

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

Бақыт Жанболат Аманкелдіұлы

Разработка автоматизированной системы управления процессом подготовки нефти

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.
"31"  2023 г.



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: «Разработка автоматизированной системы управления процессом подготовки нефти»

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Выполнил

Бакыт Ж.А.

Рецензент

доктор РнД

 Новиков Д.А.

(подпись)

"30"  2023 г.




Научный руководитель

доктор РнД

 Кулакова Е.А.

(подпись)

"26"  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.
"25" 01 2023 г.



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Бақыт Ж.А.

Тема: “Разработка автоматизированной системы управления процессом подготовки нефти”.

Утвержден приказом Б. Жаутикова № 408-П/Ө от "23" ноября 2022 г.

Срок сдачи законченной работы: "17" март 2023 г.

Исходные данные к дипломному проекту: технологическая схема трехфазного сепаратора, математическая модель объекта управления.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) описание технологического процесса подготовки нефти;
- б) разработка автоматизированной системы, включая выбор структуры, функциональную схему автоматизации, выбор аппаратной базы и программную реализацию алгоритма управления трехфазного сепаратора;
- в) анализ и синтез системы регулирования уровня воды в трехфазном сепараторе.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): функциональная схема автоматизации трехфазного сепаратора.

Рекомендуемая основная литература:

- 1 Zhenyu Y., Juhl M., Lohndorf B. On the innovation of level control of an offshore three-phase separator: Mechatronics and Automation (ICMA), 2010. pp. 1348-1353.
- 2 Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: учебник для среднего профессионального образования / И. Ф. Бородин, С. А. Андреев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 386 с.

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологический раздел	<i>март</i> 2023 г.	
Специальный раздел	<i>май</i> 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 подписания	Подпись
Технологический раздел	Е. А. Кулакова, PhD, старший преподаватель	<i>02.03.23</i>	<i>Е.А. Кулакова</i>
Специальный раздел	Е. А. Кулакова, PhD, старший преподаватель	<i>10.05.23</i>	<i>Е.А. Кулакова</i>
Нормоконтролер	А. Б. Жеңіс, ассистент	<i>25.05.2023</i>	<i>А.Б. Жеңіс</i>

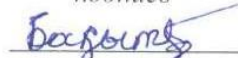
Научный руководитель



Кулакова Е.А.

подпись

Задание принял к исполнению обучающийся



Бакыт Ж.А.

подпись

Дата

"15" 01 2023 г.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жобада мұнай дайындау процесін басқарудың автоматтандырылған жүйесі әзірленді. Жобаның өзі бес бөлімнен тұрады.

Автоматтандырылған жүйені әзірлеу процесі басқарудың автоматтандырылған жүйесінің құрылымын анықтауды, автоматтандырудың функционалдық схемасын әзірлеуді, қазіргі заманғы бақылау және басқару құралдарын пайдалана отырып, аппараттық базаны таңдауды, сондай-ақ үш технологияны бағдарламалық қамтамасыз етуді енгізуді қамтиды. Simatic S7-300 PLC негізіндегі фазалық сепараторды басқару алгоритмі. Жүйенің өзегі ретінде кіріс-шығыс модульдері бар PLC S7-313C таңдалды. Басқару алгоритмі және процестің визуализациясы TIA Portal бағдарламалық қамтамасыз ету ортасында жүзеге асырылады.

Үш фазалы сепараторда су деңгейін бақылау жүйесін талдау және синтездеу жүргізіледі. Ол үшін су деңгейін бақылау жүйесінің математикалық моделі пайдаланылды. Жүйе тұрақтылығын анықтау, сапаны бағалау, №1 Циглер-Никольс әдісі бойынша PID контроллері үшін параметрлерді есептеу. Ең жақсы контроллер таңдалды.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте была разработана автоматизированная система управления процессом подготовки нефти. Сам проект состоит из пяти разделов.

Разработка автоматизированной системы, включала с себя определение структуры АСУ ТП, разработку функциональной схемы автоматизации, выбор аппаратной базы с применением современных средств контроля и управления, а также программную реализацию алгоритма управления трехфазного сепаратора на базе ПЛК Simatic S7-300. В качестве ядра системы выбран ПЛК – S7-313C с модулями ввода-вывода. Алгоритм управления и визуализация процесса реализована в программной среде TIA Portal.

Выполнен анализ и синтез системы регулирования уровня воды в трехфазном сепараторе. Для этого была использована математическая модель системы управления уровнем воды. Определение устойчивости системы, оценок качества расчет параметров для PID-регулятора методом Циглера-Никольса №1. Выбран наилучший регулятор.

ANNOTATION

In this graduation project, an automated control system for the oil preparation process was developed. The project itself consists of five sections.

The development of an automated system included the definition of the structure of the automated process control system, the development of a functional automation diagram, the choice of a hardware base using modern monitoring and control tools, as well as the software implementation of the three-phase separator control algorithm based on the Simatic S7-300 PLC. PLC S7-313C with input-output modules was chosen as the core of the system. The control algorithm and visualization of the process is implemented in the TIA Portal software environment.

The analysis and synthesis of the water level control system in a three-phase separator is carried out. For this, a mathematical model of the water level control system was used. Determination of system stability, quality assessments, calculation of parameters for the PID controller using the Ziegler-Nichols method № 1. The best controller has been selected.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Технологический процесс подготовки нефти	8
2 Разработка структуры системы автоматизации	12
2.1 Определение точек контроля и управления	12
2.2 Определение структуры АСУ ТП	12
3 Разработка ФСА процесса подготовки нефти	15
3.1 Построение функциональной схемы автоматизации	15
3.2 Выбор оборудования	16
3.2.1 Выбор контроллера	16
3.2.2 Выбор датчика давления	17
3.2.3. Выбор сигнализатора уровня	19
3.2.4 Выбор уровнемера	20
3.2.5 Выбор расходомеров	22
3.2.6 Датчик температуры	23
4 Исследование контура регулирования уровня воды в сепараторе	25
4.1 Получение ПФ трехфазного сепаратора по каналу регулирования уровня воды	25
4.2 Анализ САР регулирования уровня воды в трехфазном сепараторе	27
4.3 Оценки качества переходного процесса замкнутой системы процесса регулирования уровня воды	32
4.4 Синтез типового регулятора	33
5 Создание программы управления	40
5.1 Разработка алгоритма	40
5.2 Разработка программы управления уровнем воды в трехфазном сепараторе в ТИА–портал	41
Заключение	46
Список использованной литературы	47
Приложение А	48

ВВЕДЕНИЕ

Развитие и прогресс нефтяной отрасли увеличивается с каждым годом. Основной задачей новых технологий в области подготовки нефти является повышения эффективности процесса. Это достигается путем внедрения автоматизированной системы управления, который включает в себя использование датчики, исполнительные механизмы, программные обеспечения и контроллеры для автоматического контроля и регулирования параметров процесса. Также путем использования новых инновационных технологий, которые внедряют при составлении модели процесса.

Целью данного дипломного проекта является исследование процесса подготовки нефти. Разработка автоматизированной системы управления, выбор оборудования и реализации управления процесса.

Задачи дипломного проекта:

- разработать структуру системы автоматизации;
- выбрать аппаратную базу системы автоматизации;
- выполнить функциональную схему автоматизации;
- разработать алгоритм управления сепаратором;
- разработать математическую модель сепаратора в среде Matlab для управления уровнем воды;
- произвести настройку регулятора с помощью Matlab;
- реализовать алгоритм в ПИА-портал, с использованием контроллера S7-313C.

1 Технологический процесс подготовки нефти

Нефть – это природный ресурс, состоящий из густой, темной жидкости, который добывают из недр земли. Она содержит различные углеводородные соединения, которые могут быть переработаны и использованы в разных отраслях. Нефть является неотъемлемой частью нашей жизнедеятельности.

Процесс подготовки нефти включает в себя сбор, сепарацию, очистку нефти. Все это делается, для того чтобы подготовить нефть для дальнейшей транспортировки по трубопроводам. Нефть, добытая со скважин, подается специальный резервуар, где она разделяется на нефть, воду и газ. Нефтяная эмульсия может пройти несколько ступеней сепарации для лучшей очистки с добавлением деэмульгатора. Также от благоприятной работы процесса разделения зависит давление сепарации, температура жидкости и количества ступеней сепарации.

Процесс разделения нефти происходит в трехфазном сепараторе, который представляет собой цилиндрический резервуар. Резервуар с двумя отсеками, разделенными пластинами или дисками. Трехфазные сепараторы часто используются на нефтяных и газовых скважинах, требующих разделения нефтяной эмульсии. Они также используются в других нефтяных отраслях [1].

Принцип работы трехфазного сепаратора заключается в разделении эмульсии на нефть, газ и воду. Эмульсия поступает в сепаратор через главный трубопровод и попадает в камеру сепаратора. Эмульсия замедляется, что позволяет разделить компоненты разной плотности. Газ с самой низкой плотностью собирается в верхней части сепаратора и выводится через выход для газа. Вода имеет более высокую плотность, оседает на дне сепаратора и выводится через выход для воды. Наконец, нефть остается в центре сепаратора и выливается во второй отсек, откуда оно выводится через выход нефти.

Нефтегазовые сепараторы широко используются в нефтегазовой промышленности для разделения смесей нефти, газа и воды на отдельные компоненты. Они используются при добыче нефти на нефтяных месторождениях, а также на транспортных и перерабатывающих установках. Сепараторы используются для удаления газа и воды из нефти, а также для измерения и контроля потоков нефти, газа и воды. Они помогают улучшить процессы производства и переработки нефти, повысить эффективность качества конечного продукта [2].

Сепараторы делятся на виды по положению:

- горизонтальный;
- вертикальный;
- гидроциклоны.

По числу:

- двухфазные;
- трехфазные.

По показателям рабочего давления:

- до 0,6 до 1 Мпа;

- от 1 до 2,5 Мпа;
- выше 2,5 Мпа.

Горизонтальный сепаратор используется для разделения нефти, газа и воды. Свое название благодаря тому, что в нем компоненты разделяются на три фазы, их корпус расположен горизонтально. Горизонтальный дизайн облегчает доступ к внутренним частям сепаратора для обслуживания и ремонта. Его можно использовать для различных условий работы и вариантов разделения нефти, газа и воды. Из-за горизонтального положения сепаратор занимает меньше места, чем вертикальный сепаратор [2].

На рисунке 1 представлена схема горизонтального сепаратора.

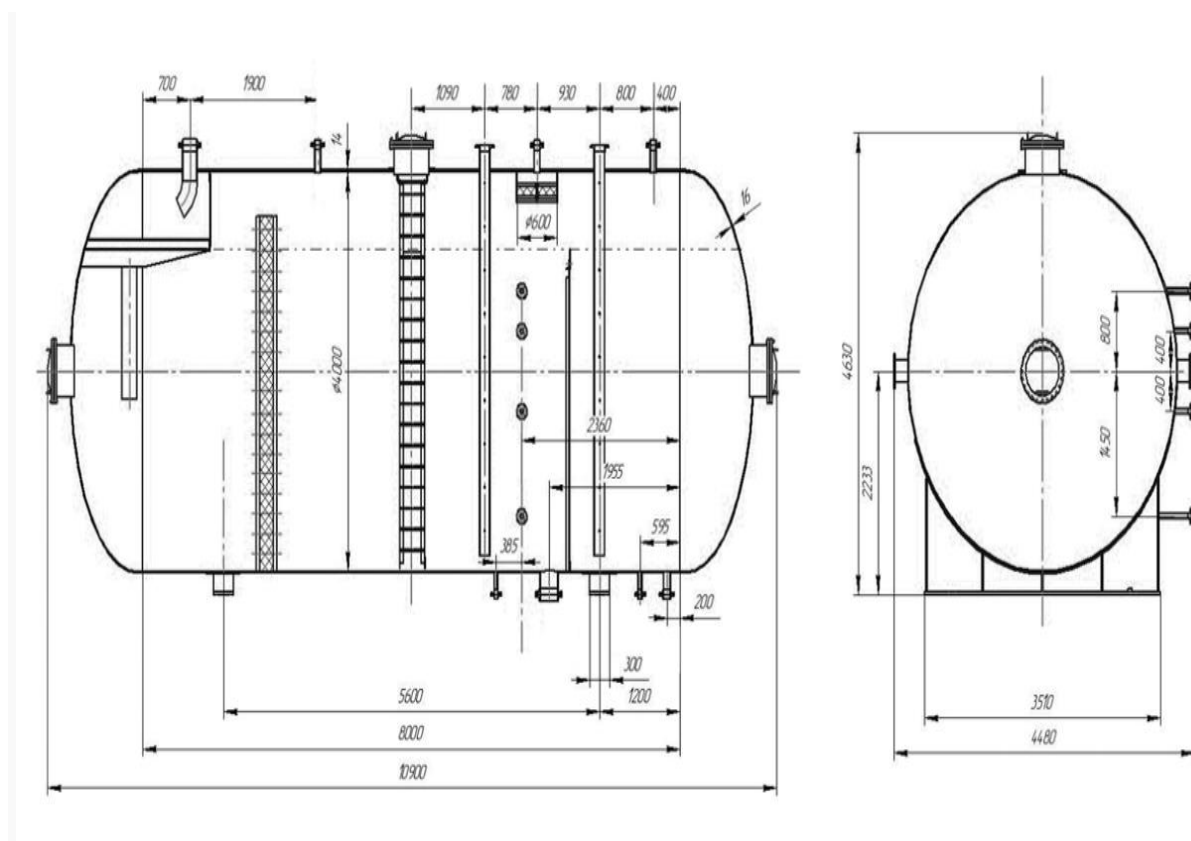


Рисунок 1 – Горизонтальный сепаратор

Вертикальный сепаратор — это еще один тип нефтегазового сепаратора с вертикальным расположением. Этот тип сепаратора используется в широком спектре отраслей промышленности, включая нефтегазовую промышленность, химическую промышленность и другие отрасли, где требуется отделение жидких и газовых компонентов [2].

На рисунке 2 представлен горизонтальный сепаратор.

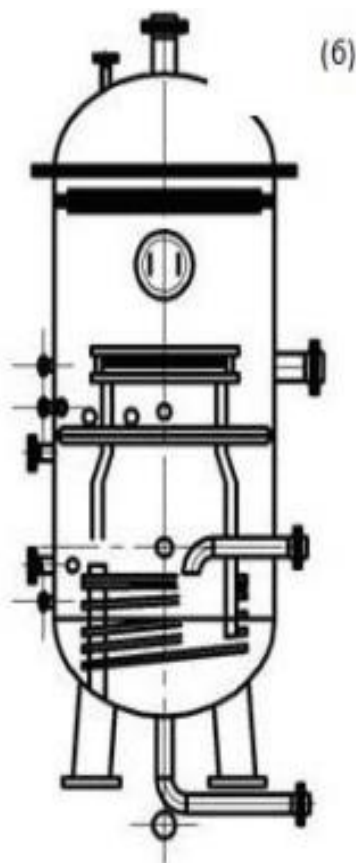


Рисунок 2 – Вертикальный сепаратор

Принцип работы вертикального сепаратора заключается в использовании гравитационной силы для разделения жидкой и газовой фаз. Смесь нефти, газа и воды поступает в вертикальный сепаратор через верхнюю часть, где газ выходит через газовый выпускную трубу в верхней части сепаратора, а жидкость стекает в нижнюю часть сепаратора и собирается там, где она сливается через выпускную трубу жидкости.

Высокая производительность и эффективность разделения нефти, воды и газа. Небольшой размер, который позволяет устанавливать вертикальные сепараторы на ограниченной площади. Возможность использования вертикальных сепараторов как для непрерывного, так и для дискретного режимов работы. Простая конструкция и меньшее количество движущихся частей обеспечивают надежность и долговечность сепараторов [2].

В данной дипломном проекте объектом управления будет рассмотрен горизонтальный трехфазный сепаратор. Трехфазный сепаратор как объект управления является важной системой, которая требует точного контроля и регулирования параметров для достижения наилучшей производительности и качества продукции. В управлении объектом является регулирование давления, температуры, уровня жидкости, контроля и качества продукции показано на рисунке 3.

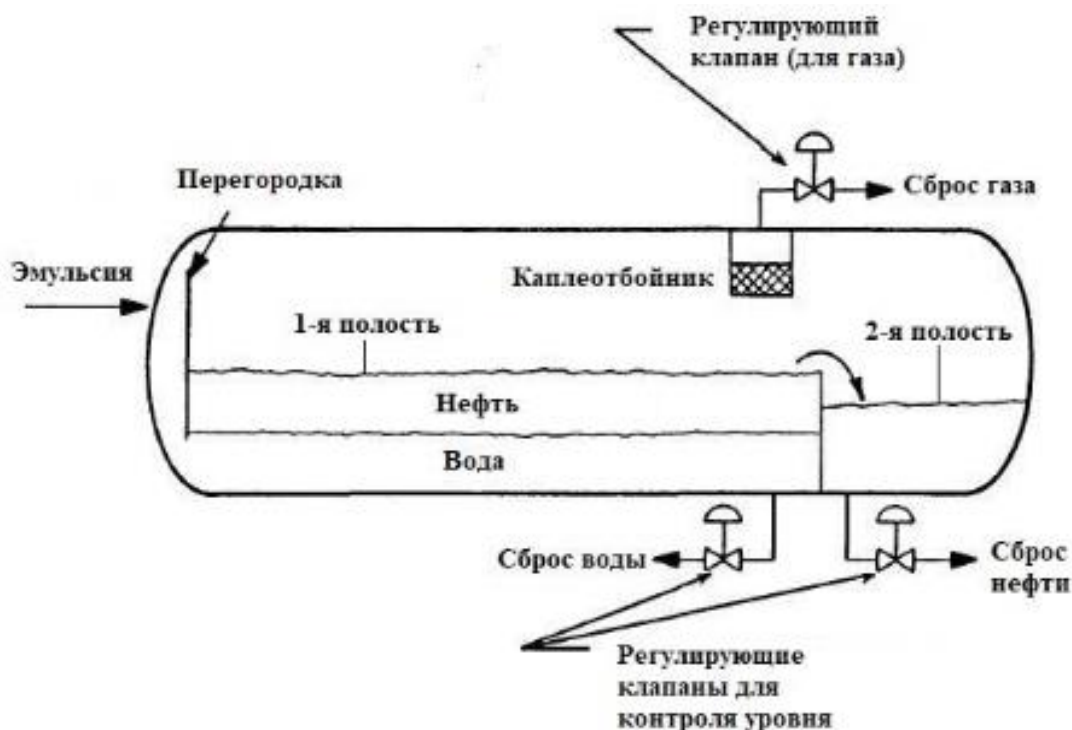


Рисунок 3 – Схематическое представление трехфазного сепаратора

Особое внимание также уделяются на технические характеристики сепаратора, которые зависят от конкретного производителя и модели оборудования. Технические характеристики трехфазного сепаратора, перечислены в таблице 1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики трехфазного сепаратора

№	Параметры	Единица
1	Объем	200 м ³
2	Рабочее давление	1 МПа
3	Максимальная температура рабочей среды	100°С
4	Производительность по жидкости	1000–12000 м ³ /сут
5	Газовый фактор	200 нм ³ /т
6	Высота	4500 мм

2 Разработка структуры системы автоматизации

2.1 Определение точек контроля и управления

При разработке система автоматизации необходимо обеспечить следующие функции:

- сбор и обработка данных;
- внедрение систем мониторинга измеряемых параметров;
- регистрация и отображение параметров на мнемосхемах;
- внедрение системы безопасности, для предотвращения аварийных ситуаций;
- дистанционное управление процессом.

Также, были определены точки контроля, управления и сигнализации для управления технологическим процессом.

Точки контроля:

- Расход смеси на входе в сепаратор;
- Уровень границы нефти;
- Уровень границы воды;
- Давление в сепараторе;
- Температура в сепараторе;
- Расход воды на выходе из сепаратора;
- Расход нефти на выходе из сепаратора;
- Расход газа на выходе из сепаратора.

Точки управления:

- Степень открытия входного клапана;
- Степень открытия клапана на выводе нефти из сепаратора;
- Степень открытия клапана на выводе воды из сепаратора;
- Степень открытия клапана на выводе газа из сепаратора.

Сигнализация системы безопасности:

- При повышении давления в сепараторе;
- При понижении давления в сепараторе;
- При понижении температуры в сепараторе;
- При повышении температуры в сепараторе;
- При повышении уровня нефти в сепараторе;
- При понижении уровня нефти в сепараторе;
- При повышении уровня раздела фаз (воды) в сепараторе;
- При понижении уровня раздела фаз (воды) в сепараторе.

2.2 Определение структуры АСУ ТП

АСУ ТП помогает управлять, контролировать и автоматизировать многие аспекты производственного процесса, для улучшения эффективности процесса, снизить расходы, повысить безопасность труда.

Основными функциями АСУ ТП являются:

- контроль и управление технологическими параметрами;
- автоматическое управление технологическими процессами;
- мониторинг и диагностика технического состояния оборудования;
- управление производственным персоналом.

В данном технологическом процессе будет разработана централизованная система управления.

Сбор данных осуществляется с датчиков, которые преобразуют измеряемую величину в унифицированный сигнал тока 4–20 мА. Датчики используются для мониторинга параметров процесса, таких как уровни жидкости и давление, температура и поток. Они собирают данные и отправляют их на контроллеры для обработки.

Исполнительные механизмы используются для выполнения действий по изменению параметров процесса. Например, они могут управлять клапанами и насосами для регулирования потока и давления, а также управлять уровнями жидкости в сепараторе.

Контроллеры обрабатывают данные от датчиков и на основе полученной информации принимают решения об управлении системой. Например, они могут регулировать уровни жидкости в сепараторе, управлять клапанами для регулирования потока и давления, а также обрабатывать данные для определения качества продукции.

Контроллеры – это центральное устройство, которое занимается сбором данных, обработкой информации и принятием решений для управления процессом. Контроллеры могут работать без участия оператора, осуществлять управление на основе заданных алгоритмов и системной логики, либо взаимодействовать с оператором через операторские панели. В некоторых системах сбор данных может быть осуществлен при помощи протоколов связи, таких как Modbus, Profibus, Foundation Fieldbus и т.д. Эти протоколы обеспечивают передачу данных между датчиками и контроллерами через шины данных.

Мониторинг процесса производится оператором. Оператор, получив информацию о состоянии системы, принимает решение для поддержания оптимального режима работы процесса. Оператор может отслеживать различные параметры процесса, изменять уставки, запускать и останавливать оборудование и выполнять другие действия, необходимые для управления процессом.

Нижний уровень: датчик давления (РТ 2-1), датчик температуры (ТТ 4-1), уровнемеры для нефти (LT 9-1) и воды (LT 8-1) в сепараторе, сигнализатор уровня (LS 3-1), расходомеры (FT 1-1, FT 10-1, FT 6-1, FT 7-1).

Средний уровень: ПЛК, модули ввода/вывода. К данному объекту управления был выбран контроллер Siemens S7-313C.

Третий уровень: АРМ оператора, сервера базы данных. Оператор наблюдает за процессом с компьютеров, где имеются необходимые программные обеспечения. Например: TIA Portal, Windows, Scada. На рисунке 4 приведена иерархия уровней автоматизации.

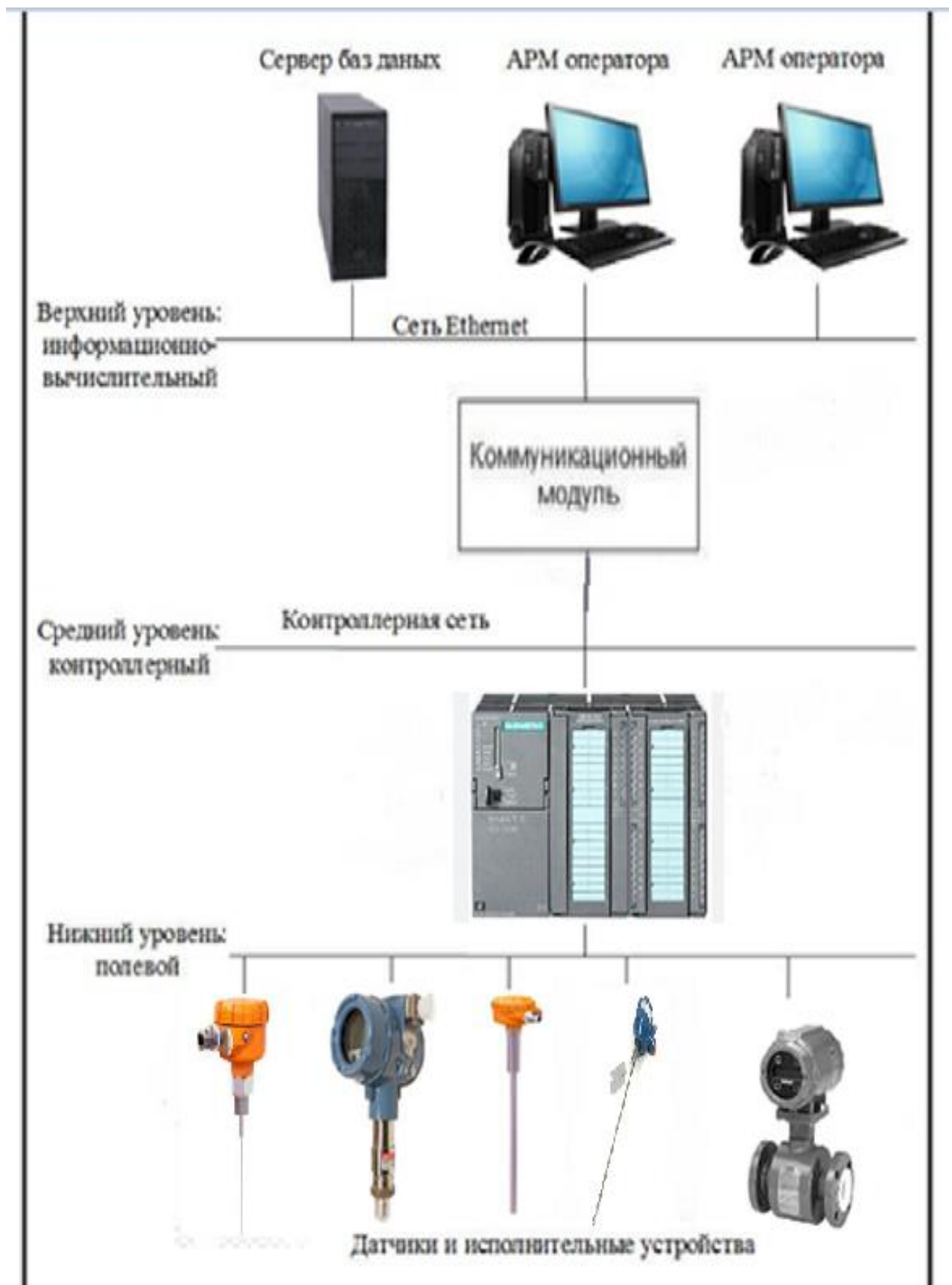


Рисунок 4 – Уровни АСУ ТП

3 Разработка ФСА процесса подготовки нефти

3.1 Построение функциональной схемы автоматизации

Функциональная схема автоматизации – это важный технический документ, который определяет структуру и функциональные отношения между процессом и средствами автоматизации, такими как выбранное оборудование, средства получения первичной информации, средства преобразования и обработки информации, а также средства представления и распространения информации среди обслуживающего персонала. Функциональная схема автоматизации используется для определения операционной логики системы автоматизации, передачи информации между узлами и реализации управления и управления технологическим процессом. Это помогает визуализировать взаимосвязи и взаимодействия между различными компонентами системы автоматизации. Он также определяет задачи автоматизации, которые могут быть выполнены с помощью различных технических средств, таких как комбинированное, комплектное и вспомогательное оборудование [3].

Схема автоматизации – это графическое изображение, показывающее технологическое оборудование, коммуникации, средства управления и средства автоматизации, а также связь между ними. Разработка схемы может быть более или менее детальной, не должна содержать достаточной информации для полного понимания основных решений по автоматизации процессов и составления списков приложений на этапе проектирования. На этапе работ по проектированию схема автоматизации является частью комплекса проектных материалов, необходимых для реализации проекта [3].

На схеме автоматизации показаны средства автоматизации и оборудования всех систем управления, регулирования, управления и сигнализации, входящих в эту технологическую структуру. Однако в схемах автоматизации не указаны вспомогательные устройства, такие как трансмиссии и воздушные фильтры, источники питания, реле, автоматы, переключатели и предохранители в цепях, соединениях и других устройствах и монтажных элементах. Для сложных блок-схем рекомендуется использовать несколько чертежей на нескольких листах или на одном листе для отдельных технологических блоков [3].

Нефтяная эмульсия поступает через главный клапан 2 в сепаратор. За счет разной плотности вода и нефть разделяются, а газ выделяется из нефти из-за ее нагрева. Газ под давлением уходит через клапан 6 на факельную установку. Вода, отделившаяся от нефти, выводится через клапан 8. Открытие или закрытие этого клапана осуществляется за счет уровнемера LT 8-1. Нефть, поступившая на второй отсек, выводится через клапан 10. Работу клапана осуществляется за счет уровнемера LT 9-1. Также самом в сепараторе нужно контролировать давление датчиком PT 2-1, температуру датчиком TT 4-1, критический уровень в сепараторе LS 3-1.

3.2 Выбор оборудования

3.2.1 Выбор контроллера

Для проекта подготовки нефти необходимо выбрать контроллер, чтобы осуществить управление основных блоков. Выбор осуществлялся между контроллерами Siemens S7-300 и S7-1200. Был выбран контроллер Siemens S7-300, показан на рисунке 5.

Siemens S7-300 – необходим для построения различного рода систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Контроллер имеет модульную конструкцию и включает в себя следующие модули:

- Блок питания;
- Модуль центрального процессора;
- Сигнальные модули;
- Коммуникационные модули;
- Функциональные модули;
- Интерфейсные модули.



Рисунок 5 – Контроллер Siemens S7-313C

Параметры контроллеров для выбора, представлены в таблице 3.2.1.1.

Таблица 3.2.1.1 – Параметры контроллеров управления

Контроллеры	Siemens S7- 300	Siemens S7- 1200
Рабочая температура	-40°C ~+70°C	-40°C ~+60°C
Интерфейсы	Ethernet, RS232, RS485, USB	Ethernet, RS232, RS422, RS485, USB
Протокол передачи данных	PROFINET IO, PROFIBUS DP, ASInterface	PROFINET IO, PROFIBUS DP, ASInterface, Modbus RTU, 3964(R) и USS
Дискретный ввод/вывод	24/16	10/10
Аналоговый ввод/вывод	4/2	10/8
Время выполнения операций	0,1 мкс	0,1 мкс
Наработка на отказ	350 000 ч	400 000 ч
Цена	От 300 000 тнг	От 700 000 тнг

3.2.2 Выбор датчика давления

Давление в сепараторе масла играет важную роль в разделении фаз. Высокое давление в сепараторах приводит к ухудшению их характеристик. Поэтому необходимо выбирать оптимальное давление в сепараторе с учетом всех факторов, чтобы обеспечить эффективную работу сепаратора без риска негативного воздействия. Выбор датчика давления производился между Сапфир-22, Метран-150, Yokogawa EJX530A. Датчик Метран 150 полностью соответствовал требованиям поэтому выбор был пользу этого датчика, который показан на рисунке 6.

Параметры датчиков давления показаны в таблице 3.2.2.1.

Таблица 3.2.2.1 – Сравнение датчиков давления

Датчики давления	Сапфир-22	Метран-150 CG	Yokogawa EJX530A
Измеряемые среды	Жидкости, газ, газовые смеси, пар	Жидкости, газ, газовые смеси, пар	Жидкости, газ, газовые смеси, пар

Диапазон измерений	От 0 до 2,5МПа	От 0 до 10 МПа	От -0,1 до 10 МПа
Погрешность измерений	±0,5%	±0,075%	±0,1%
Диапазон рабочих температур	от -40 до 121°С;	от -40 до 149°С	от -40 до 120 °С
Диапазон температур окружающей среды	от -40 до 80°С;	от -55 до 85°С	от -30 до 85°С;
Выходной сигнал	4–20 мА 0–20 мА	4–20 мА/HART	4-20 мА, HART, BRAIN, Foundation Fieldbus
срок службы	10 лет	15 лет	15 лет
Степень защиты	IP 66	IP66	IP 67
Цена	280 000 тнг	230 000 тнг	290 000 тнг



Рисунок 6 – Датчик давления Метран-150CG

Датчик Метран-150 CG состоит из сенсорного модуля и электронного преобразователя. Сенсор состоит из измерительного блока и платы аналого-цифрового преобразователя. Давление подается в камеру измерительного блока, преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сигнала. Датчики давления Метран-150 предназначены для

непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART входных измеряемых величин: избыточного давления, абсолютного давления, разности давлений, давления-разрежения, гидростатического давления [9].

3.2.3. Выбор сигнализатора уровня

Для контроля предельного уровня в сепараторе необходим сигнализатор уровня. Выбор осуществлялся между РИЗУР-900, ДУ-У-1-200, РИЗУР-М-В. Был выбран сигнализатор уровня РИЗУР-900.

Параметры для выбора сигнализатора уровня представлены в таблице 3.2.3.1.

Таблица 3.2.3.1 – Сравнение сигнализаторов уровня

Сигнализаторы уровня	РИЗУР-900	ДУ-У-1-200	РИЗУР-М-В
Вынос чувствительной зоны	от 6 до 20 м	от 1 до 3 м	от 0,5 до 4м
Температура контролируемой среды	от -60 до +150°С	от -40 до +70°С	от -60 до +150 °С
Давление контролируемой среды	0...2 МПа	не более 1 МПа	До 2.5 МПа
Температура внешней среды	от -60 до +75°С	от -40 до +70	от -60 до +75 °С
Погрешность измерений	±2 мм	±5 мм	±2 мм
Выходной сигнал	4-20 мА 0-24 В	4–20 мА	4–20 мА
Степень защиты	IP67	IP67	IP68
Цена	140 000 тнг	160 000 тнг	143 000 тнг

Сигнализаторы уровня и наличия среды ультразвуковые серии РИЗУР-900 предназначены для контроля уровня жидкостей в открытых или закрытых, в том числе, находящихся под давлением емкостях в технологических установках промышленных объектов химической, нефтехимической, фармацевтической, пищевой и других отраслях промышленности [10].

Корпус (1) и крышка (2) сигнализатора изготовлены из алюминиевого сплава или нержавеющей стали методом литья. Под крышкой размещен электронный блок. Кабель вводится в корпус через кабельный ввод (3) с сальниковым уплотнением. На крышке сигнализатора находится окно светодиодного индикатора (5), индицирующего состояние контролируемой среды. Присоединение сигнализатора к процессу выполняется при помощи штуцера (6) или фланца [10].



Рисунок 7 – Сигнализатор уровня РИЗУР-М-В

3.2.4 Выбор уровнемера

Для контроля уровня воды и нефти в сепараторе устанавливаются уровнемеры. Выбор осуществлялся между уровнемерами Rosemount 5300, NivoGuide NG8000, РИЗУР-НТМ-М. Был выбран уровнемер РИЗУР-НТМ-М, который показан на рисунке 8.

Параметры датчиков уровня представлены в таблице 3.2.4.1.

Таблица 3.2.4.1 – Сравнение уровнемеров

Уровнемеры	Rosemount 5300	NivoGuide NG8000	РИЗУР-НТМ-М
Вынос чувствительной зоны	5 м	4 м	5 м
Температура контролируемой среды	от -60 до +75°C	от -40 до +150°C	от -45 до +150 °C
Давление контролируемой среды	5 МПа	2 МПа	2,5 МПа
Температура внешней среды	от -40 до +80°C	от -40 до +80°C	от -60 до +75°C
Погрешность измерений	±2 мм	±3 мм	±2 мм
Выходной сигнал	4–20 мА /HART, Foundation Fieldbus, Modbus	4-20мА/HART	4-20мА/HART
Степень защиты	IP67	IP68	IP68
Цена	50 000 тнг	60 000 тнг	30 000 тнг



Рисунок 8 – Уровнемер РИЗУР-НТМ-М

Уровнемер РИЗУР-НТМ-М предназначен для непрерывного измерения уровня одной или нескольких жидкостей, также используется как индикатор наличия или отсутствия жидкости. Также может применяться для контроля уровня жидкостей с разной плотность. Состоит из электронного блока и жесткого или гибкого чувствительного элемента, представляющего собой стальной стержень с намотанной по всей его длине катушкой возбуждения [11].

3.2.5 Выбор расходомеров

Выбор расходомеров осуществлялся между Метран 370, ЭМИС-МАГ 270 и Rosemount 8700. Был выбран расходомер Rosemount 8700, который представлен на рисунке 9.

Параметры датчиков расхода представлены в таблице 3.2.5.1.

Таблица 3.2.5.1 – Сравнение расходомеров

Расходомеры	Метран 370	ЭМИС-МАГ 270	Rosemount 8700
Давление измеряемой среды	до 10 МПа	до 42 МПа	до 40 МПа
Температура измеряемой среды	от -30 до +180°C	от -40°C до +130°C	от -29 до +177°C
Температура окружающей среды	-40...+65°C	-40...+50°C	-50...+74°C
Выходной сигнал постоянного тока	4–20 мА /HART	4–20 мА /HART, Modbus RTU	4–20 мА /HART, Foundation Fieldbus
Погрешность измерений	±0,5 %	±0,5%	±0,25 %
Степень защиты	IP68	IP66,	IP67
Цена	40 000тнг	100 000тнг	46 820тнг



Рисунок 9 – Расходомер Rosemount 8700

Расходомеры электромагнитные серии Rosemount 8700 предназначены для измерений объемного расхода электропроводных жидкостей, пульп, суспензий и т.п [12].

Электромагнитные расходомеры состоят из датчика расхода и сенсорного устройства. Датчик расхода установлен непосредственно на трубе и представляет собой трубу из нержавеющей стали со сварными фланцами, на трубе установлены два индуктора и два изолированных трубных электрода. Электроды и индуктор герметично защищены корпусом, состоящим из двух полуцилиндров, которые приварены к двум кольцам, установленным на трубе. К корпусу прикреплен кронштейн, на котором установлена пластина с клеммами для подключения к преобразователю. В корпусе преобразователя установлены электронный компонент, локальный интерфейс оператора, выходные клеммы, клеммы тока и заземления [12].

3.2.6 Датчик температуры

Температура также играет важную роль в процессе сепарации нефти. При повышении температуры жидкости ее вязкость уменьшается, что способствует более эффективной сепарации. Датчики температур Метран 2000 и Rosemount 0065. Был выбран Rosemount 0065, который показан на рисунке 10.

Параметры датчиков температуры представлены в таблице 3.2.6.1.

Таблица 3.2.6.1 – Сравнение датчиков температуры

Датчики температур	Метран-271	Rosemount 0065
Диапазон измерений	от -40 до +600°C	от -50 до +450°C
Тип сенсора	Pt100	Pt100

Температура окружающей среды	от -55 до +65°C	от -40 до +85°C
Выходной сигнал постоянного тока	4–20 мА	4-20 мА /HART, Foundation Fieldbus, Wireless HART
Погрешность	±0,5 %	±0,08°C
Степень защиты	IP66	IP68
Цена	60 000тнг	100 000тнг



Рисунок 10 – Rosemount 0065

Датчик температуры Rosemount 0065 – это высокоточный промышленный датчик температуры производства Emerson. Он предназначен для использования в различных промышленных применениях, включая нефть, газ, химию, продукты питания и фармацевтику. Датчик имеет металлический корпус и стандартный выход 4-20 мА, что позволяет легко интегрироваться в системы автоматизации и управления технологическими процессами. Он также обладает высокой точностью и стабильностью измерений, способен работать при высоких температурах и выдерживает экстремальные условия эксплуатации.

4 Исследование контура регулирования уровня воды в сепараторе

4.1 Получение ПФ трехфазного сепаратора по каналу регулирования уровня воды

Регулирование уровня воды в сепараторе является важной задачей, так как слишком высокий уровень воды может привести к снижению эффективности работы сепаратора и повышению содержания воды в нефти. Слишком низкий уровень воды, в свою очередь, может привести к разрушению оборудования и несанкционированному выпуску неочищенной нефти в окружающую среду [7].

Используемые переменные и параметры системы перечислены ниже в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Переменные и параметры системы

Обозначение	Описание	Единица измерения
$h(t)$	Уровень воды в сепараторе	m
$Q_{in}(t)$	Скорость притока воды	m^3/h
$Q_{out}(t)$	Скорость оттока воды	m^3/h
r	Радиус поперечного сечения сепаратора	m
L	Длина водного участка	m
$h_0(t)$	Уровень нефти в сепараторе	m
$P_g(t)$	Давление газа в сепараторе	Pa
C_v	Коэффициент выпуска выпускного Клапана	-
$u(t)$	Процент открытия клапана	-
ρ_w	Плотность воды при рабочей температуре.	kg/m^2
ρ_o	Плотность масла при рабочей температуре.	kg/m^2
P_w	Давление клапана вниз по потоку	Pa
U_{max}	Максимальная площадь открытия регулирующего клапана	m^2
ΔP_{out}	Перепад давления над регулирующим Клапаном	Pa

Объем воды в сепараторе зависит от высоты уровня воды внутри него h и обусловлен геометрией сепаратора, что можно описать математической зависимостью:

$$V(h) = (r^2 \cos^{-1} \left(\frac{r-h}{r} \right) - (r-h) \sqrt{2rh-h^2}) L \quad (1)$$

Для правильного функционирования необходимо, чтобы уровень воды находился в пределах между уровнем, при котором возникает сигнал тревоги о высоком уровне, и уровнем, при котором возникает сигнал тревоги о низком

уровне. Соотношение упрощено как линейная зависимость в течение этого интервала, $V(h) = ALh(t)$ где $A \approx \pi r^2$ [7].

Динамика объема воды внутри сепаратора:

$$\frac{dV(t)}{dt} \sim AL \frac{dh(t)}{dt} = Q_{in}(t) - Q_{out}(t) \quad (2)$$

Расход воды через клапан определили как:

$$Q_{out} = C_v f(u) \sqrt{\frac{\Delta P_{out}}{\rho_w}} \quad (3)$$

где $f(u)$ описывает характеристики открытия клапана, которые зависят от процента его открытия u . ΔP_{out} – перепад давления на клапане, можно оценить как:

$$\Delta P_{out} = P_g(t) + \rho_0 g h_0(t) + \rho_w g h(t) - P_w(t) \quad (4)$$

Для определения коэффициента C_v клапана используется метод наименьших квадратов, основанный на измерениях расхода воды, уровней воды и масла в сепараторе, давления газа внутри сепаратора и давления воды на выходе. При условии постоянной плотности воды значение C_v может быть найдено как решение уравнения:

$$\min_{C_v} \sum \left| Q_{out}(i) - C_v u(i) U_{max} \sqrt{\frac{\Delta P_{out}(i)}{\rho_w}} \right|^2 \quad (5)$$

При условии, что давление газа, давление ниже по потоку водяного клапана и уровень масла внутри сепаратора являются стабильными или их отклонения от средних значений могут быть проигнорированы, нелинейная модель системы может быть линеаризована в нормальных условиях эксплуатации. Путем подстановки конкретных значений параметров системы, линеаризованная модель может быть представлена в определенной форме [7]:

$$47.55 \frac{d\Delta h(t)}{dt} = Q_{in}(t) - 1.81 \Delta h(t) - 10.82 \Delta u(t) \quad (6)$$

где $\Delta h(t)$, $\Delta u(t)$ представляет отклонения уровня воды (положение клапана) до достижения равновесия. В результате, передаточная функция, которая показывает отношение между неизвестным возмущением $Q_{in}(t)$, управляющим входом $u(t)$ и выходом $h(t)$, будет иметь следующий вид [7]:

$$G(s) = \frac{243.5s + 4382}{47.55s^2 + 245.3s + 4382} \quad (7)$$

4.2 Анализ САУ регулирования уровня воды в трехфазном сепараторе

Имеется математическая модель системы автоматического управления процессом подготовки нефти. Необходимо получить переходные, частотные и логарифмические характеристики.

Для системы автоматического управления уровнем воды, построена функциональная схема рисунок 11.

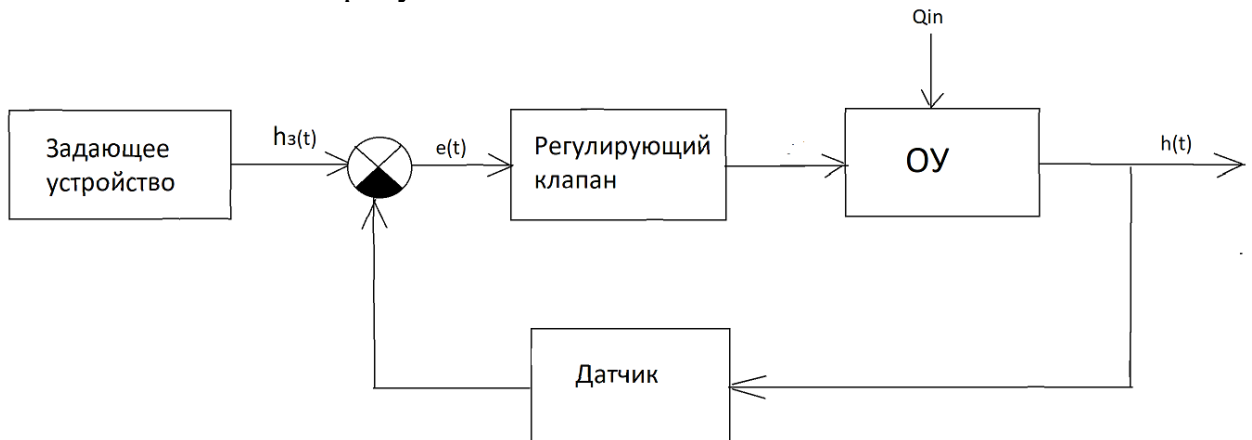


Рисунок 11 – Функциональная схема САУ

где $h_3(t)$ – заданное значение;

$h(t)$ – регулируемый параметр;

$Q_{in}(t)$ – возмущение скорость притока воды.

Структурная схема математической модели в Simulink представлена на рисунке 12.

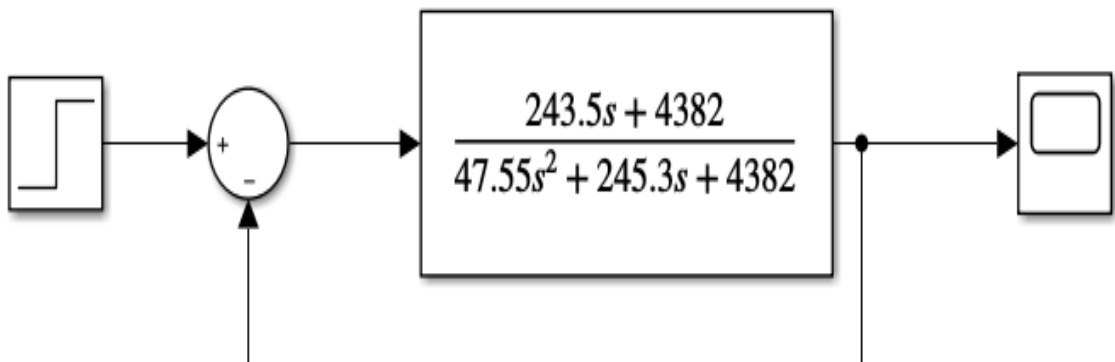


Рисунок 12 – Структурная схема в Matlab

По структурной схеме получили переходной процесс для замкнутой системы, который показан на рисунке 13. Система устойчива, но не достигает желаемого значения единице и имеет перерегулирование. Для улучшения динамики системы синтезируем типовой регулятор.

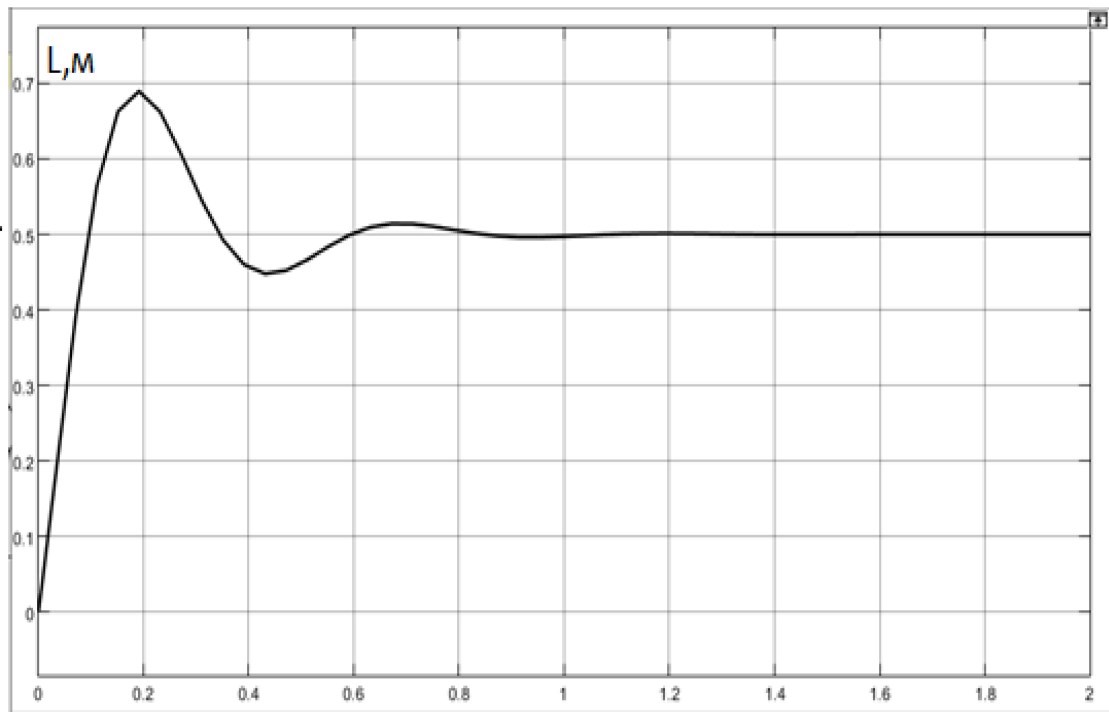


Рисунок 13 – Результат моделирования структурной схемы

Для построения АФЧХ разомкнутой системы необходимо определить мнимые и действительные части характеристического уравнения:

$$G(s) = \frac{243.5s+4382}{47.66s^2+490.5s+8764} \quad (8)$$

Далее оператор Лапласа s заменим на jw :

$$G(s) = \frac{243.5jw+4382}{47.55jw^2+490.5jw+8764}$$

Умножим числитель и знаменатель на комплексно-сопряженное число:

$$G(s) = \frac{-j11575.42w^3-88904w^2-j155751w+38404884}{76807696-592767.04w^2+2260.025w^4}$$

Отделяем на действительную и мнимую часть по формуле:

$$\text{Re}(w) = \frac{-88910w^2+38404884}{76807696-592760w^2+2260.025w^4} \quad (9)$$

$$\text{Im}(w) = -j \frac{11578.42w^3+155751w}{76807696-592760w^2+2260.025w^4} \quad (10)$$

Координаты действительной и мнимой части АФЧХ при изменении частоты $\omega = [\infty, 0)$, заполняется таблица 4.2.

Таблица 4.2 – Таблица значений реальной и мнимой части

w	0	5	10	15	∞
Re(w)	0.5	0.56	0.733	0.323	0
Im(w)	∞	-0.0235	-0.294	-0.680	0

Используя данные в таблице 4,2, построим график АФЧХ разомкнутой системы, который представлен на рисунке 14.

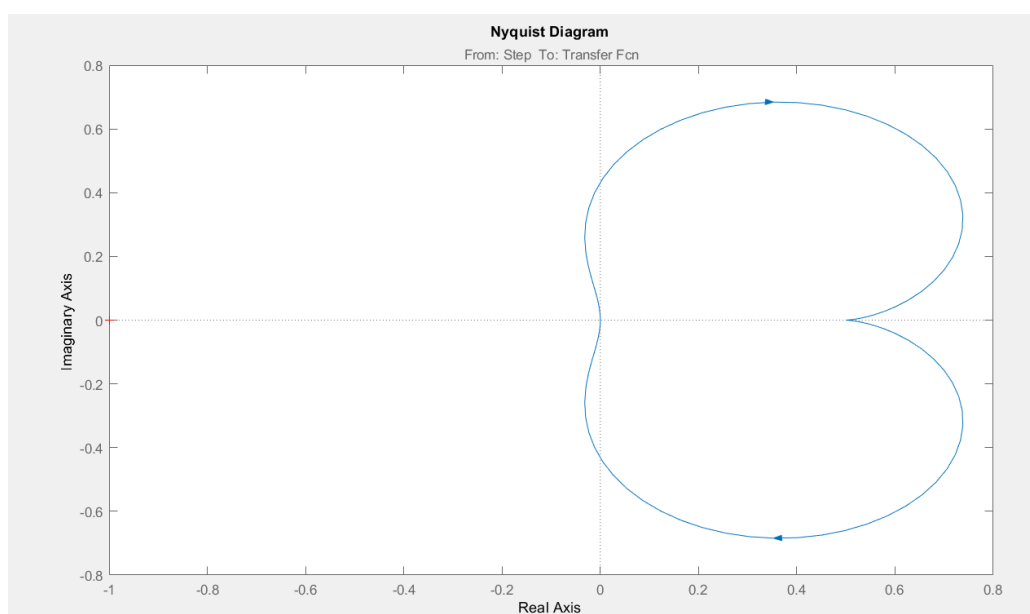


Рисунок 14 – График АФЧХ

Для построения АЧХ используется следующая формула:

$$A(\omega) = \sqrt{\text{Re}^2(\omega) + \text{Im}^2(\omega)} \quad (11)$$

Подставляем уравнения 9 и 10 в формулу и составляем таблицу 4.3 значений АЧХ.

Таблица 4.3 – Таблица значений АЧХ

w	0	10	100	∞
A(w)	∞	0.790	0.06	0

Построим график АЧХ используя данные из таблицы 4.3, который показан на рисунке 15.

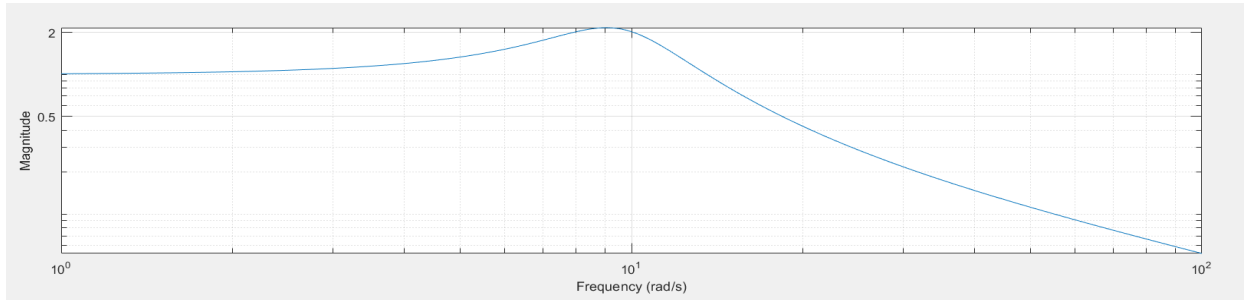


Рисунок 15 – График АЧХ

Для построения ФЧХ используется следующая формула:

$$\varphi(\omega) = \arctan \frac{\text{Im}(w)}{\text{Re}(w)} \quad (12)$$

Координаты ФЧХ в полярной форме при изменении частоты $\omega = [0, \infty)$, заполняется таблица 4.4 значений ФЧХ.

Таблица 4.4 – Таблица значений ФЧХ

ω	0	1	10	100	1000	∞
$\varphi(\omega)$	0	-0.0450	-24.2	-94.4	-90	-90

По данным из таблицы 4.4, построим график ФЧХ, показан на рисунке 16.

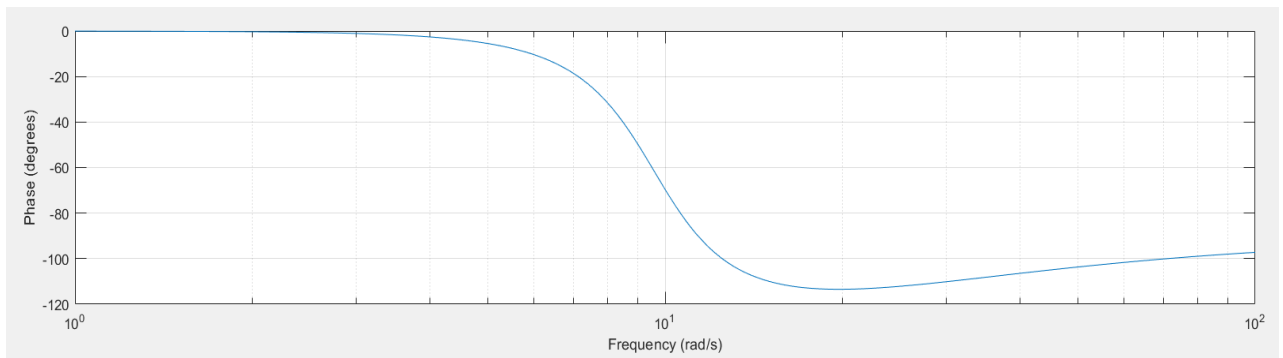


Рисунок 16 – График ФЧХ

Построение ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы. Для их построения используется следующая формула:

$$L(\omega) = 20 \lg(A(\omega))$$

Подставляя значения $w=(0; +\infty]$, заполняется таблица 4.5 значений ЛАЧХ.

Таблица 4.5 – Значения ЛАЧХ

w	0	1	10	100	1000
$\varphi(w)$	0	-5.95	-2.02	-25.8	-46

По данным из таблицы сверху построим график ЛАЧХ, который представлен на рисунке 17.

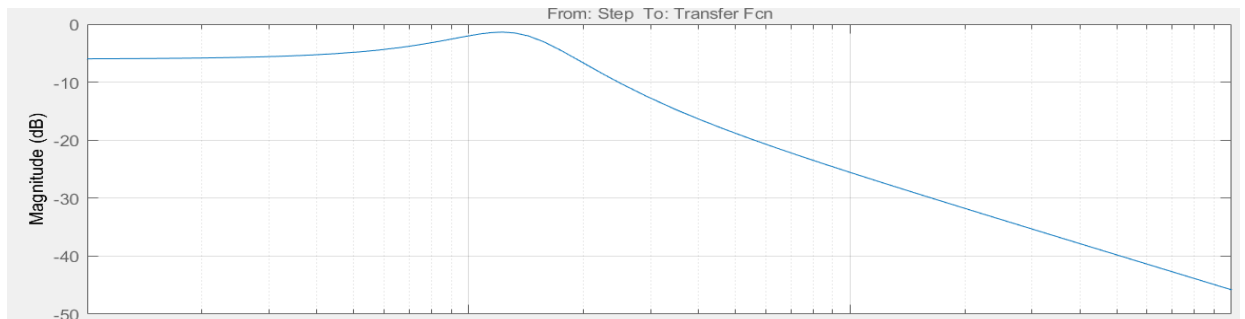


Рисунок 17 – График ЛАЧХ

Для построения ЛФЧХ используется следующая формула:

$$\varphi(w) = \arctan \frac{\text{Im}(w)}{\text{Re}(w)}$$

По данным из таблицы 4.6 строится график, как показано рисунке 18.

Таблица 4.6 – Таблица значений ЛФЧХ

w	0	1	10	100	1000	∞
$\varphi(w)$	0	-0.0450	-24.2	-94.4	-90	-90

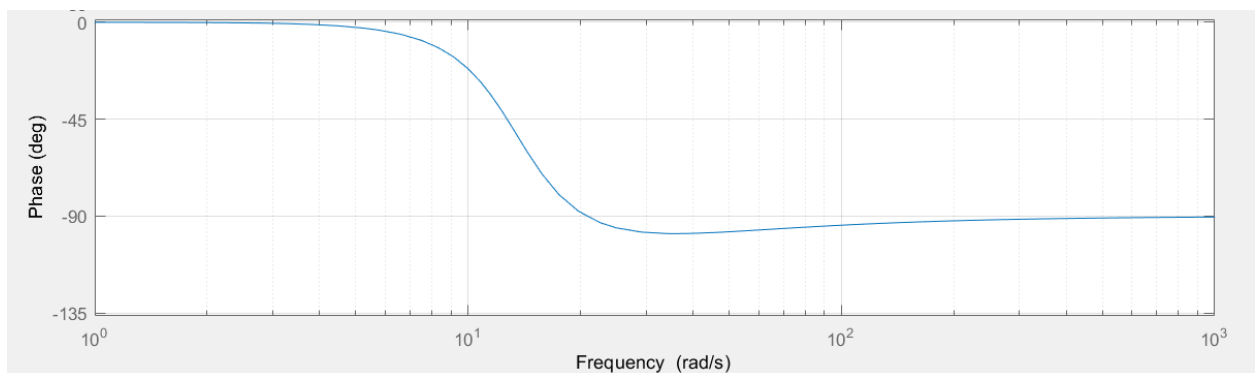


Рисунок 18 – График ЛФЧХ

4.3 Оценки качества переходного процесса замкнутой системы процесса регулирования уровня воды

По полученному переходному процессу замкнутой системы необходимо найти прямые оценки качества и проверить соответствует ли полученные данные требованиям.

К оценкам качества относится Peak Response; Rise Time, Settling Time, Set State, как показано на рисунке 19.

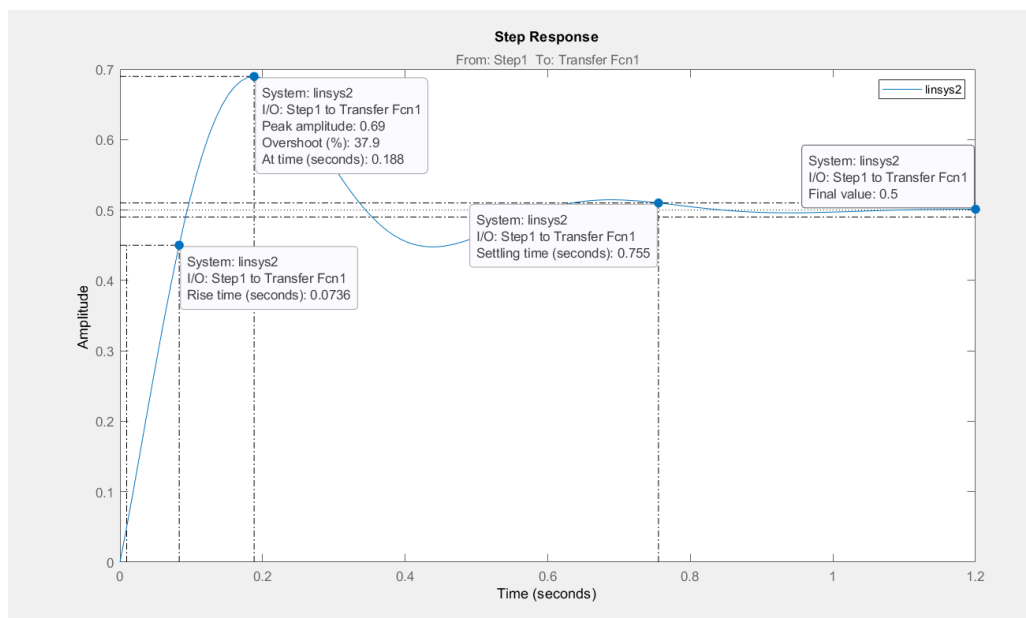


Рисунок 19 – Переходной процесс замкнутой системы

Из графика получаем данные касательно прямой оценки:

- Перерегулирование: $Pov = 37,9\%$,
- Время достижения первого максимума: $T_{1max} = 0,2$ секунд;
- Время регулирования: $T_{set} = 0,755$ секунд;
- Установившийся значение: $y_{ss} = 0.5$;
- Время нарастания: $T_r = 0.0736$ секунд.

Также найдем косвенные оценки качества переходного процесса замкнутой системы, которые представлены на рисунке 20.

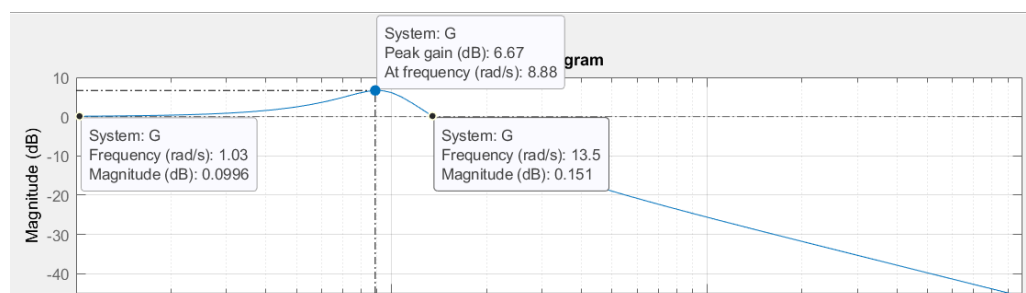


Рисунок 20 – Косвенные оценки качества

Косвенные оценки качества:

- Частота среза: 13.5
- Полоса пропускания: [0; 15.7];
- Резонансная частота: $\omega_r = 8.88$ при $A_{\max} = 2.16$

Косвенные оценки качества замкнутой системы:

- Резонансная частота: $\omega_r = 8.86$
- Полоса пропускания системы: [0; 15.7];
- Колебательность системы: $\mu = 2.12$;
- Частота среза: 12.8.

4.7. Данные прямых оценок качества и косвенных оценок вставляем в таблицу

Таблица 4.7 – Оценки качества замкнутой системы

№	Оценка качества		Прямые	Косвенные	Соответствие требованиям
1	Время Регулирования	T_{set}	0.755	1.56	
2	Перерегулирование	P_{ov}	37.9%	40%	Не соответствует
3	Число колебаний	n	1	2	Соответствует
4	Колебательность	μ	5%	3.62%	Не соответствует
5	Частота колебаний	ω	12.56	9.3	Соответствует
6	Установившаяся Ошибка	e	0.5	0	Не соответствует
7	Время достижения первого максимума	$T_{1\max}$	0.188	0.32	
8	Время нарастания	T_r	0.0736	-	
9	Декремент Затухания	χ	0.61	-	

Вывод: Перерегулирование и колебательность не соответствует желаемым требованиям. Связи с этим необходимо синтезировать типовой регулятор. Для улучшения показателей перерегулирования и колебательности, необходимо ввести регулятор. Установившаяся ошибка равна 0.5.

4.4 Синтез типового регулятора

ПИД регулятор – это устройство автоматического управления, используемое для регулирования процессов, где требуется точность и устойчивость управления. Расчет параметров регулятора будет рассчитан метод Циглера-Никольса №1 (ZN1).

Имеется переходной процесс разомкнутой системы рисунок 21.

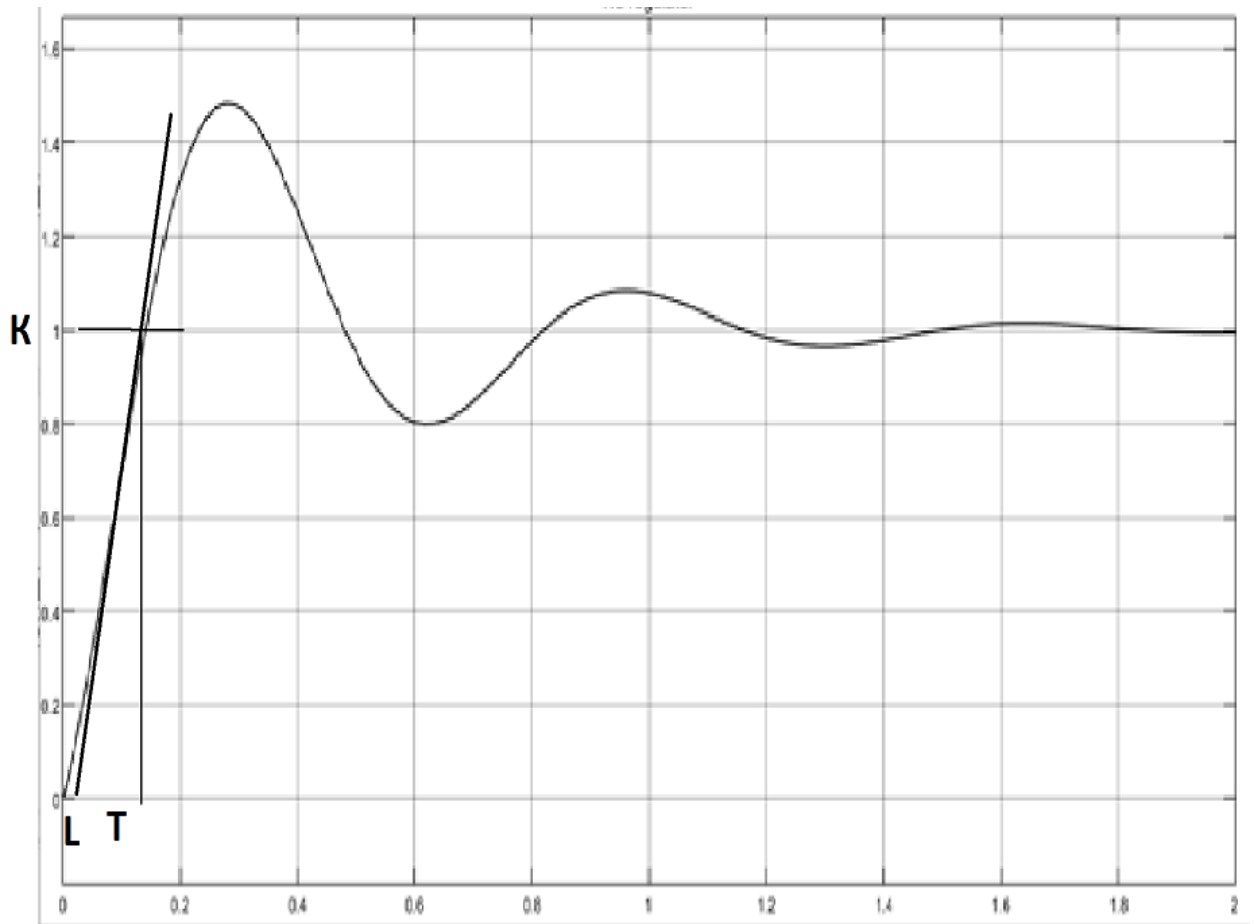


Рисунок 21 – Переходной процесс разомкнутой системы

По графику получим значения: $K=1$, $L=0.02$, $T=0.14$.

По полученным данным заполняем таблицу 4.8, где показаны параметры для ПИД регулятора.

Таблица 4.8 – Вычисление параметров регуляторов

	P	1/I	D
P	50	-	-
PI	45	15.15	-
PID	60	25	0.01

Проведем сравнение между П, ПИ и ПИД-регуляторами. Определим какой из регуляторов лучше всего подойдет.

На рисунке 22 представлен график переходного процесса P регулятора.

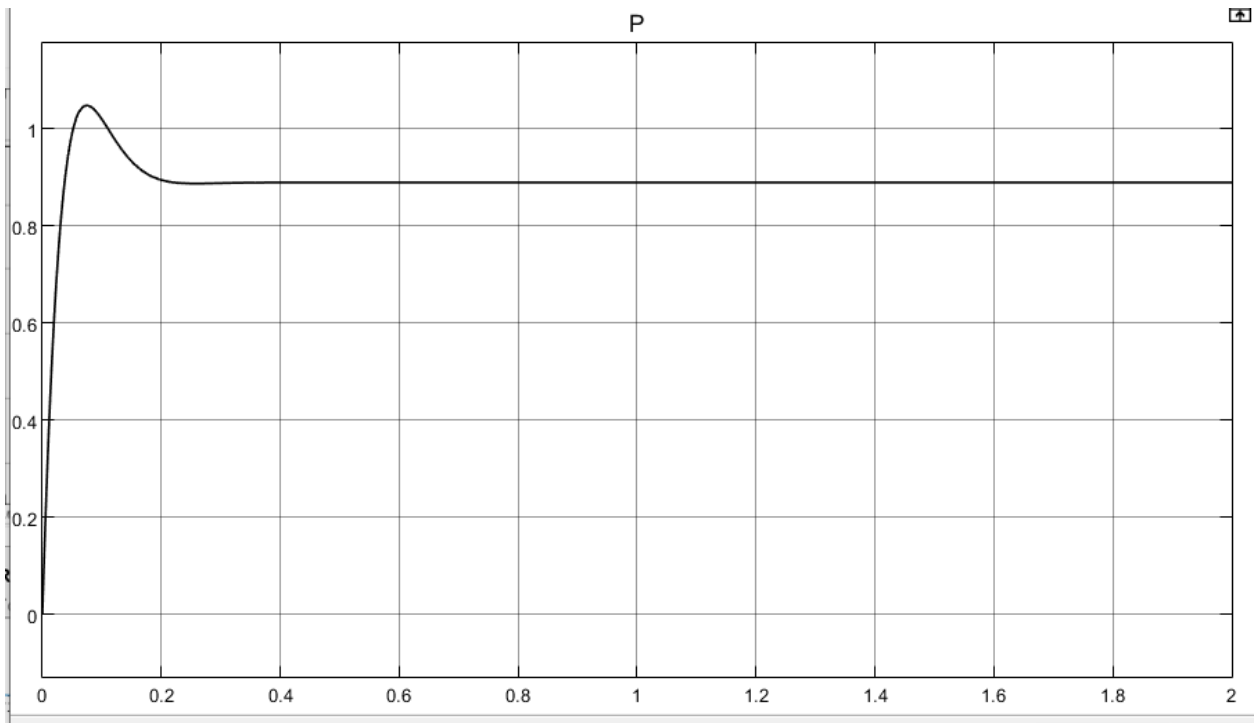


Рисунок 22 – Переходной процесс Р регулятора

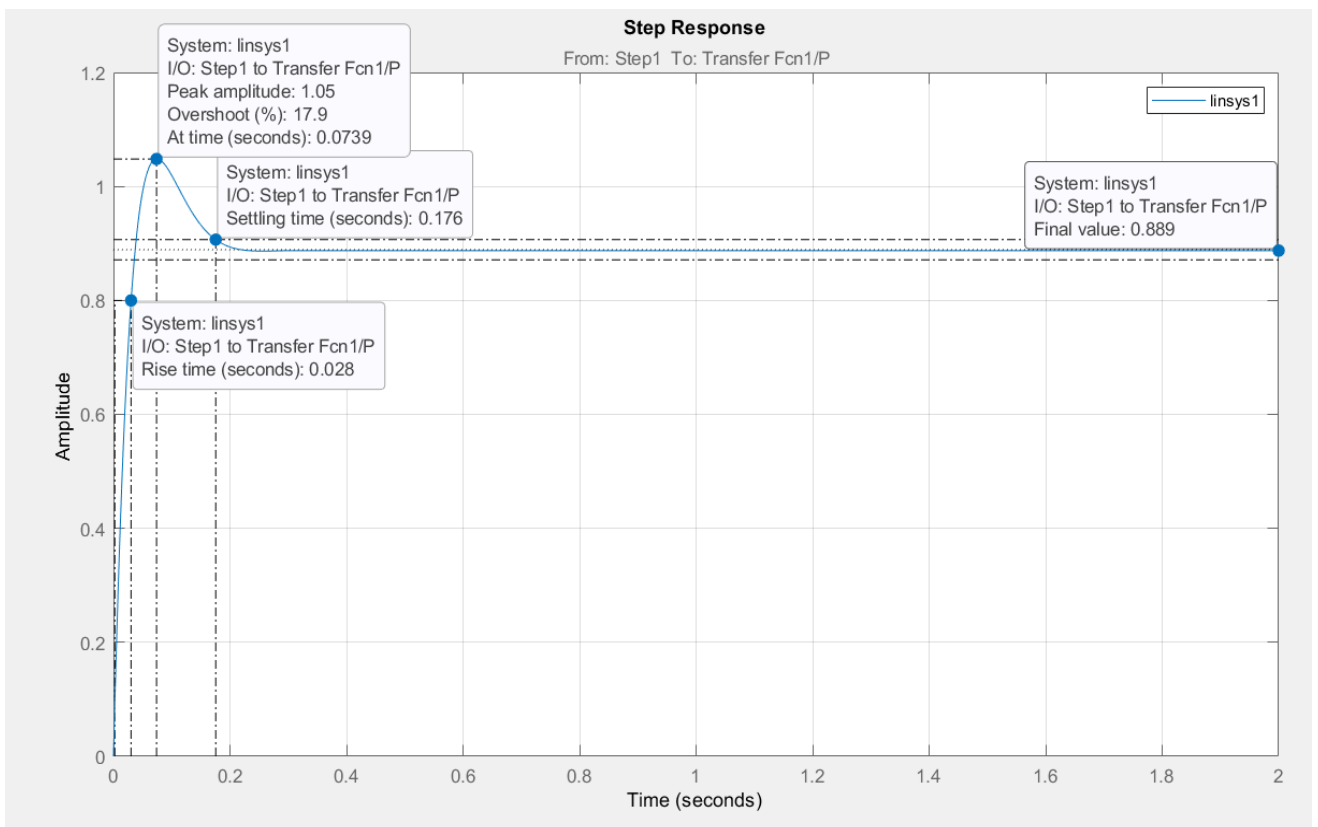


Рисунок 23 – Оценки качества системы с Р регулятором

На рисунке 23 показан переходной процесс Р регулятора с оценками качества.

В таблице 4.9 представлены прямые оценки переходного процесса Р регулятора.

Таблица 4.9 – Прямые оценки качества Р регулятора

Оценки качества	Система Р регулятора
Время регулирования	0,176с
Перерегулирование	17,6%
Число колебаний	1
Колебательность	-
Период колебаний	0,2с
Время достижения первого максимума	0,0739с
Время нарастания	0,028с

Иследуем влияние Р-регулятора на устойчивость замкнутой системы:

$$T(s) = \frac{K_p \cdot G(s)}{1 + K_p \cdot G(s)} = \frac{243.5s + 4382K_p}{47.55s^2 + 245.3s + 4382 + 243.5s + 4382K_p}$$

Характеристическое уравнение:

$$47.55s^2 + 245.3s + 4382 + 243.5s + 4382K_p = 0$$

$$K_p > -1$$

Вычисление пределов изменения Р на основе критерия Гурвица:

$$H = \begin{vmatrix} 488.8 & 0 \\ 47.55 & 4382 + 4382K_p \end{vmatrix} \Rightarrow \det(H) = 488.8 \cdot (4382 + 4382K_p) - 47.55 \cdot 0 > -1$$

$$K_p > -1$$

Вывод: Р регулятор уменьшил время регулирования и колебательность процесса. Однако переходной процесс не достиг значения единицы. Поэтому данный регулятор не подходит для использования. Р регулятор не влияет на устойчивость системы 2-го порядка.

На рисунке 24 показан переходной замкнутой системы PI регулятора.

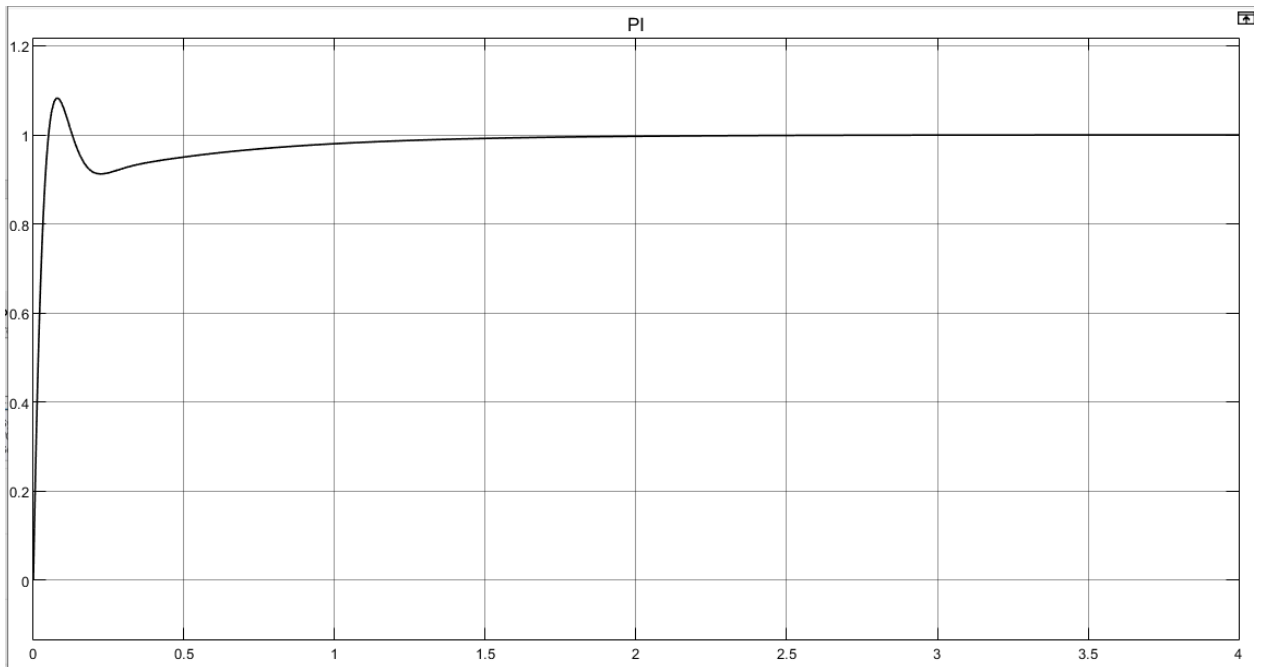


Рисунок 24 – Переходной процесс PI регулятора

На рисунке 25 показан переходной процесс PI регулятора с прямыми оценками качества.

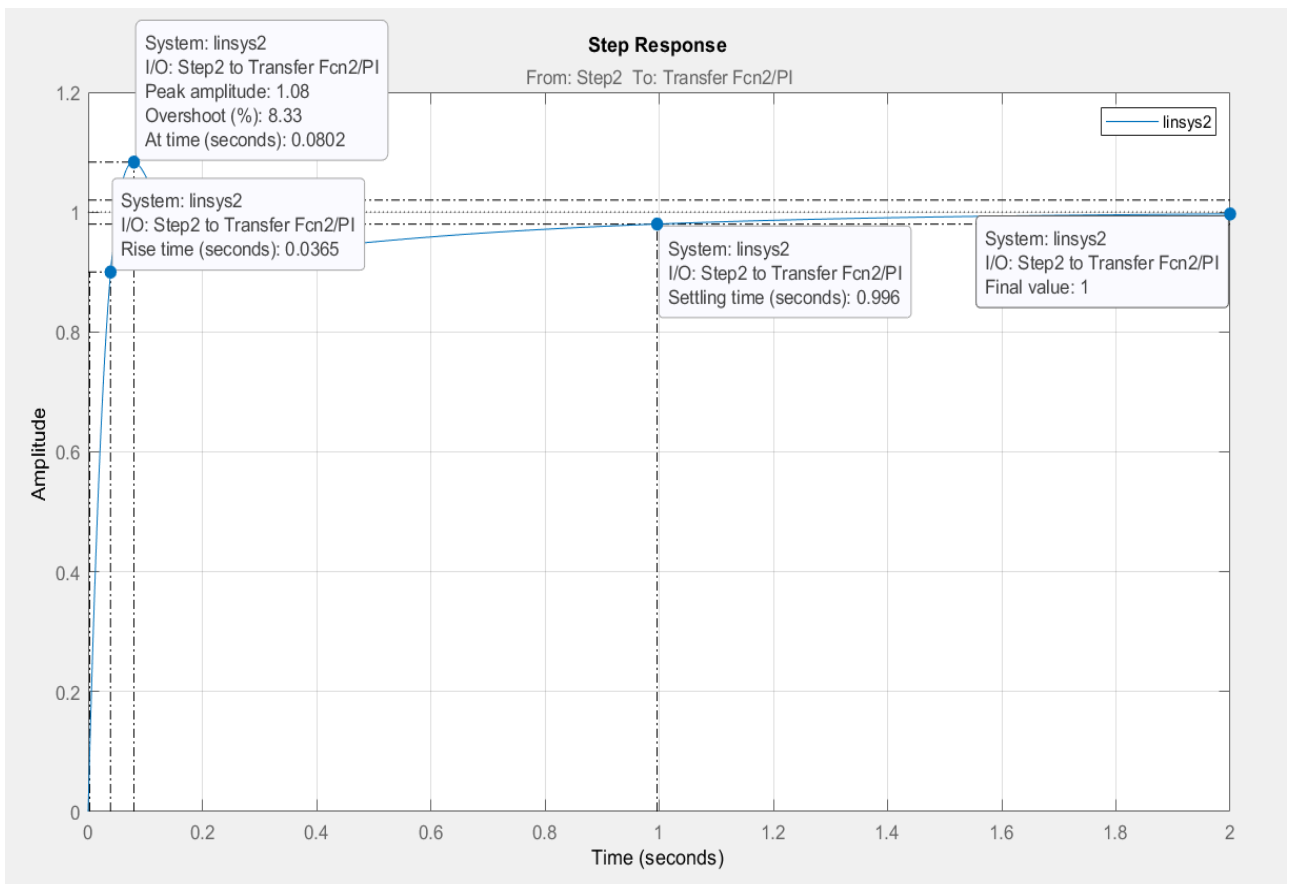


Рисунок 25 – Оценки качества системы с PI регулятором

В таблице 4.10 представлены прямые оценки переходного процесса PI регулятора.

Таблица 4.10 – Прямые оценки качества PI регулятора

Оценки качества	Система PI регулятора
Время регулирования	0,996с
Перерегулирование	8.33%
Число колебаний	1
Колебательность	-
Период колебаний	0,38с
Время достижения первого максимума	0,0802с
Время нарастания	0,0356с

Вывод: PI регулятор увеличил время регулирования и время нарастания, но уменьшил значение перерегулирования. Также процесс достиг значения уставки. Данный регулятор подходит.

На рисунке 26 показан переходной процесс PID регулятора с прямыми оценками качества.

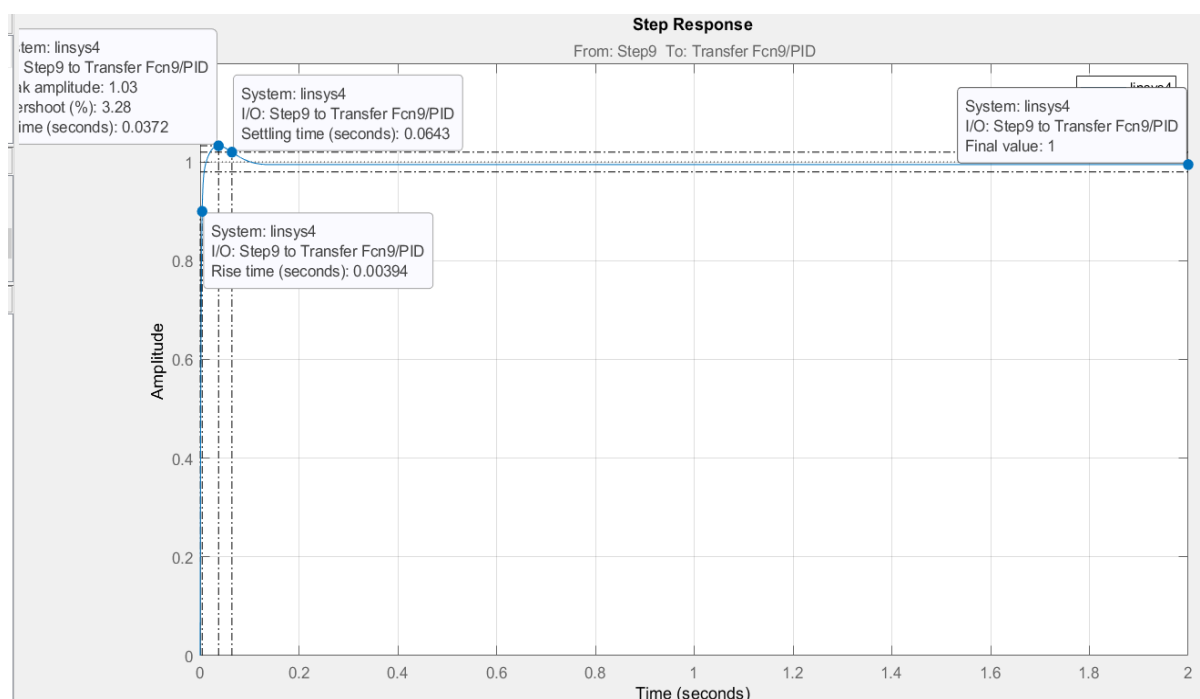


Рисунок 26 – Оценки качества системы с PID регулятором

В таблице 4.11 представлены прямые оценки переходного процесса PID регулятора.

Таблица 4.11 – Прямые оценки качества PID регулятора

Оценки качества	Система PID регулятора
Время регулирования	0,0643с
Перерегулирование	3.28%
Число колебаний	1
Колебательность	-
Период колебаний	0,12с
Время достижения первого максимума	0,0372с
Время нарастания	0,00394с

Вывод: из полученных результатов по оценке качества можно сделать вывод, что PID-регулятор существенно уменьшил время регулирования, нарастания и значение перерегулирования. Установившаяся ошибка равна нулю.

Эмпирический метод Циглера-Никольса №1 дает наилучшие параметры для PID-регулятора. P, PI регуляторы не дали желаемого результата, как видно по рисунку 27.

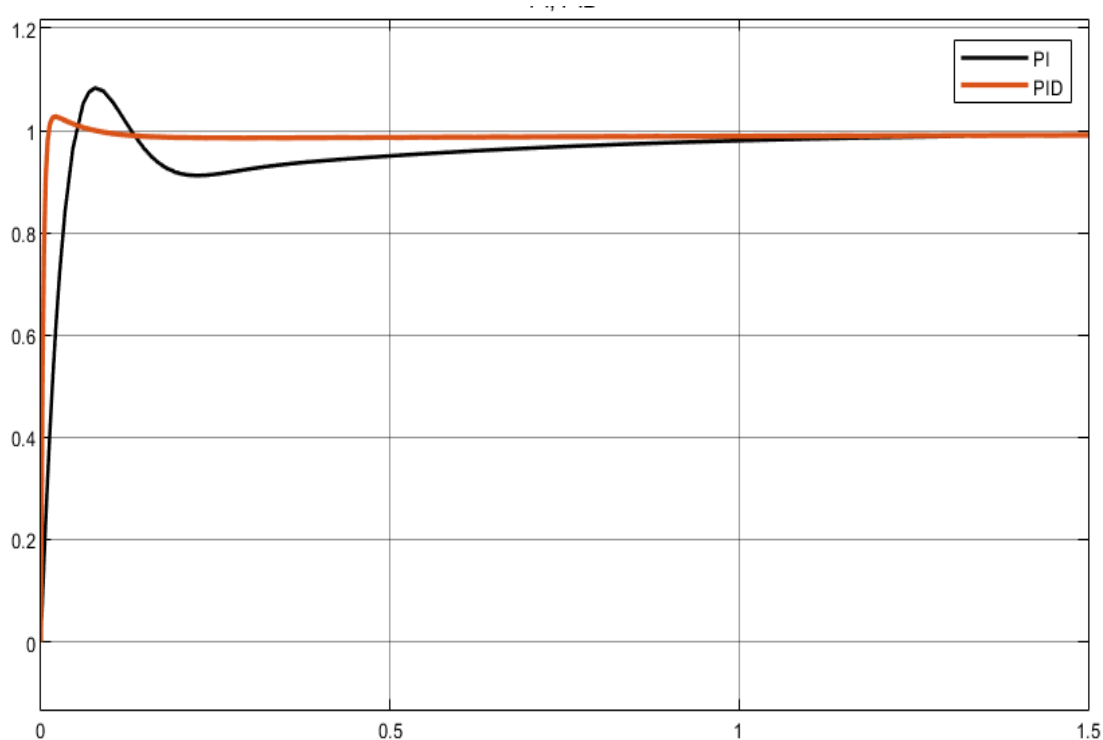


Рисунок 27 – Сравнение типовых регуляторов

5 Создание программы управления

5.1 Разработка алгоритма

Алгоритм разрабатывался для управления уровнем воды в сепараторе. Управление уровнем воды осуществляется за счет регулирующего клапана как показано на рисунке 28.

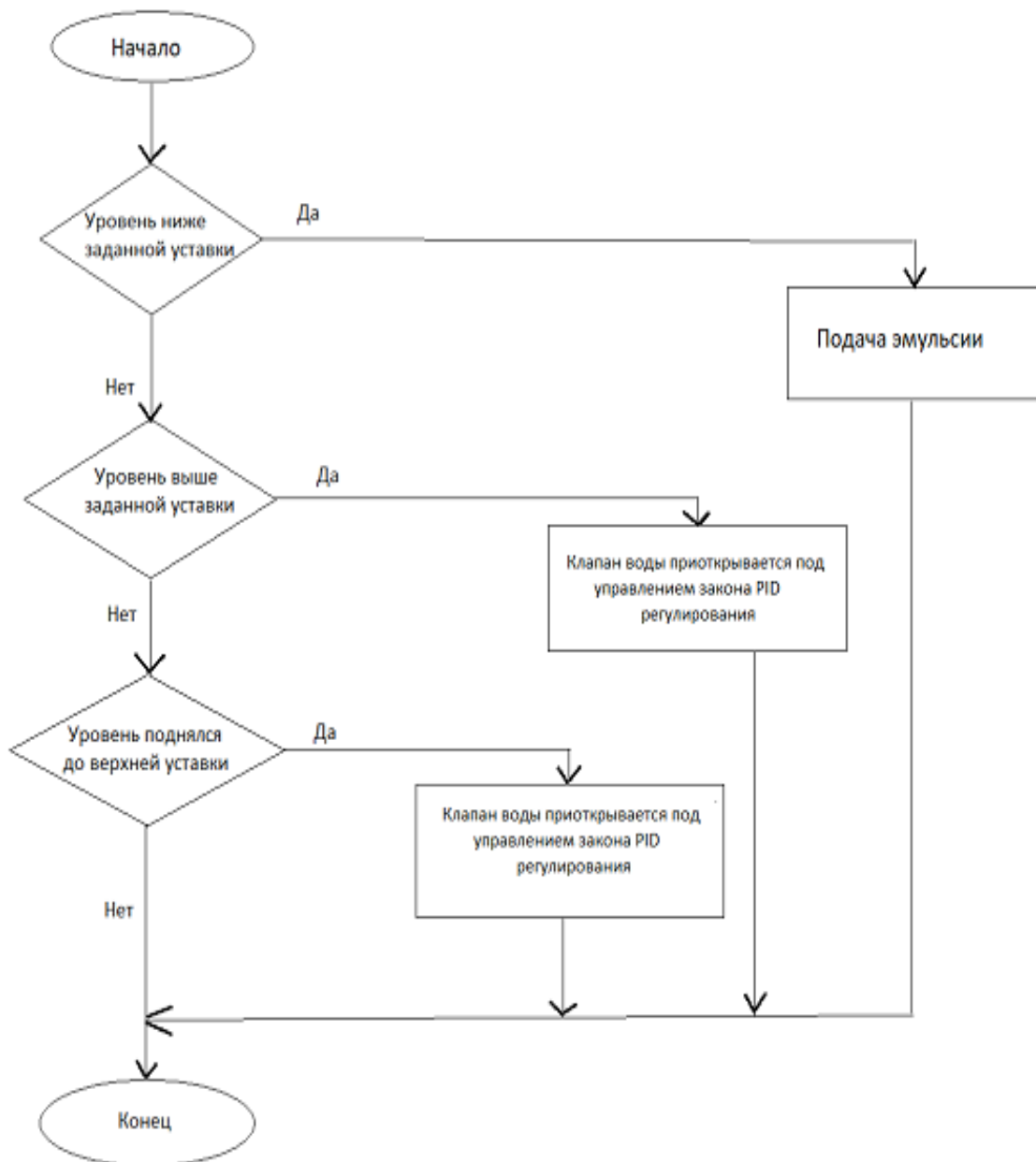


Рисунок 28 – Блок-схема алгоритма управления

5.2 Разработка программы управления уровнем воды в трехфазном сепараторе в TIA-портал

Для работы в TIA-портал нужно создать проект и конфигурацию Hardware. Выбираем контроллер, блок питания и модули ввода/вывода. Конфигурация контроллера представлена на рисунке 29.

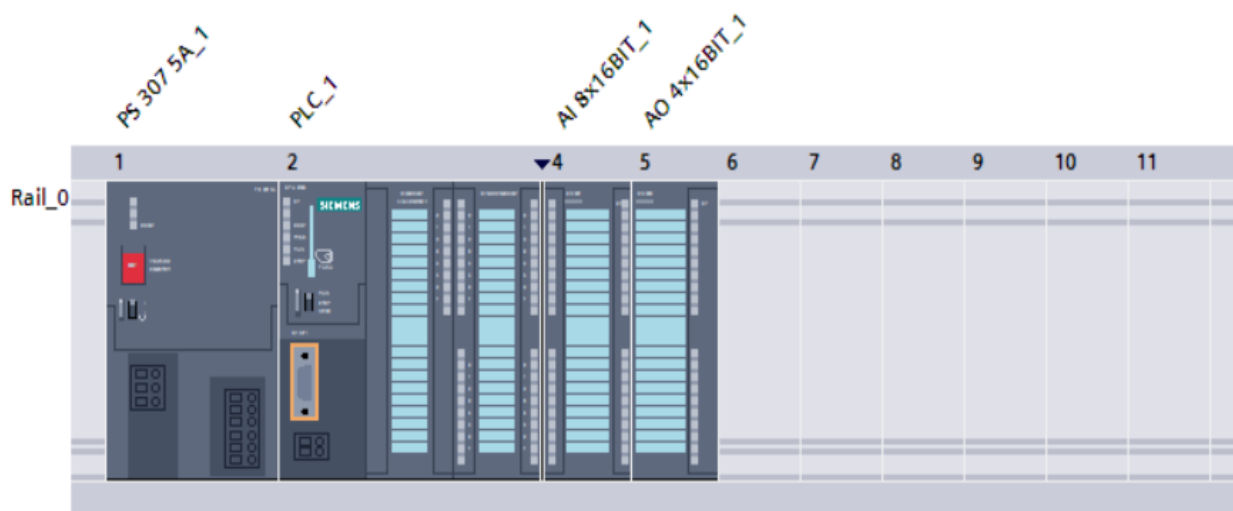


Рисунок 29 – Конфигурация контроллера

Дальше переходим к написанию логики управления. Для того нам нужно заполнить таблицу тегов, как показано на рисунке 30.

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Visibl...
	master valve	Int	%IW0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	water valve %	Int	%IW2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	oil lvl	Int	%IW4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	gas lvl	Int	%IW6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	lvl water	Bool	%I8.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	lvl oil	Bool	%I8.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tag_1	Bool	%I8.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tag_2	Word	%MW8		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tag_3	Real	%MD8		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tag_4	Real	%MD10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tag_5	Bool	%M8.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<Add new>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Рисунок 30 – Таблица тегов

На рисунке 31 представлен визуализация процесса управления уровнем воды в трехфазном сепараторе. Как видно в сепараторе уровень воды ниже заданной уставки, необходимо подать эмульсию через главный клапан.

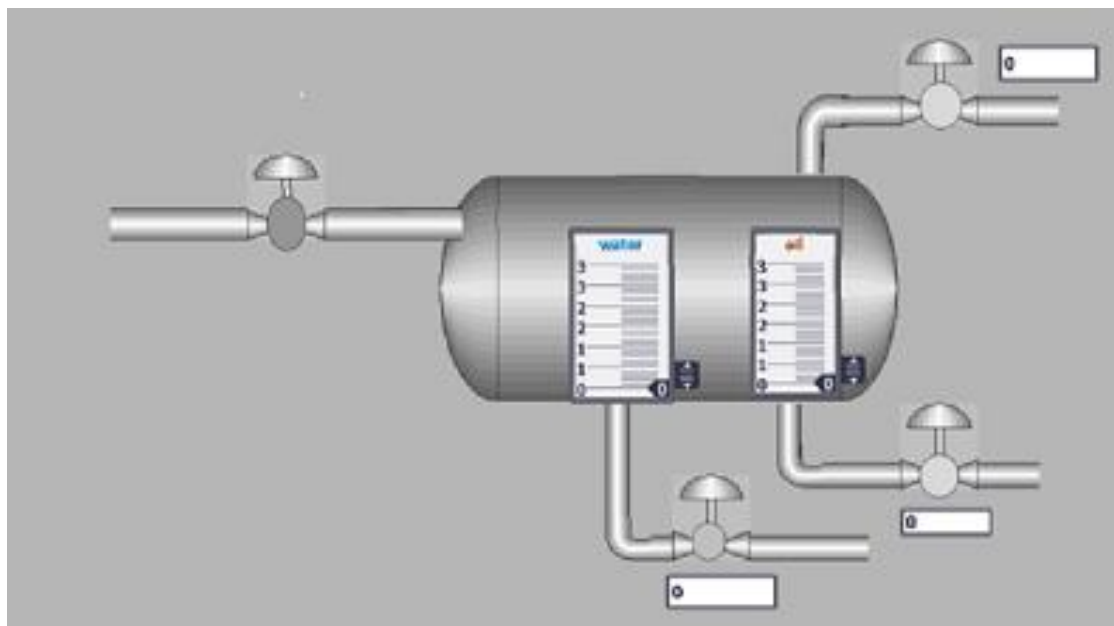


Рисунок 31 – Операторский дисплей

Открываем главный клапан чтобы подать эмульсию. Через некоторое время видим, что уровень воды составляет один метр. Уровень воды находится в нижних пределах уровня клапан воды закрыт. На рисунке 32 показано подача эмульсии в сепаратор.

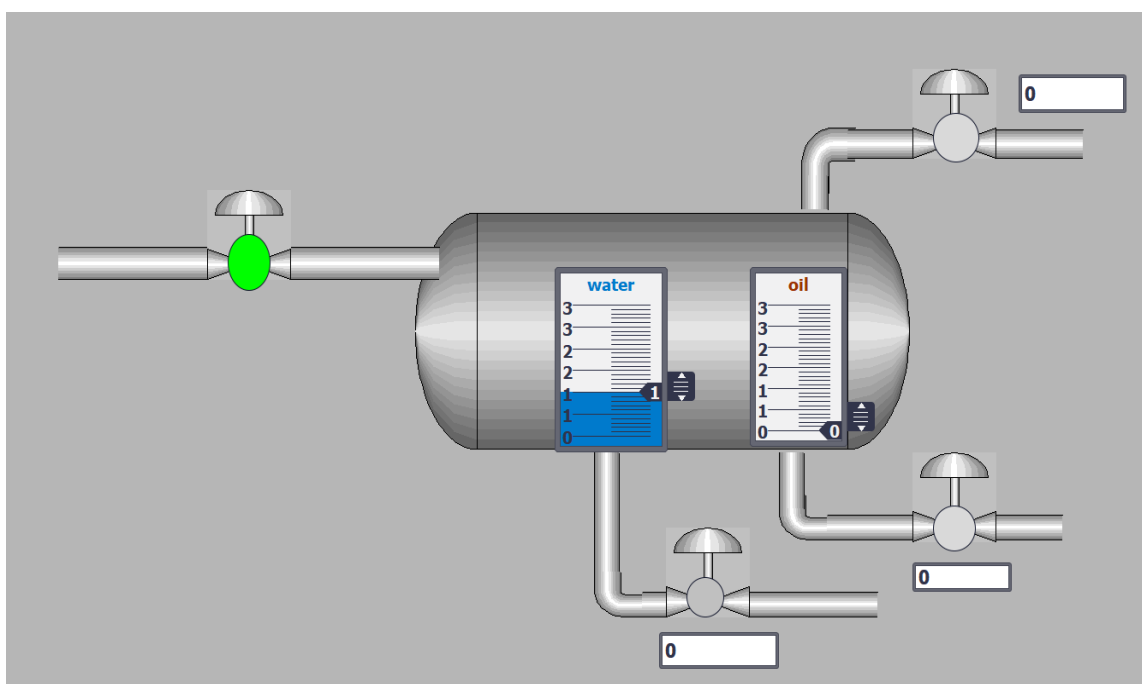


Рисунок 32 – Подача эмульсии

Как видно по рисунку 33 уровень воды поднялся до двух метров. Клапан открывается на 100 процентов, потому что значение уровня воды достигла уставки.

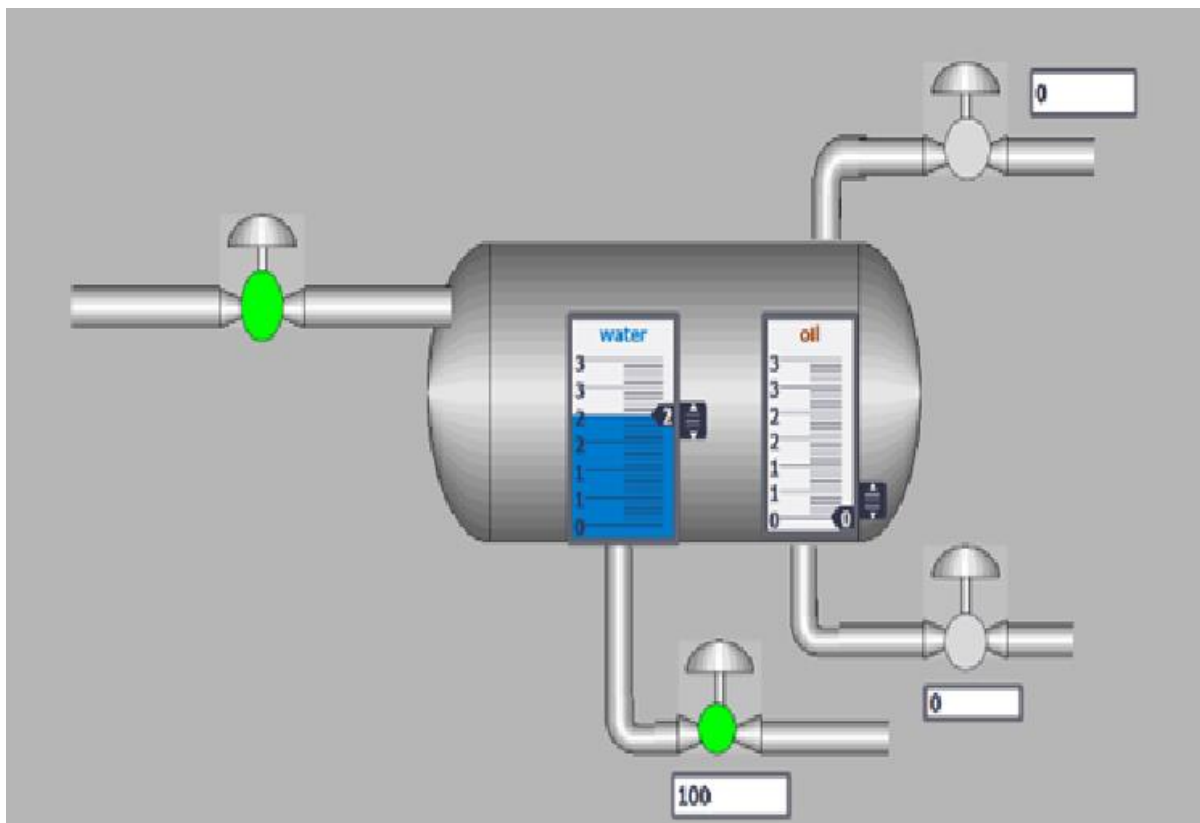


Рисунок 33 – Изменение уровня

На рисунках 31, 32, 33 было представлено регулирование уровнем воды в трехфазном сепараторе.

Сигнал, поступивший с датчика уровня 4-20 мА необходимо преобразовать в число. С помощью блока SCALE происходит преобразование сигнала, показано на рисунках 34 и 35.

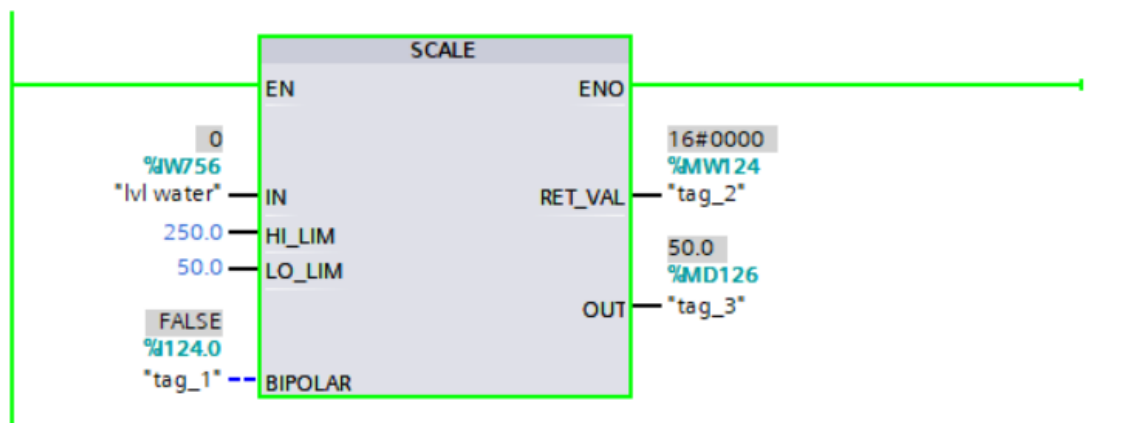


Рисунок 34 – Преобразование сигнала уровнемера воды

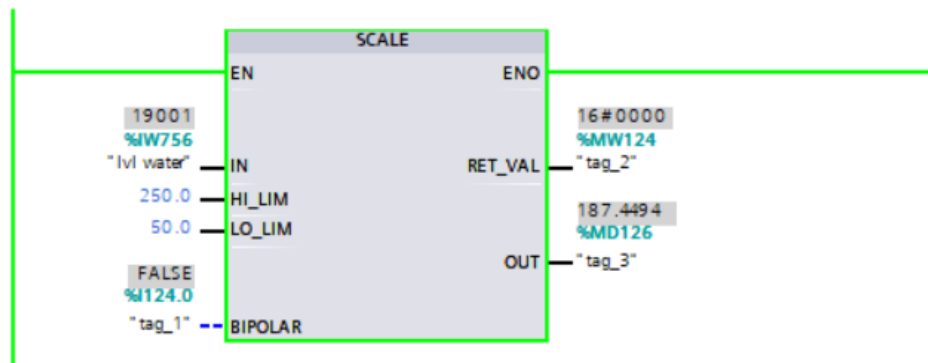


Рисунок 35 – Преобразование сигнала уровнемера воды

Полученное значение закидываем в блок PID CP. Ставим верхний и нижний уровень на входе, а на выходной сигнал получаем уставку, как показано на рисунке 36.

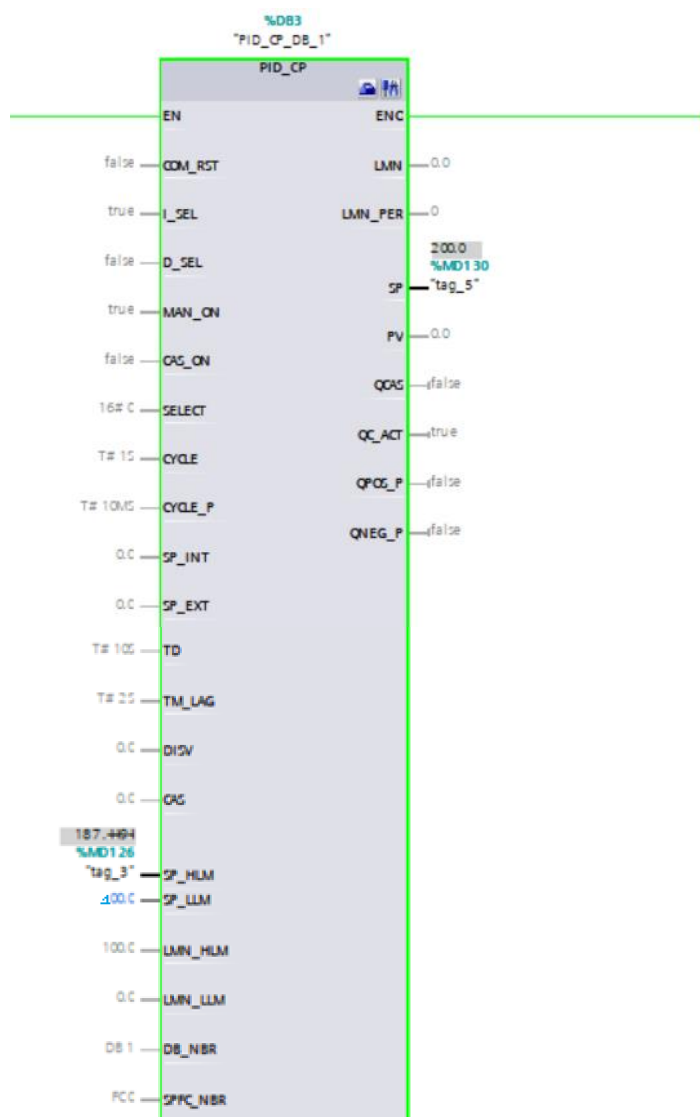


Рисунок 36 – Блок PID CP

Полученное значение датчика уровня сравниваем с уставкой, как показано на рисунке 37.

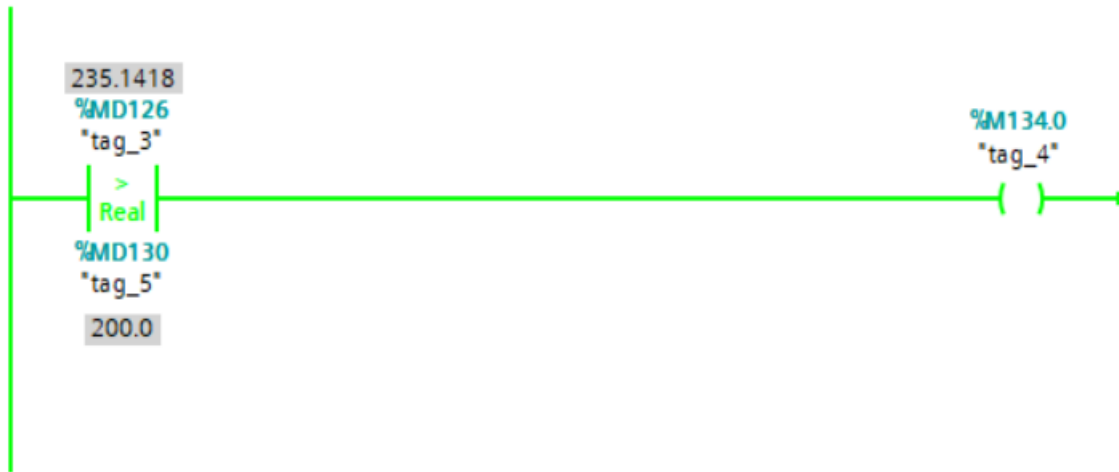


Рисунок 37 – Сравнение значений

Если значение датчика уровня больше значение уставки, то клапан воды открывается. Если значение датчика воды меньше уставки, то клапан не открывается. На рисунке 38 показано сравнение значений датчика уровня и уставки.

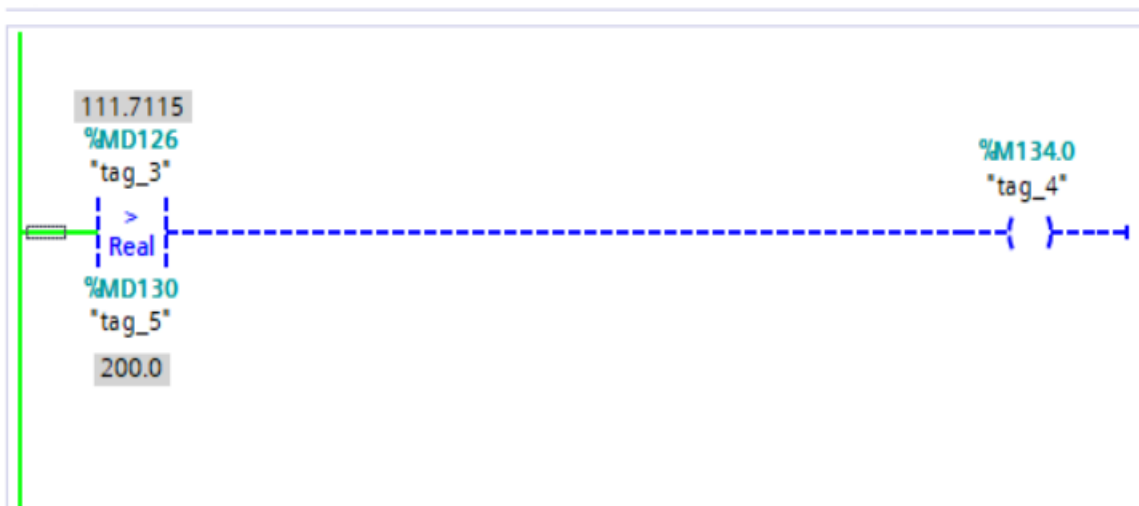


Рисунок 38 – Сравнение значений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой главе был описан технологический процесс подготовки нефти. Была рассмотрена виды сепараторов, их подразделения, отличия, преимущества и недостатки.

Во второй главе рассматривалась разработка структура системы автоматизации, определение точек контроля и управления для автоматизированной системы управления, определение уровней АСУ ТП.

В третьей главе было описано выбор аппаратной базы. Были выбраны датчики давления, температуры, уровня, расхода и контроллер.

В четвертой главе было произведено моделирование процесса по каналу регулирования уровня воды в трехфазном сепараторе. Был произведен анализ динамических свойств системы управления, расчет оценок качества переходного процесса уровня воды. Перерегулирование системы управления не соответствовало требованиям, поэтому с целью улучшения системы был выбран ПИД регулятор.

В пятой главе был разработан программа для управления процессом регулирования уровня воды в трехфазном сепараторе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Черножуков Н.И. Технология переработки нефти и газа. – М.: Химия, 2005. – 378 с.
- 2 Большая энциклопедия нефти и газа: трехфазный сепаратор // Электронная версия на сайте <https://www.ngpedia.ru/id418127p1/html>.
- 3 Волошенко А.В., Горбунов Д.Б. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие. – Томск: 2011. – 108 с.
- 4 Золотов М.А. Способы воздействия на эффективность работы трехфазного сепаратора: текст: Молодой ученый. – 2020. – 59-64 с.
- 5 ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации».
- 6 Wu K., Yu C, Cheng Y. A two degree of freedom level control. Journal of Process Control, 2001 – pp 311-319.
- 7 Zhenyu Y., Juhl M., Lohndorf B. On the innovation of level control of an offshore three-phase separator. Mechatronics and Automation (ICMA), 2010. pp. 1348-1353.
- 8 SIMATIC Компоненты для комплексной автоматизации. Каталог ST 70-2003 Русская редакция. – М.:ООО «Сименс», 2003.
- 9 Датчик давления Метран-150 // Электронная версия на сайте <https://www.emerson.com/ru-ru/catalog/metran-150-ru-ru>.
- 10 Сигнализатор уровня ультразвуковой // Электронная версия на сайте <https://rizur.ru/catalog/signalizatory-i-datchiki-rele-urovnya/signalizator-urovnya-ultrazvukovoy-rizur-900/>.
- 11 Уровнемер магнитоэлектрический поплавковый // Электронная версия на сайте <http://теплоприбор.рф/catalog/urovnemer-rizur-nmt-m/>.
- 12 Расходомер электромагнитный Rosemount8700 // Электронная версия на сайте <https://www.emerson.com/documents/automatioRosemount8700ru73534.pdf>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Функциональная схема автоматизации трехфазного сепаратора

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: Бақыт Жанболат Аманкелдіұлы

Название: Разработка автоматизированной системы управления процессом подготовки нефти

Координатор: Кулакова Елена Александровна

Коэффициент подобия 1: 16.20

Коэффициент подобия 2: 5.56

Замена букв: 11

Интервалы: 0

Микропробелы: 14

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: 16.20 и Коэффициент подобия 2: 5.56. Выявленные в работе совпадения являются корректными цитированиями с указанием ссылок. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«26» мая 2023 г.

Дата


Подпись Научного руководителя

**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: Бакыт Жанболат Аманкелдіұлы

Название: Разработка автоматизированной системы управления процессом подготовки нефти

Координатор: Кулакова Елена Александровна

Коэффициент подобия 1: 16.20

Коэффициент подобия 2: 5.56

Замена букв: 11

Интервалы: 0

Микропробелы: 14

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: 16.20 и Коэффициент подобия 2: 5.56. Выявленные в работе совпадения являются корректными цитированиями с указанием ссылок. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«26» мая 2023 г.


Дата


Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

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

«26» мая 2023 г.

Дата


Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на дипломный проект
Бақыт Жанболат Аманкелдіұлы
6B07103 – Автоматизация и роботизация

Тема: «Разработка автоматизированной системы управления процессом
подготовки нефти»

Перед дипломантом ставилась задача разработка автоматизированной системы управления процессом подготовки нефти.

В первой части данного дипломного проекта был описан технологический процесс подготовки нефти, а также описание принципа работы трехфазного сепаратора.

Во второй части произвелась разработка структуры системы автоматизации, найдены точки контроля и управления технологических параметров, а также была определена структура АСУ ТП.

В третьей части произвелась разработка функциональной схемы автоматизации, выбор аппаратной базы.

В четвертой части в среде Matlab были получены результаты моделирования ЗСАР без регулирования, далее произведен синтез регуляторов с нахождением наилучших параметров для контура регулирования уровня воды в трехфазном сепараторе.

В пятой части описана реализация алгоритма управления уровнем воды в трехфазном сепараторе в программной среде TIA Portal.

В процессе работы автор проекта показал себя дисциплинированным, исполнительным и трудолюбивым, с высоким уровнем теоретической подготовки.

Заключение: считаю, что дипломант справился с поставленной задачей, дипломный проект соответствует требованиям, предъявляемым к дипломным проектам по специальности 6B07103 – Автоматизация и роботизация. На основании описания проделанной работы, принятых инженерных решений, уровня и качества полученных результатов студент Бақыт Жанболат Аманкелдіұлы допускается к защите.

Научный руководитель

PhD, старший преподаватель

(должность, уч. степень, звание)



Кулакова Е.А.

(подпись)

«26» 05 2023 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект
Бакыт Жанболат Аманкелдіұлы
6B07103 – Автоматизация и роботизация

На тему: Разработка автоматизированной системы управления процессом подготовки нефти

Выполнено:

- а) графическая часть на 4 листах
- б) пояснительная записка на 40 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В рецензируемом дипломном проекте показана разработка автоматизированной системы управления процессом подготовки нефти.

В первой части приведены теоретические сведения о процессе подготовки нефти. Дается описание и принцип работы горизонтального трехфазного сепаратора, выбранного в качестве объекта управления.

Во второй части приведена разработка автоматизированной системы включая выбор структуры, определены точки контроля и управления.

В третьей части приведена разработка функциональной схемы автоматизации, далее по схеме производился выбор аппаратной базы.

В четвертой части был выполнен анализ и синтез системы регулирования уровня воды в трехфазном сепараторе. Для этого была использована математическая модель системы управления уровнем воды. Определение устойчивости системы, оценок качества расчет параметров для PID-регулятора методом Циглера-Никольса №1. Выбран наилучший регулятор.

В пятой части приведена программная реализация алгоритма управления уровнем воды в трехфазном сепараторе на базе ПЛК Simatic S7-300. Алгоритм управления и визуализация процесса реализован в программной среде TIA Portal.

Материал представлен в логической последовательности, лаконично, на высоком техническом уровне.

Графический и текстовый материал оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к оформлению учебных работ.

Оценка работы

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «отлично», а студент Бакыт Ж.А. присвоения академической степени бакалавра по специальности 6B07103 – Автоматизация и роботизация.

Рецензент

руководитель центра компетенций и трансфера технологий в области автоматизации и мехатроники, к.т.н. Д. Серикбаева,
доктор Ф.Н. Мелерияқты

«30» _____ Порубов Д.А.
2023г.