имеет слабое родство, вступает в контакт с жидкостью, содержащей ионы В, сродство с которыми больше, ионы В поглощаются смолой в обмен на ионы А. Поэтому жидкость, пропускаемая через ионит теряет ионы В и приобретает ионы А. В тоже время, смола теряет ионы А и приобретает ионы В.

Каждая смола имеет четкую ионообменную способность, измеряется в эквиваленте на литр смолы. Когда из данного объема смолы высвободилось все подвижные ионы, ионный обмен продолжаться больше не может. Тогда наступает состояние «насыщения», т.е. состав воды, восстановленной из слоя смолы, идентичен составу обрабатываемой воды. Требуется подвергнуть смолу обработке, для восстановления ее первоначальной химической структуре – регенерации [5].

Во время регенерации раствор, имеющий богатое содержание регенерирующих ионов, пропускается через насыщенную смолу таким образом, чтобы регенерирующие ионы заместили связанные ионы в ходе производственного цикла. Поскольку смола имеет более слабое сродство с регенерирующими ионами, чем с ионами, связанными в ходе своего цикла, необходимо:

- применять растворы с относительно высокой концентрацией регенерирующих ионов;
- пропускать регенерирующий раствор через смолу медленно.

Регенерирующий раствор хранится в концентрированном виде в контейнере, «емкость для соли» так как смягчение происходит натрием.

1.12 Обработка активированным углем

Активированный уголь в виде порошка или гранул получают путем специальной обработки натуральных углей (антрацитовых, торфяных) или искусственных углей (науглероженного дерева кокосовых деревьев).

Благодаря своей микропористой структуре, активированные угли имеют очень большую удельную активную поверхность на единицу массы (от 500 до 1000 м² на 1 грамм), низкую явную плотность (около 0.5 кг на литр) и главное, два основных свойства:

- адсорбирующую (порожденная силами притяжения и электро-

статическими силами, действует на растворенные газы и некоторые молекулы);
- каталитическую (связанную с присутствием свободных радикалов).

Активированный уголь в виде гранул может выступать в качестве фильтрующей среды для твердых материалов, которые могут присутствовать в обрабатываемой воде. Ввиду очень низкой явной плотности активированного угля, промывающие системы на активированном угле очень трудно осуществить в постом виде. Вода с высокой степенью засоренности или содержащие большие концентрации взвешенных твердых веществ, должны быть подвергнуты предварительной очистке до обработки активированным углем, иначе последний может достичь насыщения и быстро потерять свои специфические свойства.

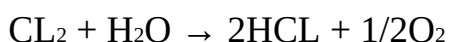
Путем абсорбции активированный уголь может удерживать широкий круг органических молекул и ионов:

- сероводородов;
- следы некоторых тяжелых металлов;
- некоторые органические материала, имеющие низкий уровень поляризации;
- некоторые органические вещества, обладающие высокой молярной массой, которые придают воде неприятный цвет, запах или вкус, а иногда и токсичность.

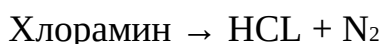
Адсорбирующая способность активированного угля по отношению к каждому элементу имеет свое значение для каждого типа угля и каждого типа адсорбируемой примеси.

В процессе обработки воды активированный уголь используется, благодаря своим каталитическим свойствам в реакциях с хлором и хлораминном (дезодорация путем дехлорирования) и распада озона (обезвреживание токсинов, детоксикация в озонированной воде). Как и любой другой катализатор, активированный уголь сам напрямую не участвует в химической реакции, которую он ускоряет. Поэтому, в теоретическом плане, каталитическая способность активированного угля не ограничена во времени. На практике же, вода, подвергаемая обработке активированным углем, почти всегда содержит адсорбирующие элементы, которые в прогрессивном порядке сокращают его активную область [6].

Активированный уголь ускоряет реакцию воды с хлорам



Аналогичным образом, активированный уголь ускоряет распад хлорамина



В этом отношении активированный уголь гораздо чаще применяется для удаления остаточного хлора и/или хлораминов, после обработки перехлорированием. Активированный уголь используется в виде гранулированного порошка для наполнения картриджей. Картриджи содержат небольшое количество и толщуг угля. Картриджи имеют ограничения для обработки потоков воды небольшой скорости, содержащих низкие концентрации свободного хлора.

1.13 Метод разделения с использованием мембранных фильтров. Обратный осмос

Осмос – это природное явление, при котором растворитель проходит через полупроницаемую мембрану, разделяя растворы различной концентрации. Полу проницаемая мембрана – это пленка из материала, который проницаем для воды, но непроницаем для растворенных минеральных элементов, коллоидных соединений и бактерий.

Рассматривая систему, включающую контейнер, разделенный на два отсека полупроницаемой мембраной. В одном отсеке содержится чистая вода, в другом – соленая вода. Можно наблюдать, что чистая вода проходит через мембрану и снижает концентрацию соленой воды. Движения чистой воды в соленый раствор увеличивает объем солевого раствора и создает колонку воды, физическое воздействие которой включает оказание большого давления на ту сторону мембраны, с которой находится соленая вода. В результате такого увеличения давления, наступает момент, когда это давление останавливает продвижение чистой воды через мембрану в соленый раствор. Тогда система приходит в равновесие (жидкости находятся в состоянии покоя). Гидростатическое давление, которое требуется для создания такого равновесия, называется осмотическим давлением раствора данной концентрации. Осмотическое давление – это физическое свойство, которое зависит от концентрации, каждого раствора, и растет вместе с ним. Осмос является обратимым. Это служит тому, что соленый раствор должен испытывать большее давление, чем его осмотическое давление, чтобы изменить на обратное направление потока воды. Как только это условие выполнимо, соленый раствор, начинает производить чистую воду. Это явление известно как обратный осмос.

Принцип действия обратного осмоса основан на фильтровании воды при высоком давлении через мембрану с ультраузкими порами, задерживающие практически все частицы, микроорганизмы и органические молекулы с молекулярным весом больше 200 Дальтон. Эта мембрана обладает свойством полупроницаемости по отношению к ионам, что позволяет, прикладывая к неочищенной воде давление, более высокое, чем осмотическое, выделять чистую воду из раствора солей. В этом процессе увеличения заряда иона способствует задерживанию его прохождения через мембрану [7]. Из-за очень малого размера пор процесс очистки воды на обратноосмотической мембране

является медленным, что требует использования мембран с большой площадью поверхности и достаточно высокого давления. Мембраны представляют собой картридж, содержащий свернутую в рулон мембрану. При изготовлении которой используются материалы: целлюлозный ацетат и полиамиды.

2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Постановка задачи управления

Процесс подготовки воды является сложным процессом, которому присущи следующие особенности: быстротечность, нестационарность, распределенность параметров, отсутствие непрерывной информации о текущих значениях выходных координат объекта.

Управление данным технологическим процессом должно быть полностью автоматизировано, так как процесс подготовки воды является сложным процессом, оператор не в состоянии учесть все причинные факторы, произвести сложный количественный анализ и принять правильное решение, поэтому качество принятия решений будет зависеть от опыта и интуиции оператора.

Жесткие нормы Республика Казахстан о составе воды, также подтверждают необходимость разработки эффективной системы управления данным объектом.

Возможным путем эффективного решения задачи управления рассматриваемым объектом является создание системы управления, использующей математическую модель технологического процесса.

При этом возникает целый ряд задач, связанных с созданием достаточно просто реализуемой в практических условиях математической модели процесса, разработкой системы управления с применением модели и т. д..

Для процесса подготовки воды задача управления преследует цель получения воды с заданным составом при соблюдении постоянной подачи воды в требуемых объемах.

В большинстве практических ситуаций задача управления сводится к более широким рамкам качества воды и различным видам экономии. Значительное же увеличение качества воды с высокими технико-экономическими показателями можно обеспечить за счет оптимального управления технологическим процессом.

2.2 Основные методы очистки промышленных сточных вод

Существует три метода очистки хозяйственно-бытовых сточных вод: механический, физико-химический, биологический. Стандартно в группу очистных сооружений входят устройства механической очистки. По нормативной степени очистки может сочетаться с установками биологической и физико-химической очистки. Очистные сооружения с более высокой степенью очистки включают в себя более глубокие очистные сооружения.

Метод предварительной очистки предназначен для подготовки сточных вод к биологическим или физико-химическим методам очистки. В результате механическая обработка обеспечивает сокращение до 91 % взвешенных веществ и 19 % органического вещества. К элементам механических очистных

сооружений относятся сетки, различные виды улавливателей, фильтрующие элементы, сетки и отстойники. Для удаления из стоков тяжелых минеральных примесей применяют специальные песколовки [8].

2.2.1 Механическая очистка сточных вод

Свойство естественного самоочищения сточных вод используется в механической форме очистки. Существующие нерастворимые загрязняющие вещества (песок, нефть, минеральные примеси, продукты нефтепереработки) удаляются механическими очистными сооружениями до 85%. Содержащиеся в воде вещества улавливаются сачками или сачками, затем извлекаются из воды, измельчаются в специальных дробилках и отправляются обратно в сточные воды.

Септики и отстойники в основном хранят нерастворенные взвешенные вещества. Существуют маслоуловители, жируловители, флотационные устройства для удаления продуктов нефтепереработки, масел и других плавающих веществ с плотностью, близкой к плотности воды.

Септики являются обычными очистными сооружениями. Благодаря фильтрующим и очищающим свойствам земли сточные воды очищаются повторно. В первую очередь в септик попадают сточные воды, часть их фильтруется с помощью грунта, а оставшаяся нерастворимая часть разделения остается на дне, где происходит процесс анаэробного микробиологического разложения, где происходит выделение метана. В результате вода очищается на 50-65%, а нерастворенные отходы остаются на дне септика.

При дальнейшей обработке сточные воды образуются в почве.

Небольшими порциями, очищенными септическими сточными водами, они поступают на фильтрационные сооружения (фильтрационные колодцы, подземные фильтрационные поля, фильтровальные траншеи или песчано-гравийные фильтры) и фильтруются самим грунтом, который является идеальной средой обитания для «кормления» микроорганизмов. и расщепляет органику. Зимой этот процесс замедляется, так как активность почвенных бактерий резко снижается из-за промерзания почвы, и сточные воды без очистки просачиваются в грунтовые воды. Что касается нерастворившихся фракций на дне септика, то они подлежат утилизации сточным транспортом [8].

2.2.2 Физико-химический способ очистки сточных вод

Второй способ очистки сточных вод – физико-химический. Химические методы очистки основаны, прежде всего, на образовании накипи, способствующей осаждению плавающих веществ при введении в сточные воды растворов некоторых реагентов. Установки физико-химической очистки состоят из устройств для приготовления и дозирования реагента, смесителей для перемешивания сточных вод с реагентом, реакционных камер для первичного образования накипи, отстойников для осаждения плавучих веществ

и полуколлоидов. Соблюдение правильного соотношения реагентов является важным требованием, т. к. они достаточно дороги, этот метод применяется в основном для очистки промышленных сточных вод. Говоря о физико-химических методах очистки сточных вод, остановимся подробнее на флотации. Флотация представляет собой сложный физико-химический процесс. Он заключается в создании комплекса частица-пузырь-воздух или газ, всплытии этого комплекса и снятии образовавшегося пенного слоя. Процесс флотации в основном используется при орошении минералов и очистке сточных вод [7].

2.2.3 Биологический способ очистки сточных вод

Биологическая очистка – это биохимическое разрушение органических веществ микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности, когда бактерии используют эти вещества в качестве источника энергии. В результате этих процессов опасные органические вещества окисляются и начинается их разложение на безвредные неорганические вещества.

При биологической очистке сточные воды сначала тщательно очищаются в сетке, а затем с помощью погружных насосов сточные воды перекачиваются в первичный отстойник. Предметы с плотностью выше воды удаляются путем обычного осаждения. При обычном отстаивании из сточных вод удаляется незначительная часть нерастворимых органических примесей, а также значительное количество взвешенных веществ. Для высокой эффективности и надежности отстойника его оснащают тонкими элементами, в которых процессы отстаивания протекают в слоях средней высоты. Осевший осадок периодически удаляется давлением гидростатического столба жидкости, а всплывающие загрязнения удаляются вручную с помощью сетчатых ведер.

Следующий этап – очистка воды, поступление воды на биологические очистные сооружения, то есть биореактор, где происходит минерализация органических соединений, содержащих азот, с помощью специального биоценоза активного ила. Биохимические реакции, протекающие с помощью ферментов активного осадка, разлагаются за счет непростых органических соединений. Окисление органических соединений, содержащих углерод, азот, серу, фосфор, до минеральных солей, углекислого газа и воды происходит в ходе аэробных процессов [8].

2.2.4 Типовая технологическая схема полной очистки сточных вод

Типовой технологической схемой полной очистки является комплекс очистных сооружений, устроенных таким образом, чтобы перед направлением сточных вод в пруд проходили механическую, биологическую очистку и обеззараживание (рисунок 2.1).

В процессе очистки сточных вод в любой комплексной форме образуется ил, так как в нем содержится много микроорганизмов, что не считается безопасным по санитарным нормам.

В состав входят разбавленные водой твердые вещества и неприятный запах. В результате типовая технологическая схема полной переработки должна включать в себя специальные перерабатывающие предприятия.

Сточные воды, поступающие на очистные сооружения, проходят через сетки, песколовки, отстойники и обеззараживаются хлором.

Перед первичными отстойниками можно использовать преаэраторы для усиления осаждения взвешенных веществ в виде биофлокуляторов, забирающих часть избыточного активного ила. Сырой ил из первичных отстойников поступает в метантенки [6].

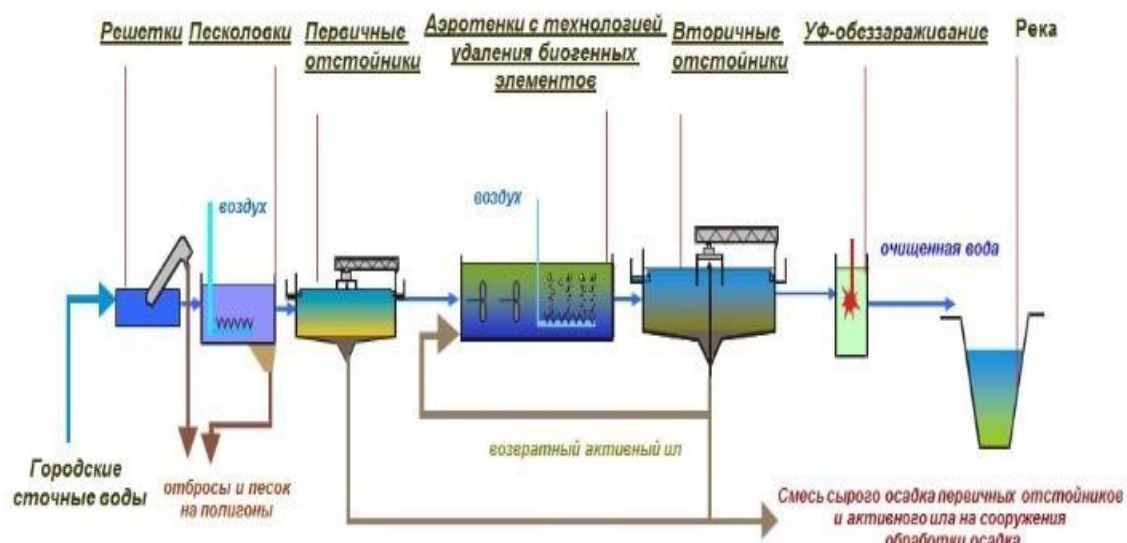


Рисунок 2.1–Типовая технологическая схема полной очистки сточных вод

Сточные воды, поступающие на очистные сооружения, проходят через сетки, песколовки, отстойники и обеззараживаются хлором. Перед первичными отстойниками можно использовать преаэраторы для усиления осаждения взвешенных веществ в виде биофлокуляторов, забирающих часть избыточного активного ила. Сырой ил из первичных отстойников поступает в метантенки.

Приток воздуха необходим для нормальной жизнедеятельности бактерий активного ила в аэротенке, что обеспечивается специальными агрегатами подачи воздуха, расположенными в моторном отсеке.

Смесь очищенных сточных вод и активного ила из аэротенка поступает во второй отстойник, где оседает активный ил, а основная его масса направляется в аэротенк. Вторичный отстойник, за счет своего роста, его масса увеличивается за счет воздействия активного ила, эта его часть (избыточный ил) удаляется из вторичного отстойника, а ил поступает в сгуститель, где объем ила достигает 4. в 6 раз меньше, а уплотненный лишний осадок уходит в

растворитель. Чистые сточные воды обеззараживаются (обычно хлорируются) в баке и направляются в водохранилище.

2.3 Разработка технологической схемы процесса очистки промышленных сточных вод

В данном дипломном проекте разработана технологическая схема процесса подготовки и очистки сточных вод, которая в свою очередь включает в себя некоторые технологические операции, превращающие загрязненную воду в готовую техническую воду при обработке (рисунок 2.2) [10].

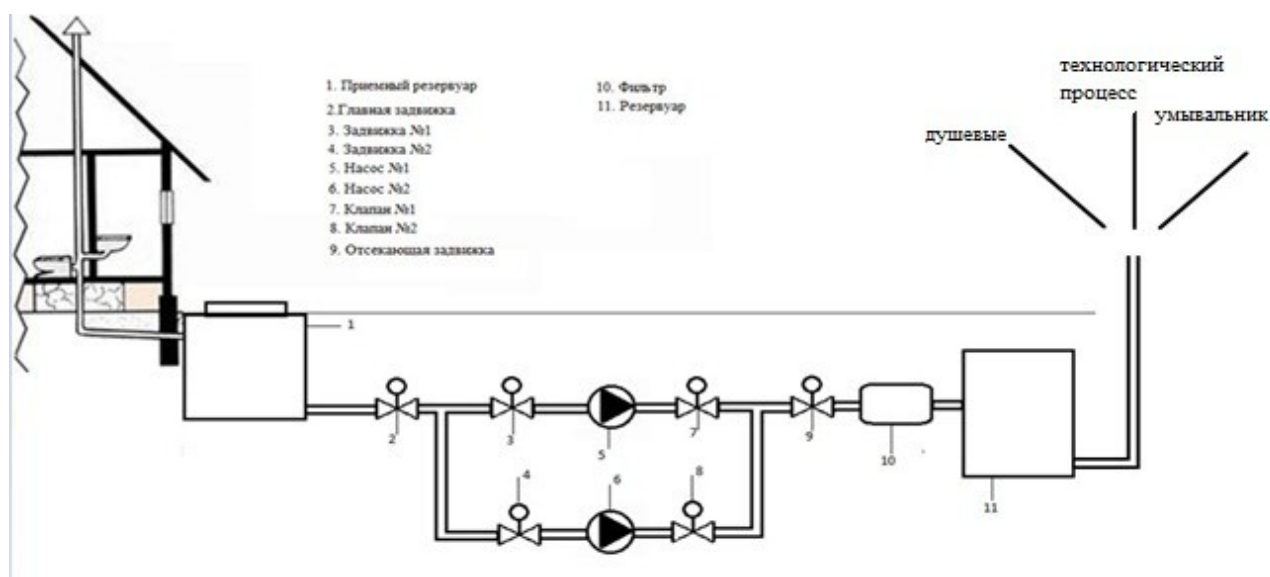


Рисунок 2.2 – Технологическая схема процесса очистки промышленных сточных вод

Данная технологическая схема процесса очистки сточных вод представлена на рисунке 2.2, на котором видно, что система стоков направляет использованную воду самотеком в приемную резервуар (1), где собирается вся жидкость, а затем в насос (5) или аварийный насос (6) по очереди перекачивает всю жидкость через фильтр (10), фильтр служит для механической очистки, очищенная жидкость после фильтрации поступает в конечный резервуар, которую можно использовать данную техническую жидкость на технологический процесс, душевые, умывальник и т.д. Главная задвижка (2) имеет функцию (открыть или закрыть) при наполнении приемного резервуара (1) до предельного уровня, главная задвижка (2) открывается вместе с отсекающей задвижкой (9), и срабатывает насос (5) или аварийный насос (6) для перекачивания жидкости в конечный резервуар (11). При низком уровне приемного резервуара главный и запорный клапаны закрываются, и насос

отключается. В случае аварийной ситуации требуются ручные клапаны (7), (8) и задвижки (3), (4).

Помимо механической очистки, дополнительно проводится химическая очистка для удаления сложных химических примесей, в приемную емкость (1) в качестве жидкого дезинфицирующего средства добавляется гипохлорит натрия, который, в свою очередь, идеально подходит для использования в качестве порошка для обеззараживания воды, этот реагент считается очень сильным окислителем.

2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации

Схема функций автоматизации представляет собой проектный документ, который показывает конкретную функциональную структуру автоматического управления или регулирования. На схеме могут располагаться датчики, регуляторы, элементы управления и другие элементы автоматики.

В дипломном проекте функциональная схема автоматики очистки сточных вод (рисунок 2.3), на этой схеме показаны входные аналоговые, а также входные и выходные дискретные сигналы, отображаемые на мониторе.

К аналоговому сигналу подключен датчик уровня, то есть устройство автоматики, а к дискретным сигналам подключены регулирующие органы, то есть задвижки и клапаны.

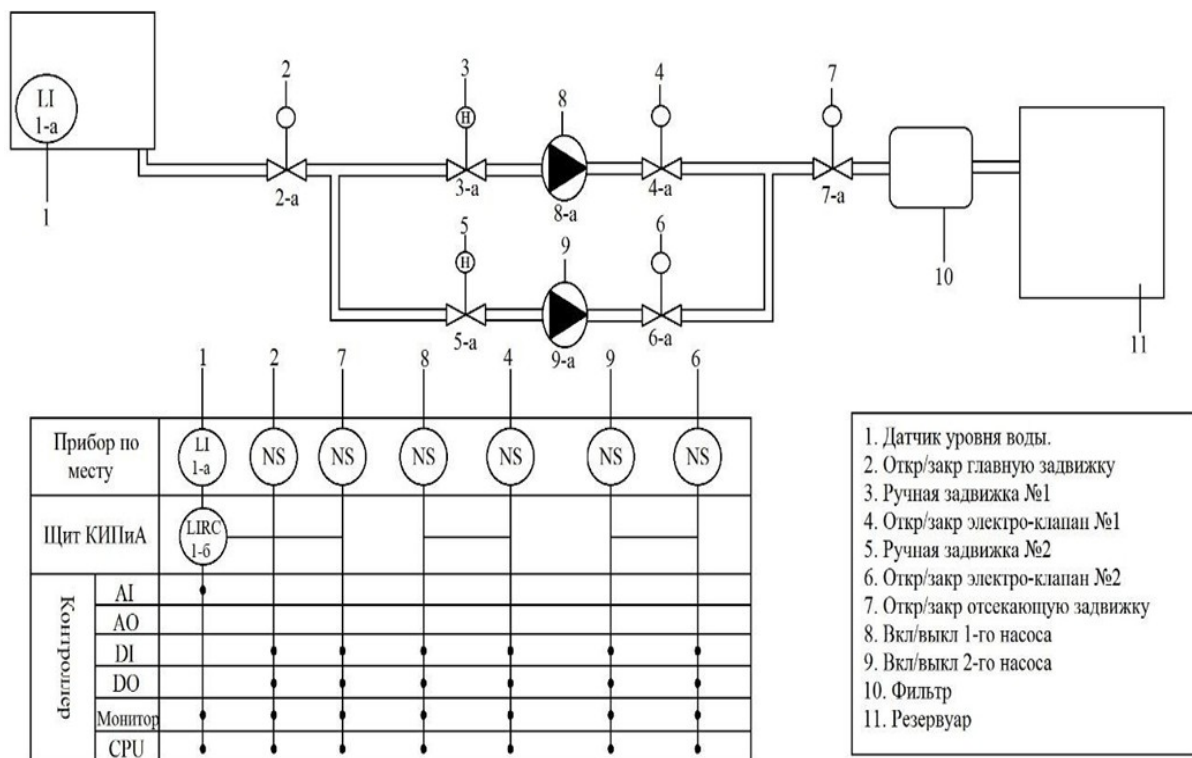


Рисунок 2.3 – Функциональная схема автоматизации

2.5 Разработка системы управления (математической модели) технологического процесса очистки промышленных вод

2.5.1 Идентификация объекта управления

Для системы управляющей величиной считается уровень воды в приемной емкости h , а проточная вода Q_n – управляющим воздействием.

Целью управления является $h=h_n$ -реверсивное регулирование при специфических возмущающих воздействиях на входной и выходной расходные каналы.

Проектирование структуры автоматического регулирования технологического процесса осуществляется путем определения процесса как объекта регулирования, то есть сопоставления технологического процесса с математической моделью для выполнения управления и регулирования [10].

2.5.2 Изменение уровня жидкости

Зависимость между расходом воды Q_n , входящей в бак, водой, выходящей из бака Q_o , и уровнем воды h в баке аналогична связи между этими расходами и запасом. Дифференциальное уравнение (формула 2.1) имеет вид кинематического уравнения, показывающего увеличение или уменьшение подачи воды:

$$\frac{d}{dt}[Ah(t)] = Q_n(t) - Q_o(t) \quad (2.1)$$

При выводе динамических зависимостей между давлением, расходом и уровнем воды необходимо учитывать законы сохранения массы, импульса и энергии, а также требование непрерывности.

2.5.3 Нелинейное дифференциальное уравнение объекта управления

При недостатке внешнего напора воды жидкость будет выливаться из приемной емкости под действием собственного веса. Для этого используется уравнение Бернулли, имеющее следующий вид:

$$\frac{v^2}{2} + \frac{Pg}{\rho} + gh = const \quad (2.2)$$

где P — давление внутри жидкости, кПа;

ρ — плотность жидкости, кг/м³.

В результате расход воды, вытекающей из канала или отверстия в баке под действием силы тяжести, равен:

$$Q_o(t) = \mu \sqrt{2gh(t)} \quad (2.3)$$

где μ — коэффициент расхода.

Отсюда отношение уровня воды к расходу на входе следующее:

$$\frac{d}{dt}[Ah(t)] = Q_n(t) - \mu \sqrt{2gh(t)} \quad (2.4)$$

Из формулы (2.4) видно, что уровень воды $h(t)$ в приемной емкости должен увеличиваться при ступенчатом увеличении расхода $Q_n(t)$ подаваемой воды. При этом в результате повышения уровня в свою очередь увеличивается отводимый поток $Q_o(t)$, и учитывается эффект саморегуляции. В результате гравитация играет ключевую роль отрицательной обратной связи в контроле и регулировании уровня воды. Саморегулирующееся правило представляет собой нелинейный тип доступности уровня количества.

2.5.4 Линеаризованное дифференциальное уравнение объекта управления

Выполним линеаризацию уравнения вида:

$$\frac{d}{dt}[Ah(t)] + \mu \sqrt{2gh(t)} = Q_n(t) \quad (2.5)$$

A - площадь приемной емкости в зоне номинального режима, то есть отклонение уровня жидкости и расхода от номинальных значений не более чем на 8 % предполагается изменением нелинейной функции.

$$Q_o(t) = \mu \sqrt{2gh} \quad (2.6)$$

Уравнение линеаризации в местности номинального режима, тогда:

$$Q_o(t) = \mu \frac{\sqrt{2gh}}{2\sqrt{h_0}} \times \bar{h} \quad (2.7)$$

$Q_o = f\sqrt{h}$ - нелинейная функция.

$\bar{Q}_o = \bar{f}\bar{h}$ - функция, линейная в местности номинального режима, тогда:

$$A \frac{d\bar{h}}{dt} + \mu \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{h_0}} \times \bar{h} = \bar{Q}_n(t) \quad (2.8)$$

В номинальном определенном режиме:

$$Q_{no} = \mu \times \sqrt{2gh_0} = Q_{oo} \quad (2.9)$$

Проведем преобразование Лапласа:

$$Ap\bar{h}(s) + \mu \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{h_0}} \times \bar{h}(s) = \bar{Q}_n(s) \quad (2.10)$$

или

$$A \frac{2\sqrt{h_0}}{\mu\sqrt{2g}} + p\bar{h}(s) + \bar{h}(s) = \frac{2\sqrt{h_0}}{\mu\sqrt{2g}} \times \bar{Q}_n(s) \quad (2.11)$$

Умножив числитель и знаменатель на \sqrt{h} получаем:

$$A \frac{2h_0}{Q_o} \times p\bar{h}(s) + \bar{h}(s) = \frac{2h_0}{Q_o} \times \bar{Q}_n(s) \quad (2.12)$$

где T - постоянная времени.

$$T = A \frac{2h_0}{Q_{no}} \quad (2.13)$$

Коэффициент передачи объекта управления:

$$K = \frac{2h_0}{Q_{no}} \quad (2.14)$$

Передаточная функция объекта управления, то есть уровень бака, объединяющий вход Q_n и уровень воды h в области нормального режима имеет вид

$$W(s) = \frac{\bar{h}(s)}{\bar{Q}_n(s)} = \frac{K}{1+Ts} \quad (2.15)$$

Постоянная времени T характеризует инерционные свойства объекта управления и прямо пропорциональна площади поперечного сечения A приемной емкости и обратно пропорциональна нормальному значению входного Q_{no} расхода [11].

Переходная функция, соответствует передаточной функции имеет вид:

$$\bar{h}(t) = \bar{Q}_n 2 \frac{h_0}{Q_{no}} (1 - e^{-2Ah_0t/Q_{no}}) \quad (2.16)$$

Переходная функция это и есть отклонение от условия объекта управления в нормальном режиме:

$$\bar{h}(t) = h_0 + \bar{Q}_n 2 \frac{h_0}{Q_{no}} (1 - e^{-2Ah_0t/Q_{no}}) \quad (2.17)$$

2.5.5 Расчет параметры передаточной функции объекта управления

Передаточная функция этого объекта управления рассчитывается по следующим параметрам:

- $h_0 = 1,5$ [м] – нормальный режим по уровню воды;
- $Q_{n0} = 200$ [л/час] - нормально значение поступающего расхода при h_0 ;
- $d = 0,5$ [м] – диаметр напорного резервуара. Расчет нормально поступающего расход:

$$Q_{n0} = 200 \times \frac{1}{3600} \times \frac{1}{10^3} \approx 0,5 \times 10^{-4} \left[\frac{M^3}{c} \right]$$

Расчет коэффициента передачи K рассчитывается по формуле (2.14):

$$K = \frac{2 \times 1,5}{0,5 \times 10^{-4}} = 6 \times 10^4 \left[\frac{M/M^3}{c} \right]$$

Расчет постоянной времени T рассчитывается по формуле (2.13):

$$T = A \frac{2 \times h_0}{Q_{n0}}$$

где A – площадь поперечного сечения резервуара.

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,5^2}{4} = 0,19625 [M^2]$$

Тогда

$$T = 0,19625 \times \frac{2 \times 1,5}{0,5 \times 10^{-4}} = 11775 [c]$$

Передаточная функция объекта управления будет иметь вид:

$$W(s) = \frac{h(s)}{Q_n(s)} = \frac{K}{1+Ts} = \frac{6 \times 10^4}{1+11775 p}$$

2.5.6 Система управления

Исходная структурная схема системы автоматического управления (рисунок 2.4):

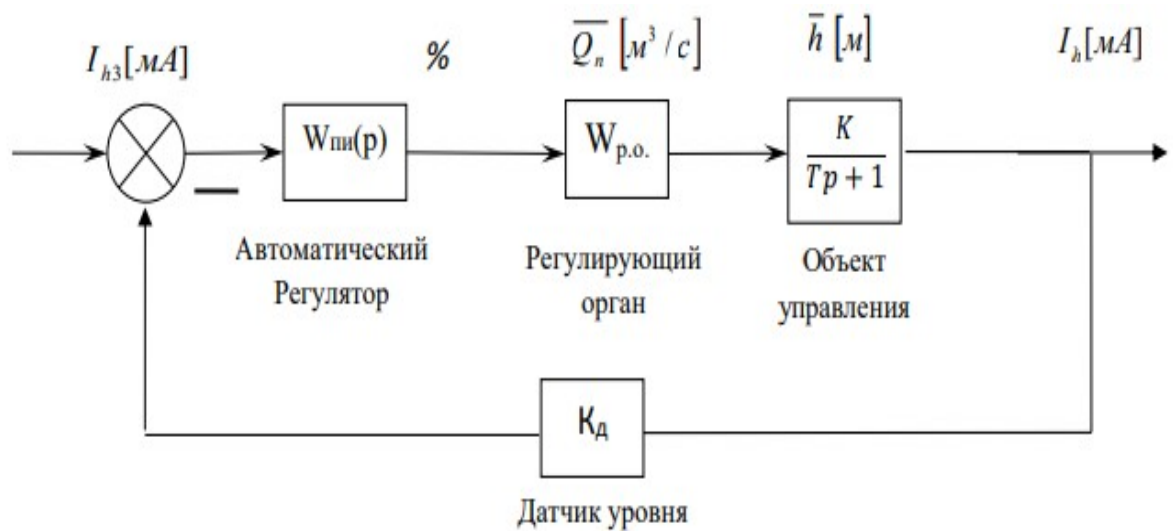


Рисунок 2.4 – Исходная структурная схема

где $I_{h3}[mA]$ – начальное задающее значение системы автоматического управления на регулирование задаваемого уровня h $h3$;

$I_h[mA]$ – выходное значение уровня h для данной системы; K_d – коэффициент передачи датчика уровня h ;

$W_{авт}(p)$ – передаточная функция автоматического регулятора.

2.5.7 Расчет передаточной функции исполнительного механизма и коэффициента передачи регулирующего органа поступающего расхода

Регулирующим органом и исполнительным механизмом является электрический обратный двигатель, заключающий в себя одно звено [11].

Определение передаточной функции исполнительного механизма:

По паспортным данным применяется двигатель типа ДАУ-23, мощность ($N_{дв}$) которого составляет 25 Вт, напряжение двигателя питания ($U_{п}$) 220 В, число полюсов (n) 12, нагрузка ($M_{н}$) - 40 Нм [14].

Передаточная функция двигателя рассчитывается по формуле:

$$W_{дв}(s) = \frac{K}{s(1+Ts)} \quad (2.18)$$

Далее вычислим K и T :

$$K = 0.14 \times \frac{N_{дв} \times n}{M_{н}} = 0.14 \times \frac{25 \times 12}{40} = 1.05$$

$$T = 3.3 \times \frac{N_{дв}}{n \times U_{п}} = 3.3 \times \frac{25}{12 \times 220} = 0.031$$

Передаточная функция двигателя:

$$W_{дв}(s) = \frac{K}{s(1+Ts)} = \frac{1.05}{s(1+0.031s)}$$

Расчет коэффициента усиления регулирующего органа $K_{p.o}$ т.е (клапана):

$$K_{p.o.} = \frac{2 \times \Delta Q_{n0}}{\Delta \%} = \frac{2 \times 0.5 \times 10^{-4}}{100 \%} = \frac{1 \times 10^{-4}}{100 \%} = 1 \times 10^{-6} \left[\frac{m^3/c}{\%} \right]$$

где Q_{n0} - приращение номинального поступающего расхода;
 $\%$ - приращение степени открытия клапана (в процентах).

Общая передаточная функция исполнительного механизма имеет вид:

$$W_{им}(s) = \frac{1.05 \times 1 \times 10^{-6}}{s(1+0.031s)}$$

2.5.8 Оценка коэффициента передачи датчика уровня

Коэффициент усиления передачи датчика уровня рассчитывается как соотношение выходного значения датчика i [mA] к входному значению h [m]:

$$K_d = \frac{\Delta i [mA]}{\Delta h [m]} \quad (2.19)$$

Самая высокая высота уровня воды в резервуаре, которую по идее должен мерить датчик уровня, соответствует 4 [м], а изменение унифицированного выходного значения датчика уровня при изменении уровня в диапазоне (0-4) [m] соответствует $\Delta Ih = (4 \dots 20)$ [mA]. Тогда:

$$K_d = \frac{\Delta i}{\Delta h} = \frac{16}{4} = 4 \left[\frac{mA}{m} \right]$$

Передаточная функция датчика уровня имеет вид:

$$W_{\phi}(p) = \frac{i(p)}{h(p)} = \frac{K_d}{T_{\phi} p + 1} = \frac{4}{4p + 1} \left[\frac{mA}{m} \right]$$

Общая структура системы управления имеет вид (рисунок 2.5):

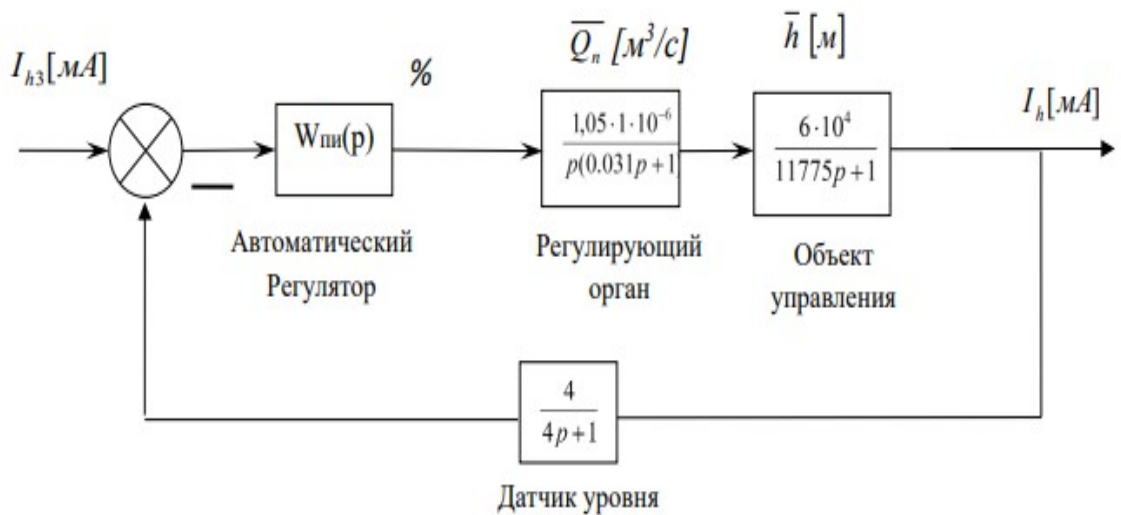


Рисунок 2.5 – Структурная схема управления

2.5.9 Логарифмические амплитудно-фазовые частотные характеристика разомкнутой системы и ее переходная характеристика

Разомкнутая система автоматического управления имеет передаточную функцию:

$$W_{раз}(s) = \frac{0.063}{(1+0.031s)(1+11775s)}$$

ЛАФЧХ чертится приближенным методом, то есть находится частота $\omega=1/T_1 = 32.25 [1/c]$ до которой ЛАЧХ имеет вид прямой на $20 \lg K = 20 \lg 0.063 = -24$ дБ это значение является коэффициентом передачи, ЛАЧХ имеет вид линии с наклоном -20 дБ/дек до сопрягающей частоты $\omega=1/T_2 = 8 \cdot [10]^{-5} [1/c]$ ($T_2=11775$ с), отсюда наклон ЛАЧХ меняется дополнительно на -20 дБ/дек и составляет -40 дБ/дек.

Логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика исходной разомкнутой системы, при $T_1=0,031, T_2=11775$ имеет вид:

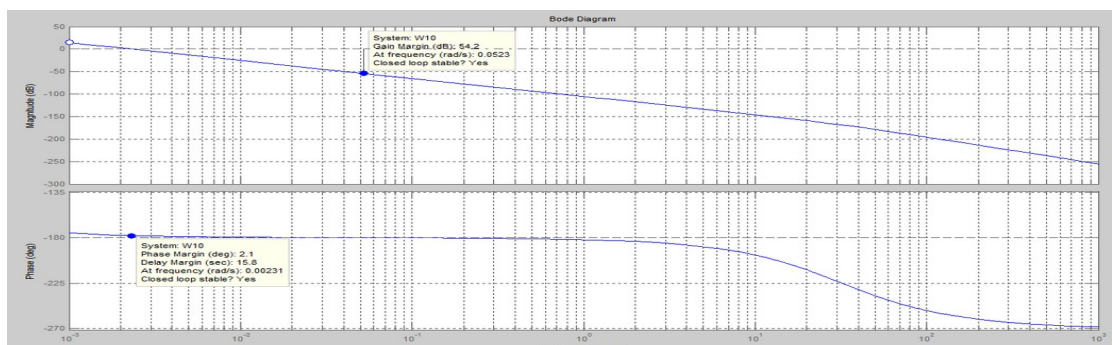


Рисунок 2.6 – Логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика исходной разомкнутой системы, при $T_1=0,031, T_2=11775$

2.5.10 Расчет передаточной функции ПИ регулятора. Синтез желаемой ЛАФЧХ

ЛАЧХ разомкнутой системы

Если ЛАЧХ разомкнутой системы содержит существующие частоты (секторе, отсекаемом линиями ± 20 дб наклон -20 дб/дек), то:

- замкнутая система автоматического управления устойчива;
- переходная функция замкнутой САУ очень близка к монотонной;
- время регулирования равняется $t_p = 1/\omega_{cp}$

Структура разомкнутой исходной системы с ПИ-регулятором (рисунок 2.7).

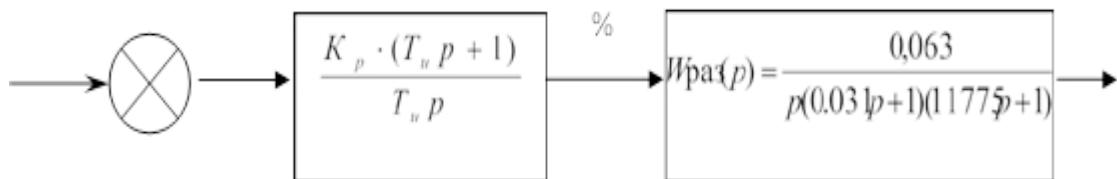


Рисунок 2.7- Структура разомкнутой системы с ПИ-регулятором

Частота среза была найдена из рисунка 2.4 по желаемой ЛАЧХ:

$$\omega_{cp} = \frac{3}{t_p} = \frac{3}{1298} \approx 0.00231$$

Передаточная функция ПИ-регулятора:

$$W_{nu}(s) = \frac{\%(s)}{i(s)} = K_s \frac{1 + T_u s}{T_u s}$$

Рассчитываем коэффициент усиления ПИ-регулятора:

$$\omega_{cp} = \frac{3}{t_p} = \frac{3}{1298} \approx 0.00231 - \text{частота среза,}$$

$$K_s \frac{0.063}{1298} = 0.0231$$

Отсюда $K_p = 47,5$.

Строим ЛЧХ ПИ-регулятора при $T_u = 11775$ с, $K_p = 47,5$ (рисунок 2.8).

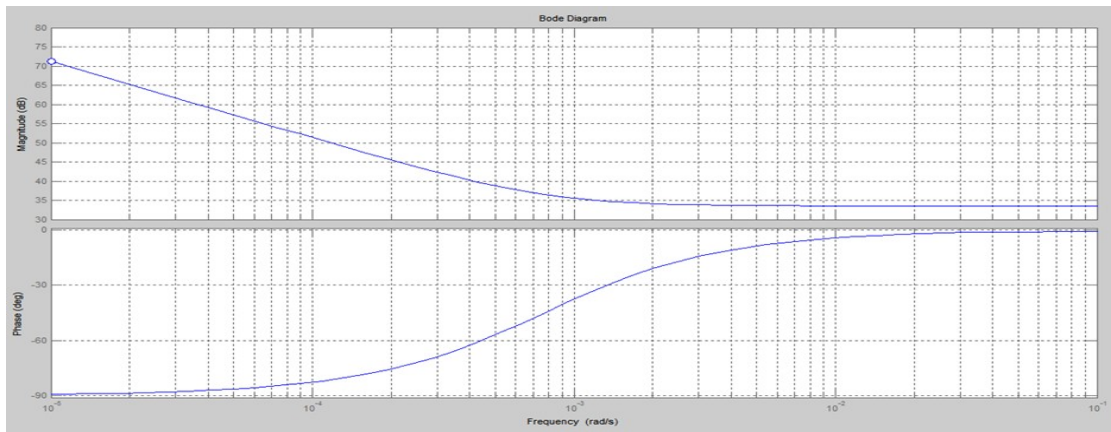


Рисунок 2.8 - ЛЧХ ПИ-регулятора

Система автоматического управления регулятора устойчива. Функция является переходной, которая близко к монотонной, время ее регулирования $t_p=1298$ с, статическая ошибка $st=0$.

2.5.11 Моделирование системы управления в среде MatLAB (Simulink)

Структура САУ, с обратной связью моделирования имеет вид (рисунок 2.9):

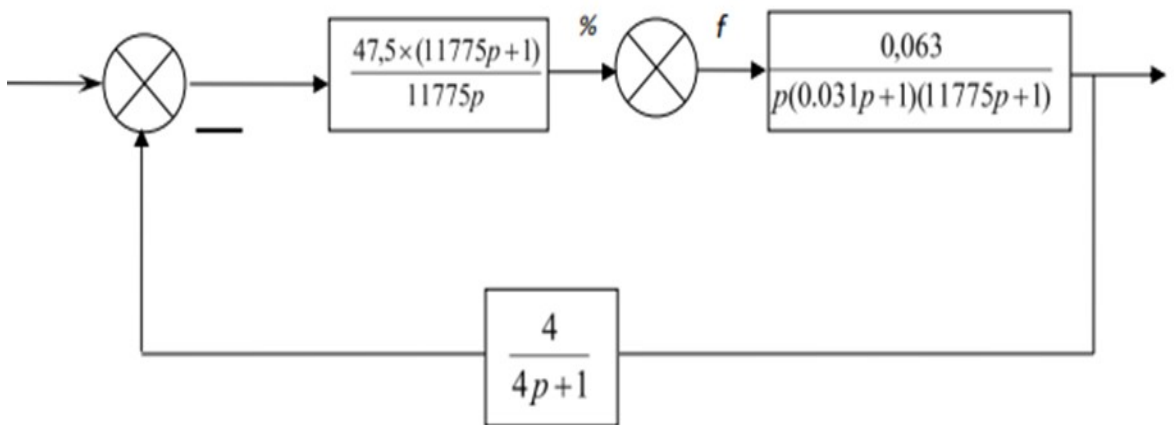


Рисунок 2.9 – Структура системы автоматического управления

Модель системы управления в среде MatLAB (Simulink) (рисунок 2.10):

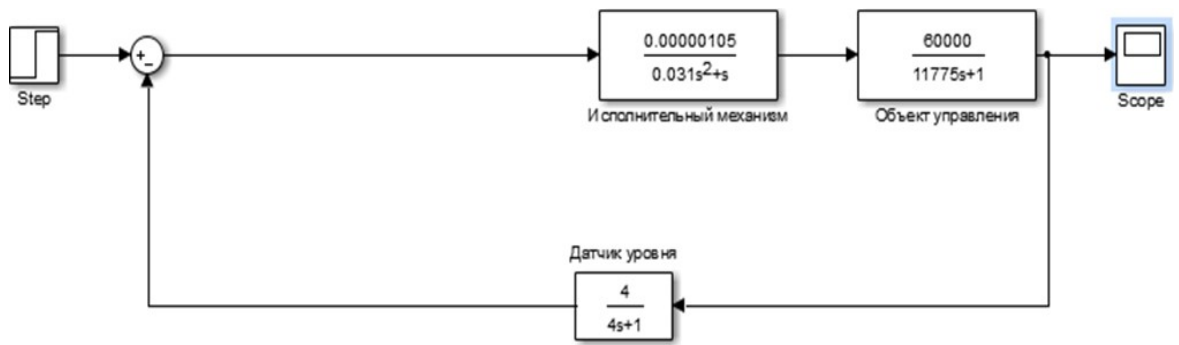


Рисунок 2.10 – Схема моделирования замкнутой системы

Получаем переходную характеристику (рисунок 2.11):

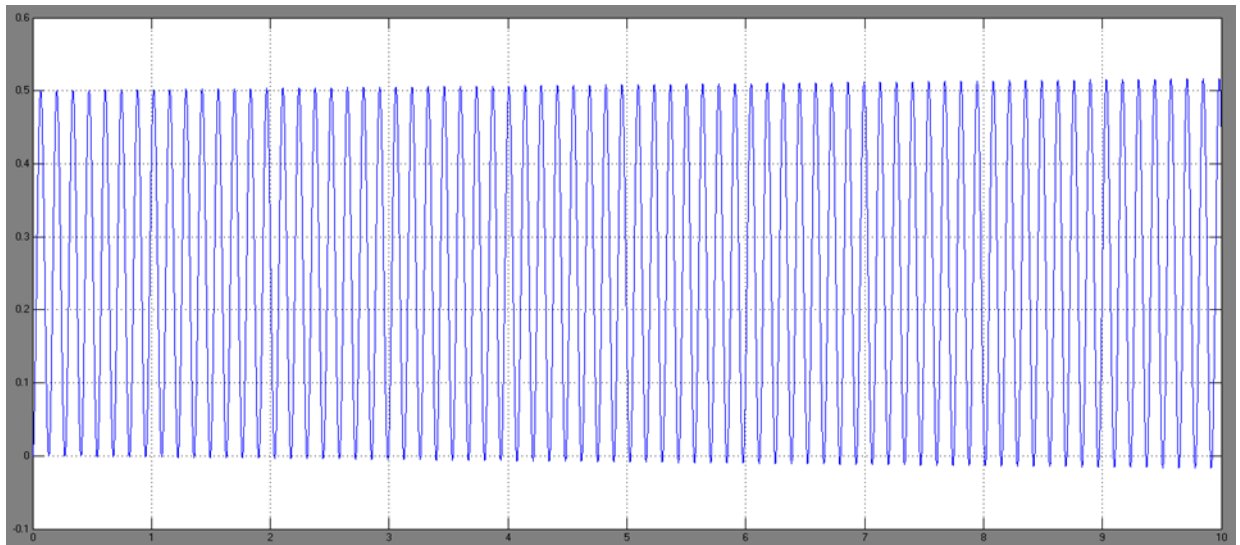


Рисунок 2.11 – Переходная характеристика исходной разомкнутой системы

Строим модель замкнутой системы управления с регулятором в MatLAB (Simulink) (рисунок 2.12):

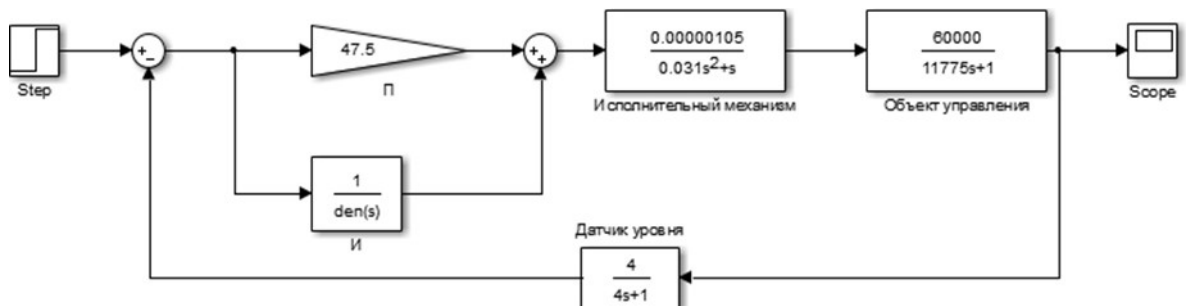


Рисунок 2.12 – Схема замкнутой системы с ПИ регулятором

Получаем переходную характеристику (рисунок 2.13):

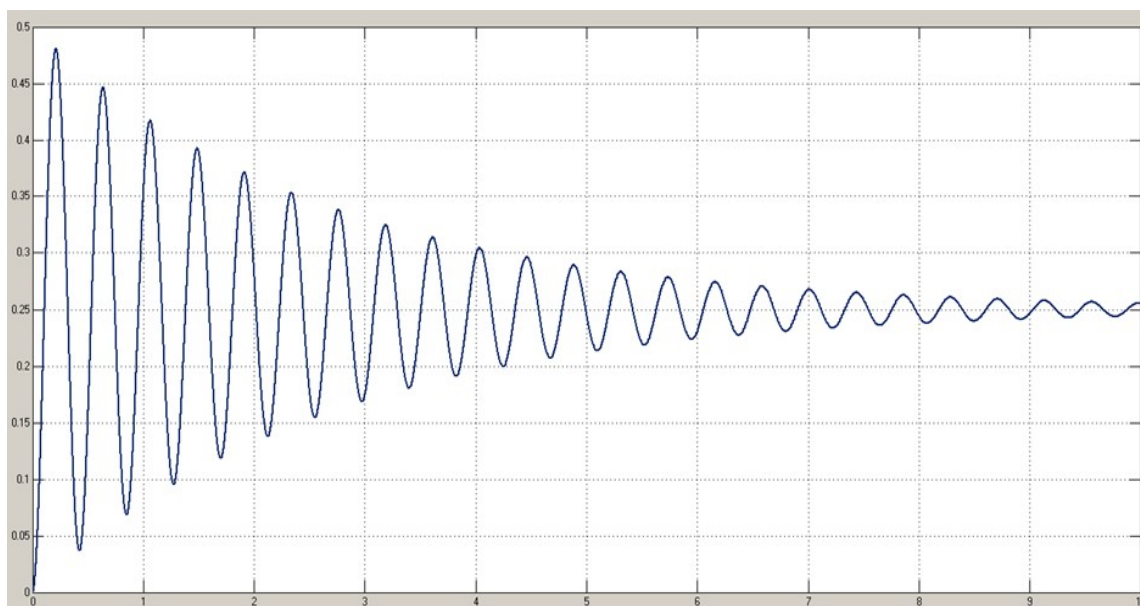


Рисунок 2.13 – Переходная характеристика системы

2.6 Обоснование и выбор комплекса технических средств (для объекта)

Надежность и эффективность средств автоматизации, определяется выбором комплекса технических средств, с помощью технических средств нужно реализовать структуру управления данного проекта.

Для реализации данного проекта необходимо выбрать комплекс технических средств управления, т.е контроллер, исполнительные механизмы. Так же нужно выбрать первичные средства сбора информации это приборы, датчики и т.д.

2.6.1 Выбор программируемого логического контроллера (ПЛК)

Контроллер фирмы Siemens S7-300

Программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300 - предназначен для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Модульная конструкция контроллера S7-300 (рисунок 2.14), работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, высокое удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения оптимальных решений для построения систем автоматического управления технологическими процессами в различных областях промышленного производства [18].



Рисунок 2.14 – Контроллер Siemens S7-300

Использование нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров повышает эффективность применения контроллеров SIMATIC S7-300 [12].

Контроллер фирмы Овен (ПЛК 100)

Контроллер ОВЕН ПЛК100 (рисунок 2.15) предназначен для создания систем управления малыми и средними объектами.

Кроме того, эти контроллеры очень удобно использовать для создания систем диспетчеризации различных объектов в области промышленности и ЖКХ [19].



Рисунок 2.15 – Контроллер Овен ПЛК 100

Для обмена данными при создании систем управления и диспетчеризации на базе ОВЕН ПЛК100 можно использовать как проводные средства – встроенные интерфейсы Ethernet, RS-232, RS-485, так и беспроводные – радио, GSM, ADSL модемы.

Контроллер Arduino Uno

Arduino Uno контроллер построен на ATmega328 (рисунок 2.16). Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки.

Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

В отличие от всех предыдущих плат, использовавших FTDI USB микроконтроллер для связи по USB, новый Arduino Uno использует микроконтроллер ATmega8U2 [20].



Рисунок 2.16 – Контроллер Arduino Uno

Uno разработана таким образом, чтобы перед записью нового кода перезагрузка осуществлялась самой программой Arduino на компьютере, а не нажатием кнопки на платформе [16].

Одна из линий микросхемы ATmega8U2, управляющих потоком данных, подключена к выводу перезагрузки микроконтроллеру ATmega328 через 100 нФ конденсатор.

Активация данной линии, т.е. подача сигнала низкого уровня, перезагружает микроконтроллер.

Программа Arduino, используя данную функцию, загружает код одним нажатием кнопки Upload в самой среде программирования.

Подача сигнала низкого уровня по линии DTR скоординирована с началом записи кода, что сокращает таймаут загрузчика.

Сравнительный анализ для программируемых логических контроллеров представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Сравнительный анализ ПЛК

Характеристики	Siemens	Овен (ПЛК 100)	Arduino Uno
Процессор	S7-300	RISC-ARM9	ATmega8U2
Напряжение	24/48/72/96/110 В DC 110/230 В AC	220 В переменного тока и 24 В постоянного тока.	(рекомендуемое) 7-12В (предельное) 6-20В
Объем оперативной памяти	до 8 МБ	8МБ	32 Кб (ATmega328) из которых 0.5 Кб используются для загрузчика
Аналоговые модули ввода	до 8 входов	До 8 входов	6
Цифровые Входы/Выходы	16	14	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Входной ток	80 мА	75мА	40 мА
Интерфейсы	PROFIBUS DP, PROFIBUS DP/DRIVE, Industrial Ethernet/ PPROFINET, PtP	Ethernet 10/100 Mbrs; RS-485; RS-232 - 2 канала; USB 2.0- Device; USB 2.0-Host	USB-UART

В данном проекте подходит каждый из представленных контроллеров, но мой выбор остановился на контроллере Siemens т.к. он удобен для использования, и экономически выгодный. Он вполне подходит параметрами для данного проекта.

2.6.2 Выбор датчика уровня

Уровнемер NivoCap

Прибор NivoCap (рисунок 2.17) относится к измерителям уровня емкостного типа и работает по двухпроводной схеме.

Основан на принципе измерения электрической емкости датчика. Особенностью емкостного преобразователя уровня является то, что его требуется «обучить» работе в конкретной среде измерения, зафиксировав две контрольные точки уровня продукта.

Уровнемеры такого типа обладают высоким порогом чувствительности, что дает им преимущество перед многими другими приборами, на диапазон измерения которых может сильно влиять наличие мертвой зоны [15].



Рисунок 2.17 – Уровнемер NivoCap

Достоинства и преимущества NivoCap

Емкостной измеритель уровня NivoCap обладает рядом достоинств:

- а) высокий порог чувствительности, дающий возможность качественного измерения при низком уровне продукта;
- б) применение в качестве измерителя уровня как жидких, так и сыпучих твердых материалов;
- в) достаточно низкая цена;
- г) небольшая инерционность прибора, позволяющая нормализовать ситуацию сложными срабатываниями;
- д) измерение уровня непроводящих продуктов с низкой диэлектрической проницаемостью, вплоть до $\epsilon_r=1,5$;
- е) возможность программирования на месте; ж) срок гарантии 5 лет.

Емкостной преобразователь уровня NivoCap хорошо подходит в качестве экономного решения задач по измерению уровня проводящих и непроводящих жидкостей, а также сыпучих материалов. Для конкретного применения NivoCap легко подобрать нужную комплектацию.

Применяемость уровнемера NivoCap

NivoCap предназначен для измерения уровня (объема) непроводящих и проводящих жидких сред, а также сыпучих твердых материалов. Например:

- 1) жидкие газы;
- 2) топливо, масло;
- 3) спирты;
- 4) вода;
- 5) гранулы.

Уровнемер FineTek EB

Емкостные уровнемеры FineTEK EB применяются для непрерывного контроля уровня в резервуаре и подходят для различных видов жидких и сыпучих веществ (рисунок 2.18).

Использование емкостного датчика для измерения уровня в устройствах серии FineTek EB позволяет работать практически с любыми типами жидких, а также с сыпучими и гранулированными продуктами. При этом датчик FineTek EB обеспечивает высокую точность измерения при непрерывном контроле.



Рисунок 2.18 – Уровнемер FineTek EB

Особенности конструкции и простой принцип действия емкостного уровнемера серии EB от FineTek обеспечивают пользователям ряд преимуществ при использовании:

Ультразвуковой дальномер HC-SR04

Ультразвуковой датчик расстояния - модуль HC-SR04 использует акустическое излучение для определения расстояния до объекта (рисунок 2.19). Этот бесконтактный датчик обеспечивает высокую точность и стабильность измерений. Диапазон измерений составляет: от 2 см до 400 см. На показания датчика практически не влияют солнечное излучение и электромагнитные шумы. Модуль продается в комплекте с трансмиттером и ресивером [14]. Сравнительный анализ для датчиков уровня представлен в таблице 2.2.



Рисунок 2.19 - Ультразвуковой дальномер HC-SR04

Таблица 2.2 – Сравнительный анализ датчика уровня

Характеристики	NivoCap	FineTek EB	HC-SR04
1	2	3	4
Напряжение питания	12...36 В постоянного тока	12...36 В постоянного тока	+5 В постоянный ток
Выходной ток	4...20 мА	4...20 мА	Не более 2 мА
Расстояние измерений	0,2...20 м	до 50м	от 2 см до 400 см
Допустимое давление в резервуаре	40 бар	45 бар	40 бар
Температура среды	-25°C...+70°C, с применением обогревателя: - 70°C...+70°C	в пределах от - 50°C до +200°C,	-40°C ÷ 50°C
Вес	2,5	2,3 кг	100 грамм

Наиболее подходящим для данного проекта является датчик HC-SR04 это ультразвуковой дальномер, который подходит по всем параметрам к данному проекту, и легок к подключению контроллера Arduino-Uno который уже был выбран ранее.

2.6.3 Выбор насоса

Насос HANIL PB-43-1

Циркуляционный насос (рисунок 2.20) с мокрым ротором и резьбовым соединением. Предварительно задаваемые ступени частоты вращения для регулировки мощности. Применяется в системах отопления, промышленных циркуляционных системах, системах подачи холодной воды и системах кондиционирования.



Рисунок 2.20 – Насос HANIL PB-43-1

Насос PH-042E

Насос PH-042E - одинарный фланцевый циркуляционный насос inline с сухим ротором в чугунном корпусе для применения в циркуляционных системах (рисунок 2.21). Насос применяется для перекачивания рабочей среды для водоснабжения, отопления, кондиционирования и охлаждения, для повышения давления.

Производительные насосы WILO PH-123 E серии PH без проблем функционируют при оптимальном рабочем давлении, выдерживая температуру окружающей среды не более 40 градусов, и могут использоваться достаточно длительное время. Это становится возможным за счет встроенной тепловой защиты двухполюсного электродвигателя, имеющего F класс изоляции. Все детали насоса WILO PH-123 E выполнены из прочных и надежных материалов, способствующих долговечности приборов. Также данные аппараты очень просто и удобно монтируются, не создавая лишних проблем для установщиков. Сравнительный анализ для насосов представлен в таблице 2.3.



Рисунок 2.21 – Насос PH-042E

Таблица 2.3 – Сравнительный анализ насоса

Характеристики	HANIL PB-43-1	Насос PH-042E
Потребляемая мощность	40 (Вт)	90 Вт
Напряжение	220 В	220 В
Диаметр трубы	32 мм	32 мм
Вес	3,8 кг	3,5 кг
Производительность, Q	3,3 м ³ /ч	3,6 м ³ /ч
Максимальное давление	4 бар	6 бар
Максимальная температура жидкости	80 °С	100 °С
Минимальная температура жидкости	1 °С	1 °С
Температура окружающей среды	до 40 °С	до 40 °С

В данном случае подходящим для данного проекта по техническим параметрам является насос HANIL PB-43-1, конечно у него мощность и производительность меньше чем у насоса PH-042E, но он выгоден с экономической стороны, и вполне подходящий для данного проекта.

2.6.4 Выбор фильтра

Сетчатый фильтр

Сетчатый фильтр - самое простое устройство фильтрации, относящееся к группе фильтров грубой механической очистки (рисунок 2.22). Он имеет наименьшие размеры и его конструкция элементарна. Фильтрующий элемент-металлическая сетка, обеспечивающая фильтрацию от крупных взвешенных частиц размером более 400 - 500 мкм. Он устанавливается как на подачу холодной, так и горячей воды - максимальная рабочая температура воды - около 120°С, максимальное рабочее давление - около 20 бар.

Преимущества: низкая стоимость, элементарность конструкции, минимальные габаритные размеры, универсальность монтажа (может устанавливаться как на вертикально, так и горизонтально проложенный трубопровод), широкий диапазон рабочих температур, не нуждается в замене расходных материалах, не требует установки устройств понижения давления (редукторов).

Недостатки: предотвращение от проникновения в систему только крупных механических примесей - размером более 400 - 500 мкм, необходимость демонтажа заглушки и прерывания цикла подачи воды и фильтрации для очистки фильтрующей сетки.

Сфера применения: системы холодного и горячего водоснабжения квартир, коттеджей и др.



Рисунок 2.22 – Сетчатый фильтр

Картриджный фильтр

Картриджные фильтры, используемые в быту, относятся к фильтрам тонкой очистки (рисунок 2.23). Между собой они различаются материалом колбы - металл или пластик; исполнением фильтрующего элемента - металлическая или полимерная фильтрующая сетка, гофрированный бумажный, полиэстеровый либо специальный картридж; размером ячейки фильтрующего элемента; рабочим давлением; пропускной способностью (производительностью в м³/ч); потерями давления (бар) и максимальной рабочей температурой.

Материал колбы зависит от предназначения фильтра. Фильтры для холодной воды, как правило, имеют пластиковую колбу, для горячей - металлическую. Причем пластиковые колбы могут быть как прозрачные, так и непрозрачные.

Материал фильтрующей сетки - металл или полимерный материал - практически не влияет на свойства фильтрации и качество фильтра.

Прочность здесь не играет большой роли, так как происходит регулярная замена фильтрующего элемента - картриджа. Замена осуществляется по мере его загрязнения, но, как правило, не реже одного раза в два месяца. Это вносит некоторые неудобства при пользовании, так как через определенный период необходимо производить демонтаж и замену фильтрующего элемента. Картриджные фильтры бытового и полупромышленного предназначения рассчитаны на стандартное давление водопровода и могут применяться практически без ограничений.

В случае необходимости понизить давление в системе водопровода (рекомендуется для оптимизации расхода воды и защиты бытовых приборов, работающих с водой), используются картриджные фильтры со встроенным редуктором, диапазон регулировки которого, как правило, составляет - от 1 до 6 бар.



Рисунок 2.23 – Картриджный фильтр

Сравнительный анализ для фильтров представлен в таблице 2.4.

Таблица 2.4-Сравнительный анализ фильтра

Характеристики	Сетчатый фильтр	Картриджный фильтр
Рабочая среда	Вода	Вода
Рабочая температура	120 °С	73 °С
Рабочее давление	около 20 бар	около 25 бар
Диаметр	32мм	32мм
Соединение	Резьбовое	Резьбовое
Производительность	15 л/мин	25 л/мин

В данном случае можно выбрать и сетчатый фильтр и картриджный фильтр, если в целях экономии выбирать фильтр то более выгодным является сетчатый фильтр, а если выбирать в плане производительности то картриджный фильтр, но в нашем случае сетчатый фильтр по производительности подходит к данному проекту.

2.6.5 Выбор электромагнитного клапана

Электромагнитный клапан SLP-15

Клапаны с электромагнитным управлением предназначены для контроля потока рабочей среды (жидкости, пара, газа, масла), находящейся под давлением (рисунок 2.24).

Электромагнитные клапаны серии SLP – это серия клапанов с непрямым (пилотным) управлением, которые приводятся в действие электромагнитом, и путём усиления за счёт мембраны и потока рабочего тела (подходит для использования при достаточно высоком давлении).



Рисунок 2.24-Электромагнитный клапан SLP-15

Электромагнитный клапан Вору 2W025-08

Тип электромагнитного клапана нормально закрытый, соединение клапана является резьба, данный клапан применяется в технологическом процессе, который выполняет функцию подачи и отдачи жидкости (рисунок 2.25).

Данный вид клапана является надежным и более неприхотливым к работе, так же во время своей работы потребляет минимальное количество энергии [22].

Сравнительный анализ клапанов представлен в таблице 2.5.



Рисунок 2.25 – Электромагнитный клапан Вори 2W025-08

Таблица 2.5 – Сравнительный анализ клапанов

Характеристики	Клапан SLP-15	Вори 2W025-08
Давление	0,1-10 Бар	0,2-10 Бар
Диаметр	32 мм	32 мм
Напряжение	220 В и 24 В	220 В
Частота	40-70 Гц	50-80 Гц
Температура	От -1 °С до 80 °С	От -5 °С до 80 °С
Вес	350 грамм	300 грамм

В данном случае выбирается электромагнитный клапан Вори 2W025-08 так как он полностью подходящий для данного проекта, и экономически выгодный.

2.7 Разработка интерфейса пользователя на базе пакета Master SCADA

SCADA система – система управления производственными технологическими линиями. SCADA система предназначена для организации процесса управления и сбора необходимых данных [24].

Все современные SCADA-системы включают три основных структурных компонента (рисунок 2.26).

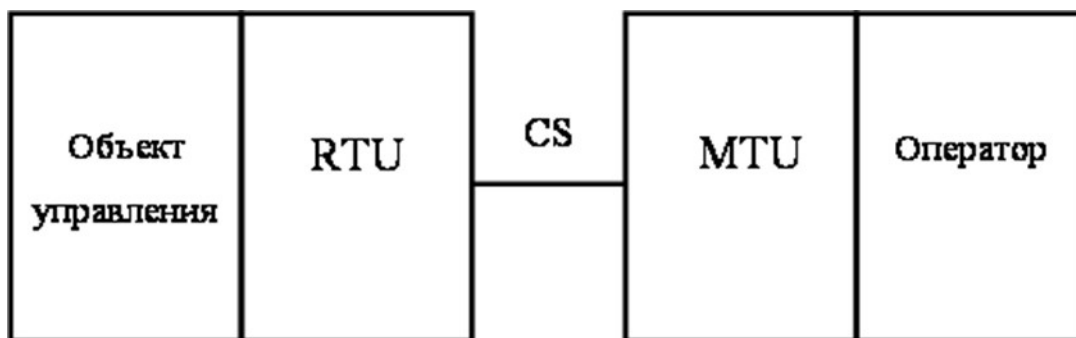


Рисунок 2.26 – Основные структурные компоненты SCADA-системы

Remote Terminal Unit (RTU) - удаленный терминал, осуществляющий обработку задачи (управление) в режиме реального времени.

Master Terminal Unit (MTU) - диспетчерский пункт управления (главный терминал); осуществляет обработку данных и управление высокого уровня, как правило, в режиме мягкого реального времени.

Communication System (CS) - коммуникационная система (каналы связи), необходима для передачи данных с удаленных точек (объектов, терминалов) на центральный интерфейс оператора-диспетчера и передачи сигналов управления на RTU.

2.7.1 Функциональная структура SCADA

В названии SCADA присутствуют две основные функции, возлагаемые на системы этого класса:

- а) сбор данных о контролируемом процессе;
- б) управление технологическим процессом, реализуемое ответственными лицами на основе собранных данных и правил (критериев), выполнение которых обеспечивает наибольшую эффективность технологического процесса.

SCADA-системы обеспечивают выполнение следующих функций:

- 1) прием информации о контролируемых технологических параметрах от контроллеров нижних уровней и датчиков;
- 2) сохранение принятой информации в архивах;
- 3) обработка принятой информации;
- 4) графическое представление хода технологического процесса, а также принятой и архивной информации в удобной для восприятия форме;
- 5) прием команд оператора и передача их в адрес контроллеров нижних уровней и исполнительных механизмов;
- 6) регистрация событий, связанных с контролируемым технологическим процессом и действиями персонала, ответственного за эксплуатацию и обслуживание системы;
- 7) оповещение эксплуатационного и обслуживающего персонала об обнаруженных аварийных событиях, связанных с контролируемым

технологическим процессом и функционированием программно-аппаратных средств АСУТП с регистрацией действий персонала в аварийных ситуациях;

8) формирование сводок и других отчетных документов на основе архивной информации;

9) обмен информацией с автоматизированной системой управления предприятием;

10) непосредственное автоматическое управление технологическим процессом в соответствии с заданными алгоритмами.

Данный перечень функций, выполняемых SCADA-системами, не является абсолютно полным, более того, наличие некоторых функций и объем их реализации сильно варьируется от системы к системе [17].

2.7.2 Master SCADA

Master SCADA – система для создания АСУТП, решения задач учета и диспетчеризации объектов промышленности, ЖКХ и автоматизации зданий.

Master SCADA – самый современный, инновационный мощный и удобный инструмент для быстрой и качественной разработки систем. В нем воплощен двадцатилетний опыт разработчиков в области создания программных продуктов для систем автоматизации самых разных объектов.

Master SCADA – это не просто один из современных SCADA- и SoftLogic-пакетов, это принципиально новый инструмент разработки систем управления и диспетчеризации. В нем реализованы средства и методы разработки проектов, обеспечивающие резкое сокращение трудозатрат и повышение надежности создаваемой системы. Разрабатывать проекты в Master SCADA легко и приятно - это первая SCADA-система, в которой реализован объектный подход к разработке систем управления, учета или диспетчеризации [24].

Разработка всех элементов проекта MasterSCADA ведется в единой инструментальной среде. Это и разработка аппаратной архитектуры системы, и проектирование алгоритмов обработки, описание логической структуры и базы параметров, настройка первичной обработки, разработка системы визуализации, отчетов и журналов и прочих компонентов системы.

Такой подход, когда все инструменты находятся под рукой, а проект представляет единое информационное пространство позволяет легко решать следующие задачи:

1) решить проблемы программной стыковки различных устройств системы управления;

2) перераспределять сигналы или алгоритмы их обработки по отдельным устройствам;

3) создавать распределенные по устройствам алгоритмы контроля и управления;

4) иметь доступ с любого рабочего места к любой информации, имеющейся в системе.

2.7.3 Создание SCADA системы с помощью Master SCADA

Главная задача автоматизации данной системы является контроль и управление системы очистки сточных вод, его параметров и исполнительных механизмов:

Уровень воды в приемном резервуаре не должен превышать 90%;

Регулирование воды поступающей в приемный резервуар регулируется насосами и задвижками;

Дисплей автоматизированного рабочего места диспетчера будет заключаться из одной части, которая выполняет свою задачу по обеспечению пользователя информацией о технологическом процессе и состоянии системы в целом.

Дерево системы в котором описывается структура АСУТП: количество взаимодействующих компьютеров в данном случае он один, способ подключения внешнего устройства, модулей ввода-вывода т.е тэгов (рисунок 2.27).

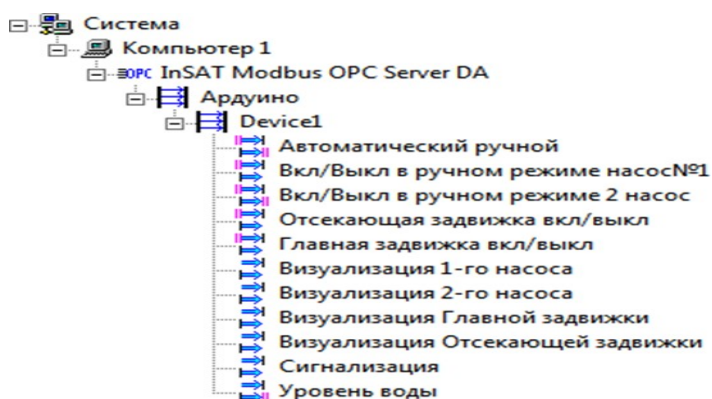


Рисунок 2.27 – Дерево системы

Дерево объекта, в котором описывается организационная структура технологического объекта представлена на рисунке 2.28.

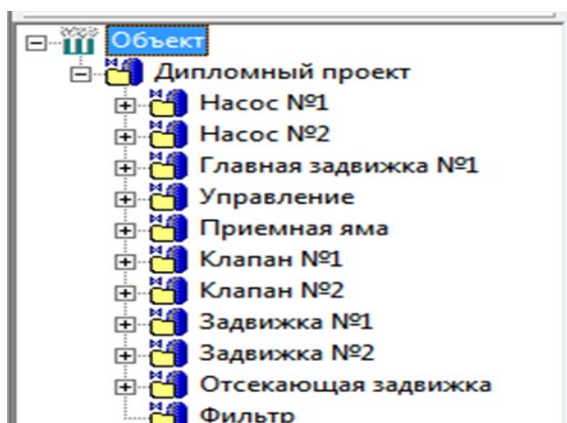


Рисунок 2.28 – Дерево объекта

Мнемосхема является главным и единственным экраном SCADA-системы для диспетчера (рисунок 2.29). В данной мнемосхеме отображен объект управления, исполнительные механизмы и их состояние.

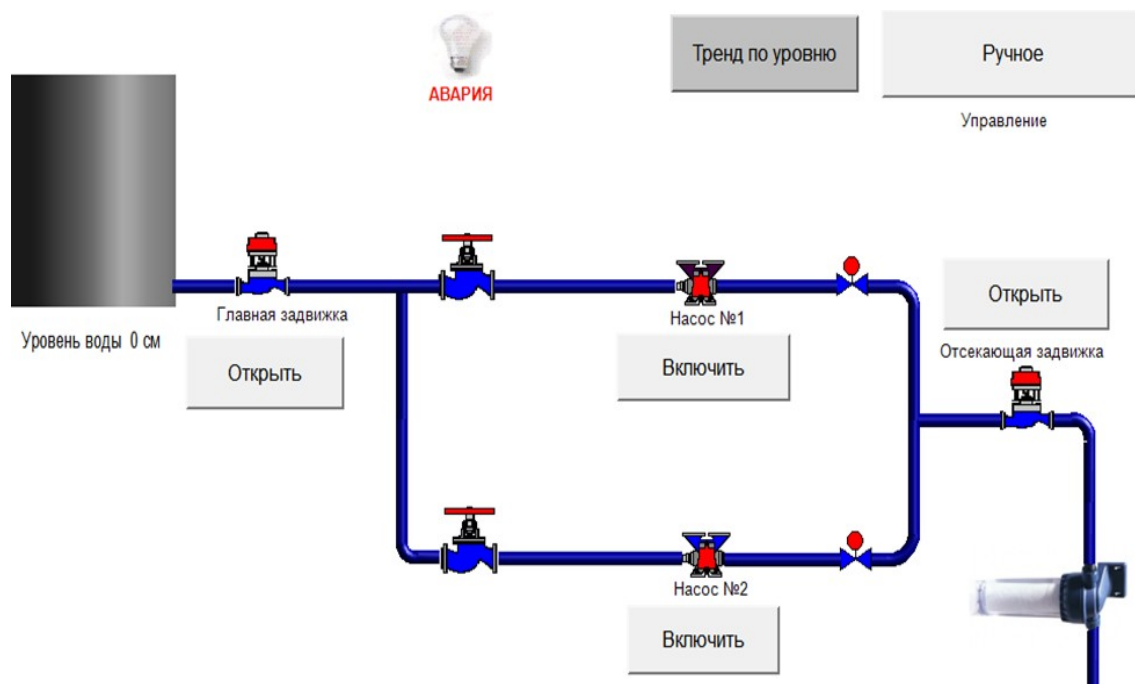


Рисунок 2.29 – Главная мнемосхема объекта

На данной мнемосхеме отображен объект управления. Весь его технологический процесс очистки канализационных сточных вод, так же кнопки перехода из автоматического в ручной режим управления (рисунок 2.30), так же есть переход на тренд уровня бака, в ручном режиме так же появляются кнопки для включения и выключения насосов и задвижек при аварийных ситуациях.



Рисунок 2.30 – Кнопка управления режимами

Данный процесс управляется в двух режимах, автоматический режим и ручной режим, в автоматическом режиме весь процесс осуществляется автоматически без содействия оператора, по предельному значению уровня включается насос, затем главная и отсекающая задвижка (рисунок 2.31).

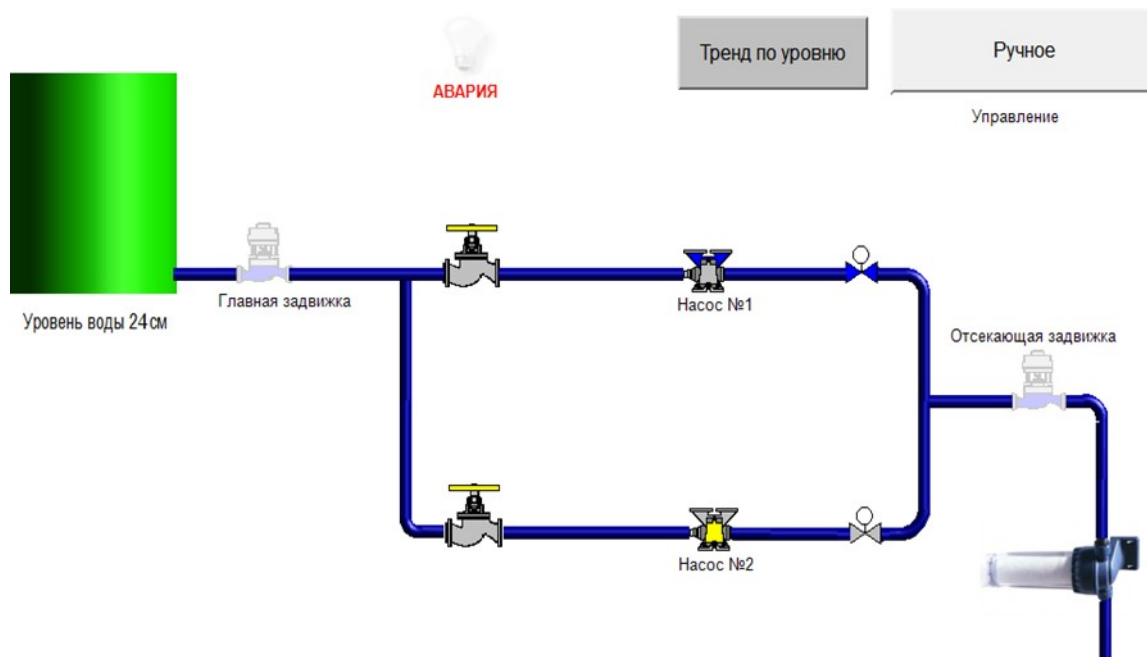


Рисунок 2.31 – Автоматический режим, включение 1-го насоса и задвижек

В рисунке 2.32 отображена включения второго насоса при аварийной ситуации.

При переливе приемного бака, срабатывает аварийная сигнализация (рисунок 2.33), которая дает знать что в баке происходит перелив, это случается при:

- 1) не включился насос №1;
- 2) не открылась главная задвижка;
- 3) не открылась отсекающая задвижка;
- 4) не включился насос № 2.

В ручном режиме оператор может управлять всем процессом вручную, выполнять функции включения/выключения насосов, открывания/закрывания задвижек, и контролировать процесс самостоятельно. При переходе с автоматического в ручной режим на экране появляются кнопки действий (рисунок 2.34).

Каждая кнопка выполняет свою функцию для отдельного элемента, если надо открыть насос №1 то оператор может как и открыть его вручную так и закрыть, так же все это можно проделать и с задвижками.

Область выбора тренда предназначена для графического просмотра одноименного параметра данной системы (рисунок 2.35).

По тренду можно определить за какое время наполняется бак и за какое время сливается. Бак наполняется примерно за 1.5 минуты, а сливается значительно быстро т.к. работают насосы.

Тренды дают возможность наблюдать за изменением контролируемого параметра в настоящий момент времени.

Тренд по уровню отображает процесс в приемном баке и дает возможность регулирования уровня сливаемой воды (рисунок 2.36).

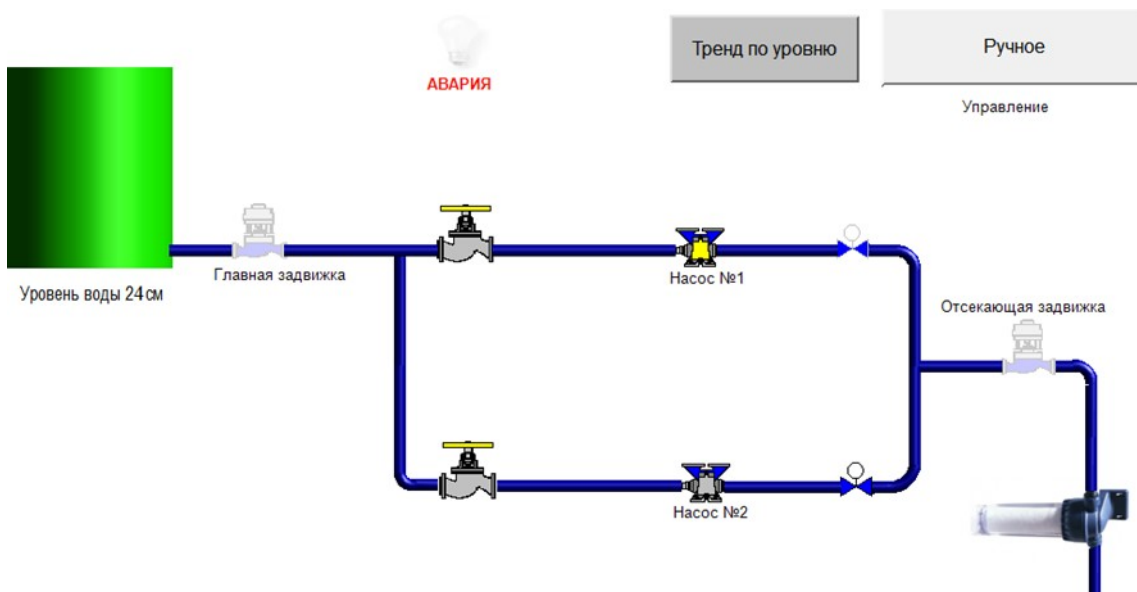


Рисунок 2.32 – Включения второго насоса при аварийной ситуации



Рисунок 2.33 – Аварийная сигнализация

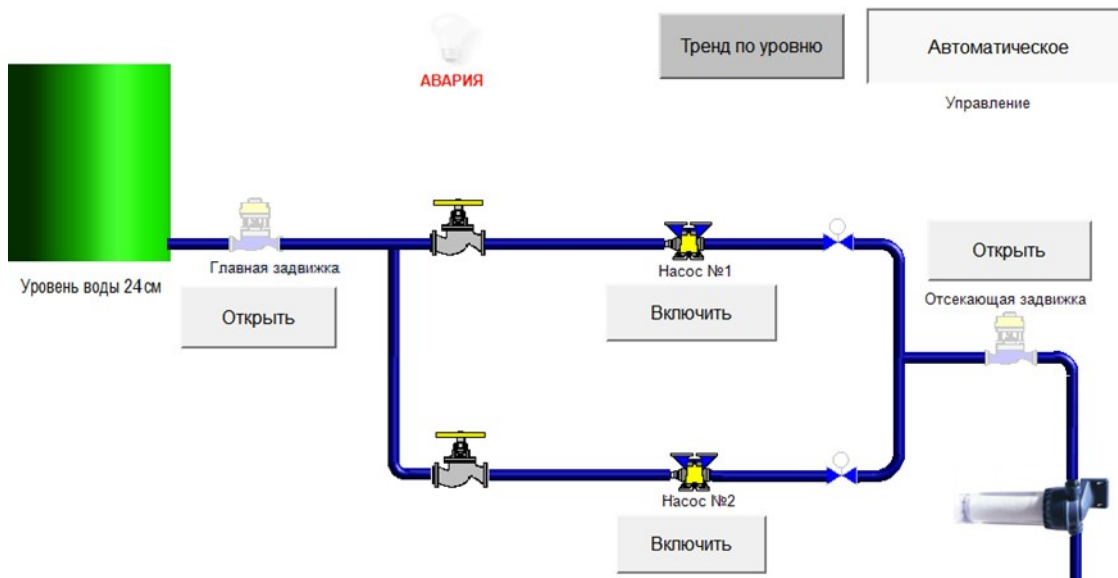


Рисунок 2.34 – Ручной режим процесса

Тренд по уровню

Рисунок 2.35 – Кнопка отображения тренда

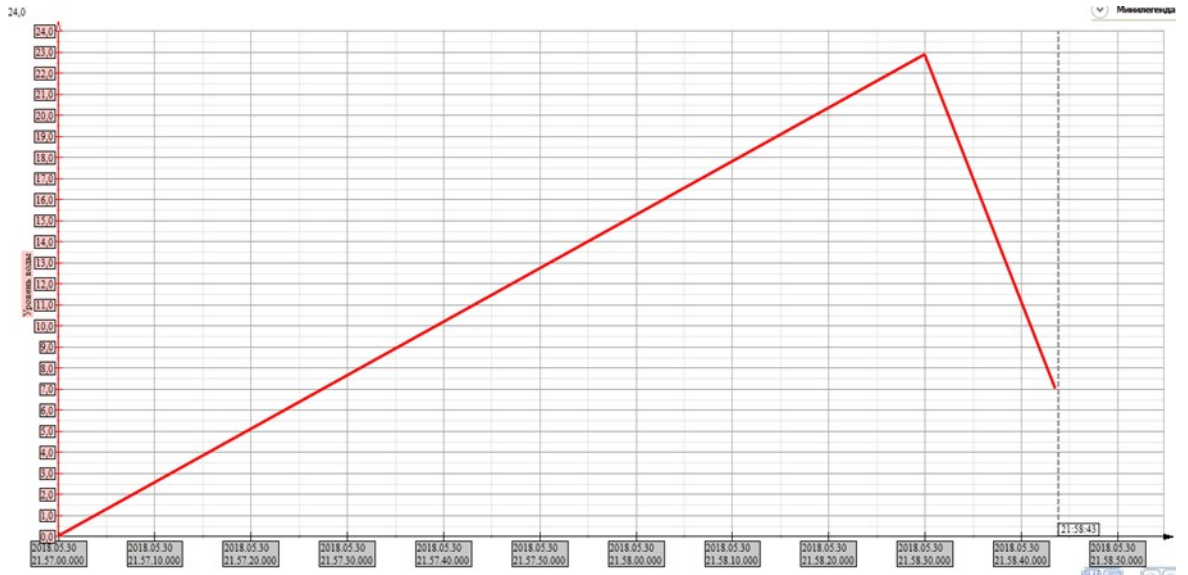


Рисунок 2.36 – Тренд по уровню бака

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема дефицита технических вод в сельской местности стоит достаточно остро. Если для очистки питьевой воды используются специальные сооружения, локализованные в районе, то для очистки и повторного использования технической воды таких сооружений нет. Чаще всего отходы жизнедеятельности вывозятся специальными машинами или сливаются в водоемы. Поэтому вопросы сохранения сточных вод и их повторного использования представляют особый интерес.

В данном дипломном проекте рассмотрены вопросы разработки системы очистки промышленных сточных вод. В этой связи выполнен обзор и анализ существующих систем очистки промышленных сточных вод, а также изучена технология бытовой очистки. Разработана технологическая схема очистки промышленных сточных вод. Разработана функциональная схема автоматизации системы. Разработана автоматическая система управления процессом очистки промышленных сточных вод.

Выполнен выбор оборудования для реального объекта, а именно: программируемый логический контроллер Arduino uno; ультразвуковой датчик HC-SR04; насос HANIL PB-43-1; электромагнитный клапан Вору 2W025-08; сетчатый фильтр.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бонвин В. История водоснабжения//Plumbing&Mechanical. – Лондон: 2013, С. 25 – 28.
- 2 Меркулов В. Дары высоких технологий//Наука и жизнь. – М.: 2014, - №4. – С. 51 – 53.
- 3 Химическая очистка сточных вод и водоподготовки: Конспект лекции / В.В. Жилинский. - Минск: БГТУ, 2016. – 191с.
- 4 Арсентьева Н.А. Очистка сточных вод. – Ч.: Национальная библиотека Чувашской Республики, 2010. – 180с.
- 5 Самойлов В.С., Левадный В.С. Дренаж и очистка сточных вод. – С.: Аделант, 2009. – 288 с.
- 6 Колесников В.П., Вильсон Е.В. Современное развитие технологически х процессов очистки сточных вод в комбинированных сооружениях. – Р.: Изд - во Юг, 2005. – 212с.
- 7 Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704с.
- 8 Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация и водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1999. – 632 с.
- 9 Колыхматов А.О., Плаксина В.П., Шумихин А.Г. Моделирование процесса накопления жидкости: Учеб. пособие. – Москва: Изд-во ПНИПУ, 2005. – 70с.
- 10 Математические модели объектов и систем автоматизации: Конспект лекции / Р.В Федюн, В.А. Попов. – Донецк: ДонНТУ, 2013. – 89с.
- 11 Востриков, А.С. Теория автоматического регулирования: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2004. – 365 с.
- 12 Руководство по монтажу и обслуживанию Bewades дезинфицирующей установки УФ типа 80W, 240W, 320W. – BWT. – Стамбул, 1996.
- 13 Инструкции по монтажу, запуску и техническому обслуживанию дозиметрических устройств Pnemometric 2, 5 и 10. – PERMO. – Сан-Денис, 1994.
- 14 Руководство Siemens SIMATIC S7-300 // <https://www.siemens-pro.ru>: Авторизованный дистрибьютор. 2018. URL: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-300.htm> (дата обращения: 02.04.2018).
- 15 Руководство ОВЕН ПЛК 100 // <http://www.owen.ru>: официальный сайт компании овен. 2018. URL: http://www.owen.ru/catalog/programmiruemij_logicheskij_kontroller_oven_plk_100/11525178 (дата обращения 03.04.2018).
- 16 Manual Arduino uno // <https://www.arduino.cc>: official website of arduino. 2018. URL: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3> (дата обращения 05.04.2018).
- 17 Кравченко И. В. Технологии SCADA TRACE MODE 6 Для создания телемеханических систем управления // Автоматизация в промышленности. 2008. № 4. С. 47-48.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕННЫХ СЛОВ

АЗС–	автозаправочная станция
SCADA–	supervisory control and data acquisition
FBD–	function block diagram
АСУТП –	автоматизированная система управления технологическим процессом
ФСА –	функциональная схема автоматизации
САУ –	система автоматического управления
ЖКХ –	жилищно-коммунальное хозяйство
ПУЭ –	правила устройства электроустановок
ПИ –	пропорциональный интегральный
ЛАЧХ–	логарифмическая амплитудная частотная характеристика
ЛАФЧХ –	логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика
LAD–	ladder diagram
ПЛК –	программируемый логический контроллер