

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Хусаинова Назира Бауржанқызы

Автоматизация технологического процесса перегонки 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



**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к дипломному проекту

На тему: «Автоматизация технологического процесса перегонки нефти»

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Выполнила

Хусаинова Н.Б.

Рецензент

канд. техн. наук, доц.

Гуманов И.Е.

(подпись)

«5» июня 2023 г.

Научный руководитель

канд. техн. наук

Орынбет М.М.

(подпись)

«5» июня 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



**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломного проекта**

Обучающемуся Хусаинова Н.Б.

Тема: «Автоматизация технологического процесса перегонки нефти»

Утвержден приказом Б. Жаутикова № 408 – П/Ө от «23» ноября 2022 г.

Срок сдачи законченной работы: «15» мая 2023 г.

Исходные данные дипломного проекта: математическая модель системы управления.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

- описать технологический процесс;
- разработать функциональную схему автоматизации системы, структурную схему системы управления;
- решить задачи анализа и синтеза системы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):  
принципиальная схема системы регулирования электроприводом, структурная схема.

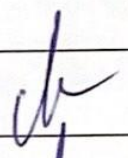

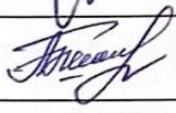
Рекомендуемая основная литература:

Техническая литература по автоматизации технологических процессов и математическому моделированию системы, решению задач анализа.

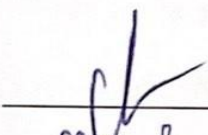
**ГРАФИК**  
подготовки дипломного проекта

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологический раздел	<u>февраль</u> 2023 г.	
Расчетный раздел	<u>март</u> 2023 г.	

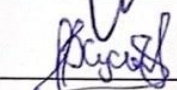
**Подписи**  
консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата	Подпись
Технологический раздел	М.М. Орынбет канд. техн. наук, ассоц. проф.	02.02.23	
Расчетный раздел	М.М. Орынбет канд. техн. наук, ассоц. проф.	10.03.23	
Нормоконтролер	А.Б. Жеңіс маг. техн. наук, ассистент	26.05.2023	

Научный руководитель

 Орынбет М.М.

Задание принял к исполнению обучающийся

 Хусаинова Н.Б.

Дата

«25» января 2023 г.

## **АНДАТПА**

Бұл дипломдық жобада мұнайды айдаудың технологиялық процесін автоматтандыру мәселесі қарастырылған. Дипломдық жоба екі негізгі бөлімнен тұрады.

Қазіргі уақытта мұндай деңгейдегі жүйелер мұнай-химия және мұнай өңдеу өнеркәсібінде кең таралған.

БІРІНШІ БӨЛІМ технологиялық объектіні сипаттауға арналған, екінші бөлім жүйенің өзін жобалаудан тұрады.

Бұл ТП АБЖ технологиялық процесі бақылауды, визуализацияны, басқаруды жүзеге асырады және аварияға қарсы қорғаныс функцияларын орындайды. Басқару жүйесі Siemens ұсынған Simatic аппараттық және бағдарламалық құралдарын пайдаланады.

## **АННОТАЦИЯ**

В данном дипломном проекте рассмотрен вопрос автоматизации технологического процесса перегонки нефти. Дипломный проект состоит из двух главных разделов.

В настоящее время системы подобного уровня широко распространены в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Первый раздел посвящен описанию технологического объекта, второй раздел состоит из проектирования самой системы.

Данная АСУ ТП осуществляет контроль, визуализацию, управление технологическим процессом и выполняет функции противоаварийной защиты. В системе управления используются аппаратные и программные средства Simatic, предлагаемые фирмой Siemens.

## **ANNOTATION**

In this diploma project the question of automation of technological process of oil distillation is considered. The diploma project consists of two main sections.

Nowadays systems of such level are widespread in the petrochemical and oil refining industry.

The first section is devoted to the description of the technological object, the second section consists of the design of the system itself.

This APCS monitors, visualizes, controls the technological process and performs the functions of emergency protection. The control system uses hardware and software Simatic, offered by Siemens.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Назначение и цели создания системы	8
1.2 Состав установки и описание технологического процесса	8
1.3 Проектирование системы управления	10
1.4 Разработка функциональной схемы АСУТП	13
1.4.1 Функции регулирования	13
1.4.2 Противоаварийная защита блока	14
1.4.3 Индикация технологического процесса атмосферной перегонки нефти	15
1.4.4 Выбор измерительных средств и исполнительных механизмов	15
2 Расчетная часть	21
2.1 Исследование и настройка контура регулирования	21
2.1.1 Функциональная схема контура регулирования	21
2.1.2 Описание элементов передаточными функциями	22
2.1.3 Структурная схема контура регулирования	25
2.1.4 Исследование контура регулирования	26
2.1.5 Выводы по результатам исследования	31
Заключение	32
Перечень сокращений	33
Список использованной литературы	34
Приложение А	36

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация различных видов производства является важным направлением научно-технического развития общества. Автоматизация ведет к повышению производительности труда, устранению человека из производственного процесса, к повышению качества процесса и к более полному удовлетворению потребностей общества.

Актуальность темы дипломного проекта объясняется требованиями по обеспечению безопасности протекания технологических процессов во взрывопожароопасных объектах, к которым относится процесс атмосферной перегонки нефти. Задача обеспечения безопасности может быть решена только с помощью автоматизированной системы контроля, управления и защиты технологического производства с использованием высоконадежных современных средств автоматизации.

АСУ процессом атмосферной перегонки нефти позволит увеличить объемы первичной перегонки нефти, обеспечить совершенствование технологии нефтепереработки, внедрение новых технологических процессов, эффективных катализаторов, прогрессивного оборудования. Внедрение автоматизации позволит сократить брак и отходы производства, уменьшить затраты на сырье и энергию, уменьшить численность основных рабочих, обеспечить глубокую переработку нефти.

Целью данного дипломного проекта является разработка автоматизированной системы управления процессом атмосферной перегонки нефти.

## **1 Технологическая часть**

### **1.1 Назначение и цели создания системы**

Цель создания системы - получение достоверной информации о ходе технологического процесса атмосферной перегонки нефти, замена физически и морально устаревших средств автоматизации и систем управления, повышение безопасности производства. Снижение трудоемкости управления процессами.

Система должна обеспечивать:

- ведение технологического процесса на основе автоматического контроля технологических параметров;
- снижение трудоемкости при измерении и управлении технологическими операциями;
- визуализацию и хронометрирование параметров технологических процессов и аварийных событий;
- архивацию данных, позволяющих оценить качество управления технологическими параметрами с целью выработки рекомендаций по улучшению работы установки;
- автоматическое включение резервного оборудования при нарушении работы основного (насосы и др.);
- автоматическое управление исполнительными механизмами;
- безаварийный пуск/останов и переключение технологического оборудования;
- предотвращение развития аварийных ситуаций и обеспечение безопасного завершения процесса по заданной программе;
- прием информации с верхнего уровня системы автоматизации и формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы;
- функционирование программ управления технологическим процессом в соответствии с логикой алгоритмов управления;
- вычисление и анализ расчетных параметров, косвенно характеризующих технологический процесс.

### **1.2 Состав установки и описание технологического процесса**

Установка предназначена для фракционирования нефти, с целью получения светлых нефтепродуктов. Состав установки:

- колонна отбензинивания
- емкость орошения
- 4 воздушных конденсатора холодильника
- теплообменник 5 насосов

Рассмотрим технологический процесс атмосферной перегонки нефти:



Потоки нефти нагретой обессоленной и обезвоженной нефти поступают в ректификационную колонну. Здесь происходит процесс ректификации - это тепло - и - массообменный процесс разделения жидкостей, различающихся по температуре кипения, за счет противоточного, многократного контактирования паров и жидкости. В колонне через каждую тарелку противотоком проходят 2 потока:

- жидкость - флегма, стекающая с вышележащей на нижележащую тарелку;

- пары, поступающие с нижележащей на вышележащую тарелку;

Пары и жидкость, поступающие на тарелку, не находятся в состоянии равновесия, однако, вступая в равновесие стремятся к этому. Жидкий поток с вышележащей тарелки поступает в зону более высокой температуры, и поэтому из него испаряется некоторое количество низкокипящего компонента, в результате чего концентрация последнего в жидкости уменьшается. С другой стороны, паровой поток, поступающий с нижележащей тарелки, попадая в зону более низкой температуры, конденсируется, и часть высококипящего продукта из этого потока переходит в жидкость. Концентрация компонента в парах таким образом понижается, а низкокипящего – повышается. Фракционный состав паров и жидкости по высоте колонны непрерывно меняется. Часть ректификационной колонны, которая расположена выше ввода сырья, называется концентрационной, а расположенная ниже ввода – отгонной. В обеих частях колонны происходит один и тот же процесс ректификации.

С верха концентрационной части в паровой фазе выводится целевой продукт необходимой чистоты – ректификат, а с нижней тарелки – жидкость, все еще в достаточной степени обогащенная низкокипящим компонентом. В отгонной части происходит отпарка из этой жидкости легкокипящих фракций, а из нижней части колонны выводится высококипящий продукт – кубовый остаток.

Таким образом, с верха колоны смесь углеводородных газов, паров бензина и водяного пара отводится в воздушные конденсаторы холодильники ХВК1-ХВК4. Здесь происходит конденсация паров, за счет воздушного охлаждения до 35°C. Далее конденсат попадает в емкость орошения. Здесь конденсат отстаивается и разделяется на бензин и воду. Вода сбрасывается из емкости и выводится с установки.

Бензин из емкости орошения поступает на прием насосов НЗ/1-НЗ/2. Часть бензина из емкости этими же насосами подается на верх колонны в качестве острого орошения. Другая часть бензина с балансовой температурой, через клапан, выводится с установки, в качестве готового продукта.

Углеводородный газ с верха емкости направляется в сепаратор топливного газа. В трубопровод на выходе из колонны, для предотвращения хлористоводородной и сероводородной коррозии оборудования, подаются растворы ингибитора коррозии типа «Геркулес 1017», в количестве 10г/т нефти и нейтрализатора.

Для исключения повышения давления в колонне и емкости выше максимально допустимого на них установлены клапаны ручного управления, для открытия сброса в факельный коллектор.

Отбензиненная нефть с низа колонны насосами Н2/1-Н2/2, после предварительного нагрева в теплообменнике, где смешивается с нефтью из ректификационной колонны получения продукта с более высокой температурой кипения, направляется для дальнейшей переработки.

Предусмотрена возможность аварийной откачки избытка нефти из колонны насосами Н2/1-Н2/2 обратно в сырьевой парк.

### 1.3 Проектирование системы управления

Система имеет двухуровневую иерархическую структуру. Нижний уровень представлен программируемым контроллером SIMATIC S7-300, станцией распределенного ввода/вывода ET200М с подключенными к ней датчиками и исполнительными механизмами, верхний уровень включает в себя автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора и инженера КИП.

Нижний уровень системы управления обеспечивает:

- сбор информации от датчиков, установленных по месту;
- постоянный контроль параметров процесса и поддержание их заданных значений, контроль состояния оборудования;
- обработку и передачу информации о состоянии объектов на АРМ, прием информации с АРМ и формирование управляющих воздействий;
- автоматическое управление техпроцессом, автоматическое включение резервного оборудования при нарушении работы основного;
- предотвращение развития аварийных ситуаций и обеспечение безопасного завершения процесса по заданной программе.

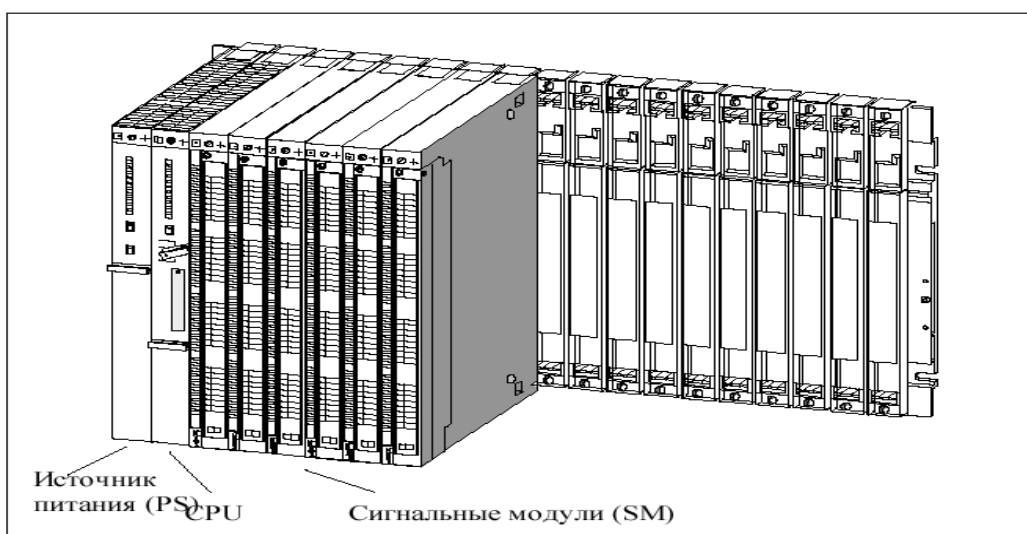


Рисунок 1 – Контроллер S7-300

Управление осуществляется из центрального пункта управления (ЦПУ), где размещены АРМ операторов, обслуживающих секции установки.

Учитывая повышенные требования к надежности систем контроля и управления взрывоопасных производств, применены контроллеры типа SIMATIC S7-300 фирмы Siemens.

Контроллеры SIMATIC S7-300 фирмы Siemens являются мощным вычислительным средством и способны выполнять задачи любой сложности.

Контроллер обеспечивает непрерывный опрос датчиков, диагностику модулей.

Эксплуатационные характеристики ПЛК:

- температура окружающей среды 1 - 50 градусов Цельсия
- относительная влажность воздуха при температуре 30 градусов не более 90%

- атмосферное давление 750 мм рт. ст.

- амплитуда вибрации частотой до 25 Гц, мм, не более 0,1

- вид обслуживания – периодический

- режим работы – круглосуточный

Верхний уровень системы управления обеспечивает:

- предоставление информации о ходе технологического процесса в виде числовых значений параметров, цветовой индикации состояния оборудования, технологических сообщений, а также изменения технологических параметров. В качестве форм представления информации используются фрагменты мнемосхем, панели управления, графики, тренды, окна текущих и архивных сообщений и др.;

- диспетчерское и оперативное управление технологическим процессом;

- сбор, хранение и обработку базы данных технологических параметров, архивацию параметров, событий и действий оператора;

- индикацию граничных значений параметров с выдачей сообщений, содержащих полную информацию о параметре;

- индикацию обрыва канала связи с выдачей сообщения, однозначно указывающего канал и др.

В качестве автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора используется рабочая станция – персональный компьютер, выполненный в промышленном исполнении. Основные характеристики: ОС Windows XP Professional, двухъядерный процессор Pentium P-820 (2,8 ГГц), 22" ЖК-монитор, внешние громкоговорители, 73 Гб SCSI HDD, 1 Гб ОЗУ, 48X DVD-CDRW Drive, 3 сетевых порта.

На компьютер устанавливаются необходимые драйвера, а также следующее программное обеспечение: Microsoft Office 2007 (обязательная установка MS Access), речевое ядро и речевой синтезатор, для озвучивания событий поступающих в протокол, пакет STEP7 Lite, SCADA систему InTouch.

Компьютер должен иметь 4 USB порта, к ним присоединяются: клавиатура, мышь, лазерный принтер и источник бесперебойного питания.

Отметим, что питание всех компонентов системы управления осуществляется от источников бесперебойного питания ИБП.

Для обеспечения обмена между рабочей станцией и контроллером используется локальная вычислительная сеть (ЛВС) Ethernet – сеть управления SIMATIC, являющаяся выделенной для обеспечения надежности и высокой производительности. Для подключения к внешней ЛВС производства, предоставляется отдельный интерфейс Ethernet в составе интеграционной станции.

На нижнем уровне обе подсистемы программируемых логических контроллеров работают автономно друг от друга и не зависимо от состояния АРМов операторов-технологов, автоматически и циклически выполняют следующие функции:

- сбор, обработку, архивирование информации, поступающей от аналоговых двухпозиционных датчиков о состоянии процесса и оборудования;
- вычисление и приведение к нормальному виду значений параметров процесса в соответствии с заданным диапазоном измерений и свойств КИПиА;
- реализацию алгоритмов автоматического управления и блокировок с выдачей управляющих воздействий на исполнительные устройства (клапаны, электрические задвижки, электромагнитные пускатели двигателей насосов);
- самодиагностику.

– В штатном режиме, ПЛК нижнего уровня обменивается информацией с верхним уровнем контроля и управления (АРМами) в объеме:

- прием от АРМов и обработку команд оператора-технолога на изменения режима работы регулятора (автоматическое, ручное), изменения задания для технологических параметров, участвующих в контурах управления и процентного открытия регулирующих затворов, дистанционного управления оборудованием, выбор рабочих емкостей, насосов;

– прием от АРМов и обработку команд на изменение состояния деблокирующих ключей для параметров, участвующих в блокировках (доступ по паролю начальника установки);

– прием от АРМов и обработку команд по изменению настроек ПИД регуляторов;

- передача информации о состоянии процесса и оборудования на АРМы.

– Каждое АРМ состоит из монитора, клавиатуры, мыши или трекбола и предназначено для:

- представления оперативному персоналу информации, поступающей от аналоговых и двухпозиционных датчиков о состоянии процесса и оборудования;

– возможность оценивать состояние технологического процесса, как по мгновенным показателям режима, так и наблюдать динамику изменения параметров во времени по трендам;

– получать сообщения о предупредительной и аварийной сигнализации отклонений технологического процесса от регламентных норм, нарушение в работе силового оборудования;



– возможности проанализировать качество ведения технологического режима по историческим трендам, архивному журналу сигнализации, журналу действия оператора.

## **1.4 Разработка функциональной схемы АСУТП**

На функциональной схеме автоматизации изображены элементы установки атмосферной перегонки нефти: колонна отбензиневания, 4 воздушный конденсатора холодильника ХВК, емкость орошения, теплообменник, 5 насосов. Показаны трубопроводы, соединяющие эти элементы между собой, с различными элементами данной установки и другими установками нефтеперерабатывающего комбината. Все трубопроводы имеют направление, обозначено наименование транспортируемого вещества и указаны диаметр трубопровода. Описание технологического процесса приведено выше. Далее приведены обоснования контролируемых, сигнализируемых, регулируемых параметров и каналов внесения регулирующих воздействий, а также обоснование выбора мероприятий по защите и блокировке.

### **1.4.1 Функции регулирования**

На основе анализа выполняемых процессом атмосферной перегонки нефти функций, делаем вывод о необходимости автоматизации регулирования: процесса ректификации; охлаждения и конденсации сырья в воздушных конденсаторах холодильниках; температуры газопродуктовой смеси в верху колонны; уровней жидкой фазы в емкости и колонне; расхода бензина, подаваемого в колонну в качестве орошения; давления в емкости и колонне.

Приложение. Функциональная схема автоматизации стр 37.

Проектом предусматривается регулирование температуры в верху колонны отбензиневания, температура контролируется датчиком 36-1, регулирование происходит в качестве воздействия на запорно-регулирующий клапан RN-2. С верха колонны пары бензина с температурой 150°C поступают в воздушные конденсаторы холодильники (ХВК), где пары конденсируются, охлаждаясь до температуры 45°C. Температура в ХВК контролируется и регулируется по датчикам 31-1, 32-1, 33-1, 34-1 на выходе каждого ХВК с коррекцией по температуре изменением частоты вращения вентиляторов – ЧРП1 – ЧРП8.

Давление в линии подачи бензина в колонну контролируется, регистрируется и регулируется прибором 59-1, с выходным воздействием на клапан RN-2. Давление вверху колонны (0,27МПа) контролируется датчиком 28-1 с сигнализацией максимального значения (0,3 МПа), с коррекцией по

показаниям 29-1. Задвижка N-1 установлена на линии сброса газа на факел. При превышении давления происходит открытие задвижки и сброс газа.

Подача сырья в колонну контролируется датчиком 58-1 с выходным воздействием на регулирующий клапан RN-1.

Расход сырья, поступающего вверх колонны в качестве острого орошения, контролируется, регистрируется и регулируется прибором 5-1 с сигнализацией по максимальному и минимальному значениям, регулирующий клапан установлен на линии нагнетания насосов Н-3/1, Н-3/2.

Давление в емкости орошения контролируется, регистрируется датчиком 30-1 с сигнализацией по максимальному (0,28 МПа) и минимальному (0,22 МПа) давлению, регулирование происходит с выдачей выходного воздействия на регулирующий клапан RN-3, установленного на линии подачи сырья в емкость, на задвижку N-2, установленную на линии сброса газа на факел и на регулирующий клапан RN-5, установленный на линии выхода углеводородного газа с емкости.

Уровень раздела фаз в емкости контролируется, регистрируется и регулируется датчиком 23-1, с сигнализацией по максимальному и минимальному значениям. Выходное воздействие оказывается на задвижку N-3, установленную на линию сброса стоков. Сброс происходит при достижении максимального значения. Уровень бензина в емкости контролируется, регистрируется и регулируется по датчику 27-1, с сигнализацией по максимальному и минимальному значениям. Регулирование происходит воздействием на регулирующий клапан RN-4, установленный на линии вывода бензина с установки.

#### **1.4.2 Противоаварийная защита блока**

Для определения критериев возникновения аварийных ситуаций и выбора варианта их устранения, необходимо осуществлять сбор информации о критических параметрах технологического процесса и оборудования:

- Насосы Н-1, Н-2/1, Н-2/2, Н-3/1, Н-3/2.
- Залив насосов контролируется датчиками 6-1, 7-1, 8-1, 9-1, 10-1 с сигнализацией и выдачей блокировки по минимальному значению. Температура подшипников насосов контролируется датчиками 41-1, 42-1, 43-1, 44-1, 45-1 с сигнализацией и выдачей сигнала блокировки по максимальному значению (90 °С).
- При достижении бензина в емкости минимального значения (500мм) по датчику 25-1 происходит останов насосов Н-3/1, Н-3/2. Также сигнал блокировки выдается по прибору 27-1, происходит останов насосов Н-3/1, Н-3/2 и закрывается запорно-регулирующий клапан RN-4.
- Уровень в колонне контролируется датчиком 26-1, с сигнализацией по максимальному и минимальному значениям и выдачей сигнала блокировки при

достижении предельно минимального значения, происходит останов насосов Н-2/1, Н-2/2.

### **1.4.3 Индикация технологического процесса атмосферной перегонки нефти**

Для этой цели используем датчики, рассмотренные ранее, а также осуществляем контроль дополнительных параметров технологического процесса и состояния оборудования:

– контроль температуры: на входе и выходе теплообменника датчиками 1-1, 2-1, 3-1, 4-1; на входе и выходе насосов Н-1, Н-2/1, Н-2/2, Н-3/1, Н-3/2 датчиками 52-1, 53-1, 54-1, 60-1, 61-1, 62-1, 63-1, 64-1, 65-1, 66-1; подшипников насосов Н-1, Н-2/1, Н-2/2, Н-3/1, Н-3/2 приборами 67-1, 68-1, 69-1, 70-1, 71-1.

– контроль давления: на входе и выходе насосов Н-1, Н-2/1, Н-2/2, Н-3/1, Н-3/2 приборами 17-1, 18-1, 19-1, 20-1, 21-1, 22-1, 23-1, 24-1, 25-1; в емкости орошения датчиком 22-1; внизу колонны датчиком 21-1.

### **1.4.4 Выбор измерительных средств и исполнительных механизмов**

Давление:

– датчики 12-1, 13-1, 15-1, 17-1, 19-1 – поставляются комплектно с насосами Н-1, Н-2/1, Н-2/2, Н-3/1, Н-3/2.

– датчики 11-1, 14-1, 16-1, 18-1, 20-1, 21-1, 22-1 - используем манометр с трубчатой пружиной МЕТЕР ДМ-02-160 предназначен для измерений давления газообразных и жидких, не сильно вязких и не кристаллизирующихся сред, не агрессивных по отношению к медным сплавам (вода, пар, газ, масло, керосин, бензин, дизельное топливо).

Диапазоны измерений: 0...0,6 до 0...1600 кгс/см<sup>2</sup> или бар (другие варианты исполнения по заказу)

Допустимые температуры:

Окружающая среда: -40 ... +60 °С

Измеряемая среда: максимум +160 °С

– датчики 28-1, 29-1, 30-1, 38-1, 59-1 - используем преобразователь давления с внутренней измерительной ячейкой CERTEC VEGABAR 52.

VEGABAR 52 используется для измерения давления жидкостей, пара и газа в резервуарах предприятий в нефтяной, газовой, химической, фармацевтической и других отраслях промышленности. Диапазон измерения давления -0,005 ... 60,0 МПа. Погрешность, % +0,1; +0,15; +0,2; +0,5.

Предельно высокая стойкость к перегрузкам

Расход:

– датчики 5-1, 35-1 – используем вихревой расходомер DY080. Отличительные черты и преимущества прибора: повышенная устойчивость к

вибрации; нечувствительность к неравномерности потока; широкие функциональные возможности, развитая самодиагностика, удобное конфигурирование; не требуется обслуживание; межповерочный интервал 4 года, два способа поверки (проливной/беспроливной). Параметры измеряемой среды: температура: -198...450 °С; давление: -0,1...15 МПа (по заказу < 25 МПа); скорость потока: газ/пар: 6...80 м/с (воздух); жидкость: 0,35...10 м/с (вода); вязкость: < 7 сП.

Входные сигналы: аналоговый: 4...20 мА + BRAIN- или HART-протокол;

Температура:

– датчики 1-1...4-1, 24-1, 31-1...34-1, 36-1, 37-1 – используем интеллектуальный преобразователь температуры (ИПТ) Метран – 286 [3]. Данные преобразователи предназначены для точных измерений температуры нейтральных, а также агрессивных сред, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким. Сигнал первичного преобразователя температуры преобразуется в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4-20 мА с наложенным на него цифровым сигналом HART. Для передачи сигнала на расстояние используются 2-х проводные токовые линии;

– датчики 38-1...57-1 – поставляются комплектно с насосами Н-1, Н-2/1, Н-2/2, Н-3/1, Н-3/2.

Уровень:

– датчики 6-1...10-1 – используем вибрационные выключатели уровня типа VEGASWING 61 для определения граничных значений уровней жидкости. VEGASWING 61 способен определять граничные значения жидкостей с вязкостью 0,2...10,00 мПа и плотностью от 0,5 г/см<sup>3</sup>. Модульное построение прибора позволяет использовать их в резервуарах, танках и трубопроводах. Работает в тяжелых условиях измерения и независимо от химических и физических свойств жидкости. Имеется возможность исполнения с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка».

– датчик 23-1 – используем уровнемер VEGAFLEX 67 с коаксиальным, стержневым или тросовым измерительным зондом предназначен для непрерывного измерения межфазного уровня. Сигнал межфазного уровня формируется непосредственно датчиком. Высота межфазного уровня (h1) в процентах передается через аналоговый выход (4 ... 20 мА).

Это значение может быть также пересчитано в другие единицы. Передача измеренных значений осуществляется через выход 4 ... 20 мА/HART, разделенный с подачей питания.

– датчики 25-1, 27-1 – используем уровнемер VEGAFLEX 61. Уровнемер VEGAFLEX 61 с тросовым или стержневым измерительным зондом предназначен для непрерывного измерения уровня. Передача измеренных значений осуществляется через выход 4 ... 20 мА/HART, разделенный с подачей питания.



– датчик 26-1 - используем VEGADIF 55. Преобразователь дифференциального давления с металлической измерительной мембраной. Измерение дифференциального давления для контроля работы фильтров и насосов, а также измерение расхода вместе датчиками рабочего давления.

Регулирующие клапаны:

– RN-5 – используется пневматический регулирующий и быстрозакрывающийся клапан для газообразных сред Samson 241-7-газ [18, 19];

– RN-1, RN-2, RN-3, RN-4, RN-6 – используются пневматические регулирующие и быстрозакрывающиеся клапаны для жидкого топлива Samson 241-7-нефть;

Отсечные клапаны:

– N-1, N-2, N-3– используются пневматические отсечные клапаны «открыть-закрыть» Samson 3351 с приводом Samson 3277;

Таблица 1 – Характеристики входных и выходных сигналов

Поз. обозн.	Наименование	Сигнал	
		Характер	Параметры
Входные сигналы			
1-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
2-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
3-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
4-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
5-1	Датчик расхода	аналоговый	4-20 мА+HART
6-1	Датчик уровня	дискретный	24 В
7-1	Датчик уровня	дискретный	24 В
8-1	Датчик уровня	дискретный	24 В
9-1	Датчик уровня	дискретный	24 В
10-1	Датчик уровня	дискретный	24 В
11-1	Манометр с разделением фаз	дискретный	24 В
12-1	Сигнализатор давления	дискретный	24 В
13-1	Сигнализатор давления	дискретный	24 В
14-1	Манометр с разделением фаз	дискретный	24 В
15-1	Сигнализатор давления	дискретный	24 В
16-1	Манометр с разделением фаз	дискретный	24 В
17-1	Сигнализатор давления	дискретный	24 В
18-1	Манометр с разделением фаз	дискретный	24 В
19-1	Сигнализатор давления	дискретный	24 В
20-1	Манометр с разделением фаз	дискретный	24 В
21-1	Манометр с разделением фаз	дискретный	24 В

22-1	Манометр с разделением фаз	дискретный	24 В
23-1	Датчик уровня	аналоговый	4-20 мА+HART
24-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
25-1	Датчик уровня	аналоговый	4-20 мА+HART
26-1	Датчик уровня	аналоговый	4-20 мА+HART
27-1	Датчик уровня	аналоговый	4-20 мА+HART
28-1	Датчик давления	аналоговый	4-20 мА+HART
29-1	Датчик давления	аналоговый	4-20 мА+HART
30-1	Датчик давления	аналоговый	4-20 мА+HART
31-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
32-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
33-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
34-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
35-1	Датчик расхода	аналоговый	4-20 мА+HART
36-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
37-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА+HART
38-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
39-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
40-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
41-1	Реле температуры	дискретный	24 В
42-1	Реле температуры	дискретный	24 В
43-1	Реле температуры	дискретный	24 В
44-1	Реле температуры	дискретный	24 В
45-1	Реле температуры	дискретный	24 В
46-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
47-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
48-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
49-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
50-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
51-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
52-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
53-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
54-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
55-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
56-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
57-1	Датчик температуры	аналоговый	4-20 мА
58-1	Датчик давления	аналоговый	4-20 мА+HART
59-1	Датчик давления	аналоговый	4-20 мА+HART
ЧРП-1	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-2	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА

ЧРП-3	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-4	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-5	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-6	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-7	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-8	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-1	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-2	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-3	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-4	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-5	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-6	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-7	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-8	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
RN-1	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
RN-2	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
RN-3	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
RN-4	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
RN-5	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
RN-6	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
Выходные сигналы			
RN-1 А	Электропневмопозиционер	Аналоговый	4-20 мА+HART
RN-1 Б	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
RN-2 А	Электропневмопозиционер	Аналоговый	4-20 мА+HART
RN-2 Б	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
RN-3 А	Электропневмопозиционер	Аналоговый	4-20 мА+HART
RN-3 Б	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
RN-4 А	Электропневмопозиционер	Аналоговый	4-20 мА+HART
RN-4 Б	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
RN-5 А	Электропневмопозиционер	Аналоговый	4-20 мА+HART
RN-5 Б	Электропневмопозиционер	Дискретный	24 В
RN-6 А	Электропневмопозиционер	Аналоговый	4-20 мА+HART
RN-6 Б	Электропневмопозиционер	Дискретный,	24 В
N-1	Магнитный клапан	Дискретный	24 В
N-2	Магнитный клапан	Дискретный	24 В
КМ-1	Пускатель	Дискретный	220 В
КМ-2	Пускатель	Дискретный	220 В
КМ-3	Пускатель	Дискретный	220 В
КМ-4	Пускатель	Дискретный	220 В
КМ-5	Пускатель	Дискретный	220 В
ЧРП-1	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА

Продолжение таблицы 1

ЧРП-2	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-3	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-4	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-5	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-6	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-7	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-8	Частотный преобразователь	аналоговый	4-20 мА
ЧРП-1	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-2	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-3	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-4	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-5	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-6	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-7	Частотный преобразователь	дискретный	24 В
ЧРП-8	Частотный преобразователь	дискретный	24 В



## 2 Расчетная часть

В состав системы MATLAB входит пакет моделирования динамических систем Simulink. Данный пакет имеет широкие возможности для реализации методов теории автоматического регулирования при исследовании динамики автоматических систем. Воспользуемся пакетом Simulink для математического моделирования нашей системы.

### 2.1 Исследование и настройка контура регулирования

Задачей исследуемой системы регулирования является поддержание постоянного давления в линии подачи строгого орошения в верх колонны отбензинивания с коррекцией по температуре верха колонны.

Необходимость регулирования объясняется тем, что давление бензина непосредственно определяет степень нагрева верха колонны, а последняя оказывает существенное влияние на процесс отбензинивания нефти. Этим же фактом определяются и основные требования, предъявляемые к быстродействию и точности контура регулирования: пары бензина на выходе колонны должны быть нагреты до температуры 150 °С (температура выпаривания бензина).

Регулирование давления с коррекцией по температуре заключается в том, что заданное значение давления бензина вычисляется в каждом цикле работы программы управления по методике, учитывающей изменение температуры паров (используется линейная зависимость). Поскольку при проведении исследований реальное управляющее воздействие заменяется единичным ступенчатым сигналом, учета факта коррекции не требуется [11], и все результаты, полученные для принятой системы, будут справедливы и для исходной.

#### 2.1.1 Функциональная схема контура регулирования

Функциональная схема контура регулирования представлена на стр. 37.

Объектом управления является регулируемый клапан (RN-2 на функциональной схеме); его выходным параметром является проходное сечение клапана. Участок трубопровода, соединяющий клапан с датчиком давления, осуществляет передачу среды (бензин) и ее давления, преобразуя  $S(t)$  в  $P(t)$ .  $P(t)$  является входным сигналом для датчика давления (PE 59-1). Сигнал с датчика –  $Y(t)$ , поступает в сумматор, где сравнивается с вычисленным задающим воздействием  $Y_{зад}(kT(t))$ .

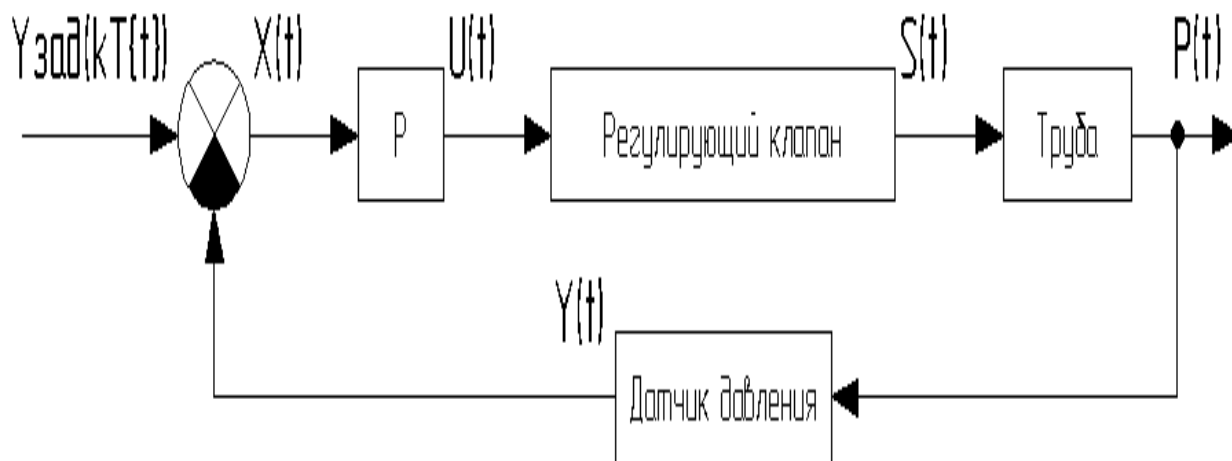


Рисунок 2.1 – Функциональная схема контура регулирования

В результате сравнения формируется ошибка  $X(t)$ , поступающая в логическую часть ПИД-регулятора. На выходе регулятора формируется управляющий сигнал  $U(t)$ , определяющий степень открытия клапана.

Особенностью полученной схемы является наличие отрицательной обратной связи выхода системы с ее входом, которая служит для измерения результата действия системы, причем обратная связь не является единичной.

### 2.1.2 Описание элементов передаточными функциями

Опишем каждый элемент функциональной схемы передаточной функцией. Будем считать, что сумматоры, используемые в схеме, ни на что влияют, то есть имеют единичные передаточные функции.

– Датчик давления.

На линии подачи бензина установлен интеллектуальный датчик избыточного давления VEGABAR 52. В технической документации на датчик [2] указано, что датчик имеет свойства инерционного звена, со временем отклика сенсорного модуля  $T_c = 0,043$  с. Дополнительно, в датчике установлено время демпфирования  $T_d = 1$  с, необходимое для устранения влияния пульсаций при подаче мазута. Время демпфирования добавляется к времени отклика сенсора, т.е. общее время отклика датчика:

$$T_{\text{дд}} = T_c + T_d = 0,043 + 1 = 1,043 \text{ с} \quad (2.1)$$

Встроенный процессорный блок датчика позволяет корректировать собственную нелинейность и воздействие внешних влияющих факторов.

Т.о. датчик давления можно представить типовым инерционным звеном:

$$W_{\text{дд}}(p) = \frac{k_{\text{дд}}}{T_{\text{дд}} \cdot p + 1} \quad (2.2)$$

Коэффициент  $k_{\text{дд}}$  определим, исходя из условий: минимальному давлению мазута  $P_{\text{min}} = 1 \text{ МПа}$  ( $1 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ) соответствует выходной сигнал датчика  $Y_{\text{min}} = 4 \text{ мА}$  ( $0,004 \text{ А}$ ), а максимальному –  $P_{\text{max}} = 3 \text{ МПа}$  ( $3 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ) соответствует выходной сигнал датчика  $Y_{\text{max}} = 20 \text{ мА}$  ( $0,02 \text{ А}$ ). Тогда:

$$k_{\text{дд}} = \frac{Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}}{P_{\text{max}} - P_{\text{min}}} = \frac{0,020 - 0,004}{(3 - 1) \cdot 10^6} = 8 \cdot 10^{-9} \quad (2.3)$$

Подставив (2.1) и (2.3) в (2.2), получим передаточную функцию в численном виде:

$$W_{\text{дд}}(p) = \frac{8 \cdot 10^{-9}}{1,043 \cdot p + 1} \quad (2.4)$$

– Труба.

Принимая во внимание малую длину трубы между регулирующим клапаном и датчиком давления, не учитываем возможное транспортное запаздывание и падение давления в трубе. Исходя из этого, будем рассматривать трубу типовым усилительным звеном с коэффициентом усиления, равным единице:

$$W_{\text{т}}(p) = 1 \quad (2.5)$$

– Регулирующий клапан.

Для регулирования давления используется пневматический регулирующий клапан для жидкого топлива Samson 241-7-нефть, поставляемый в комплекте с сервоприводом Samson 3277 и интеллектуальным электропневматическим позиционером Samson 3780. Отметим, что все навесное оборудование устанавливается и тестируется на заводе-изготовителе для параметров, указываемых в опросном листе на клапан, поскольку определение свойств клапана является сложной задачей, решаемой для конкретной конфигурации клапана. Для выбранного оборудования и параметров процесса, в соответствии с характеристиками, приведенными в [20], можно рассматривать клапан как типовое колебательное звено с постоянными времени:  $T_{1\text{кл}} = 0,28 \text{ с}$ ;  $T_{2\text{кл}} = 0,45 \text{ с}$ .

Т.о. передаточная функция клапана:

$$W_{\text{кл}}(p) = \frac{k_{\text{кл}}}{T_{1\text{кл}}^2 p^2 + T_{2\text{кл}} \cdot p + 1} \quad (2.6)$$

Коэффициент  $k_{кл}$  определим, исходя из условий: минимальному сигналу  $U_{min} = 4 \text{ мА}$  ( $0,004 \text{ А}$ ) на входе позиционера соответствует давление среды на выходе клапана  $S_{min} = 1 \text{ МПа}$  ( $1 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ), а максимальному –  $U_{max} = 20 \text{ мА}$  ( $0,02 \text{ А}$ ), соответствует давление  $S_{max} = 3 \text{ МПа}$  ( $3 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ). Тогда:

$$k_{кл} = \frac{S_{max} - S_{min}}{U_{max} - U_{min}} = \frac{(3-1) \cdot 10^6}{(20-4) \cdot 10^{-3}} = 1,25 \cdot 10^8 \quad (2.7)$$

Подставив (2.5) в (2.4) с учетом  $T_{1кл} = 0,28 \text{ с}$ ;  $T_{2кл} = 0,45 \text{ с}$ , получим передаточную функцию клапана в численном виде:

$$W_{кл}(p) = \frac{1,25 \cdot 10^8}{0,0784p^2 + 0,45 \cdot p + 1} \quad (2.8)$$

– ПИД-Регулятор.

Функции регулятора выполняет контроллер. Будем рассматривать упрощенный способ решения задачи регулирования с использованием методов линейных систем, поскольку центральный процессор контроллера обладает высоким быстродействием (не учитываем дискретность управления).

– ПИД-регулятор требует при настройке задания 3-х параметров: коэффициента усиления пропорционального канала  $k_p$ , коэффициента усиления интегрального канала  $k_i$  и коэффициента усиления дифференциального канала  $k_d$ . Так как в состав регулятора входит форсирующее звено второго порядка, запишем:

$$W_p(p) = k_p + \frac{k_i}{p} + k_d \cdot p = k_i \frac{T_{1P}^2 \cdot p^2 + T_{2P} \cdot p + 1}{p}, \quad (2.9)$$

$$T_{1P}^2 = \frac{k_d}{k_i}, \quad (2.10)$$

$$T_{2P} = \frac{k_p}{k_i} \quad (2.11)$$

Записать выражение (2.6) в численном виде пока не представляется возможным, так как  $T_{1P}^2$  и  $T_{2P}$  — неизвестные параметры, определяемые через настройки регулятора.



### 2.1.3 Структурная схема контура регулирования

На основе функциональной схемы составим структурную схему контура регулирования давления (рисунок 2.2).

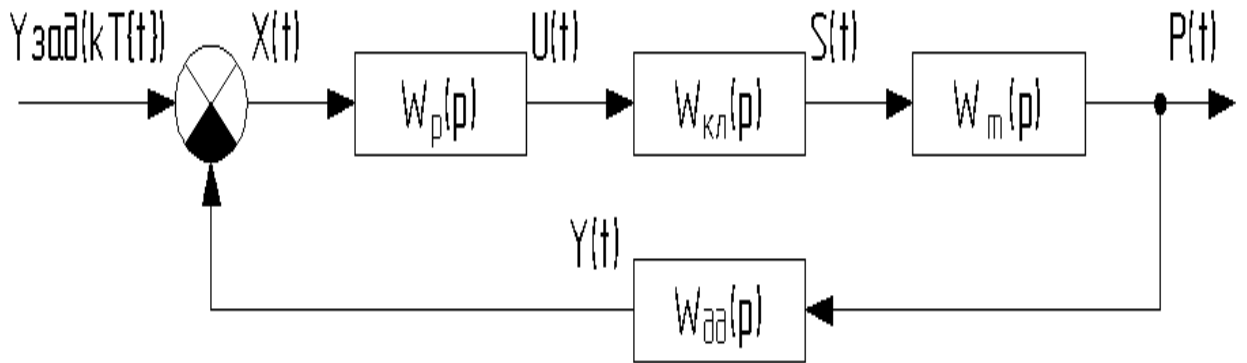


Рисунок 2.2 – Структурная схема контура регулирования давления

Для использования методов теории автоматического управления требуется наличие замкнутой структуры, то есть необходимо привести исходную структурную схему к структуре с единичной обратной связью. Преобразование осуществим путем переноса сумматора, а фиктивное звено отбросим, поскольку при описании неважно каким образом получено  $P_{зад}(t)$ . Структурная схема после преобразования изображена на рисунке 2.3.

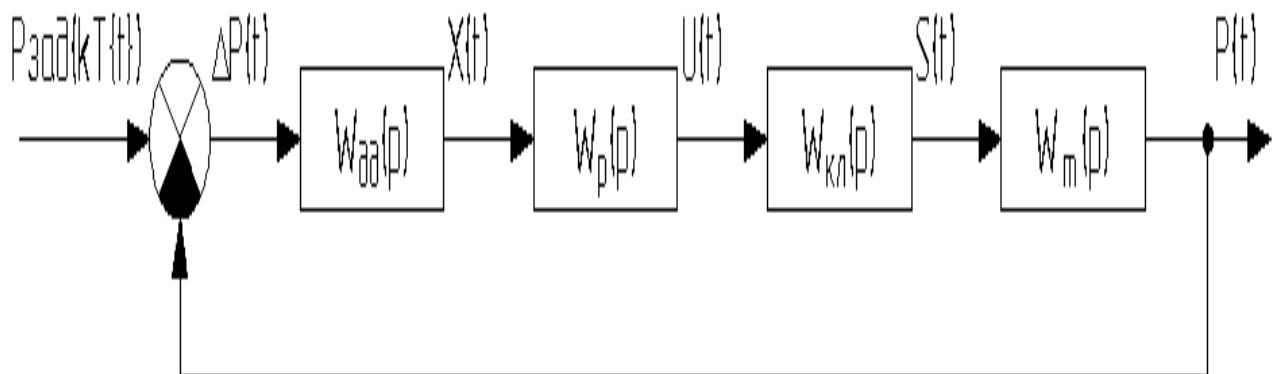


Рисунок 2.3 – Структурная схема после преобразования

Запишем в условных обозначениях звеньев конкретные выражения их передаточных функций в числовом виде (где это возможно). Окончательная структурная схема представлена на рисунке 2.4.

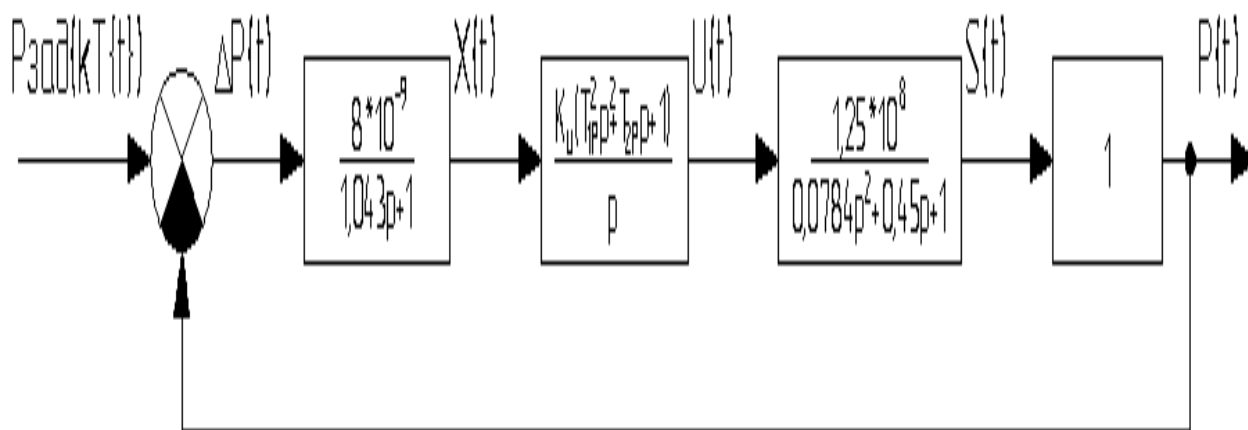


Рисунок 2.4 – Окончательная структурная схема

### 2.1.4 Исследование контура регулирования

Исследование системы будем вести в системе MATLAB, в пакете моделирования динамических систем Simulink, предназначенного для решения задач анализа и синтеза систем автоматического регулирования. Simulink имеет широкие возможности для реализации методов теории автоматического управления при исследовании динамики автоматических систем. Исследуемая система задается в виде структурной схемы, набираемой из типовых звеньев, имеющих в библиотеке Simulink. При использовании методов анализа Simulink производит для заданной структуры расчет передаточной функции, частотных характеристик и переходного процесса, выдает результаты расчета в виде графиков.

Для исследования системы, вводим полученную структурную схему (рисунок 2.4) системы в окно модели, преобразовывая ее в соответствии с требованиями программы (рисунок 2.5).

Для устранения негативного влияния колебательной характеристики клапана на качество системы наиболее рационально будет выбрать такие параметры регулятора, которые будут аналогичны параметрам двигателя, то есть:

$$T_{1P}^2 = \frac{k_d}{k_{и}} = T_{1кл}^2 = 0,0784, \quad (2.12)$$

$$T_{2P} = \frac{k_{п}}{k_{и}} = T_{2кл} = 0,45 \quad (2.13)$$

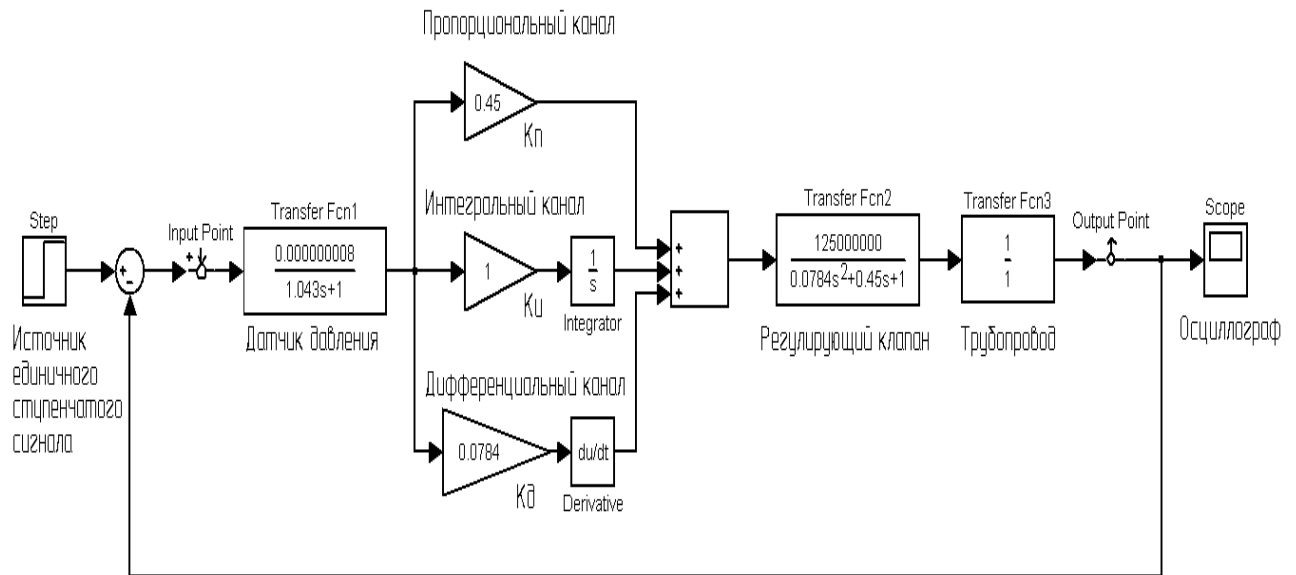


Рисунок 2.5 – Структурная схема в MATLAB

При таких настройках выражение в скобках числителя передаточной функции регулятора и выражение в знаменателе передаточной функции клапана сокращаются, чем и обеспечивается компенсация колебательных свойств клапана.

На первом этапе исследования для определенности примем коэффициент усиления интегрального канала регулятора равным  $K_u = 1$ , тогда из (2.7) и (2.8):

$$K_p = 0,45, \quad (2.14)$$

$$K_d = 0,0784 \quad (2.15)$$

График переходного процесса для исходных настроек ПИД-регулятора представлен на рисунке 2.6.

Видно, что система получилась устойчивой с колебательным переходным процессом. Длительность переходного процесса  $t_m = 5,15$  с (время регулирования  $t_m$  определяется как время, протекшее от начала переходного процесса до момента установления на выходе системы значения параметра, отличающегося не более, чем на 5% от установившегося значения). Перерегулирование составляет 18,6 %, статическая ошибка равна нулю (присутствует интегральная составляющая). Анализируя полученные результаты, делаем вывод: хотя полученная система и является устойчивой, качество процесса – неудовлетворительное.

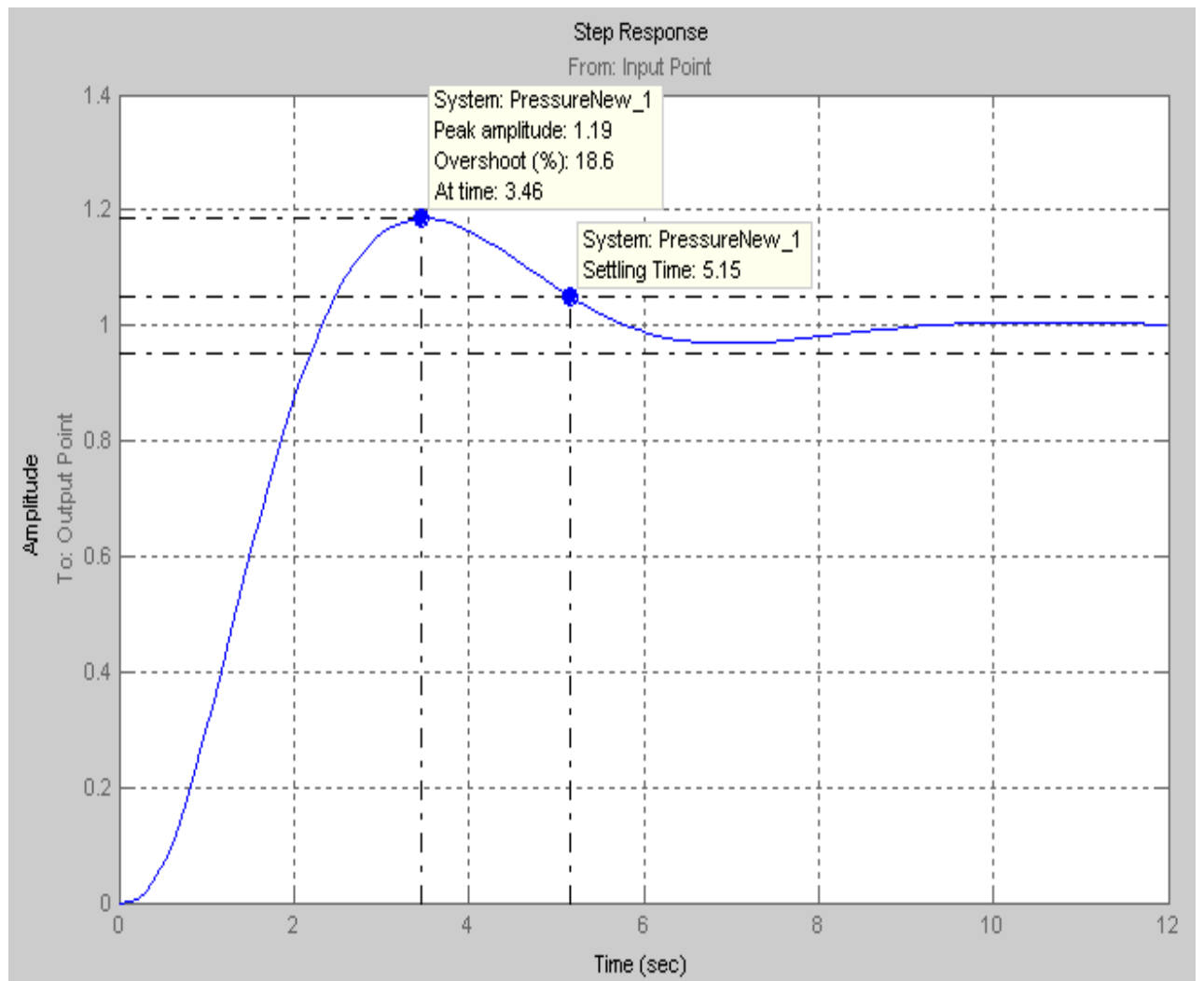


Рисунок 2.6 – График переходного процесса для исходных настроек ПИД-регулятора

При использовании ПИД-регулятора можно получить лучшее качество (обеспечить аperiodический переходный процесс, или уменьшить перерегулирование до рекомендуемых значений –  $\sigma < 15\%$ ) если удастся подобрать соответствующие настройки регулятора.

Будем искать оптимальные настройки регулятора с использованием логарифмических частотных характеристик.

Для построения ЛАХ и ЛФХ системы, задаем точки входа/выхода в структуре модели и разрываем цепь обратной связи.

ЛЧХ исследуемой модели при исходных настройках регулятора показаны на рисунке 2.7 – кривые  $L_1(\omega)$  и  $\varphi_1(\omega)$  (PressureNew\_1 на графиках Magnitude и Phase).

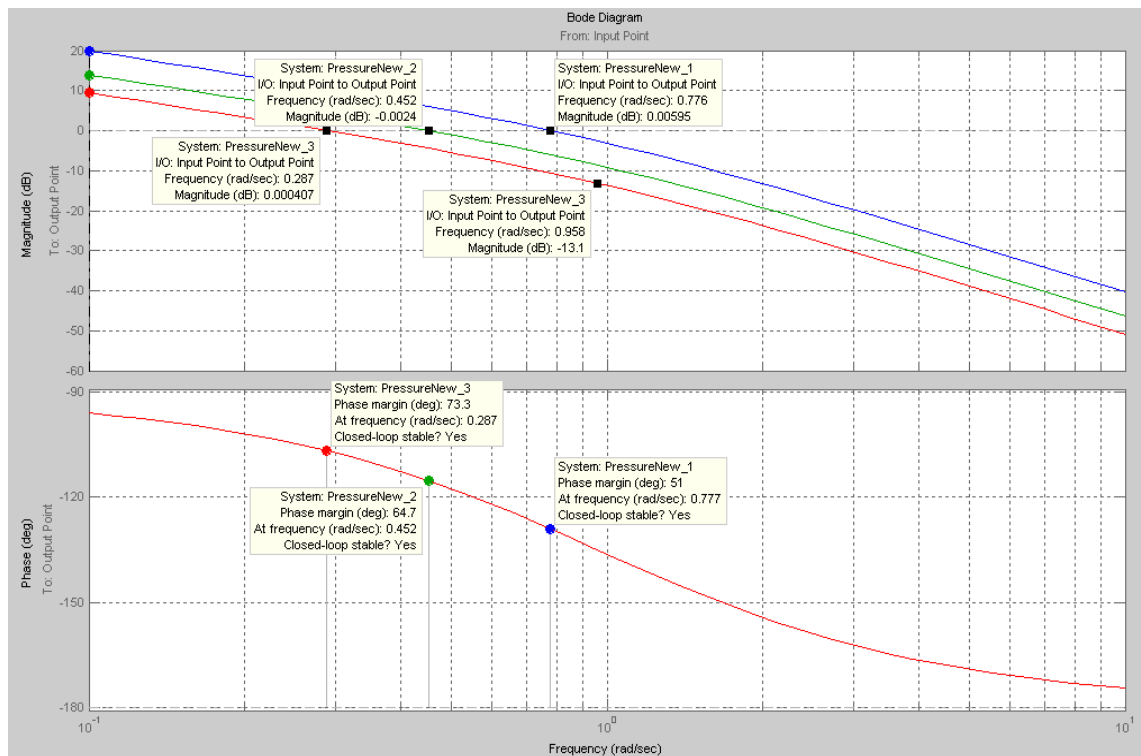


Рисунок 2.7 – ЛЧХ исследуемой модели при исходных настройках регулятора

Примечание:

т. А соответствует частоте сопряжения  $\omega_c = 1/T_{\text{од}} = 0,958$ ;

т. В, С, D – частоты среза при соответствующих настройках регулятора;

т. Е, F, G – значения ЛФХ при соответствующих настройках регулятора.

Из рисунка 2.7 видно, что общий вид ЛАХ при начальных настройках регулятора – оптимальный, остается выбрать коэффициент усиления системы, пользуясь правилами: во-первых, в окрестностях частоты среза в пределах не менее 0,6 дек в обе стороны наклон ЛАХ должен составлять -20 дБ/дек — в этом случае переходный процесс будет апериодическим; во-вторых, запас устойчивости системы по фазе должен лежать в пределах от 20° до 50°, или, в крайнем случае, быть выше этих значений; в-третьих, запас устойчивости системы по амплитуде должен быть не менее -15 дБ.

Отметим, что при изменении  $k_u$  кривая  $L_1(\omega)$  будет перемещаться вверх или вниз параллельно самой себе,  $\varphi_1(\omega)$  остается неизменной. Варьируя  $k_u$ , можно из  $L_1(\omega)$  получить такую  $L_{\text{opt}}(\omega)$ , которая будет иметь наиболее оптимальный вид, то есть соответствовать более высокому качеству переходного процесса.

Для исходных настроек ПИД-регулятора ЛЧХ имеют следующие характеристики:  $\omega_c < \omega_\pi$  – система устойчива;  $\omega_c$  лежит на участке с наклоном -20 дБ/дек; запас устойчивости системы по фазе  $\varphi_3 = 51^\circ$ ;  $L_3 \rightarrow -\infty$  дБ, поскольку  $\varphi_1(\omega)$  не пересекает прямую  $-180^\circ$ . Видно, что единственное условие, которое

не выполняется – в окрестностях частоты среза в пределах не менее 0,6 дек в обе стороны наклон ЛАХ должен составлять -20 дБ/дек. Для выполнения этого требования нужно уменьшить  $K_u$ .

Возьмем  $K_u = 0,5$ , тогда из (2.7) и (2.8):

$$K_{\text{п}} = 0,225, \quad (2.16)$$

$$K_{\text{д}} = 0,0392 \quad (2.17)$$

ЛЧХ при данных настройках регулятора показаны на рисунке 6.7 – кривые  $L_2(\omega)$  и  $\varphi_2(\omega)$  (PressureNew\_2 на графиках Magnitude и Phase). Видно, что для  $\omega_c$  все еще не обеспечивается расстояние 0,6 дек до точки перегиба.

Возьмем  $K_u = 0,3$ , тогда:

$$K_{\text{п}} = 0,135, \quad (2.18)$$

$$K_{\text{д}} = 0,02352 \quad (2.19)$$

ЛЧХ для данных настроек представлены на рисунке 6.7 кривыми  $L_3(\omega)$  и  $\varphi_3(\omega)$  (PressureNew\_3 на графиках Magnitude и Phase). В данном случае выполняются все требования для получения оптимального, с точки зрения качества, переходного процесса.

Переходные процессы для всех принятых настроек регулятора представлены на рисунке 2.8.

Оценку качества настроенной системы производим по графику переходного процесса и по логарифмическим характеристикам (кривые  $L_3(\omega)$  и  $\varphi_3(\omega)$  на рисунке 2.7).

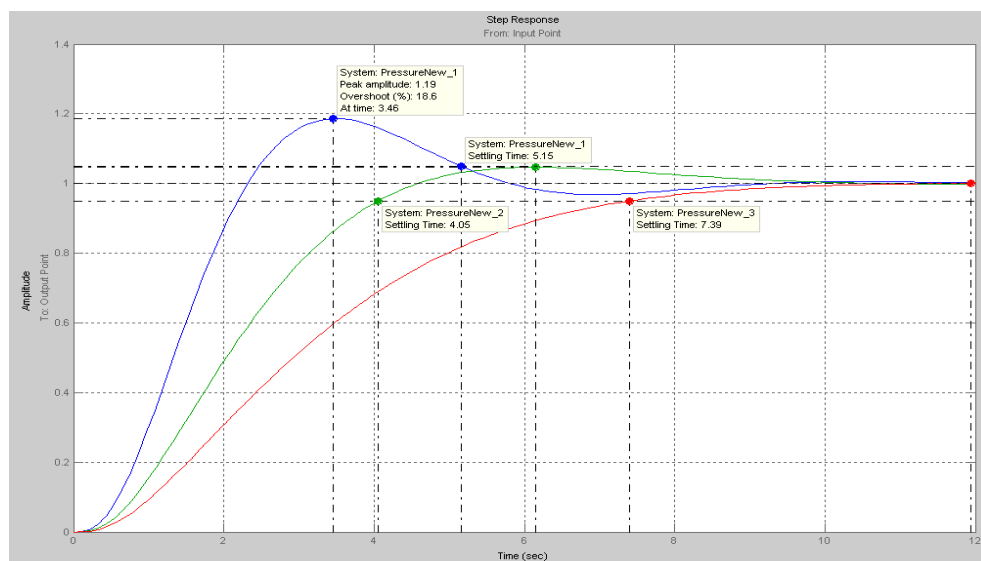


Рисунок 2.8 – Переходные процессы для всех принятых настроек регулятора

Время регулирования  $t_{nn}$  находим по графику переходного процесса (рисунке 2.8 кривая PressureNew\_3):  $t_{nn} = 7,39$  с.

Запас устойчивости системы по фазе:  $\phi_3 = 64,7^\circ$ .

Запас устойчивости по амплитуде:  $L_3 \rightarrow -\infty$  дБ.

### **2.1.5 Выводы по результатам исследования**

В настроенной системе переходный процесс является апериодическим, со временем регулирования  $t_{nn} = 7,39$  с.

Для такого процесса величина перерегулирования равна нулю. Система обладает избыточным запасом устойчивости по амплитуде и по фазе, поскольку для систем удовлетворительного качества запас по фазе лежит в пределах  $(20...50)^\circ$ , а запас по амплитуде не должен быть меньше 15 дБ (по модулю). Для полученной системы имеем превышение данных значений, что означает лишь недоиспользование свойств системы. Таким образом, считаем, что система удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к устойчивости и быстродействию.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломного проекта была разработана автоматизированная система управления процессом перегонки нефти.

Аппаратная часть АСУ ТП реализована в виде двухуровневой системы с использованием аппаратных и программных средств управления Simatic фирмы Siemens. Нижний уровень - станция распределенного ввода/вывода ET200M, управляющая исполнительными механизмами блока (насосы, регулирующие и отсежные клапаны) на основе сигналов дискретных и аналоговых датчиков, расположенных на технологическом оборудовании и трубопроводах; команд, поступающих с АРМ. Верхний уровень - АРМ оператора блока перегонки нефти, реализует взаимодействие оператора с системой управления и связь с нижним уровнем управления.

Были разработаны алгоритмы управления процессом перегонки нефти, часть управляющей программы в среде программирования STEP7Lite, интерфейс оператора для АРМ во внешней ЛВС на базе InTouch 8.1.

В расчетной части дипломного проекта была произведена настройка контура регулирования температуры в верху колонны отбензиневания, с результатами: вид переходного процесса - апериодический; время переходного процесса 7,39 с; запас устойчивости по фазе 64,7°.

В дипломном проекте приведено описание внедрения АСУ процессом перегонки нефти, так же рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности.

Внедрение АСУ процессом перегонки нефти позволило:

- расширить функции автоматического и автоматизированного контроля и управления;
- повысить надежность функционирования системы противоаварийной защиты;
- повысить качество управления технологическим процессом;
- сократить количество и время локализации аварийных ситуаций и отказов оборудования.

## Перечень сокращений

АСУ - Автоматизированная система управления  
АРМ - Автоматизированное рабочее место  
АСУ ТП - Автоматизированная система управления технологическим процессом  
ХВК - Холодильный воздушный конденсатор  
ПИД - Пропорционально-интегрально-дифференцирующий  
КИП - Контрольно-измерительные приборы  
КИПиА - Контрольно-измерительные приборы и Автоматика  
ЦПУ - Центральное процессорное устройство  
ЛАХ - Логарифмическая амплитудная характеристика  
ПЛК - Программируемый логический контроллер  
ЛЧК - Логарифмическая частотная характеристика  
ЛФХ - Логарифмическая фазовая характеристика

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2004. - 300[4] с., ил.
- 2 Датчики давления и расхода. «VEGA». Каталог 2005.
- 3 Датчики температуры. ОАО «Метран». Каталог 2004.
- 4 Датчики уровня. «VEGA». Каталог 2005.
- 5 Журнал «СТА», №3, 2000.
- 6 Журнал «СТА», №2, 2004.
- 7 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев; Под ред. А.С. Клюева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 464 с.: ил.
- 8 Контроллеры SIMATIC S7-300. Каталог 2003.
- 9 Программирование STEP7Lite. 2005.
- 10 Ротач В.Я., Теория автоматического управления: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2004. - 400 с., ил.
- 11 Сердюк В.С., Цорина Е.Н. Оценка напряженности трудового процесса: Методические указания к практической работе по курсу «Экспертиза условий труда». - Омск: ОмГТУ, 2001. - 23 с.
- 12 Расходомеры фирмы «Yokogawa». Каталог 2004.
- 13 Скабкин Н.Г., Глотов В.А., Опарин Ю.А. Затраты на проектирование конструкторской и технологической документации на изделия машиностроения и приборостроения: Методические указания. - Омск: ОмГТУ, 2006. - 43 с.
- 14 Под ред. В.К. Беклешова. - М.: Высш. шк., 1991. - 176 с.: ил.
- 15 Федотов А.В. Автоматизация управления в производственных системах: Учебное пособие. - Омск: ОмГТУ, 2001. - 368 с.
- 16 Федотов А.В. Составление технического задания: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. - Омск: ОмГТУ, 1999. - 24 с.
- 17 «Samson»: Регулирующие клапаны для технологических процессов. Клапаны серии 230, 240. Том 1, 2004.
- 18 «Samson»: Регулирующие клапаны для технологических процессов. Клапаны серии 250. Сервоприводы. Том 2, 2004.
- 19 «Samson»: Регулирующие клапаны для технологических процессов. Приборы и принадлежности для регулирующих клапанов. Том 3, 2004.
- 20 Решения: нефть и газ. SIMATIC TIA, 2004.
- 21 Щелкунов В.А., Скобло А.И., Владимиров А.И. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии.-С.П.:Недра, 2004
- 22 Исаакович Р.Я., Попадько В.Е. Контроль и автоматизация добычи нефти и газа. - М.: Недра, 1995.
- 23 Журавлев В.В., Савруков Н.Т. Анализ хозяйственно-финансовой деятельности предприятий. -Чебоксары, 2001.

- 24 Крейнина М. Н. Диализ финансового состояния и инвестиционной привлекательности акционерных обществ в промышленности, строительстве и торговле. - М.: АО «Дис», «МВ-Центр», 2002.
- 25 Лобков А.М. Сбор и обработка нефти и газа на промысле. - М.: Недра, 1996.
- 26 Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. - М.: Недра, 1996.
- 27 Мазепа Б.А. Совершенствование систем нефтегазосбора на промыслах. - М.: 1993.

## **Приложение А**

**Функциональная схема автоматизации технологического процесса перегонки нефти**

**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:** Хусаннова Назира Бауржанқызы

**Название:** Автоматизация технологического процесса перегонки нефти

**Координатор:** Орынбет М.М

**Коэффициент подобия 1:** 2.53 %

**Коэффициент подобия 2:** 0.24 %

**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: 2.53 % и Коэффициент подобия 2: 0.24 %. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«27» мая 202 3 г.

Дата


  
\_\_\_\_\_  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**

Дипломный проект допускается к защите.

«27» мая 202 3 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:** Хусаннова Назира Бауржанкызы

**Название:** Автоматизация технологического процесса перегонки нефти

**Координатор:** Орынбет М.М

**Коэффициент подобия 1:** 2.53 %

**Коэффициент подобия 2:** 0.24 %

**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: 2.53 % и Коэффициент подобия 2: 0.24 %. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«27» мая 2022 г.

Дата

Подпись Научного руководителя

