

Министерство образования и науки Российской Федерации
Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
в г. Нижневартовске

Кафедра «Информатика»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____ / _____ /

« ____ » _____ 2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав.кафедрой «Информатика»

к.т.н., доцент

_____ / *Пономарева* С.Г. Пономарева /

« 30 » *05* _____ 2016 г.

**Разработка системы автоматического управления
колонны К-201 и двух стриппингов**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-200100.2016.170. ПЗ ВКР

Консультанты

Экономическая часть

к.э.н., доцент

_____ / *Прокопьев* А. В. Прокопьев /

« 01 » *май* _____ 2016 г.

Безопасность жизнедеятельности

к.т.н., доцент

_____ / *Тряпичин* А. Б. Тряпичин /

« 05 » *май* _____ 2016 г.

Руководитель работы

старший преподаватель

_____ / *Зверева* Е. А. Зверева /

« 30 » *май* _____ 2016 г.

Автор работы

студент группы НвФл-431

_____ / *Филатов* В. Ю. Филатов /

« 29 » *май* _____ 2016 г.

Нормоконтролер

старший преподаватель

_____ / *Буйлушкина* Л. Н. Буйлушкина /

« 30 » *май* _____ 2016 г.

Нижневартовск 2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФИЛИАЛ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
В Г. НИЖНЕВАРТОВСКЕ
КАФЕДРА «ИНФОРМАТИКА»

Направление 200100.62 Приборостроение

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой «Информатика»
к.т.н., доцент

 /С.Г. Пономарева /
(личная подпись)
« 05 » февраль 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Филатова Василия Юрьевича

1. Тема работы Разработка системы автоматического управления колонны К-201
и двух стриппингов

Утверждена приказом ректора университета от « 15 » апрель 2016 г. № 661

2. Срок сдачи студентом законченной работы « 30 » март 2016 г.

3. Исходные данные к работе

1. Технологический регламент цеха №1 УСН 4/2 ООО «ННПО»

2. Руководство по эксплуатации датчиков типа Метран-270

3. Руководство по эксплуатации датчиков типа Метран-150

4. Руководство по эксплуатации манометров, вакуумметров и мановакуумметров показывающих сигнализирующих взрывозащищенных

5. Паспорт манометров и мановакуумметров для точных измерений

6. ГОСТ 12.2.020-76 ССБТ. Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка (с Изменениями N 1, 2)

4. Содержание пояснительной записки

1. Аналитический обзор

2. Техническая часть

3. Расчетная часть. Расчет САР температуры верха колонны К-201

4. Экономический раздел

5. Безопасность жизнедеятельности


7. Дата выдачи задания « 21 » Инварь 2016 г.

Задание выдал руководитель Е.А. Зверева

Задание принял к исполнению студент-дипломник В.Ю. Филатов

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапа	Отметки о выполнении этапа
Введение	02.02.16-05.02.16	выполнено
Аналитический обзор	06.02.16-16.02.16	выполнено
Техническая часть	17.02.16-26.02.16	выполнено
Расчетная часть. Расчет САР температуры верха колонны К-201	27.02.16-12.03.16	выполнено
Экономический раздел	13.03.16-21.03.16	выполнено
Безопасность жизнедеятельности	23.03.16-02.04.16	выполнено
Заключение	03.04.16-10.04.16	выполнено
Библиографический список	11.04.16-13.04.16	выполнено
Приложения	14.04.16-21.04.16	выполнено
Презентация доклада защиты работы	22.04.16-28.04.16	выполнено
Оформление работы	29.04.16-20.05.16	выполнено
Защита работы	10.06.16	

И.о. зав. кафедрой  / С.Г. Пономарева /
(личная подпись)

Руководитель работы  / Е.А. Зверева /
(личная подпись)

Студент-дипломник  / В.Ю. Филатов /
(личная подпись)

АННОТАЦИЯ

Филатов В.Ю. Разработка системы автоматического управления колонны К-201 и двух стриппингов – Нижневартовск: филиал ЮУрГУ, Информатика: 2016, 99 с., 11 ил, 15 табл., библиогр. список – 19 наим., 2 прил.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка системы автоматического управления колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2 на УСН 4/2.

В работе произведена автоматизация колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2. Проанализированы существующие средства автоматизации, рассмотрены их преимущества и недостатки, и выбран наиболее подходящий вариант. Также изучены способы монтажа, наладки и эксплуатации выбранных приборов. Разработана функциональная схема автоматизации и схема внешних соединений.

Произведен расчет системы автоматического регулирования температуры верха колонны К-201. Определены устойчивость и качество системы.

					200100.2016.170 ПЗ			
					Разработка системы автоматического управления колонны К-201 и двух стриппингов			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Разраб.	Филатов		<i>В.Ю.Ф.</i>	19.04		19	6	99
Проверил	Зверева		<i>И.С.З.</i>	30.05				
И.контр.	Буйлушкина		<i>О.В.Б.</i>	30.05.16				
Утвердил	Пономарева		<i>И.С.П.</i>	30.05	Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Нижневартовске кафедра «Информатика»			

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	12
1.1 Структурная схема УСН 4/2	12
1.2 Технология колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2	13
1.3 Характеристика технологического оборудования	17
1.4 Параметры автоматизации.....	18
2 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	20
2.1 Анализ и выбор средств автоматизации.....	20
2.1.1 Анализ датчиков температуры	21
2.1.2 Анализ датчиков давления.....	22
2.1.3 Анализ датчиков уровня	24
2.1.4 Анализ датчиков расхода.....	26
2.1.5 Анализ электроконтактных манометров	28
2.1.6 Анализ технических манометров.....	29
2.2 Структура АСУТП.....	30
2.3 Монтаж средств автоматизации	32
2.3.1 ТСПУ Метран-276-Ех	32
2.3.2 Метран-150	33
2.3.3 ДМ5010Сг0Ех	35
2.3.4 МТИ.....	36
2.4 Наладка средств автоматизации	36
2.4.1 ТСПУ Метран-276-Ех	36
2.4.2 Метран-150	37
2.4.3 Манометры	37
2.5 Эксплуатация средств автоматизации	38
2.5.1 ТСПУ Метран-276-Ех	38

2.5.2 Метран-150	38
2.5.3 Манометры	40
2.6 Функциональная схема автоматизации	41
2.7 Схема внешних соединений.....	43
2.8 Структурная схема контроллера	44
3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ. РАСЧЕТ САР ТЕМПЕРАТУРЫ ВЕРХА КОЛОННЫ	
К-201.....	47
3.1 Математическая модель САР	47
3.2 Устойчивость САР	54
3.3 Качество САР	56
4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	63
4.1 Расчет единовременных затрат.....	63
4.2 Расчет экономии эксплуатационных затрат.....	71
4.3 Определение основных показателей эффективности	72
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	78
5.1 Категория объекта по взрывопожароопасности	78
5.2 Взрывозащита средств автоматизации	79
5.3 Техника безопасности при монтаже, наладке и эксплуатации средств автоматизации	81
5.3.1 ТСПУ Метран-276-Ех	81
5.3.2 Метран-150	82
5.3.3 Манометры	84
5.4 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	85
5.5 Основные мероприятия по пожарной безопасности	86
5.6 Средства индивидуальной защиты	86
5.7 Эргономика труда операторов.....	87
5.8 Охрана окружающей среды	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ	91

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 92

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. АЛЬБОМ ИЛЛЮСТРАЦИЙ **ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ**

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. КОМПАКТ-ДИСКО **ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕ**

ВВЕДЕНИЕ

АТП – совокупность методов и средств, предназначенная для реализации системы или систем, позволяющих осуществлять управление самим технологическим процессом без непосредственного участия человека, либо оставления за человеком права принятия наиболее ответственных решений. Как правило, в результате автоматизации технологического процесса создается АСУ ТП [1].

АСУ ТП – комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУ ТП обычно понимается комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершённый продукт. Составными частями АСУ ТП могут быть отдельные САУ и автоматизированные устройства, связанные в единый комплекс. Как правило, АСУ ТП имеет единую систему операторского управления технологическим процессом в виде одного или нескольких пультов управления, средства обработки и архивирования информации о ходе процесса, типовые элементы автоматики: датчики, контроллеры, исполнительные устройства.

Разрабатываемая система должна удовлетворять следующим целям автоматизации:

- 1) Повышение эффективности производственного процесса;
- 2) Повышение безопасности;
- 3) Повышение экологичности;
- 4) Повышение экономичности.

Цели достигаются посредством решения следующих задач автоматизации технологического процесса:

- 1) Улучшение качества регулирования;
- 2) Повышение коэффициента готовности оборудования;
- 3) Улучшение эргономики труда операторов процесса;

4) Обеспечение достоверности информации о материальных компонентах, применяемых в производстве;

5) Хранение информации о ходе технологического процесса и аварийных ситуациях.

Решение задач автоматизации технологического процесса осуществляется при помощи:

- 1) внедрения современных методов автоматизации;
- 2) внедрения современных средств автоматизации.

Автоматизация приводит к улучшению основных показателей эффективности производства: увеличению количества, улучшению качества и снижению себестоимости выпускаемой продукции, повышению производительности труда. Внедрение автоматических устройств обеспечивает высокое качество продукции, сокращение брака и отходов, уменьшение затрат сырья и энергии, уменьшение численности основных рабочих, снижение капитальных затрат на строительство зданий (производство организуется под открытым небом), удлинение сроков межремонтного пробега оборудования.

Создание систем автоматизации на предприятиях представляет комплексную проблему, цель которой – материальное воплощение идеи проектировщика сначала в проекте, затем в разработке отдельных устройств, монтаже и, в конечном итоге, в эксплуатации реальной, действующей системы, позволяющей повысить технико-экономические показатели процесса производства.

Таким образом, исходя из принципов системного подхода, в объем работ по проектированию, помимо технических вопросов, созданных непосредственно с разработкой схем автоматизации и контроля, закономерно включить и такие, как диагностика неисправностей, техническое обслуживание систем автоматизации, удобство монтажа, наладки и эксплуатации.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Структурная схема УСН 4/2

Установка УСН 4/2 предназначена для переработки нефти Самотлорского месторождения с получением бензина газового стабильного, топлива дизельного летнего, зимнего прямогонного и с депрессорной присадкой, арктического прямогонного и с депрессорной присадкой, реактивного топлива марки ТС-1, газойля экспортного марки «газойль технологический».

Структурная схема УСН 4/2 представлена на рисунке 1.1.

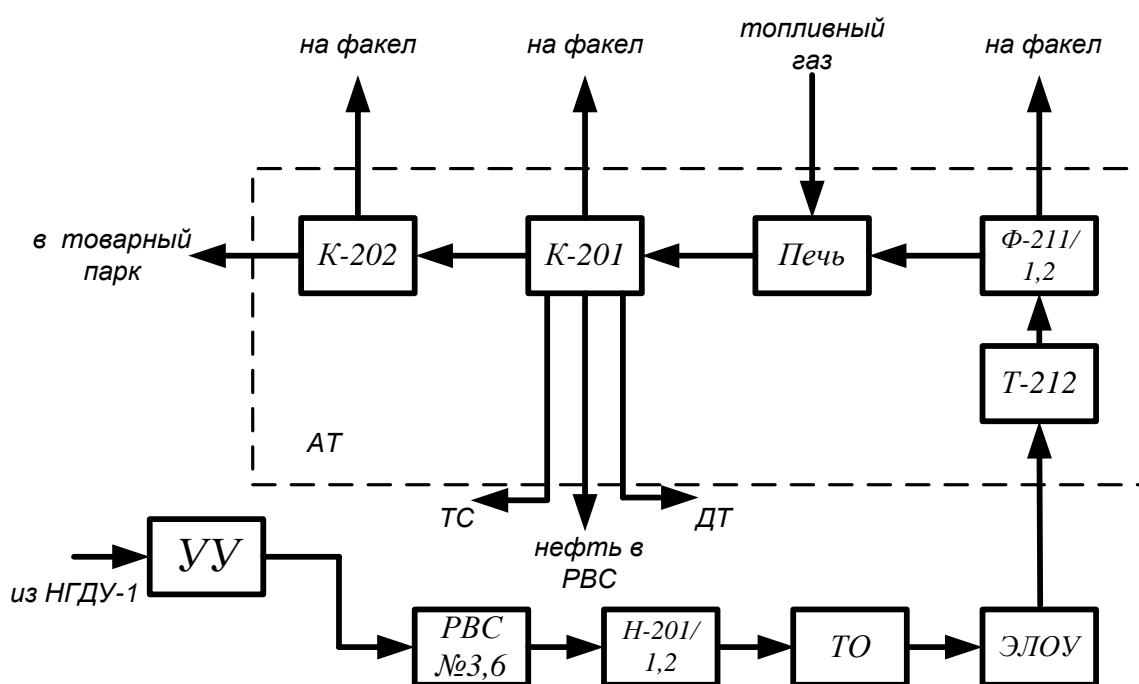


Рисунок 1.1 – Структурная схема УСН 4/2

Процесс переработки нефти на установке УСН 4/2 основан на физико-химических и физических методах.

Нефть из нефтенасосной ЦППН-1 подается насосами №4, №7 на узел учета УУ и далее направляется в резервуары №3, №6 сырьевого парка РВС. Из резервуаров №3, №6 нефть центробежным насосом Н-201/1,2 через теплообменники направляется в блок ЭЛОУ. В блоке ЭЛОУ происходит обезвоживание и обессо-

ливание нефти. После ЭЛОУ нефть поступает в блок атмосферной перегонки (АТ). Для испарения не отделившегося конденсата топливный газ далее направляется в электрический подогреватель Т-212, где нагревается до температуры 100-120°C. Далее топливный газ очищается на механических фильтрах Ф-211/1,2 и распределяется на два потока – к основным и пилотным горелкам. Нагретая в печи П-201 нефть (в виде парожидкостной смеси) с температурой 290-325°C поступает в нижнюю часть атмосферной колонны К-201.

Отделившиеся легкие фракции в К-201 охлаждаются и поступают в резервуарные парки. Стабильный бензин поступает в колонну К-202. Выделившаяся из колонны К-202 пропано-бутановая фракция отправляется на факел. Фракция 30-205°C в товарный парк.

Выходящая с УСН 4/2 керосиновая фракция 140-240°C проходит очистку от механических примесей и свободной (эмульсионной) воды на узле фильтрации.

Нефть, поступающая на установку УСН 4/2, содержит до 1,0 % мас. воды и до 100 мг/л хлоридов (хлористых солей). Вода с растворенными в ней солями вызывает сильную коррозию нефтеперегонного оборудования как в зонах высокой температуры (змеевик печи, колонны), так и в аппаратах с низкой температурой (особенно конденсационного); способствует повышению давления в аппаратах и снижению их производительности; вызывает отложения на стенках теплообменной аппаратуры и змеевиках печей с ухудшением теплоотдачи.

1.2 Технология колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2

Процесс стабилизации нефти осуществляется в атмосферной колонне К-201, представленной на рисунке 1.2. Колонна предназначена для разделения методом ректификации нефти на целевые фракции светлых нефтепродуктов и отбензиненную нефть, т.е. отбирается только определенный процент от потенциального содержания светлых нефтепродуктов.

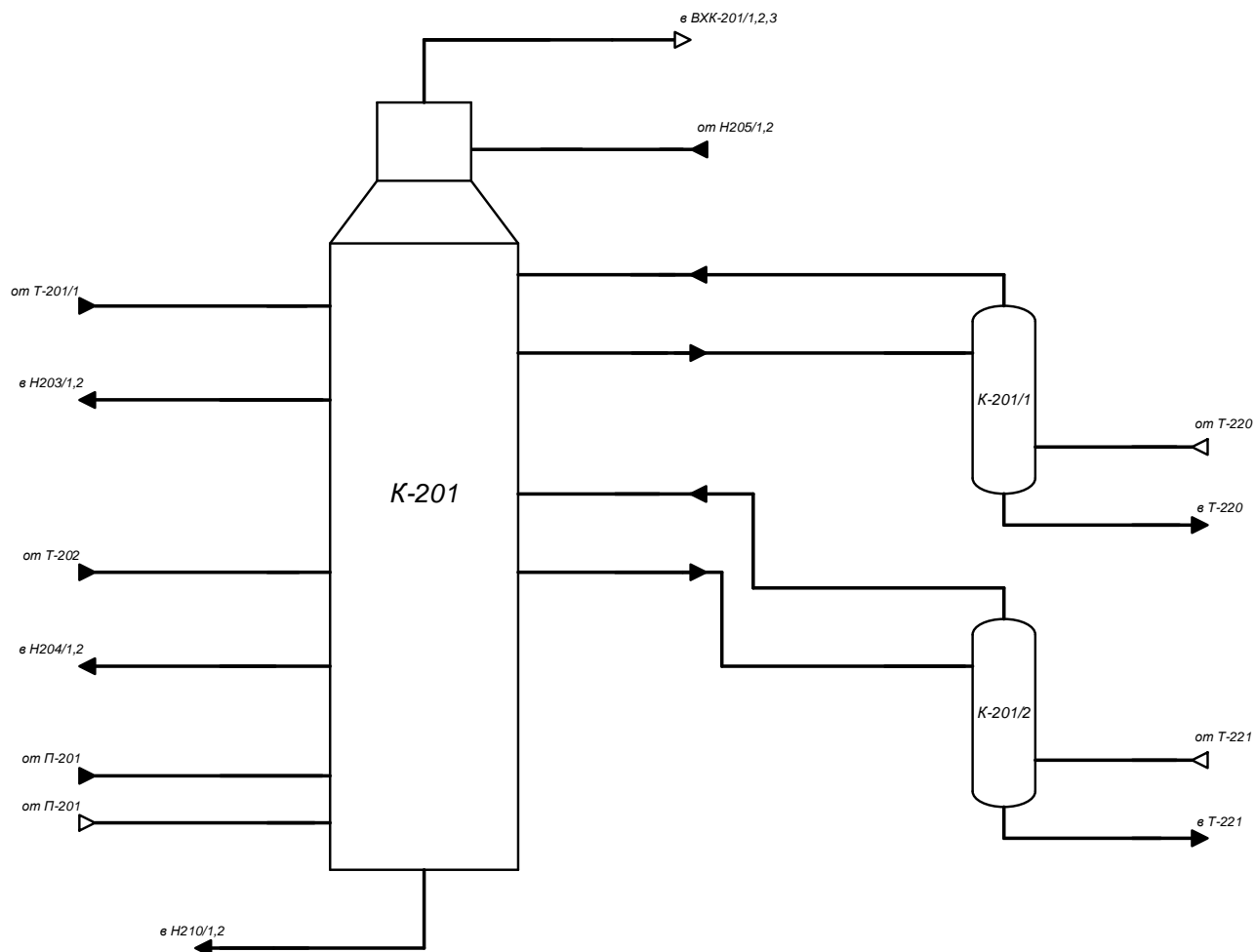


Рисунок 1.2 – Технологическая схема К-201 и К-201/1,2

Основным условием ректификации является противоточный многократноступенчатый контакт жидкости (флегмы), стекающей вниз, и паров, поднимающихся вверх на тарелках ректификационных колонн. При этом пары в результате контакта с жидкостью конденсируются на тарелке, испаряя одновременно из жидкости более легкие пары, которые поступают на вышележащую тарелку. Таким образом, по высоте колонны фракции нефти облегчаются и обогащаются низкокипящими компонентами.

Важнейшими параметрами ведения процесса являются температура и давление. Повышение давления уменьшает объём паров, дает возможность повысить производительность, однако, из-за снижения относительной летучести компонентов ухудшает ректификацию, снижает четкость деления фракций. При повышении температуры входа (питания) утяжеляется остаток, повышается четкость раз-

деления. Повышение температуры на тарелках позволяет получить продукты утяжеленного состава по концу кипения.

Вывод боковых продуктов из атмосферной колонны в виде целевых фракций 140-240°C и 180-300(360)°C осуществляется через два стриппинга – К-201/1 и К-201/2 (см. рисунок 1.2).

Нормальная работа колонны К-201 и требуемое количество продуктов перегонки обеспечивается путем регулирования теплового режима – отводом тепла в концентрационной секции колонны путем организации испаряющего (острого) холодного орошения (верх колонны) и снятием избыточного тепла потоками двух циркуляционных орошений в средних сечениях колонны в зонах отборов фракции 140-240°C и фракции 180-300(360)°C.

Нагретая в печи П-201 нефть (в виде парожидкостной смеси) с температурой 290-325°C поступает в виде питания в нижнюю часть атмосферной колонны К-201.

Так как в секции питания колонны происходит однократное испарение, то часть низкокипящих целевых фракций попадает в остаток (кубовую жидкость) колонны. С целью испарения этих фракций в колонне К-201 применена перегонка с водяным паром. Вниз колонны подается перегретый водяной пар из пароперегревателя печи с температурой 380°C.

Температура верха колонны (не более 170°C) К-201 регулируется подачей на 1-ю тарелку холодной фракции Н.К.-205°C в виде острого орошения.

С верха колонны пары фракции Н.К.-205°C в смеси с водяным паром по шлемовой трубе поступают в холодильники-конденсаторы с воздушным охлаждением ВХК-201/1,2,3, работающие параллельно.

Фракция 140-240°C выводится по боковому перетоку с 13-ой тарелки колонны и с температурой вывода 170-190°C поступает в верхнюю часть отпарной колонны (стриппинга) К-201/1.

Необходимый тепловой режим низа колонны К-201/1 создается за счет циркуляции продукта из куба колонны через ребойлер Т-220 (испаритель с паровым пространством). Кубовый продукт поступает в межтрубное пространство ри-

бойлера, нагревается теплом фракции 180-300(360)^{°C} из К-201/2 и испарившаяся часть потока в виде горячей струи с температурой 200-225^{°C} поступает под 6-ю тарелку стриппинга К-201/1.

Регулирование температуры (170-190^{°C}) отбираемой фракции 140-240^{°C} (и общего теплового режима в секции отбора) осуществляется отводом избыточного тепла колонны К-201 за счет циркуляционного орошения. Первое циркуляционное орошение (I Ц.О.) забирается с 16-ой (аккумулирующей) тарелки и поступает на приём насосов Н-203/1,2. Насосы Н-203/1,2 центробежные, нефтяные, горизонтальные.

С выкида насосов Н-203/1,2 первое циркуляционное орошение прокачивается по межтрубному пространству теплообменников Т-201/1,2, охлаждается сырой нефтью и с температурой 85^{°C} подается в виде орошения под 12-ую тарелку колонны К-201, т.е. в зону отбора фракции 140-240^{°C}. Температура в этой зоне автоматически поддерживается подачей I Ц.О.

Фракция 140-240^{°C} с тарелки № 13 по уровню в стриппинге поступает в К-201/1 и стекает по тарелкам навстречу нагретым парам. При этом из фракции на тарелках отпариваются легкокипящие компоненты, выводятся сверху колонны и с температурой 175-200^{°C} поступают под 11-ю тарелку колонны К-201.

Фракция 180-300(360)^{°C} выводится по боковому перетоку с 25-ой тарелки колонны К-201 с температурой вывода 235-260^{°C} и поступает в верхнюю часть отпарной колонны (стриппинг) К-201/2.

Необходимый тепловой режим низа колонны К-201/2 создается за счет циркуляции продукта из куба колонны через рибойлер Т-221 (испаритель с паровым пространством). Кубовый продукт поступает в межтрубное пространство рибойлера, нагревается теплом отбензиненной нефти из К-201 и испарившаяся часть потока в виде горячей струи с температурой 260-300 ^{°C} поступает под 6-ю тарелку стриппинга К-201/2.

Регулирование температуры отбора дизельной фракции (и общего теплового режима секции отбора) осуществляется отводом избыточного тепла колонны К-201 за счет циркуляционного орошения (II Ц.О.). Второе циркуляционное оро-

шение забирается с 25-ой (аккумулирующей) тарелки и поступает на приём насосов Н-204/1,2. Насосы Н-204/1,2 - центробежные, нефтяные, горизонтальные.

С выкида насоса II Ц.О. прокачивается по межтрубному пространству теплообменника Т-202, охлаждается сырой нефтью и с температурой 165°С подается в виде орошения на 21-ю тарелку колонны К-201 в зону выхода паров из стриппинга К-201/2. Температура в этой зоне автоматически поддерживается подачей II Ц.О.

Фракция 180-300(360)°С по уровню в стриппинге К-201/2 поступает самооттеком на 1-ю тарелку стриппинга и стекает по тарелкам навстречу нагретым парам. При этом из фракции на тарелках отпариваются легкокипящие компоненты, выводятся сверху колонны и с температурой 240-265°С поступают под 20-ю тарелку колонны К-201.

Отбензиненная нефть с куба колонны К-201 с температурой 290-315°С поступает на приём насосов Н-210/1,2. Насосы Н-210/1,2 – центробежные нефтяные горизонтальные.

1.3 Характеристика технологического оборудования

Колонна К-201 – сложная атмосферная ректификационная колонна с двумя боковыми отпарными колоннами (стриппингами):

- 1) I стриппинг (колонна К-201/1) – для отбора фракции 140-240°С;
- 2) II стриппинг (колонна К-201/2) – для отбора фракции 180-300(360)°С.

Основные технические данные колонны К-201:

- 1) диаметр (переменный) – 2600/3400 мм;
- 2) высота колонны (с юбкой) – 41450 мм;
- 3) контактные устройства – клапанные двухпоточные тарелки;
- 4) количество тарелок – 40 шт., в том числе в отгонной секции – 5 шт.;
- 5) расстояние между тарелками № 1-35 – 600 мм, в отгонной секции – 450 мм;
- 6) нумерация тарелок – сверху вниз.

Колонна К-201/1 – вертикальный цилиндрический аппарат со сферическими днищами. Располагается над колонной К-201/2 и оба аппарата смонтированы как единая конструкция высотой 22050 мм на общем фундаменте.

Основные технические данные колонны К-201/1:

- 1) внутренний диаметр колонны – 1200 мм;
- 2) высота – 8650 мм;
- 3) внутренние контактные устройства – клапанные однопоточные тарелки;
- 4) количество тарелок – 6;
- 5) расстояние между тарелками – 500 мм;
- 6) нумерация тарелок – сверху вниз.

Колонна К-201/2 – вертикальный цилиндрический аппарат со сферическими днищами, расположенный в единой конструкции под колонной К-201/1.

Основные технические данные колонны К-201/2:

- 1) внутренний диаметр колонны – 1200 мм;
- 2) высота – 8650 мм;
- 3) внутренние контактные устройства – клапанные однопоточные тарелки;
- 4) количество тарелок – 6;
- 5) расстояние между тарелками – 500 мм;
- 6) нумерация тарелок – сверху вниз.

1.4 Параметры автоматизации

Параметры автоматизации колонны К-201:

- 1) температура верха – 130-170°C;
- 2) температура питания – 310-320°C;
- 3) температура на 13-ой тарелке – отбор фракции 140-240°C – 170-190°C;
- 4) температура на 25-ой тарелке – отбор фракции 180-300(360)°C – 230-260°C;

- 5) температура низа – 290-315°C;
- 6) давление верха – 1,7-2,2 кгс/см²;
- 7) давление низа – 1,8-2,6 кгс/см²;
- 8) уровень в К-201 – 20-60%;
- 9) расход пара в куб К-201 – 0,8-1,6 т/ч.

Параметры автоматизации колонны К-201/1:

- 1) температура верха – 175-200°C;
- 2) температура питания – 170-190°C;
- 3) температура низа – 190-215°C;
- 4) давление верха – 1,7-2,3 кгс/см²;
- 5) уровень в К-201/1 – 66-82%;

Параметры автоматизации колонны К-201/2:

- 1) температура верха – 240-265°C;
- 2) температура питания – 235-260°C;
- 3) температура низа – 245-280°C;
- 4) давление верха – 1,7-2,1 кгс/см²;
- 5) уровень в К-201/2 – 20-80%;

Выводы по разделу один:

В данном разделе были рассмотрены:

- 1) структура установки стабилизации нефти УСН 4/2 и ее назначение;
- 2) технология колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2;
- 3) характеристика технологического оборудования на колонне К-201 и двух стриппингах К-201/1,2;
- 4) основные параметры автоматизации на колонне К-201 и двух стриппингах К-201/1,2.

2 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ и выбор средств автоматизации

На атмосферной колонне К-201 необходимо автоматизировать следующие параметры, такие как: текущее значение давления, уровня, расхода, температуры; местный контроль давления; сигнализация предельных значений давления.

На стриппингах К-201/1,2 необходимо автоматизировать следующие параметры, такие как: текущее значение давления, уровня, температуры; местный контроль давления.

Контроллер выберем серии ControlLogix. В комплект контроллера входит: модуль дискретных входов, модуль дискретных выходов, три модуля аналоговых входов, модуль питания, модуль процессора и шасси. ControlLogix обеспечивает дискретное управление, управление непрерывными процессами, приводами и сервоприводами, в сочетании с коммуникациями и современным вводом/выводом – в компактном и недорогом изделии. Система модульная, поэтому можно эффективно проектировать, монтировать и модернизировать ее – с существенной экономией на обучении и разработке.

Электроприводной регулирующей клапан в работе выберем типа КРЭ. Он предназначен для применения в качестве регулирующего дистанционно управляемого клапана на трубопроводах с эрозионно-активными рабочими средами, с повышенными перепадами давлений, а также может применяться в качестве свечного клапана в обвязке шаровых кранов. Клапан отличается увеличенным ресурсом, повышенной пропускной способностью, точностью и плавностью регулирования. Разгруженный от перепада давления втулочный затвор с мощным электроприводом обеспечивают надежную работу при больших перепадах давления, в условиях загрязненных сред и возможностью загидрачивания, а прямоточное исполнение с минимальными зонами завихрения исключает накопление гидратов внутри клапана.

2.1.1 Анализ датчиков температуры

Рассмотрим два типа датчиков для измерения температуры:

- 1) ТСПУ Метран-276-Ех [2];
- 2) термопреобразователь сопротивления СП-01.

Два эти датчика имеют необходимую взрывозащиту. Термопреобразователь ТСПУ Метран-276-Ех в отличие от СП-01 имеет явное преимущество: выходной сигнал унифицированный (4-20мА), а у СП-01 естественный выходной сигнал. Следовательно, для датчика СП-01 необходим вторичный прибор, который в свою очередь, преобразует естественный сигнал в унифицированный, либо потребуется установка дополнительного модуля контроллера, который бы выполнял эту функцию. Такие действия повлекут за собой дополнительные затраты. Больше мощности требуется для датчика СП-01 и составляет 1,5Вт. Учитывая тот факт, что для его работы требуется дополнительное оборудование (вторичный прибор, дополнительный модуль контроллера), то потребляемая мощность на данный узел измерения будет больше. У датчика ТСПУ Метран-276-Ех срок службы больше, чем у датчика СП-01 на 3800 часов. Наиболее точным является датчик ТСПУ Метран-276-Ех.

Из анализа датчиков делаем вывод, что более выгодней будет использование датчика ТСПУ Метран-276-Ех. Датчик имеет небольшое энергопотребление (0,5Вт), высокий срок службы, а так же допустимый класс точности (0,25). Основные технические характеристики ТСПУ Метран-276-Ех представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики ТСПУ Метран-276-Ех

Выходной сигнал	4-20 мА
Диапазон измеряемых температур	0-500°С
Номинальные статические характеристики	100П, Pt100
Зависимость выходного сигнала от температуры	линейная
Материал головки	сплав АК12
Материал защитной арматуры	12Х18Н10Т 10Х17Н13М2Т
Основная приведенная погрешность	±0,25; ±0,5%

Продолжение таблицы 2.1

Взрывозащита	Ex (ExiaIICT6)
Напряжение питания	от 18 до 42 В
Потребляемая мощность	0,5 Вт
Степень защиты от пыли и влаги	IP65
Масса	от 0,37 до 1,14 кг
Межповерочный интервал	4 года
Средний срок службы	не менее 10 лет
Гарантийный срок эксплуатации	18 месяцев

ТСПУ Метран-276-Ex предназначен для измерения температуры нейтральных и агрессивных сред, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким. ТСПУ Метран-276-Ex может применяться во взрывоопасных зонах, в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов, паров и горючих жидкостей.

Принцип действия ТС основан на свойстве проводника изменять электрическое сопротивление с изменением температуры окружающей среды. Термопреобразователи могут изготавливаться с одним или двумя термочувствительными элементами в одном корпусе изолированными друг от друга и от корпуса.

2.1.2 Анализ датчиков давления

Рассмотрим два типа датчиков для измерения избыточного давления:

- 1) Сапфир-22ДИ;
- 2) Метран-150CG [3].

Эти два датчика можно использовать на колоннах, т.к. они имеют необходимое взрывозащитное исполнение. Но более точным является датчик давления типа Метран-150CG ($\pm 0,075\%$). Датчик Сапфир-22ДИ имеет погрешность измерения $\pm 0,5\%$. Метран-150CG является современным интеллектуальным датчиком. Все без исключения модели датчиков Метран-150 имеют встроенную поддержку HART-протокола, наложенного на аналоговый сигнал 4-20 мА. Данная совокупность выходных сигналов позволяет включать датчики в любые системы управ-

ления, как в существующие только с аналоговым вводом, так и в самые современные с аналогово-цифровым вводом информации.

Делаем вывод, что более оптимальным будет использование датчика давления типа Метран-150CG. Датчик имеет небольшое энергопотребление (0,8Вт), высокий срок службы, а так же допустимый класс точности. Основные технические характеристики датчика типа Метран-150CG представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики Метран-150CG

Диапазоны измеряемых давлений: минимальный максимальный	0,025 кПа 10000 кПа
Выходной сигнал	4-20 мА с HART-протоколом (возможность переключения между 5-й и 7-й версиями HART)
Основная приведенная погрешность	$\pm 0,075$; $\pm 0,1$; $\pm 0,2\%$
Диапазон температур окружающей среды	от -40 до 85°C
Взрывозащита	Ex (0ExiaIICT5X)
Степень защиты от пыли и влаги	IP66
Потребляемая мощность	0,8 Вт
Напряжение питания	от 12 до 42 В
Гарантийный срок эксплуатации	3 года
Межповерочный интервал	5 лет
Средний срок службы	12 лет
Средняя наработка датчика на отказ	150 000 ч
Масса	3,1-3,8 кг

Датчики давления серии Метран-150CG предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART избыточного давления.

Датчик состоит из сенсорного модуля и электронного преобразователя. Сенсор состоит из измерительного блока и платы АЦП. Давление подается в камеру измерительного блока, преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сигнала. Электронный преобразователь преобразует электрический сигнал в соответствующий выходной сигнал.

Измерительный блок датчиков состоит из корпуса и емкостной измерительной ячейки. Емкостная ячейка изолирована механически, электрически и термически от измеряемой и окружающей сред. Измеряемое давление передается

через разделительные мембраны и разделительную жидкость к измерительной мембране, расположенной в центре емкостной ячейки. Воздействие давления вызывает изменение положения измерительной мембраны, что приводит к появлению разности емкостей между измерительной мембраной и пластинами конденсатора, расположенным по обеим сторонам от измерительной мембраны. Разность емкостей измеряется АЦП и преобразуется электронным преобразователем в выходной сигнал.

Датчики с HART-протоколом могут передать информацию об измеряемой величине в цифровом виде по двухпроводной линии связи вместе с сигналом постоянного тока 4-20 мА. Этот цифровой сигнал может приниматься и обрабатываться любым устройством, поддерживающим протокол HART. Цифровой выход используется для связи датчика с портативным ручным HART-коммуникатором или с персональным компьютером через стандартный последовательный порт и дополнительный HART-модем, при этом может выполняться чтение измеряемого давления, настройка датчика, выбор его основных параметров, перестройка диапазонов измерений, корректировка «нуля» и ряд других операций. HART-протокол допускает в системе наличие двух управляющих устройств: системы управления и ручного коммуникатора. Эти два управляющих устройства имеют разные адреса и, следовательно, Метран-150 может распознать и выполнить команды каждого из них.

2.1.3 Анализ датчиков уровня

Рассмотрим несколько типов датчиков для измерения уровня:

- 1) Сапфир-22ДУ;
- 2) Метран-150L [3];
- 3) ДУУ4М.

Все датчики уровня имеют необходимое взрывозащитное исполнение. Минимальную погрешность измерения имеет датчик уровня типа Метран-150L ($\pm 0,075\%$). Остальные датчики имеют значительную погрешность измерения

(Сапфир-22ДУ $\pm 0,5\%$; ДУУ4М $\pm 1,5\%$). Для ДУУ4М необходим блок, обеспечивающий питание подключенного к нему датчика и формирование выходных информационных сигналов на основе полученных результатов измерений датчика.

Делаем вывод, что более оптимальным будет использование датчика уровня типа Метран-150L. Датчик имеет небольшое энергопотребление (0,8Вт), высокий срок службы, а так же допустимый класс точности. Основные технические характеристики датчика типа Метран-150L представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Технические характеристики Метран-150L

Диапазоны измеряемых давлений:	
минимальный	0,62 кПа
максимальный	1600 кПа
Выходной сигнал	4-20 мА с HART-протоколом (возможность переключения между 5-й и 7-й версиями HART)
Основная приведенная погрешность	$\pm 0,075\%$
Диапазон температур окружающей среды	от -40 до 85°C
Взрывозащита	Ex (0ExiaIICT5X)
Степень защиты от пыли и влаги	IP66
Потребляемая мощность	0,8 Вт
Напряжение питания	от 12 до 42 В
Гарантийный срок эксплуатации	3 года
Межповерочный интервал	5 лет
Средний срок службы	12 лет
Средняя наработка датчика на отказ	150 000 ч
Масса	3,1-3,8 кг

Датчики давления серии Метран-150L предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART гидростатического давления (уровня). Датчики измеряют уровень жидкостей в закрытых и открытых резервуарах, для производственных процессов с различными типами фланцевых соединений, с возможностью промывки.

Датчик состоит из сенсорного модуля и электронного преобразователя. Сенсор состоит из измерительного блока и платы АЦП. Давление подается в камеру измерительного блока, преобразуется в деформацию чувствительного эле-

мента и изменение электрического сигнала. Электронный преобразователь преобразует электрический сигнал в соответствующий выходной сигнал.

Измерительный блок датчиков состоит из корпуса и емкостной измерительной ячейки. Емкостная ячейка изолирована механически, электрически и термически от измеряемой и окружающей сред. Измеряемое давление передается через разделительные мембраны и разделительную жидкость к измерительной мембране, расположенной в центре емкостной ячейки. Воздействие давления вызывает изменение положения измерительной мембраны, что приводит к появлению разности емкостей между измерительной мембраной и пластинами конденсатора, расположенным по обеим сторонам от измерительной мембраны. Разность емкостей измеряется АЦП и преобразуется электронным преобразователем в выходной сигнал.

2.1.4 Анализ датчиков расхода

Рассмотрим два типа датчиков для измерения расхода:

- 1) Сапфир-22ДД;
- 2) Метран-150CD [3].

Эти два датчика можно использовать на колоннах, т.к. они имеют необходимое взрывозащитное исполнение. Но более точным является датчик расхода типа Метран-150CD ($\pm 0,075\%$). Датчик Сапфир-22ДД имеет погрешность измерения $\pm 0,5\%$. Метран-150CG является современным интеллектуальным датчиком. Все без исключения модели датчиков Метран-150 имеют встроенную поддержку HART-протокола, наложенного на аналоговый сигнал 4-20 мА.

Делаем вывод, что более оптимальным будет использование датчика расхода типа Метран-150CD. Датчик имеет небольшое энергопотребление (0,8Вт), высокий срок службы, а так же допустимый класс точности. Основные технические характеристики датчика типа Метран-150CD представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Технические характеристики Метран-150CD

Диапазоны измеряемых давлений: минимальный максимальный	0,025 кПа 10000 кПа
Выходной сигнал	4-20 мА с HART-протоколом (возможность переключения между 5-й и 7-й версиями HART)
Основная приведенная погрешность	$\pm 0,075$; $\pm 0,1$; $\pm 0,2\%$
Диапазон температур окружающей среды	от -40 до 85°C
Взрывозащита	Ex (0ExiaIICT5X)
Степень защиты от пыли и влаги	IP66
Потребляемая мощность	0,8 Вт
Напряжение питания	от 12 до 42 В
Гарантийный срок эксплуатации	3 года
Межповерочный интервал	5 лет
Средний срок службы	12 лет
Средняя наработка датчика на отказ	150 000 ч
Масса	3,1-3,8 кг

Датчики давления серии Метран-150CD предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART разности давлений.

Датчик состоит из сенсорного модуля и электронного преобразователя. Сенсор состоит из измерительного блока и платы АЦП. Давление подается в камеру измерительного блока, преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сигнала. Электронный преобразователь преобразует электрический сигнал в соответствующий выходной сигнал.

Измерительный блок датчиков состоит из корпуса и емкостной измерительной ячейки. Емкостная ячейка изолирована механически, электрически и термически от измеряемой и окружающей сред. Измеряемое давление передается через разделительные мембраны и разделительную жидкость к измерительной мембране, расположенной в центре емкостной ячейки. Воздействие давления вызывает изменение положения измерительной мембраны, что приводит к появлению разности емкостей между измерительной мембраной и пластинами конденсатора, расположенным по обеим сторонам от измерительной мембраны. Разность емкостей измеряется АЦП и преобразуется электронным преобразователем в выходной сигнал.

2.1.5 Анализ электроконтактных манометров

Рассмотрим два типа электроконтактных манометров для сигнализации предельных значений давления:

- 1) ДМ5010Сг0Ех [4];
- 2) ДМ2010Сг0Ех.

По техническим характеристикам два этих манометра практически ничем не отличаются, т.к. манометр типа ДМ5010Сг0Ех является модификацией манометра ДМ2010Сг, имея при этом ряд положительных конструктивных и функциональных особенностей:

- 1) у прибора увеличена толщина стекла до 6 мм, что обеспечивает повышенную механическую стойкость;
- 2) на стекле установлено специальное кольцо для съема статического электричества, что предотвращает прилипание частиц пыли и улучшает видимость показаний прибора;
- 3) прибор имеет два независимых гальванически развязанных контакта (отсутствует общая точка), что позволяет коммутировать электрические цепи с различными параметрами, от разных источников питания;
- 4) в приборе для подключения электрических цепей применяется клеммная колодка, обеспечивающая надежность электрического контакта и простоту монтажа.

Таблица 2.5 – Технические характеристики ДМ5010Сг0Ех

Диапазон показаний приборов	от 0 до 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100 кгс/см ²
Сила тока сигнализирующего устройства	до 1 А
Степень защиты от пыли и влаги	IP54
Класс точности	±1,0; ±1,5%
Взрывозащита	Ех (0ЕхIаIICT4)
Температура окружающего воздуха	от -50 до +60 °С
Средний срок службы	10 лет
Межповерочный интервал	2 года
Масса	не более 1,0 кг

Показывающие сигнализирующие манометры ДМ5010Сг0Ех предназначены для измерения давления неагрессивных, некристаллизующихся жидкостей, пара, газа, в том числе кислорода и управления внешними электрическими цепями от сигнализирующего устройства прямого действия путем включения и выключения контактов в схемах сигнализации, автоматики и блокировки технологических процессов.

Принцип действия манометра основан на уравнивании измеряемого давления силами упругой деформации чувствительного элемента (манометрической пружины). Используется два вида чувствительного элемента: на пределы до 100 кгс/м² включительно – одновитковая манометрическая пружина; на пределы свыше 100 кгс/см² – полутора-витковая пружина. Измеряемое давление через штуцер поступает в полость измерительной пружины и посредством трибно-секторного механизма вызывает пропорциональное вращательное движение стрелки по шкале. Текущее значение не передает. Сигнал однократный.

2.1.6 Анализ технических манометров

Рассмотрим три типа технических манометров для местного контроля давления:

- 3) МТИ [5];
- 4) МТП-160;
- 5) МП4-У.

Наиболее точным является технический манометр типа МТИ ($\pm 0,6\%$). Манометры МТП-160 и МП4-У имеют класс точности $\pm 1,5\%$. Значит, на колоннах будем применять манометр МТИ-1216-1,6МПа-0,6.

Таблица 2.6 – Технические характеристики МТИ

Диапазон измерений	от 0 до 100 МПа
Измерительный элемент, стрелочный механизм	медный сплав
Степень защиты от пыли и влаги	IP40
Класс точности	$\pm 0,6; \pm 1\%$

Продолжение таблицы 2.6

Температура окружающей среды	от -50 до +60 °С
Масса	не более 1,8 кг

Чувствительным элементом в манометре МТИ является одновитковая пружина. Чувствительный элемент связан механически с измерительным устройством и вместе с ним находится в общем корпусе. Одновитковая пружина представляет собой стальную или латунную полую трубку, согнутую по окружности. Один конец пружины впаян в основание прибора. На этом же основании смонтирован механизм передачи со стрелкой и круглый корпус манометра. Измеряемая среда подводится во внутреннюю полость пружины через ниппель. Под давлением измеряемой среды трубчатая пружина стремится выпрямиться, ее свободный конец отклоняется и через тягу поворачивает зубчатый сектор, который в свою очередь поворачивает грибку (шестерню), а с ней и стрелку на угол, пропорциональный давлению. При повороте шестерни стрелка, сидящая на ее оси, тоже поворачивается и указывает на шкале измеряемое давление.

2.2 Структура АСУТП

Применена комплексная автоматизация установки стабилизации нефти УСН 4/2, обеспечивающая централизацию управления с использованием современных средств контроля и автоматического регулирования на базе вычислительной и микропроцессорной техники, приборов физико-химического анализа, высоконадежных электронных устройств и аппаратуры, позволяющих осуществлять управление установкой, защитные блокировки и сигнализацию в соответствии с требованиями.

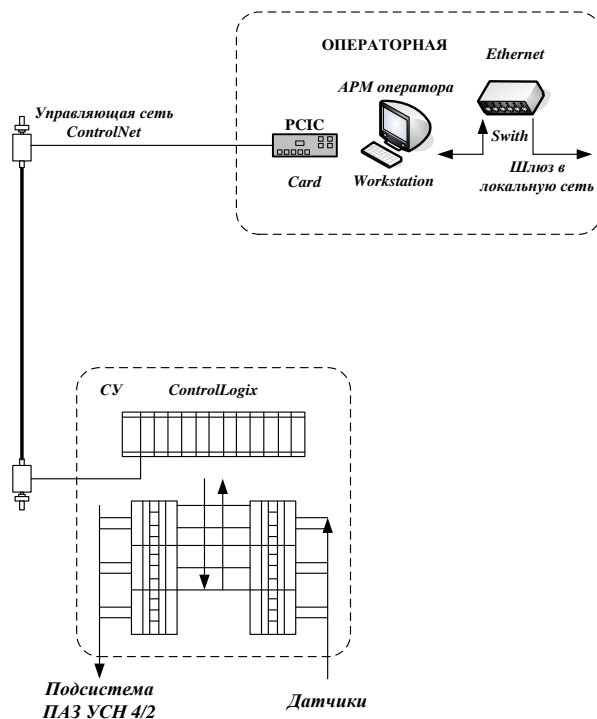


Рисунок 2.1 – Структура АСУТП

Нижним уровнем в данном случае будут датчики и исполнительные механизмы, расположенные непосредственно на колонне К-201 и двух стриппингах К-201/1,2. Средним уровнем, т.е. уровнем контроля, и управления в данном случае будет контроллер ControlLogix, который является промежуточным преобразователем сигналов. И последним верхним уровнем будет уровень автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора на котором происходит сбор данных, поступающих со среднего уровня.

Верхний уровень распределенной системы управления (PCU) и системы противоаварийной защиты (ПАЗ) установки УСН 4/2 строится на базе контроллеров. Нижний уровень PCU и системы ПАЗ базируется в основном на отечественном оборудовании КИП и А.

Система управления предназначена для выполнения функций автоматического управления, регулирования, контроля и защиты, обеспечивающих длительную безаварийную работу технологических процессов установки УСН 4/2.

Система управления осуществляет все функции, необходимые для обеспечения технологического процесса и его безопасности, а именно:

- 1) сбор, первичную обработку и хранение технической и технологической информации;
- 2) отображение значений важнейших параметров технологических процессов и оборудования;
- 3) контроль и регистрацию отклонений параметров процессов и оборудования от заданных значений;
- 4) звуковую и световую сигнализацию о нарушениях технологического процесса;
- 5) звуковую и световую сигнализацию срабатывания блокировок;
- 6) отображение по запросу оператора информации о текущих значениях технологических параметров в цифровом и графическом виде;
- 7) дистанционное управление исполнительными механизмами и оборудованием;
- 8) самодиагностику устройств системы управления с проверкой достоверности входных сигналов и проверкой цепей на короткое замыкание и обрыв.

Система позволяет конфигурирование на операторской станции в режиме ONLINE.

Система управления обеспечивает возможность безударного перехода регулирования с ручного на автоматический и обратно.

2.3 Монтаж средств автоматизации

2.3.1 ТСПУ Метран-276-Ех

Подключение ТСП к питающей (информационной) линии производится через штуцер кабельного ввода. Способ крепления ТСП: неподвижный штуцер М20х1,5 или К1/2; подвижный штуцер или свободная установка в патрубке; фланцевое соединение. Схема соединений чувствительного элемента термометра сопротивления: двухпроводная.

Прежде чем приступить к монтажу ТСП, необходимо осмотреть его. При этом необходимо проверить маркировку по взрывозащите и крепящие элементы, а также убедиться в целостности корпуса прибора.

Монтаж ТСП производится в соответствии со схемами внешних соединений. Линия связи может быть выполнена любым типом кабеля с медными проводниками сечением не менее 0,35 мм². Подключение кабеля связи производится через кабельный ввод, с последующим подсоединением жилы кабеля к стойкам в соответствии с их маркировкой.

При монтаже кабеля необходимо снять крышку, отвернуть гайку уплотнения кабельного ввода. После подсоединения жил кабеля к стойкам и его заделки завернуть гайку уплотнения кабеля ввода и поставить крышку на место, при необходимости произвести пломбирование.

После окончания монтажа ТСП необходимо проверить места соединений с магистралью на герметичность при максимальном рабочем давлении путем контроля за спадом давления. Спад давления за 15 мин не должен превышать 5% от максимального.

2.3.2 Метран-150

Точность измерения давления зависит от правильной установки датчика и соединительных трубок от места отбора давления до датчика. Соединительные трубки должны быть проложены по кратчайшему расстоянию. Отбор давления рекомендуется производить в местах, где скорость движения среды наименьшая, поток без завихрений, т.е. на прямолинейных участках трубопровода при максимальном расстоянии от запорных устройств, колен, компенсаторов и других гидравлических соединений.

При выборе места установки необходимо учитывать следующее:

1) датчики Метран-150 общепромышленного и кислородного исполнения нельзя устанавливать во взрывоопасных помещениях, датчики взрывозащищенного исполнения можно устанавливать во взрывоопасных помещениях;

2) места установки датчиков должны обеспечивать удобные условия для обслуживания и демонтажа.

Индикатор может быть установлен под разными углами с шагом в 90° для удобства считывания показаний. Установка индикатора делается следующим образом: необходимо сжать два зажима, вытянуть индикатор, повернуть его и поставить на место. Если при съеме индикатора соединительный разъем остался на индикаторе, его необходимо снять и установить в разъем платы ЦАП.

Соединительные линии должны иметь односторонний уклон (не менее 1:10) от места отбора давления, вверх к датчику, если измеряемая среда - газ и вниз к датчику, если измеряемая среда – жидкость. Если это невозможно, при измерении давления или разности давлений газа в нижних точках соединительной линии следует устанавливать отстойные сосуды, а при измерении давления или разности давлений жидкости в наивысших точках – газосборники. Отстойные сосуды рекомендуется устанавливать перед датчиком и в других случаях, особенно при длинных соединительных линиях и при расположении датчика ниже места отбора давления. При необходимости проведения продувки соединительных линий должны предусматриваться самостоятельные устройства, исключающие продувку через датчик.

В соединительных линиях от места отбора давления к датчику рекомендуется установить два вентиля или трехходовой кран для отключения датчика от линии и соединения его с атмосферой. Это упростит периодический контроль установки выходного сигнала, соответствующего нижнему значению измеряемого давления, и демонтаж датчика.

В соединительных линиях от сужающего устройства к датчику разности давлений рекомендуется установить на каждой из линий вентиль для соединения линии с атмосферой и вентиль для отключения датчика.

Присоединение датчика к соединительной линии осуществляется с помощью предварительно приваренного к трубке линии ниппеля или с помощью монтажного фланца для навинчивания на концы трубок линии.

Для снижения температуры измеряемой среды в рабочей полости датчика рекомендуется использовать специальные устройства (удлиненные импульсные линии, разделительные сосуды и т.д.).

После окончания монтажа датчиков, проверьте места соединений на герметичность при максимальном рабочем давлении. Корпус датчика всегда следует заземлять в соответствии с местными или действующими в данной отрасли промышленности правилами техники безопасности. Наиболее эффективным способом заземления корпуса датчика является прямое заземление проводом с минимальным импедансом.

2.3.3 ДМ5010Сг0Ех

Монтаж приборов должны производиться в соответствии с действующими «Правилами устройства электроустановок», «Инструкцией по монтажу электрооборудования взрывоопасных установок».

Размещение приборов при монтаже должно обеспечивать удобство заземления и периодическую его проверку. Присоединение приборов к источникам давления должно производиться с помощью подводящих трубопроводов и накидных гаек.

Ввод кабеля в клеммную камеру должен быть таким, чтобы при поджатии уплотнительного кольца нажимным фланцем, наружная оболочка кабеля выступала внутрь камеры на длину не менее 3 мм.

В качестве уплотнения в месте соединения приборов с подводящей давлением магистралью необходимо применять прокладки из кожи, свинца, мягкой меди или фибры.

Подключение к приборам электрической цепи производится четырехжильным кабелем от 4 до 10 мм. Одна жила кабеля служит для заземления. Сечение жил может быть от 0,2 до 1,5 мм². Электрическая цепь при подключении должна быть обесточена.

2.3.4 МТИ

Место установки манометра должно обеспечивать удобство обслуживания и хорошую видимость шкалы. Манометр устанавливается в вертикальном положении. Предельно допустимый угол наклона манометра от вертикального положения 10 градусов в любую сторону.

Монтаж манометра следует производить за штуцер – для манометров без фланца на корпусе; за фланец – для манометров с фланцем на корпусе.

В качестве уплотнения в месте соединения манометров с источником давления необходимо применять прокладки – шайбы из кожи, фибры, свинца или мягкой меди. Не допускается применение для уплотнения пакли и сурика.

2.4 Наладка средств автоматизации

2.4.1 ТСПУ Метран-276-Ех

Проверка сопротивления изоляции производится с помощью мегаомметра, напряжением 100 В. Величина сопротивления изоляции должна быть не менее 100 МОм при температуре окружающего воздуха $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности не более 80%.

Перед включением ТСП необходимо убедиться в соответствии их установки и монтажа. Подача питающего напряжения и передача информационного сигнала производится через клеммы корпуса и кабельный ввод.

Через 30 мин, после включения электропитания необходимо убедиться в наличии выходного сигнала с помощью миллиамперметра постоянного тока, подключенного в разрыв цепи внешней нагрузки.

2.4.2 Метран-150

По окончании монтажа должны быть проверены электрическое сопротивление изоляции между объединенными электрическими цепями и корпусом датчика (не менее 5 МОм) и электрическое сопротивление линии заземления – не более 4 Ом.

Через 0,5 мин после включения электрического питания необходимо проверить и, при необходимости, провести корректировку значения выходного сигнала, соответствующего нижнему пределу измерений. Эта корректировка должна производиться после подачи и сброса измеряемого параметра, составляющего 80-100% верхнего предела измерений.

Настройка датчика включает следующие операции:

- 1) настройка выходных параметров датчика: установка единиц измерения; установка характеристики выходного сигнала; перенастройка диапазона измерений; настройка времени усреднения выходного сигнала (демпфирование);
- 2) калибровка аналогового выхода;
- 3) калибровка сенсора.

Датчики имеют внешнюю кнопку для корректировки смещения характеристики датчика (калибровка «нуля») от монтажного положения на объекте или статического давления, расположенную на корпусе электронного преобразователя.

Сообщения на дисплее индикатора формируются по выбору на русском или английском языках.

2.4.3 Манометры

По окончании монтажа необходимо проверить сопротивление изоляции и сопротивление заземления. Установка сигнальных стрелок на требуемые отметки шкалы осуществляется от руки путем вращения кнопки в узле настройки, укрепленном на стекле, с помощью отвертки.

Предел измерения избыточного давления не должен быть более $3/4$ верхнего предела измерения при постоянном давлении и $2/3$ верхнего предела при переменном давлении.

2.5 Эксплуатация средств автоматизации

2.5.1 ТСПУ Метран-276-Ех

К эксплуатации ТСП должны допускаться лица, усвоившие руководство по эксплуатации и прошедшие необходимый инструктаж.

Во время эксплуатации изделие должно подвергаться периодическому внешнему, а также профилактическим осмотрам.

При внешнем осмотре необходимо проверять:

- 1) целостность оболочки электрооборудования и кабеля, отсутствие на них повреждений;
- 2) наличие пломбировки стопорного устройства крышки;
- 3) наличие маркировки взрывозащиты.

Периодичность профилактических осмотров зависит от условий эксплуатации, но не должна быть реже одного раза в месяц. Одновременно с внешним осмотром может производиться уход за ТСП, не требующий его отключения от сети, например, подтягивание болтов и гаек.

2.5.2 Метран-150

Для датчиков Метран-150 реализованы специальные команды: команда калибровки сенсора, команда чтения уникальных параметров датчика, ввод пароля, чтение состояния вывода на дисплей, запись состояния вывода на дисплей.

При эксплуатации датчиков в диапазоне минусовых температур необходимо исключить: накопление и замерзание конденсата в рабочих камерах и внутри соединительных трубок (при измерении параметров газообразных сред).

В режиме измерения давления на дисплее индикатора отображаются:

- 1) значение измеряемого давления в цифровом виде в установленных при настройке единицах измерения;
- 2) единицы измерения давления: мм рт.ст., мм вод.ст., бар, кгс/см², кгс/м², Па, кПа, МПа; % от диапазона изменения выходного сигнала;
- 3) предупреждения или диагностические сообщения.

При проверке датчиков на месте эксплуатации, как правило, проверяется и при необходимости корректируется выходной сигнал, соответствующий нижнему пределу измерений, проверка герметичности осуществляется путем визуального осмотра мест соединений, а проверка работоспособности контролируется по наличию изменения выходного сигнала при изменении измеряемого параметра.

Техническое обслуживание датчиков заключается, в основном в периодической поверке и, при необходимости, в сливе конденсата или удалении воздуха из рабочих камер датчика, проверке технического состояния датчика.

Необходимо следить за тем, чтобы трубки соединительных линий и вентили не засорились и были герметичны. В трубках и вентиллях не должно быть пробок газа (при измерении разности давлений жидких сред) или жидкости (при измерении разности давлений газа). С этой целью трубки рекомендуется периодически продувать, не допуская при этом перегрузки датчика; периодичность устанавливается потребителем в зависимости от условий эксплуатации.

В процессе эксплуатации датчики должны подвергаться систематическому внешнему осмотру, а также периодическому осмотру, ремонту.

При внешнем осмотре необходимо проверить:

- 1) целостность оболочки, отсутствие на ней коррозии и других повреждений;
- 2) наличие всех крепежных деталей и их элементов;
- 3) наличие маркировки взрывозащиты и предупредительных надписей (для датчиков взрывозащищенного исполнения);

4) состояние заземления, заземляющие болты должны быть затянуты, на них не должно быть ржавчины. В случае необходимости они должны быть очищены.

Эксплуатация датчиков с повреждениями и другими неисправностями категорически запрещается.

2.5.3 Манометры

К эксплуатации манометров должны допускаться лица, усвоившие инструкцию по эксплуатации и прошедшие необходимый инструктаж. При этом необходимо руководствоваться «Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)», «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ)».

При эксплуатации ДМ5010Сг0Ех корпус приборов должен быть заземлен.

В процессе эксплуатации приборы следует подвергать осмотру. При этом необходимо обратить внимание:

- 1) на целостность корпуса, стекла, отсутствие на них вмятин, трещин, коррозии и др. повреждений;
- 2) на наличие всех крепящих элементов (винты, гайки, шайбы), их затяжку;
- 3) на наличие средств уплотнения;
- 4) на наличие знаков взрывозащиты;
- 5) на наличие и состояние заземляющего устройства.

Периодичность профилактических осмотров приборов устанавливается в зависимости от производственных условий, но не реже 1 раза в 3 месяца. При необходимости на шкале манометра допускается наличие одной или двух отметок разного цвета, ограничивающих пределы допускаемого рабочего давления.

2.6 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации представлена на чертеже в приложении А.

Нагретая в печи П-201 нефть с температурой 290-325°C поступает в виде питания в нижнюю часть колонны К-201. Для измерения температуры питания (310-320°C) используется датчик температуры типа ТСПУ Метран-276-Ех (позиция 4). Так как в секции питания колонны происходит однократное испарение, то часть низкокипящих целевых фракций попадает в остаток колонны. С целью испарения этих фракций в колонне К-201 применена перегонка с водяным паром. Вниз колонны подается перегретый водяной пар из пароперегревателя печи с температурой 380°C. Для регулирования подачи пара (0,8-1,6 т/ч) используется преобразователь Метран-150СD (позиция 3б). Для регулирования подачи на первую тарелку холодной фракции Н.К.-205°C (22-42 м³/ч) в виде острого орошения используется преобразователь Метран-150СD (позиция 10б-1), с коррекцией от датчика температуры типа ТСПУ Метран-276-Ех (позиция 10б-2), который измеряет текущее значение температуры (130-170°C) верха колонны. С верха колонны пары фракции Н.К.-205°C в смеси с водяным паром по шлемовой трубе поступают в холодильники-конденсаторы с воздушным охлаждением ВХК-201/1,2,3, работающие параллельно. Сигнализация минимального значения давления (1,0 кгс/см²) фракции Н.К.-205°C в смеси с водяным паром осуществляет манометр электроконтактный ДМ5010Сг0Ех (позиция 9). Фракция 140-240°C выводится по боковому перетоку с 13-ой тарелки колонны и поступает в верхнюю часть отпарной колонны К-201/1. Для измерения текущего значения температуры (170-190°C) фракции 140-240°C используется датчик температуры типа ТСПУ Метран-276-Ех (позиция 12). Для снятия избыточного тепла в средних сечениях колонны в зонах отборов фракции 140-240°C и фракции 180-300(360)°C используются два потока циркуляционных орошений. Для контроля и регулирования двух потоков циркуляционных орошений (64-120 м³/ч) (92-177 м³/ч) используются преобразователи Метран-150СD (позиция 5б-1 и 6б-1), с коррекцией от датчи-

ков температуры типа ТСПУ Метран-276-Ех (позиция 5б-2 и 6б-2) (170-190°С) (230-260°С). Фракция 180-300(360)°С выводится по боковому перетоку с 25-ой тарелки колонны К-201 с температурой вывода 235-260°С и поступает в верхнюю часть отпарной колонны К-201/2. Для измерения текущего значения температуры (235-260°С) фракции 180-300(360)°С используется датчик температуры типа ТСПУ Метран-276-Ех (позиция 14). Для измерения текущего значения температуры низа колонны (290-315°С) используется датчик температуры типа ТСПУ Метран-276-Ех (позиция 1). Для местного контроля давления низа колонны используется технический манометр типа МТИ (позиция 17). Контроль и сигнализация предельных значений давления верха колонны (мак. 4,0 кгс/см²; мин. 0,7 кгс/см²) осуществляет датчик Метран-150СГ (позиция 8). Контроль давления низа колонны (1,8-2,6 кгс/см²) осуществляет датчик Метран-150СГ (позиция 16). Сигнализация максимального значения давления верха колонны (2,2 кгс/см²) осуществляет манометр электроконтактный ДМ5010Сг0Ех (позиция 7). Отбензиненная нефть с куба колонны К-201 с температурой 290-315°С поступает на приём насосов Н-210/1,2. Контроль и сигнализация предельных значений уровня в разных местах колонны осуществляет преобразователь уровня Метран-150L (позиция 2, 11, 13, 15) (мак. 62%, мин. 7%; мак. 73%, мин. 50%; мак. 75%, мин. 37%; мак. 62%, мин. 7,5%).

Для измерения текущего значения температуры верха колонны К-201/1 (175-200°С) используется датчик температуры типа ТСПУ Метран-276-Ех (позиция 20). Для измерения текущего значения температуры низа колонны К-201/1 (190-215°С) используется датчик температуры типа ТСПУ Метран-276-Ех (позиция 23). Контроль давления верха колонны К-201/1 (1,7-2,3 кгс/см²) осуществляет датчик Метран-150СГ (позиция 21). Для местного контроля давления верха колонны К-201/1 используется технический манометр типа МТИ (позиция 22). Контроль и сигнализация предельных значений уровня верха и низа колонны К-201/1 осуществляет преобразователь уровня Метран-150L (позиция 18а, 19) (мак. 82%, мин. 66%). Регулирование подачи фракция 140-240°С в колонну К-201/1 происходит по уровню в стриппинге (позиция 18а).

Для измерения текущего значения температуры верха колонны К-201/2 (240-265°С) используется датчик температуры типа ТСПУ Метран-276-Ех (позиция 26). Для измерения текущего значения температуры низа колонны К-201/2 (245-280°С) используется датчик температуры типа ТСПУ Метран-276-Ех (позиция 29). Контроль давления верха колонны К-201/2 (1,7-2,1 кгс/см²) осуществляет датчик Метран-150СG (позиция 27). Для местного контроля давления верха колонны К-201/2 используется технический манометр типа МТИ (позиция 28). Контроль и сигнализация предельных значений уровня верха и низа колонны К-201/2 осуществляет преобразователь уровня Метран-150L (позиция 24а, 25) (макс. 80%, мин. 20%). Регулирование подачи фракция 180-300(360)°С в колонну К-201/2 происходит по уровню в стриппинге (позиция 24а).

От датчиков сигнал передается на контроллер ControlLogix, который при необходимости вырабатывает сигнал на клапаны (позиция 3в, 5в, 6в, 10в, 18б, 24б) для регулирования расхода. Также, при необходимости, контроллер сигнализирует о минимальном и максимальном значении давления и уровня.

2.7 Схема внешних соединений

Схема внешних соединений представлена на чертеже в приложении А.

Схема внешних соединений – комбинированная схема, на которой показаны электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании, вне щитов и на щитах, а также подключения проводок к приборам и щитам.

Атмосферная колонна К-201 и два стриппинга К-201/1,2 относятся к классу взрывоопасной зоны В-1г, поэтому в работе необходимо применять взрывозащищенные кабели и оборудование.

Приборы Метран-150СG, Метран-150L, Метран-150СD и ТСПУ Метран-276-Ех подключаются к соединительным коробкам СК1, СК2, СК3, СК4 и СК5 кабелем КВВГЭнг 4х1 (позиции 1-17, 20-29), общей длиной 320 метров.

Манометры электроконтактные ДМ5010Сг0Ех подключаются к операторной кабелем КВВГнг 4х1 (позиция 18,19), общей длиной 400 метров.

От соединительных коробок СК1, СК3, СК4 и СК5 к операторной проложены многожильные кабели КВВГЭнг 14х1 (позиция 30, 32-34), общей длиной 800 метров. От соединительной коробки СК2 к операторной проложен многожильный кабель КВВГЭнг 19х1 (позиция 31) длиной 200 метров.

Кабели КВВГЭ – кабели контрольные с медными жилами с ПВХ изоляцией, экранированные, в ПВХ оболочке.

Кабели КВВГ – кабели контрольные с медными жилами с ПВХ изоляцией в ПВХ оболочке.

Расшифровка кабеля КВВГЭнг ХхУ:

- 1) К – кабель контрольный;
- 2) В – изоляция жил из поливинилхлоридного пластиката;
- 3) В – оболочка из поливинилхлоридного пластиката;
- 4) Г – отсутствие защитных покровов;
- 5) Э – экранированный;
- 6) нг – оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести
- 7) Х – число жил;
- 8) У – сечение жилы.

Кабели КВВГЭ предназначены для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660 В частоты до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В.

2.8 Структурная схема контроллера

Структурная схема контроллера представлена на рисунке 2.2. Контроллер в работе используется серии ControlLogix. В комплект контроллера входит: модуль дискретных входов 1756-IC16, модуль дискретных выходов 1756-OV16E,

три модуля аналоговых входов 1756-IF16, модуль питания 1756-PB72/C, модуль процессора 1756-L55M23 и шасси 1756-A7.

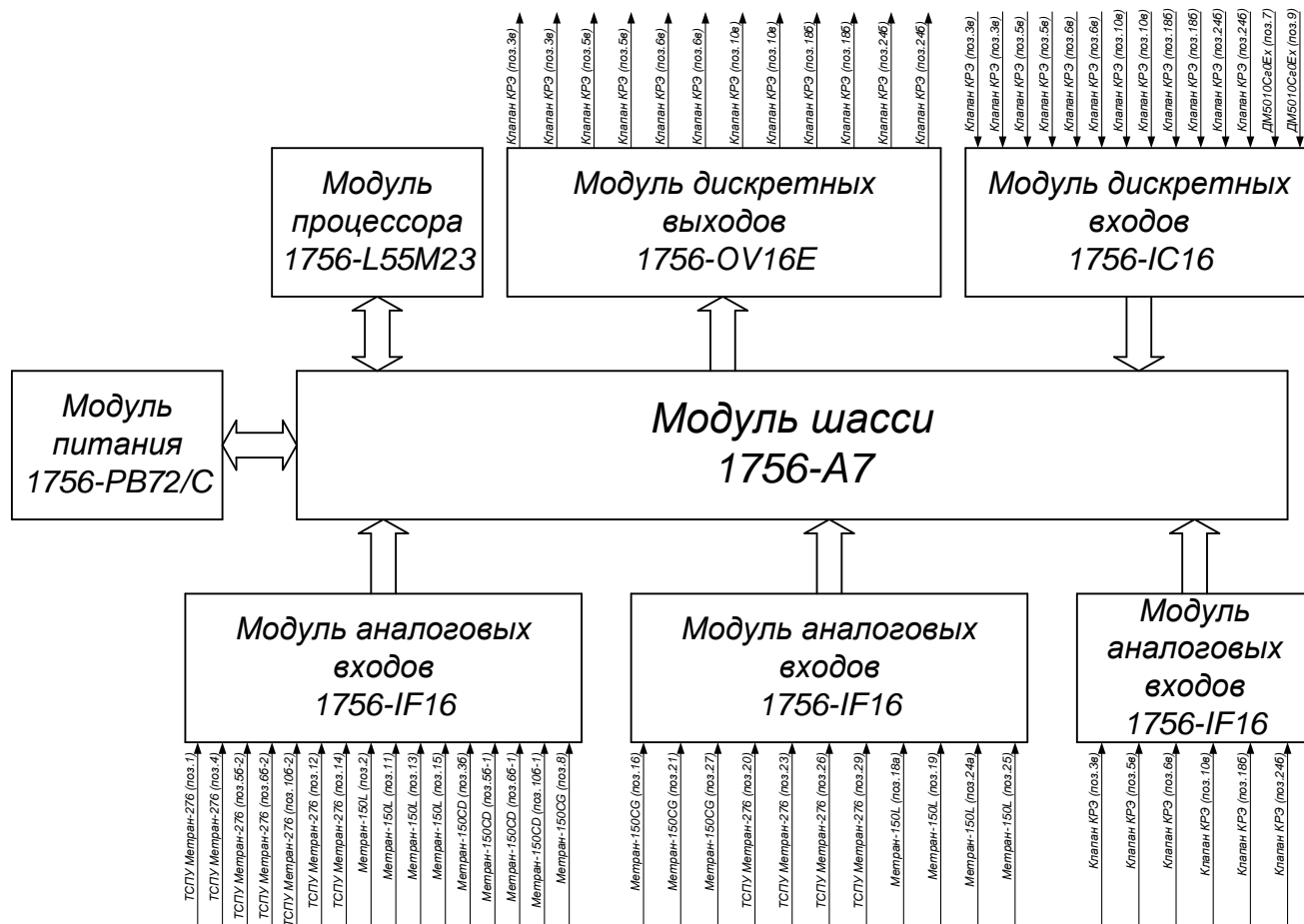


Рисунок 2.2 – Структурная схема контроллера серии ControlLogix

От датчиков Метран-150CG, Метран-150L, Метран-150CD, ТСПУ Метран-276-Ех и от электроприводных регулирующих клапанов типа КРЭ сигнал передается на модули аналоговых входов 1756-IF16. На модуль дискретных входов 1756-IC16 сигнал передается от электроконтактных манометров ДМ5010Сг0Ех и от электроприводных регулирующих клапанов типа КРЭ. От модуля дискретных выходов 1756-OV16Е сигнал передается на электроприводные регулирующие клапана типа КРЭ.

Выводы по разделу два:

Был произведен анализ и выбор средств автоматизации для измерения и регулирования основных параметров колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2. Рассмотрена структура автоматизированной системы управления технологическим процессом. Описан монтаж выбранных средств автоматизации, их наладка и эксплуатация. Подробно изучена функциональная схема автоматизации колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2 и схема внешних соединений. Также рассмотрена структурная схема контроллера.

3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ. РАСЧЕТ САР ТЕМПЕРАТУРЫ ВЕРХА КОЛОННЫ К-201

3.1 Математическая модель САР

Разработанная система автоматического регулирования температуры верха колонны К-201 должна быть устойчивой и обладать необходимым качеством. Для определения устойчивости и качества системы необходимо определить ее математическую модель. Математическую модель системы определяют по структурной схеме САР. Поэтому представим САР разработанную на функциональной схеме автоматизации в виде структурной схемы (рисунок 3.1).

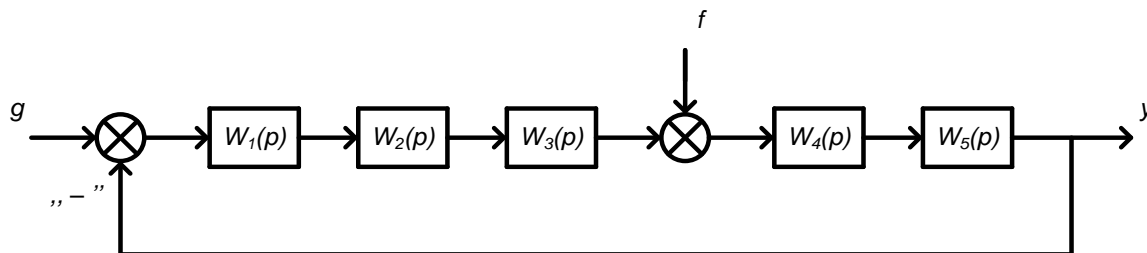


Рисунок 3.1 – Структурная схема САР

На рисунке 3.1 представлены: $W_1(p)$ – математическая модель автоматического регулятора; $W_2(p)$, $W_3(p)$ – математическая модель исполнительного механизма и регулирующего клапана; $W_4(p)$ – математическая модель объекта регулирования; $W_5(p)$ – математическая модель датчика; y – регулируемый параметр; g – заданное значение; f – возмущающее воздействие.

Так как в структурной схеме два входных воздействия, задание и возмущение, то математическую модель определяют дважды.

Математическая модель по задающему воздействию:

$$W_g(p) = \frac{W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot W_4(p) \cdot W_5(p)}{1 + W_4(p) \cdot W_5(p) \cdot W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p)} \quad (3.1)$$

Математическая модель по возмущающему воздействию:

$$W_f(p) = \frac{W_4(p) \cdot W_5(p)}{1 + W_4(p) \cdot W_5(p) \cdot W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p)} \quad (3.2)$$

По динамическим свойствам объекты управления (регулирования) можно разделить на три группы. Определение динамических свойств объектов управления возможно аналитическим или экспериментальным способом. При аналитическом способе необходимо знать уравнение физико-химических процессов проходящих в объекте и характеризующих взаимосвязь между входными и выходными величинами. Получение таких уравнений – это сложная научно-аналитическая работа. Поэтому часто используют экспериментальный способ. При экспериментальном способе многократно получают график переходной характеристики. Данные усредняются, и по полученному графику определяется уравнение объекта.

В данном случае объект управления относится ко второй группе. Строим график переходной характеристики (рисунок 3.2).

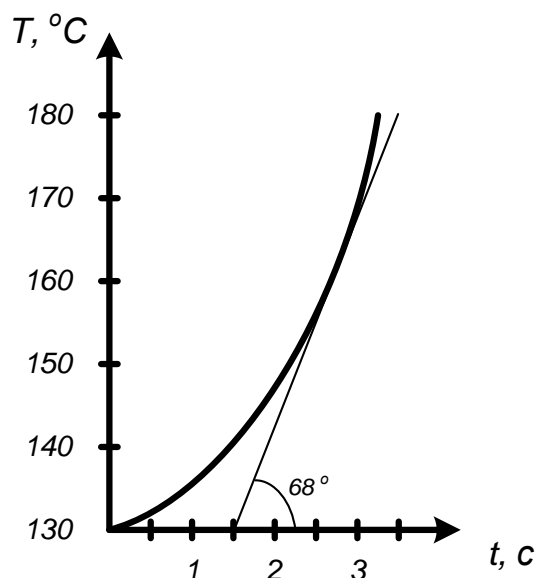


Рисунок 3.2 – График переходной характеристики объекта регулирования

Анализ графика показывает (см. рисунок 3.2), что по динамическим свойствам объект управления соответствует последовательному соединению интегрирующего звена и звена запаздывания.

Таким образом, математическая модель объекта управления:

$$W_4(p) = \frac{1}{Tp} e^{-p\tau}, \quad (3.3)$$

где T – постоянная времени;

τ – запаздывание.

Численные значения коэффициентов T , τ определяем по графику (см. рисунок 3.2):

$$T = \frac{1}{\operatorname{tg}(68^\circ)} = \frac{1}{2,5} = 0,4$$

$$\tau = 1,5$$

Подставляем численные значения коэффициентов в формулу (3.3) и получаем математическую модель объекта управления:

$$W_4(p) = \frac{1}{0,4p} e^{-1,5p}$$

Математическую модель автоматического регулятора определяем из закона регулирования:

$$y = k\varepsilon, \quad (3.4)$$

где k – коэффициент усиления;

ε – рассогласование.

Так как математическую модель удобно представить в виде передаточной функции, то для ее определения выполним преобразование Лапласа:

$$y(p) = k\varepsilon(p)$$

Передаточная функция – это отношение изображения по Лапласу выходной величины к изображению входной величины. Для автоматического регулятора передаточная функция:

$$W_1(p) = \frac{y(p)}{\varepsilon(p)} = k \quad (3.5)$$

Параметром настройки П-регулятора является коэффициент усиления k . Численное значение параметра настройки можно получить аналитически или приближенно по эмпирическим формулам ВТИ.

Определим характеристику объекта. Так как математическая модель объекта регулирования:

$$W_4(p) = \frac{1}{0,4p} e^{-1,5p}$$

Следовательно $k_{об}=1$; $T_{об}=0,4$; $\tau_{об}=1,5$. Тогда характеристика объекта:

$$\frac{\tau_{об}}{T_{об}} = \frac{1,5}{0,4} = 3,75 > 1,5$$

Предел пропорциональности:

$$\delta = 2k_{o\delta} \quad (3.6)$$

$$\delta = 2 \cdot 1 = 2$$

Определим коэффициент усиления регулятора:

$$k_p = \frac{1}{\delta} \quad (3.7)$$

$$k_p = \frac{1}{2} = 0,5$$

Таким образом, математическая модель автоматического регулятора по формуле (3.5):

$$W_1(p) = 0,5$$

В системах автоматического регулирования в качестве исполнительных механизмов нашли применение электродвигатели переменного тока. Динамические свойства электродвигателей определяются дифференциальным уравнением:

$$T_m \frac{dQ}{dt} + Q = k_p U, \quad (3.8)$$

где T_m – электромеханическая постоянная времени электродвигателя;

k_p – коэффициент передачи электродвигателя;

U – напряжение;

Q – угловая скорость ротора.

Электромеханическая постоянная времени T_m в зависимости от инерционности объекта регулирования может быть в пределах от 0,006 до 2 секунд. В работе время запаздывания объекта регулирования $\tau_{об}=1,5$. Поэтому принимаем $T_m=1$. Коэффициент передачи электродвигателя k_p по техническим характеристикам может быть в пределах от 1 до 10. Определим передаточную функцию исполнительного механизма, для этого выполним преобразование Лапласа уравнения (3.8):

$$T_m p Q(p) + Q(p) = k_p U(p)$$

Тогда передаточная функция:

$$W_2(p) = \frac{Q(p)}{U(p)} = \frac{k_p}{T_m p + 1} \quad (4.9)$$

$$W_2(p) = \frac{2}{p + 1}$$

Математическую модель регулирующего органа определяем по форме расходной характеристики при $n=0$ (рисунок 3.3):

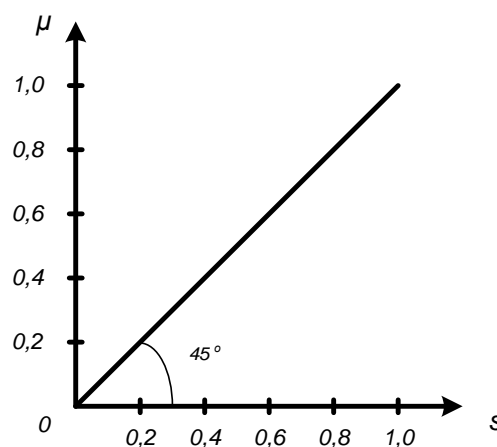


Рисунок 3.3 – Расходная характеристика РО с равнопроцентной пропускной характеристикой

По динамическим свойствам регулирующий орган соответствует усилительному звену. Следовательно, его передаточная функция:

$$W_3(p) = k_3 \quad (3.10)$$

Коэффициент усиления k_3 определяем по графику расходной характеристики (см. рисунок 3.3):

$$k_3 = \operatorname{tg}(45^\circ) = 1$$

$$W_3(p) = 1$$

В работе измерительный преобразователь – это датчик температуры ТСПУ Метран-276-Ех. По динамическим свойствам датчик соответствует апериодическому звену.

Математическая модель датчика:

$$W_5(p) = \frac{k_5}{T_5 p + 1} \quad (3.11)$$

Так как датчик не должен оказывать влияния на динамические свойства системы, то его коэффициент усиления равен единице и принимаем $T_5=0,5$:

$$W_5(p) = \frac{1}{0,5 p + 1}$$

Определяем математическую модель системы автоматического регулирования по задающему воздействию (3.1) и возмущающему воздействию (3.2):

$$W_g(p) = \frac{0,5 \cdot \frac{2}{p+1} \cdot 1 \cdot \frac{1}{0,5p+1} \cdot \frac{1}{0,4p} \cdot e^{-1,5p}}{1 + \frac{1}{0,5p+1} \cdot 0,5 \cdot \frac{2}{p+1} \cdot 1 \cdot \frac{1}{0,4p} \cdot e^{-1,5p}} = \frac{e^{-1,5p}}{0,2p^3 + 0,6p^2 + 0,4p + e^{-1,5p}}$$

$$W_f(p) = \frac{\frac{1}{0,5p+1} \cdot \frac{1}{0,4p} \cdot e^{-1,5p}}{1 + \frac{1}{0,5p+1} \cdot 0,5 \cdot \frac{2}{p+1} \cdot 1 \cdot \frac{1}{0,4p} \cdot e^{-1,5p}} = \frac{e^{-1,5p} \cdot (p+1)}{0,2p^3 + 0,6p^2 + 0,4p + e^{-1,5p}}$$

3.2 Устойчивость САР

Система будет устойчивой, если годограф Михайлова при изменении ω от 0 до $+\infty$ проходит последовательно против часовой стрелки n четвертей комплексной плоскости, начинаясь на положительной вещественной полуоси, где n – максимальная степень характеристического уравнения.

Характеристическое уравнение имеет вид:

$$0,2p^3 + 0,6p^2 + 0,4p + e^{-1,5p} = 0$$

Определяем функцию Михайлова:

$$\begin{aligned} F(i\omega) &= 0,2(i\omega)^3 + 0,6(i\omega)^2 + 0,4(i\omega) + e^{-1,5(i\omega)} = -0,2i\omega^3 - 0,6\omega^2 + 0,4i\omega + e^{-1,5i\omega} = \\ &= (-0,6\omega^2 + \cos 1,5) + i(-0,2\omega^3 + 0,4\omega - \sin 1,5) = (-0,6\omega^2 + 0,9) + i(-0,2\omega^3 + 0,4\omega - 0,026) \end{aligned}$$

Строим годограф Михайлова (рисунок 3.4):

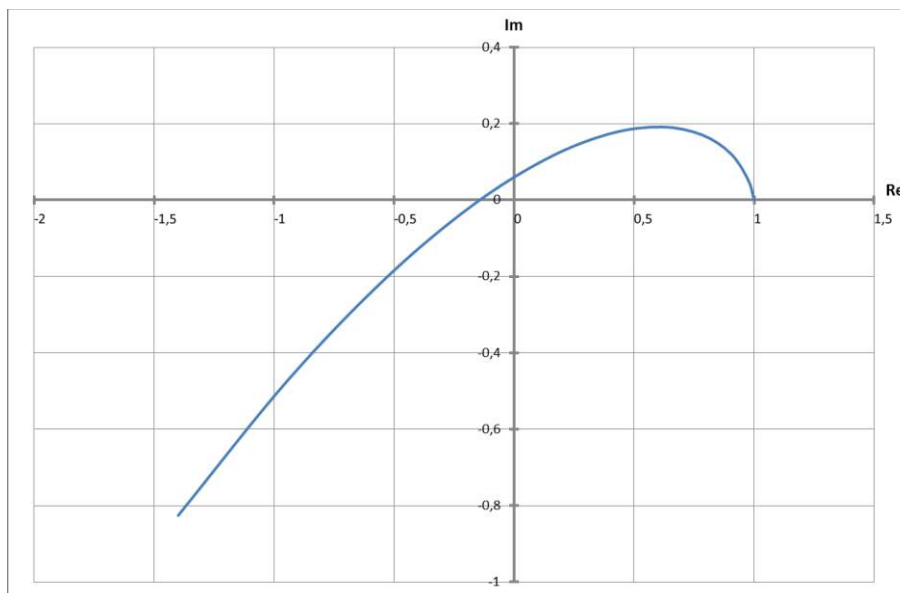


Рисунок 3.4 – Годограф Михайлова

Годограф проходит последовательно 3 четверти, начинаясь на положительной вещественной полуоси – это означает, что САУ устойчивая.

Запас устойчивости по критерию Михайлова равен радиусу окружности R , в которую не должна заходить кривая Михайлова. Центром окружности является «опасная» точка – начало координат (рисунок 3.5).

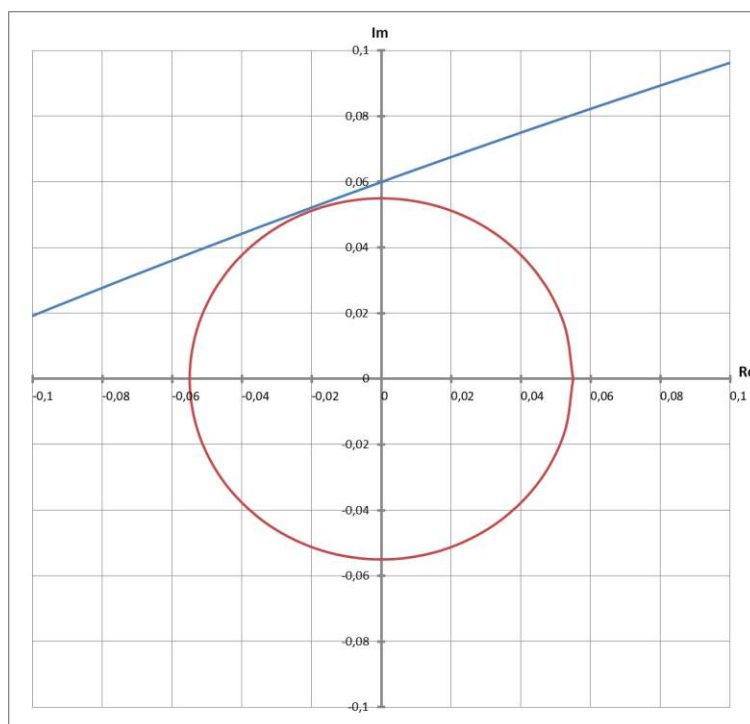


Рисунок 3.5 – Запас устойчивости при использовании критерия Михайлова

Запас устойчивости составляет:

$$\Delta R \approx 0,055$$

Определим критический коэффициент. Система будет на границе устойчивости, если годограф Михайлова проходит через точку $[0;0]$.

$$\begin{cases} -0,6\omega^2 + k = 0 \\ -0,2\omega^3 + 0,4\omega - 0,026 = 0 \end{cases}$$

$$-0,2\omega^3 + 0,4\omega = 0,026$$

$$\omega(-0,2\omega^2 + 0,4) = 0,026$$

$$\omega = 0,026 \quad \omega^2 = 1,87$$

$$-0,6 \cdot 1,87 + k = 0$$

$$k = 1,122$$

3.3 Качество САР

Для определения показателей качества построим два графика переходного процесса по задающему и возмущающему воздействиям в среде Mathcad.

Характеристическое уравнение имеет вид (знаменатель передаточной функции по задающему воздействию):

$$A(p) := 0.2 \cdot p^3 + 0.6 \cdot p^2 + 0.4 \cdot p + e^{-1.5}$$

Рассчитываем производную от характеристического уравнения:

$$Q(p) := 0.6 \cdot p^2 + 1.2 \cdot p + 0.4 + e^{-1.5}$$

Числитель передаточной функции по задающему воздействию:

$$B(p) := e^{-1.5}$$

Определяем корни характеристического полинома:

$p := -100$	$p1 := \text{root}(A(p), p)$	$p1 = -2.351$
$p := -10 + 50 \cdot i$	$p2 := \text{root}(A(p), p)$	$p2 = -0.324 + 0.608i$
$p := -10 - 50 \cdot i$	$p3 := \text{root}(A(p), p)$	$p3 = -0.324 - 0.608i$

Составляем вектор корней характеристического уравнения:

$$p := \begin{pmatrix} p1 \\ p2 \\ p3 \end{pmatrix}$$

Рассчитываем корни уравнения:

$$p = \begin{pmatrix} -2.351 \\ -0.324 + 0.608i \\ -0.324 - 0.608i \end{pmatrix}$$

Задаем перебором корней:

$$k := 0.. 2$$

Входное воздействие при построении переходной характеристики равно 1, следовательно, установившаяся составляющая:

$$y_0 := B(0) \div A(0) \quad (3.12)$$

$$y_0 = 1$$

Переходная составляющая:

$$y_p(t) := \sum_k \frac{B(p_k) \cdot \exp(p_k \cdot t)}{p_k \cdot Q(p_k)} \quad (3.13)$$

Переходная характеристика:

$$y(t) := y_0 + y_p(t) \quad (3.14)$$

Задаем значение времени и строим график переходного процесса по задающему воздействию (рисунок 3.6).

$$t := 0, 0.001.. 20$$

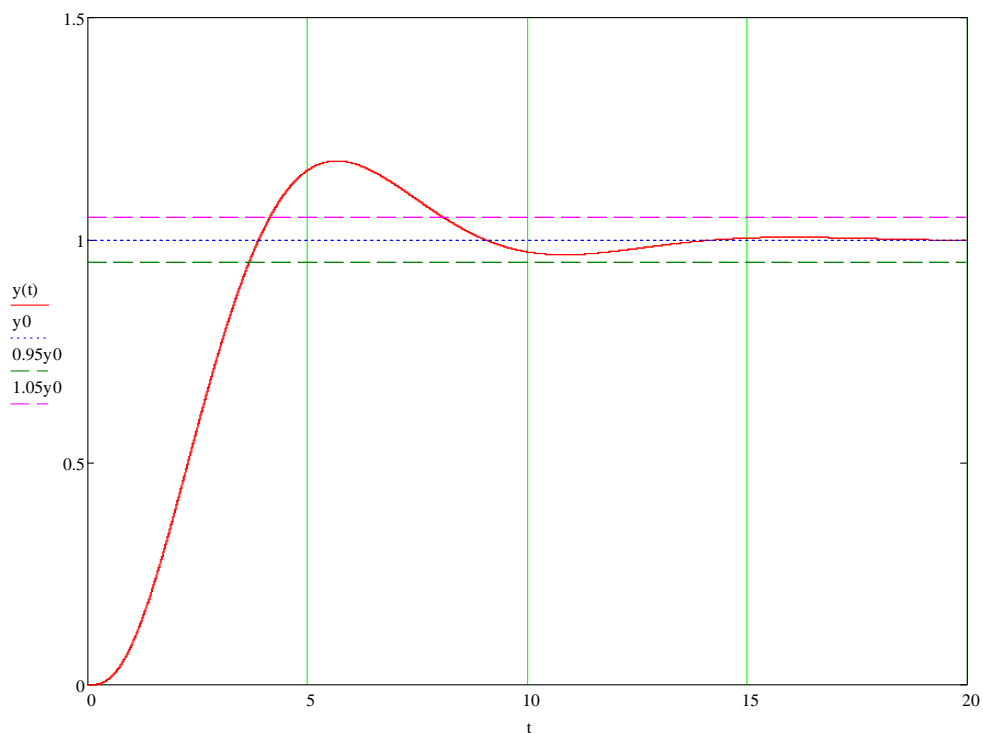


Рисунок 3.6 – График переходного процесса по задающему воздействию

Определим прямые показатели качества по задающему воздействию:

1) Длительность переходного процесса (время регулирования) – интервал времени от момента приложения ступенчатого воздействия до момента, после которого отклонения управляемой величины от ее нового установившегося значения становятся меньше некоторого заданного числа $\delta_n=5\%$.

$$t_n = 8,08 \text{ с}$$

2) Максимальное относительное отклонение (перерегулирование).

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{\infty}}{h_{\infty}} \cdot 100\% , \quad (3.15)$$

где h_{\max} – максимальное отклонение управляемой величины;

h_{∞} – установившееся значение управляемой величины.

$$\sigma = \frac{1,178-1}{1} \cdot 100\% = 17,8\%$$

Качество управления считается удовлетворительным, если перерегулирование не превышает 40%. В данном случае перерегулирование в пределах нормы.

3) Степень затухания.

$$\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1} = 1 - \frac{A_3}{A_1} \quad (3.16)$$

$$\psi = 1 - \frac{A_3}{A_1} = 1 - \frac{0,0081}{0,1778} = 0,95$$

Интенсивность затухания колебаний в системе считается удовлетворительной, если $\psi = 0,75 \dots 0,95$. В данном случае степень затухания входит в допустимый диапазон.

4) Колебательность – число переходов управляемой величины через ее установившееся значение за время переходного процесса.

$$N = 1$$

Приемлемым числом колебаний считается $N = 1, 2$ (допускается до 3, 4 колебаний).

Аналогично в среде Mathcad строим график переходного процесса по возмущающему воздействию (рисунок 3.7).

Числитель передаточной функции по возмущающему воздействию:

$$B(p) := e^{-1.5} \cdot (p + 1)$$

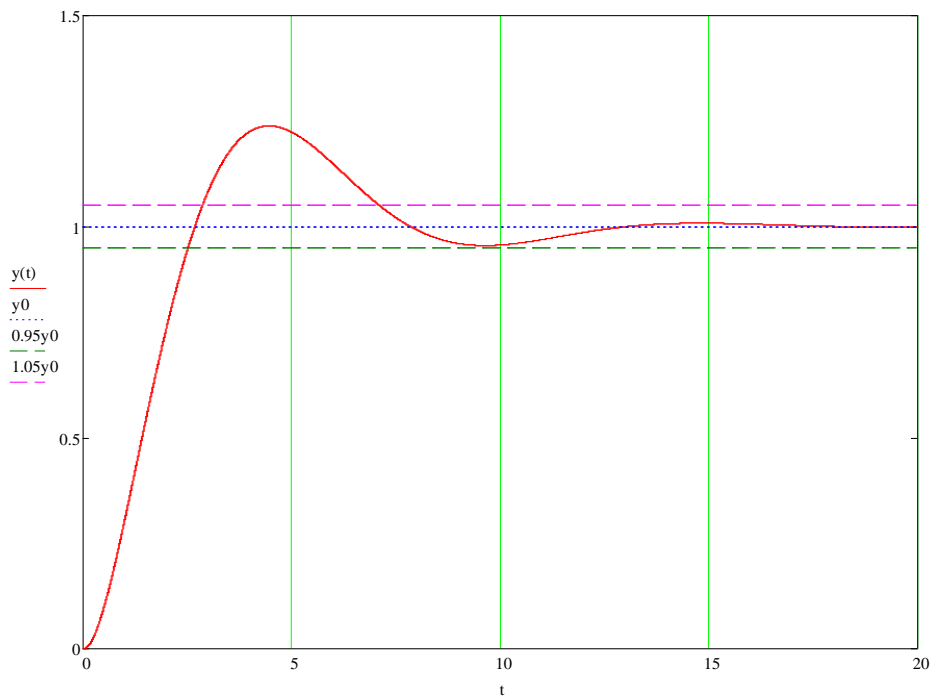


Рисунок 3.7 – График переходного процесса по возмущающему воздействию

Определим прямые показатели качества по возмущающему воздействию:

1) Длительность переходного процесса (время регулирования).

$$t_n = 7,09 \text{ с}$$

2) Максимальное относительное отклонение (перерегулирование).

$$\sigma = \frac{A_2}{A_1} \cdot 100\% \quad (3.15)$$

$$\sigma = \frac{0,0446}{0,2388} \cdot 100\% = 18,7\%$$

Качество управления считается удовлетворительным, если перерегулирование не превышает 40%. В данном случае перерегулирование в пределах нормы.

3) Динамический коэффициент регулирования – показывает, насколько эффективно компенсирующее действие регулятора на объект управления (регулирования).

$$R_d = \frac{h_{\max}}{k_o} \cdot 100\%, \quad (3.16)$$

где k_o – передаточный коэффициент объекта управления.

$$R_d = \frac{1,2388}{1} \cdot 100\% = 123,88\%$$

Выводы по разделу три:

В разделе произведен расчет системы автоматического регулирования (САР) температуры верха колонны К-201. По структурной схеме САР определена ее математическая модель по задающему и по возмущающему воздействию. По математической модели с помощью годографа Михайлова установлено, что САР устойчива. По графикам переходного процесса по задающему и возмущающему воздействиям определили прямые показатели качества системы. Исследование показателей качества системы показало, что разработанная система является качественной.

4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1 Расчет единовременных затрат

Перечень исходных данных предприятия разработчика для расчета единовременных затрат представлен в таблице 4.1. Приведенный перечень необходимой для расчета информации не является абсолютным и исчерпывающим.

Таблица 4.1 – Перечень исходных данных предприятия разработчика для расчета единовременных затрат

Показатель	Условн. обознач.	Значение
Годовой объем перерабатываемой нефти, тыс. т.	$Q_{\text{нефти}}$	2002,4
Расход электроэнергии на одну тонну нефти, кВт/час	$Q_{\text{эл.эн}}$	1,61
Стоимость 1 т. реагента, тыс. руб.	$\Pi_{\text{реаг.}}$	10
Расход реагента на 1 т. нефти, гр.	$Q_{\text{реаг.}}$	7
Зарботная плата разработчика, тыс. руб.	Z_0	40
Зарботная плата изготовителя, тыс. руб.	Z_{02}	42
Средняя зарботная плата обслуживающего персонала, тыс. руб.	$ZП$	30
Коэффициент доплат к зарботной плате, доли ед.	K_d	0,7
Районный коэффициент, доли ед.	K_p	0,7
Коэффициент отчисления в соц. фонды, доли ед.	$K_{\text{сн}}$	0,3
Время разработки системы, месяцы	$t_{\text{раз}}$	3
Время использования ЭВМ для разработки программы, час	t	384
Коэффициент накладных расходов, доли ед.	$K_{\text{н.раз}}$	0,04
Годовой фонд работы ЭВМ, час	$T_{\text{пол}}$	8760
Средняя зарботная плата персонала, обслуживающего ЭВМ, тыс. руб.	$ZП_{\text{ЭВМ}}$	40
Норма амортизационных отчислений ЭВМ, доли ед.	$N_{\text{ЭВМ}}$	0,2
Норма амортизационных отчислений здания, доли ед.	$N_{\text{зд}}$	0,02
Площадь, занимаемая ЭВМ, м ²	$S_{\text{зд}}$	6
Стоимость одного м ² здания, тыс. руб.	$C_{\text{зд}}$	10
Стоимость ЭВМ, тыс. руб.	$K_{\text{ЭВМ}}$	35
Коэффициент накладных расходов на эксплуатацию ЭВМ, доли ед.	$K_{\text{н.экс}}$	0,04
Потребляемая мощность ЭВМ, кВт	N	0,65
Стоимость кВт·часа, руб.	Π	4
Коэффициент затрат на ремонт ЭВМ (от стоимости), доли ед.	$K_{\text{тр.ЭВМ}}$	0,01
Затраты на материалы для эксплуатации ЭВМ, тыс. руб.	M	5,15
Коэффициент интенсивного использования мощности ЭВМ	K_M	0,8
Трудоёмкость изготовления, чел. час	$T_{\text{изг}}$	340

Примерный перечень элементов трудоемкости разработки представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Данные для расчета трудоемкости разработки

Стадии разработки	Трудоемкость, чел. час
Изучение патентов	34
Изучение литературных источников	68
Разработка технического задания	17
Разработка эскизного проекта	34
Разработка технического проекта	102
Разработка рабочего проекта	374
Внедрение проекта	51

По данным из таблицы 4.2 получаем значения трудоемкости разработки и программирования:

$$T_{раз} = 34 + 68 + 17 + 34 + 102 = 255 \text{ чел. час}$$

$$T_{прог} = 374 + 51 = 425 \text{ чел. час}$$

Подставляем исходные данные из таблицы 4.1 и значение трудоемкости разработки в формулу (4.1) и определяем затраты на разработку системы:

$$K_{раз} = 3 \cdot T_{раз} \cdot (1 + K_{\delta}) \cdot (1 + K_{p}) \cdot (1 + K_{сн}) \cdot (1 + K_{н.раз}) \quad (4.1)$$

$$K_{раз} = 40000 \cdot 1,5 \cdot (1 + 0,7) \cdot (1 + 0,7) \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,04) = 234436,8 \text{ руб.}$$

Определяем коэффициент перевода единиц времени:

$$K_{ч} = 8 \cdot 21 = 168 \text{ часов}$$

Подставляем данные из таблицы 4.1 в формулы (4.2) и (4.3) и получаем затраты на амортизацию (А) и затраты на ремонт (Т_р):

$$A = K_{\text{эвм}} \cdot H_{\text{эвм}} + C_{\text{зд}} \cdot S_{\text{зд}} \cdot H_{\text{зд}} \quad (4.2)$$

$$A = 35000 \cdot 0,2 + 10000 \cdot 6 \cdot 0,02 = 8200 \text{ руб.}$$

$$T_p = K_{\text{эвм}} \cdot K_{\text{тр.эвм}} \quad (4.3)$$

$$T_p = 35000 \cdot 0,01 = 350 \text{ руб.}$$

Определяем затраты на электроэнергию, потребляемую ЭВМ за год эксплуатации по формуле (4.4):

$$\mathcal{E} = \mathcal{C} \cdot T_{\text{пол}} \cdot N \cdot K_m \quad (4.4)$$

$$\mathcal{E} = 4 \cdot 8760 \cdot 0,65 \cdot 0,8 = 18220,8 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы определяем по формуле (4.5) и представляем в виде таблицы 4.3.

$$M = \sum_{i=1}^n \mathcal{C}_i \cdot M_i, \quad (4.5)$$

где i – вид материала;

\mathcal{C}_i – цена i -того материала, руб.;

M_i – количество i -го материала.

n – количество используемых видов материалов для ЭВМ, шт.

Таблица 4.3 – Перечень и стоимость материалов используемых для ЭВМ

Наименование материала	Количество в год	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
Флэш-накопитель, штук	6	500	3000
Красящая лента, катушки	3	200	600
Бумага, уп.	5	250	1250
Чистящий набор для компьютера, шт	2	150	300
Итого:			M=5150

В годовые эксплуатационные затраты по обслуживанию ЭВМ входят также накладные расходы, которые рассчитываются по формуле (4.6):

$$H_{р\acute{э}кс} = 12 \cdot 3П_{\acute{э}вм} \cdot (1 + K_{\delta}) \cdot (1 + K_{p}) \cdot K_{н\acute{э}кс} \quad (4.6)$$

$$H_{р\acute{э}кс} = 12 \cdot 40000 \cdot (1 + 0,7) \cdot (1 + 0,7) \cdot 0,04 = 55488 \text{ руб.}$$

Далее используя полученные данные (А, Э, М, Т_р и Н_{р\acute{э}кс}), находим эксплуатационные расходы S_{экс} по формуле (4.7):

$$S_{\acute{э}кс} = 3П \cdot (1 + K_{\delta}) \cdot (1 + K_{p}) \cdot (1 + K_{сн}) + A + T_{p} + \acute{э} + M + H_{р\acute{э}кс} \quad (4.7)$$

$$S_{\acute{э}кс} = 30000 \cdot 1,7 \cdot 1,7 \cdot 1,3 + 8200 + 350 + 18220,8 + 5150 + 55488 = 200118,8 \text{ руб.}$$

Подставим данные в формулу (4.8) и получим стоимость одного машино-часа:

$$C_{мч} = \frac{S_{\acute{э}кс}}{T_{пол}} \quad (4.8)$$

$$C_{мч} = \frac{200118,8}{8760} = 22,845 \text{ руб./ч.}$$

Затраты на разработку программного обеспечения рассчитываем по формуле (4.9):

$$K_{\text{прог}} = Z_o \cdot T_{\text{прог}} \cdot (1 + K_\delta) \cdot (1 + K_p) \cdot (1 + K_{\text{сн}}) \cdot (1 + K_{\text{н.экс}}) + C_{\text{мч}} \cdot T_{\text{прог}} \cdot K_{\text{ч}} \quad (4.9)$$

$$K_{\text{прог}} = 40000 \cdot 2,5 \cdot 1,7 \cdot 1,7 \cdot 1,3 \cdot 1,04 + 22,845 \cdot 2,5 \cdot 168 = 400322,9 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на изготовление и отладку проектируемой системы производим по статьям калькуляции.

Себестоимость изделия по этому методу определяем по следующим статьям затрат:

- 1) материалы (по спецификации);
- 2) покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги кооперативных предприятий (по спецификации);
- 3) топливо и электроэнергия на технологические цели;
- 4) производственная заработная плата;
- 5) доплаты к заработной плате;
- 6) отчисления на социальные нужды;
- 7) износ инструментов и приспособлений целевого назначения и прочие специальные расходы;
- 8) расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;
- 9) накладные расходы.

В таблице 4.4 представлены затраты на комплектующие изделия, необходимые для построения системы и дальнейших расчетов.

Таблица 4.4 – Затраты на комплектующие изделия

Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость, руб.	Полная стоимость, руб.
Контроллер ControlLogix:				
модуль дискретных входов	шт.	1	1064	1064
модуль дискретных выходов	шт.	1	940	940
модуль аналоговых входов	шт.	3	774	2322
модуль питания	шт.	1	1413	1413
модуль процессора	шт.	1	4190	4190
модуль шасси	шт.	1	582	582
Программное обеспечение	шт.	1	12500	12500
Блок бесперебойного питания UPS	шт.	1	3500	3500
Компьютер	шт.	1	35000	35000
Монитор	шт.	1	2500	2500
Принтер	шт.	1	3100	3100
Шкаф контроллера	шт.	1	9300	9300
Кабель контрольный КВВГЭнг 4х1	м	320	20,46	6547,2
Кабель контрольный КВВГнг 4х1	м	400	22,57	9028
Кабель контрольный КВВГЭнг 14х1	м	800	61,84	49472
Кабель контрольный КВВГЭнг 19х1	м	200	75,95	15190
Соединительная коробка У-615А У2	шт.	5	969	4845
Метран-150CG	шт.	4	26000	104000
Метран-150L	шт.	8	26000	208000
Метран-150CD	шт.	4	26000	104000
ТСПУ Метран-276-Ех	шт.	11	2500	27500
ДМ5010Сг0Ех	шт.	2	4750	9500
МТИ	шт.	3	4000	12000
Итого:				626493,2

Результирующая стоимость комплектующих изделий и материалов заносится в таблицу 4.6.

Затраты на основную заработную плату при изготовлении устройства рассчитываем (4.10):

$$L_o = T_{изг} \cdot Z_{o2} \quad (4.10)$$

$$L_o = 2 \cdot 42000 = 84000 \text{ руб.}$$

Доплаты к заработной плате изготовителя рассчитываем по формуле (4.11):

$$L_{\delta} = L_o \cdot K_{\delta}(1 + K_p) \quad (4.11)$$

$$L_{\delta} = 84000 \cdot 0,7 \cdot (1 + 0,7) = 99960 \text{ руб.}$$

Отчисления в социальные фонды рассчитываем по формуле (4.12):

$$L_{сн} = (L_o + L_{\delta}) \cdot K_{сн} \quad (4.12)$$

$$L_{сн} = (84000 + 99960) \cdot 0,3 = 55188 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию рассчитываем по формуле (4.13) и сводим в таблицу 4.5.

$$\mathcal{E} = C_{эл} \cdot \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{интi} \cdot t_i, \quad (4.13)$$

где $C_{эл}$ – стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб.;

N_i – мощность i-го вида оборудования, кВт;

$K_{интi}$ – коэффициент интенсивного использования i-го оборудования, доли ед.;

t_i – время использования i-го вида оборудования, час;

n – количество используемых типов приборов, шт.

Таблица 4.5 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	Потребляемая мощность, кВт	Стоимость кВт/часа, руб.	Время использования, час	$K_{инт}$	Затраты на э/э, руб.
ТСПУ Метран-276-Ех	0,0005	4	720	0,8	1,152
Метран-150СG	0,0008	4	720	0,8	1,843
Метран-150L	0,0008	4	720	0,8	1,843
Метран-150CD	0,0008	4	720	0,8	1,843
ДМ5010Сг0Ех	0,005	4	720	0,8	11,52
Итого:					18,201

Затраты на ремонт рассчитываются по формуле (4.14):

$$T_p = K_{mp} \cdot \sum_{i=1}^n K_{оби} \cdot T_{примі}, \quad (4.14)$$

где $K_{тр}$ – коэффициент, учитывающий годовые затраты на ремонт, доли ед.;

$K_{оби}$ – стоимость оборудования, руб.;

$T_{примі}$ – время использования i -го вида оборудования, месяц;

n – количество единиц продукции, шт.

$$T_p = 0,01 \cdot ((2500 \cdot 0,17) + (26000 \cdot 0,17) + (26000 \cdot 0,17) + (26000 \cdot 0,17) + (4750 \cdot 0,17) + (4000 \cdot 0,17)) = 151,725 \text{ руб.}$$

Накладные расходы, связанные с изготовлением и отладкой проектируемой системы, рассчитываем по формуле (4.15):

$$H_{пизз} = T_{изз} \cdot Z_{o2} \cdot (1 + K_{\delta}) \cdot (1 + K_p) \cdot K_{н.раз} \quad (4.15)$$

$$H_{пизз} = 2 \cdot 42000 \cdot (1 + 0,7) \cdot (1 + 0,7) \cdot 0,04 = 9710,4 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по статьям калькуляции заносим в таблицу 4.6 и находим общую сумму капитальных затрат на изготовление системы.

Таблица 4.6 – Результирующая таблица для расчетов по статьям калькуляции

Статьи затрат	Затраты на изготовление
Материалы (по спецификации), руб.	5150
Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги кооперативных предприятий, руб.	626493,2
Топливо и электроэнергия на технологические цели, руб.	18,201
Производственная заработная плата, руб.	30000
Доплаты к заработной плате, руб.	99960
Отчисления на социальные нужды, руб.	55188
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.	151,725

Продолжение таблицы 4.6

Накладные расходы, руб.	9710,4
Итого:	$K_{изг}=826671,526$

В результате полученных данных ($K_{раз}$, $K_{прог}$, $K_{изг}$) находим единовременные затраты на создание системы по формуле (4.16):

$$K_{об} = K_{раз} + K_{прог} + K_{изг} \quad (4.16)$$

$$K_{об} = 234436,8 + 400322,9 + 826671,526 = 1461431,226 \text{ руб.}$$

4.2 Расчет экономии эксплуатационных затрат

Определим экономию эксплуатационных затрат за год, полученную в связи с внедрением новой автоматизированной системы управления.

Экономию реагента рассчитываем по формуле (4.17):

$$C_{реаг} = Q_{нефти} \cdot Q_{реаг} \cdot C_{реаг} \cdot n, \quad (4.17)$$

где n – снижение потерь реагента, %.

$$C_{реаг} = 2002400 \cdot 0,000007 \cdot 10000 \cdot 0,028 = 3924,704 \text{ руб.}$$

Экономию электроэнергии рассчитываем по формуле (4.18):

$$C_{эл.эн} = Q_{нефти} \cdot Q_{эл.эн} \cdot C \cdot \Delta P_{эл.эн}, \quad (4.18)$$

где $\Delta P_{эл.эн}$ – изменение расхода электроэнергии в результате автоматизации по сравнению с базисным вариантом, кВт·час.

$$C_{эл.эн} = 2002400 \cdot 1,61 \cdot 4 \cdot 0,01 = 128954,56 \text{ руб.}$$

Экономия заработной платы рассчитываем по формуле (4.19):

$$C_{з.п} = ЗП \cdot Ч \cdot (1 + K_{сн}), \quad (4.19)$$

где Ч – численность высвобождаемого персонала.

$$C_{з.п} = 30000 \cdot 2 \cdot (1 + 0,3) = 78000 \text{ руб.}$$

Итоговая прибыль (экономия) по формуле (4.20) составляет:

$$\mathcal{E} = C_{\text{регаз}} + C_{\text{эл.эн}} + C_{з.п} \quad (4.20)$$

$$\mathcal{E} = 3924,704 + 128954,56 + 78000 = 210879,264 \text{ руб.}$$

4.3 Определение основных показателей эффективности

Произведем расчет показателей для двух расчетных лет. Рассчитываем амортизацию по формуле (4.21):

$$A = \frac{K_{об} \cdot N_a}{100}, \quad (4.21)$$

где N_a – норма амортизационных отчислений, %.

$$A = \frac{1461431,226 \cdot 20}{100} = 292286,245 \text{ руб.}$$

Налог на имущество рассчитываем по формуле (4.22):

$$H_{им} = \frac{(K_{об} - A) \cdot CT_{им}}{100}, \quad (4.22)$$

где $CT_{им}$ – ставка налога на имущество, %.

$$H_{им} = \frac{(1461431,226 - 292286,245) \cdot 2,2}{100} = 25721,189 \text{ руб.}$$

Налог на прибыль рассчитываем по формуле (4.23):

$$H_{пр} = \frac{(\mathcal{E} - H_{им}) \cdot CT_{пр}}{100}, \quad (4.23)$$

где $CT_{пр}$ – ставка налога на прибыль, %.

$$H_{пр} = \frac{(210879,264 - 25721,189) \cdot 20}{100} = 37031,615 \text{ руб.}$$

Чистый доход находим по формуле (4.24):

$$ЧД_t = \mathcal{E} + A_t - H_{прt} - H_{имt} \quad (4.24)$$

$$ЧД_t = 210879,264 + 292286,245 - 37031,615 - 25721,189 = 440412,705 \text{ руб.}$$

Коэффициент дисконтирования рассчитываем по формуле (4.25), при $E=10\%$:

$$\alpha_t = (1 + E_n)^{p-t}, \quad (4.25)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности единовременных затрат;

t_p – расчетный год;

t – год, затраты и результаты которого приводятся к расчетному году.

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + 0,1)^1} = 0,90909$$

Находим чистый дисконтированный доход по формуле (4.26) для первого года:

$$ЧДД = ЧД_t \cdot \alpha_t \quad (4.26)$$

$$ЧДД = 440412,705 \cdot 0,90909 = 400374,786 \text{ руб.}$$

Находим накопленный чистый дисконтированный доход по формуле (4.27) для первого года:

$$НЧДД = -K_{об} + ЧДД \quad (4.27)$$

$$НЧДД = -1461431,226 + 400374,786 = -1061056,44 \text{ руб.}$$

Аналогично проводим расчеты для следующих расчетных лет. Результаты вычислений сводим в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Расчет показателей экономической эффективности разрабатываемой системы

Параметр	Год					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Единовременные затраты в проекте, руб.	1461431,226	–	–	–	–	–
Экономия эксплуатационных затрат, руб.	–	210879,264	210879,264	210879,264	210879,264	210879,264
Амортизационные отчисления, руб. (20%)	–	292286,245	292286,245	292286,245	292286,245	292286,245
Налог на имущество, руб. (2,2%)	–	25721,189	19290,892	12860,595	6430,297	0

Продолжение таблицы 4.7

Параметр	Год					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Чистый доход, руб.	-1461431,226	440412,705	445556,942	450701,180	455845,418	460989,656
Накопленный чистый доход, руб.	-1461431,226	-1021018,521	-575461,579	-124760,399	331085,020	792074,676
Коэффициент дисконтирования (E=10%)	1	0,90909	0,82644	0,75131	0,68301	0,62092
Чистый дисконтированный доход, руб.	-1461431,226	400374,786	368226,080	338616,304	311346,979	286237,697
Накопленный чистый дисконтированный доход, руб.	-1461431,226	-1061056,440	-692830,361	-354214,057	-42867,078	243370,619

Накопленный чистый дисконтированный доход за все время службы составил:

$$НЧДД = 243370,619 \text{ руб.}$$

На графике, представленном на рисунке 4.1, видно, что срок окупаемости проекта составляет примерно 3,3 года.

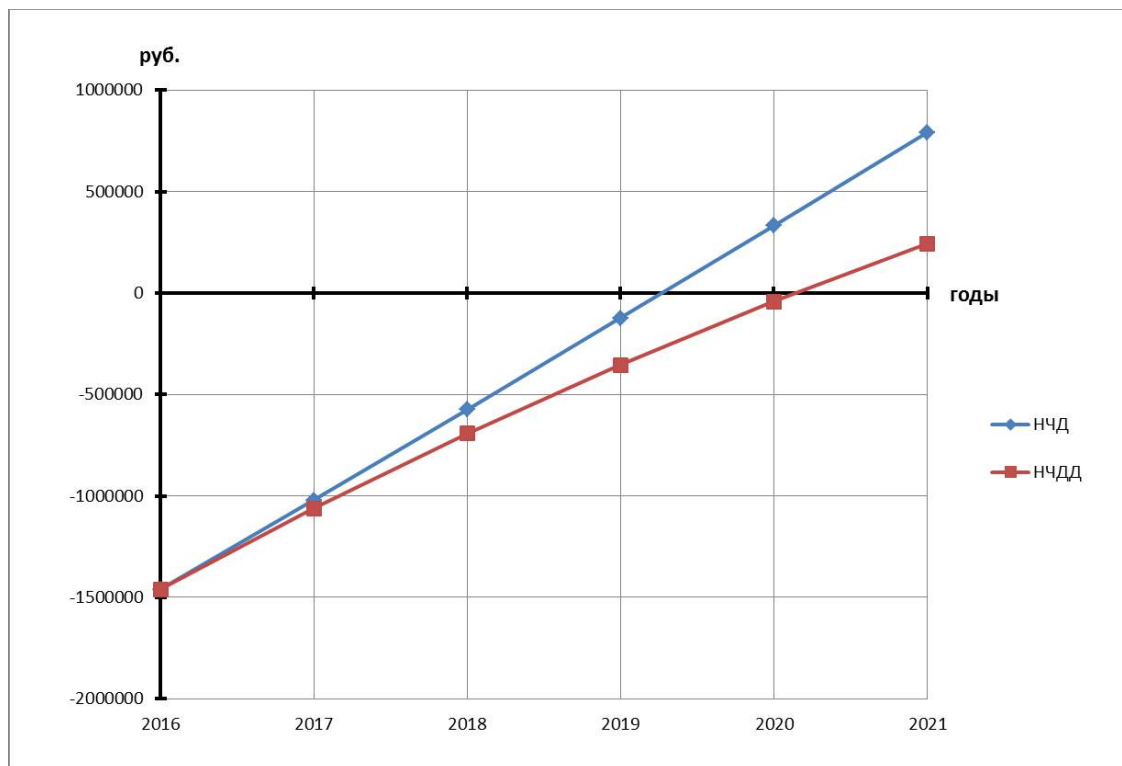


Рисунок 4.1 – График окупаемости проекта

Принимая во внимание вычисленные ранее значения капиталовложений и накопленного чистого дисконтированного дохода, определим рентабельность по формуле (4.28):

$$R = \left(\frac{НЧДД}{K_{об}} + 1 \right) \cdot 100\% \quad (4.28)$$

$$R = \left(\frac{243370,619}{1461431,226} + 1 \right) \cdot 100\% = 117\%$$

Выводы по разделу четыре:

В результате проведенных расчетов внедрения системы автоматического управления найдены следующие основные показатели экономической эффективности, представленные в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Экономические показатели разрабатываемой системы

Показатель	Значение
Единовременные затраты на проект, руб.	1461431,226
Экономия эксплуатационных затрат, руб.	210879,264
Накопленный чистый дисконтированный доход, руб.	243370,619
Рентабельность, %	117
Срок окупаемости, лет	3,3

Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой экономической эффективности автоматизации автоматического управления атмосферной колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Категория объекта по взрывопожароопасности

Атмосферная колонна К-201 и два стриппинга К-201/1,2 относятся к взрывоопасной зоне класса В-Іг [6].

Зоны класса В-Іг – пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок), надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

К зонам класса В-Іг также относятся: пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с взрывоопасными зонами классов В-І, В-Іа и В-ІІ (исключение – проемы окон с заполнением стеклоблоками); пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-Іг считается в пределах до:

- 1) 0,5 м по горизонтали и вертикали от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с взрывоопасными зонами классов В-І, В-Іа, В-ІІ;
- 2) 3 м по горизонтали и вертикали от закрытого технологического аппарата, содержащего горючие газы или ЛВЖ; от вытяжного вентилятора, установленного снаружи (на улице) и обслуживающего помещения с взрывоопасными зонами любого класса;

3) 5 м по горизонтали и вертикали от устройств для выброса из предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами или ЛВЖ, от расположенных на ограждающих конструкциях зданий устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса;

4) 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры); при наличии обвалования – в пределах всей площади внутри обвалования;

5) 20 м по горизонтали и вертикали от места открытого слива и налива для эстакад с открытым сливом и наливом ЛВЖ.

Атмосферная колонна К-201 и два стриппинга К-201/1,2 относятся к пожароопасной зоне класса П-III [6].

Зоны класса П-III – расположенные вне помещения зоны, в которых обрабатываются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества.

5.2 Взрывозащита средств автоматизации

УСН 4/2 считается взрывоопасным объектом. Это значит, что электрические и электронные оборудования должны иметь обязательную взрывозащиту [2-7].

Таблица 5.1 – Взрывозащита средств автоматизации

Средство автоматизации	Маркировка взрывозащиты
ТСПУ Метран-276-Ех	ЕхiaIICT6
Метран-150CG	0ЕхiaIICT5X
Метран-150L	0ЕхiaIICT5X
Метран-150CD	0ЕхiaIICT5X
ДМ5010Cr0Ех	0ЕхiaIICT4
МТИ	

0 – уровень взрывозащиты: особо взрывобезопасное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты предусмотренные стандартами.

Ex – знак взрывозащищенного электрооборудования, изготовленного в соответствии со стандартом.

ia – искробезопасная электрическая цепь (особо взрывобезопасный уровень).

ПС – подгруппа электрооборудования: величина БЭМЗ 0,5 и менее. Максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не происходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации горючего в воздухе.

T4 – температурный класс электрооборудования: предельная безопасная температура в отношении взрыва составляет 135°C.

T5 – температурный класс электрооборудования: предельная безопасная температура в отношении взрыва составляет 100°C.

T6 – температурный класс электрооборудования: предельная безопасная температура в отношении взрыва составляет 85°C.

X – особые условия эксплуатации.

Знак «X» в маркировке взрывозащиты датчиков с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» указывает на особые условия эксплуатации, связанные с тем, что:

1) при эксплуатации принимаются меры по защите от превышения температуры наружной поверхности датчика вследствие нагрева от измеряемой среды выше значения, допустимого для температурного класса T5;

2) датчики могут применяться со вторичными устройствами, устанавливаемыми вне взрывоопасных зон помещений и наружных установок, являющихся искробезопасными уровня «ia», величины максимального выходного напряжения и максимального выходного тока искробезопасных электрических цепей которых не превышают значений соответственно 24В и 120 мА, а также имеющими свидетельства о взрывозащищенности;

3) в датчиках установлен блок защиты от переходных процессов.

5.3 Техника безопасности при монтаже, наладке и эксплуатации средств автоматизации

5.3.1 ТСПУ Метран-276-Ех

При эксплуатации ТСП принимаются меры по защите от нагрева наружной поверхности прибора вследствие теплопередачи от измеряемой среды выше значений температуры, допустимых для электрооборудования температурного класса Т5 и Т6.

При монтаже, техническом обслуживании и демонтаже ТСП соблюдаются меры предосторожности от ожогов и других видов поражения в соответствии с правилами техники безопасности, установленными на объекте.

Замену, отсоединение, присоединение ТСП к трубопроводу объекта проводят при полном отсутствии избыточного давления.

При установке ТСП во взрывоопасной зоне нельзя подвергать его трению или ударам, способным вызвать искрообразование.

Для исключения несанкционированного доступа внутрь оболочки ТСП взрывозащищенного исполнения применяется пломбирование термостойкой пломбировочной мастикой.

После монтажа ТСП нужно проверить, чтобы кабель не выдергивался и не проворачивался в узле уплотнения.

Во время эксплуатации корпус соединительной головки ТСП не подвергают протиранию, чистке на месте установки или воздействию вентилируемой струи воздуха с частицами пыли.

Не применяют ТСП с поврежденными деталями или с неисправностями.

На паспортную табличку, расположенной на крышке оболочки ТСП, наносят следующие знаки и надписи:

1) товарный знак предприятия изготовителя;

- 2) знак утверждения типа;
- 3) модель термопреобразователя с кодом исполнения защитной арматуры и видом взрывозащиты;
- 4) длина монтажной части;
- 5) предел допускаемой основной погрешности;
- 6) рабочий диапазон температур;
- 7) пределы изменения выходного сигнала;
- 8) климатическое исполнение;
- 9) диапазон значений температуры окружающей среды;
- 10) порядковый номер по системе нумерации предприятия изготовителя;
- 11) дата выпуска (год и месяц).

5.3.2 Метран-150

На прикрепленную к датчику табличку наносят следующие знаки и надписи:

- 1) товарный знак предприятия-изготовителя;
- 2) знак утверждения типа средств измерений;
- 3) наименование датчика;
- 4) единый знак обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза;
- 5) модель;
- 6) код диапазона;
- 7) степень защиты;
- 8) предел измерений P_{max} ;
- 9) порядковый номер датчика по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- 10) предельно допускаемое рабочее избыточное давление с указанием единицы измерения для датчиков разности давлений и датчиков уровня;
- 11) год и месяц выпуска;

- 12) напряжение питания;
- 13) выходной сигнал, мА;
- 14) надпись «Сделано в России».

На отдельную табличку, прикрепленной к датчику взрывозащищенного исполнения, наносят маркировку по взрывозащите.

К монтажу и эксплуатации датчика допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации и прошедшие соответствующий инструктаж. Перед монтажом датчик сначала осматривают. При этом обращают внимание на маркировку взрывозащиты, предупредительные надписи, отсутствие повреждений как корпуса взрывонепроницаемой оболочки (для датчика с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка»), так и сенсора, наличие заземляющего зажима на корпусе электронного преобразователя, состояние подключаемого кабеля, наличие средств уплотнения для кабелей и крышек. Во избежание срабатывания предохранителей в барьере искрозащиты (для датчиков с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь») при случайном закорачивании соединительных проводов, заделку кабеля и его подсоединение проводят при отключенном питании.

При наличии в момент установки взрывозащищенных датчиков взрывоопасной смеси датчик не подвергают трению или ударам, способным вызвать искрообразование.

Присоединение и отсоединение датчика от магистралей, подводящих измеряемую среду, проводят после закрытия вентиля на линии перед датчиком. Отсоединение датчика проводят после сброса давления в датчике до атмосферного.

Все операции по поверке и вводу в эксплуатацию датчика при снятых крышках выполняют с соблюдением требований по защите от статического электричества, а именно:

- 1) при поверке и подключении датчиков пользуются антистатическими браслетами;

- 2) рабочие места по поверке датчика оборудуются электропроводящими покрытиями, соединенные с шиной заземления;
- 3) все применяемые для поверки приборы и оборудование заземляют;
- 4) при подключении датчика на месте эксплуатации сначала подключают заземление, а затем питающие и измерительные линии.

Нельзя эксплуатировать датчики в системах, давление в которых превышает соответствующие наибольшие предельные значения.

Не применяются датчики, имеющие модули, заполненные силиконовой жидкостью, в процессах, где по условиям техники безопасности производства запрещается попадание этой жидкости в измеряемую среду.

Эксплуатацию датчиков проводят только при наличии инструкции по технике безопасности, утвержденной руководителем предприятия-потребителя и учитывающей специфику применения датчика в конкретном технологическом процессе.

5.3.3 Манометры

Манометры во время работы не подвергаются вибрации и тряске. При работе манометра контакты не должны искриться. Искрение свидетельствует о загрязнении контактов, о подгорании или неправильном режиме работы.

Нельзя эксплуатировать манометры при рабочем давлении, превышающем $2/3$ от верхнего предела измерения, а также резко включать или выключать давление.

Нельзя эксплуатировать манометры с поврежденными элементами или пломбами, также и с просроченным сроком поверки или калибровки.

Приборы применяются для измерения давления только тех сред, для которых они предназначены.

Устранение дефектов, замена, присоединение и отсоединение приборов от магистралей, подводящих измеряемую среду, производят при полном отсутствии давления в магистралях и отключенном электрическом питании.

5.4 Анализ опасных и вредных производственных факторов

При работе с электроприборами может проявиться ряд опасных и вредных факторов, к числу которых относятся:

Электрические факторы, обусловленные:

- 1) повышенным уровнем электромагнитных излучений;
- 2) повышенным уровнем статического электричества;
- 3) повышенной напряженностью электрического поля;
- 4) повышенной напряженностью магнитного поля.

Электрические факторы появляются из-за электрических сетей, электроприборов, оборудования с электроприводом и т. п. Данные факторы могут повлечь за собой:

- 1) механические травмы;
- 2) психические травмы;
- 3) ожоги.

Психофизиологические факторы, обусловленные статическими физическими перегрузками:

- 1) продолжительная работа с дисплеем;
- 2) работа в неудобной позе.

Психофизиологические факторы, обусловленные нервно-психическими перегрузками:

- 1) умственным перенапряжением;
- 2) перенапряжением анализаторов;
- 3) монотонностью труда.

Психофизиологические факторы являются причиной:

- 1) радикулита;
- 2) миозита;
- 3) психических расстройств;
- 4) усталости и др.

Для предотвращения возникновения перечисленных опасностей необходимо соблюдать меры безопасности при работе с электроприбором.

5.5 Основные мероприятия по пожарной безопасности

В соответствии с характеристикой горючих веществ, обращающихся в технологическом процессе, пожары на установке относятся к классам В, С и Е по ГОСТ 27331-87 [8].

Для снижения возможных последствий пожара установку обеспечивают следующей пожарной техникой:

- 1) средствами обнаружения пожара и оповещения людей о пожаре;
- 2) автоматической установкой газового пожаротушения операторной;
- 3) системами тепловой защиты и водяного пожаротушения;
- 4) стационарной автоматической и полустационарной системами паротушения;
- 5) автоматической установкой пенотушения;
- 6) первичными средствами пожаротушения в помещениях и на наружной установке.

5.6 Средства индивидуальной защиты

Технологическому и дежурному персоналу выдаются следующие средства индивидуальной защиты:

- 1) плащ влагозащитный;
- 2) жилет сигнальный;
- 3) костюм суконный;
- 4) пояс предохранительный;
- 5) галоши диэлектрические;
- 6) перчатки диэлектрические;
- 7) шланговый противогаз;

- 8) изолирующий дыхательный аппарат в комплекте;
- 9) респиратор (минифильтр с загубником и носовым зажимом).

Дополнительные средства защиты: очки защитные, перчатки диэлектрические, пояса предохранительные, спасательные веревки, шланговые противогазы с комплектом масок, аварийный запас фильтрующих противогазов, медицинская аптечка являются дежурными и размещаются в коридоре операторной в специальном шкафу.

5.7 Эргономика труда операторов

Для обеспечения требований эргономики [9] и технической эстетики конструкция рабочего места, расположение и конструкция органов управления должны соответствовать анатомическим и психофизиологическим характеристикам человека. Также все оборудование, приборы и инструменты не должны вызывать психологического раздражения.

Рабочее место оператора составляют следующие основные компоненты:

- 1) рабочий стол и кресло;
- 2) персональный компьютер, состоящий из системного блока, дисплея, клавиатуры, манипулятора (мышь) и принтера.

Согласно СанПиН [10] высота рабочей поверхности стола, рассчитанная на рост человека свыше 175 см, должна равняться 760 мм. Высота сиденья 460 мм. Размеры свободного пространства для ног не менее 700 мм.

На рабочем столе должно быть достаточно места для размещения дисплея, клавиатуры, манипулятора (мышь), письменных принадлежностей, литературы. Также на столе должно оставаться свободное место для работы. Расстояние от глаз оператора до экрана дисплея должно составлять величину 0,5-0,7 метра. Это расстояние является оптимальным для работы на компьютере.

Важное значение имеет цветовое оформление помещения. При умственной работе, требующей большого сосредоточения и внимания, потолок, и стены должны иметь светлые цвета. Потолок помещений обычно окрашивается в белый

цвет, а стены в желтый, светло-зеленый или голубой, так как эти цвета обладают успокаивающим психологическим воздействием. Реальное рабочее место оператора отвечает нормам СанПин. Стены помещения окрашены в светло-зеленый цвет, а потолок – в белый.

5.8 Охрана окружающей среды

Одним из основных требований ведения технологического процесса при эксплуатации технологического оборудования является защита окружающей среды при соблюдении ряда мероприятий по сокращению выбросов загрязняющих веществ в водоемы, воздух и почву.

Через неплотности технологического оборудования, работающего при высоких температурах и повышенном давлении, возможны утечки углеводородов и загрязнение окружающей среды. С целью уменьшения неорганизованных выбросов вредных веществ, связанных с неплотностями аппаратов, арматуры, фланцевых соединений, уплотнений, дренажей, воздушников на установке выполнены следующие мероприятия:

- 1) технологический процесс организован в герметичной аппаратуре;
- 2) оборудование и запорно-регулирующая арматура рассчитана и изготовлена в соответствии с рабочими параметрами процесса и с учетом коррозионной активности среды;
- 3) предусмотрен постоянный автоматический контроль загазованности в местах максимально возможных выделений углеводородов;
- 4) исключены постоянные сбросы газов и паров в атмосферу и на факельную установку;
- 5) в технологическом процессе максимально использованы аппараты воздушного охлаждения;
- 6) предусмотрена единая система сбросов от предохранительных клапанов на факельную установку через специальную емкость;
- 7) для печи П-201 применено чисто газовое отопление;

8) освобождение системы от газообразных продуктов при сбросе давления осуществляется в топливную сеть завода и закрытую факельную систему.

Кроме перечисленных выше, предусмотрены следующие мероприятия для охраны почв и подземных вод от загрязнений сточными водами:

1) бетонное покрытие проездов и тротуаров с организацией отвода атмосферных осадков в закрытую сеть промдождевой канализации;

2) прокладка технологических трубопроводов, трубопроводов канализации соледержащих сточных вод, трубопроводов производственного водоснабжения и теплоснабжения по эстакадам;

3) устройство под технологическим оборудованием бетонных поддонов с бортиком высотой не менее 150 мм по периметру для локализации случайных проливов жидких технологических продуктов и отведения их через трапы в закрытую сеть промдождевой канализации;

4) применена битумно-резиновая изоляция стальных подземных трубопроводов и колодцев от углекислотной агрессии грунтовых вод и почв.

Выводы по разделу пять:

Определены категории по взрывопожароопасности колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2. У используемых средств автоматизации рассмотрена и изучена их взрывозащита и техника безопасности при их монтаже, наладке и эксплуатации. Произведен анализ опасных и вредных производственных факторов. Рассмотрены средства индивидуальной защиты, которыми должен обладать обслуживающий персонал; основные мероприятия по пожарной безопасности и эргономика труда операторов. Также рассмотрены мероприятия для охраны окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы заключалась в разработке системы автоматического управления колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2 на УСН 4/2. Разработанная система автоматического управления получилась качественной и надежной. Подобранные средства автоматизации обладают необходимой взрывозащитой и точностью показаний. Были рассмотрены способы монтажа, наладки и эксплуатации выбранных приборов, а также техника безопасности этих приборов при монтаже, наладке и эксплуатации средств.

В выпускной работе произведен расчет системы автоматического регулирования температуры верха колонны К-201. Система разработана устойчивой и качественной.

Также в работе был произведен расчет экономической эффективности автоматизации атмосферной колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2. В результате проведенных расчетов внедрения системы автоматического управления найдены следующие показатели экономической эффективности:

- 1) период возврата капиталовложений за счет прибыли от внедрения системы автоматизации $T = 3,3$ года;
- 2) рентабельность (индекс доходности) проекта $R = 117$ %.

Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой экономической эффективности автоматизации атмосферной колонны К-201 и двух стриппингов К-201/1,2. Таким образом, можно говорить о прибыльности внедрения разработанной системы автоматизации.

В итоге разработанная система удовлетворяет поставленным целям автоматизации:

- 1) повышение эффективности производственного процесса;
- 2) повышение безопасности;
- 3) повышение экологичности;
- 4) повышение экономичности.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АТП	–	Автоматизация технологического процесса
АСУТП	–	Автоматизированная система управления технологическим процессом
САУ	–	Система автоматического управления
САР	–	Система автоматического регулирования
УСН	–	Установка стабилизации нефти
ЦППН	–	Цех подготовки и перекачки нефти
УУ	–	Узел учета
ЭЛОУ	–	Электрообессоливающая установка
РВС	–	Резервуар вертикальный стальной
I Ц.О.	–	Первое циркуляционное орошение
II Ц.О.	–	Второе циркуляционное орошение
ТСПУ	–	Термометр сопротивления платиновый с унифицированным выходным сигналом
АЦП	–	Аналого-цифровой преобразователь
ЦАП	–	Цифро-аналоговый преобразователь
ЧД	–	Чистый доход
ЧДД	–	Чистый дисконтированный доход
НЧД	–	Накопленный чистый доход
НЧДД	–	Накопленный чистый дисконтированный доход
ЛВЖ	–	Легковоспламеняющаяся жидкость
БЭМЗ	–	Безопасный экспериментальный максимальный зазор
СанПиН	–	Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Автоматизация технологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.asu-tp.org/index.php?id=134&Itemid=61&option=com_content&task=view.
- 2 Датчик типа Метран-270 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ru-RU/brands/Metran/products/Temperature/duvs/270/Pages/index.aspx>.
- 3 Датчик типа Метран-150 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ru-RU/brands/Metran/products/Pressure/transmitters/metran-150/Pages/index.aspx>.
- 4 Руководство по эксплуатации манометров, вакуумметров и мановакуумметров показывающих сигнализирующих взрывозащищенных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.manotom-tmz.ru/media/pdf/5010re.pdf>.
- 5 Паспорт манометров и мановакуумметров для точных измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://priborika.ru/omishop/01/0101/010107/mti_ks.pdf.
- 6 Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Технические условия. – М.: ЗАО "Энергосервис", 6-е издание, дополненное с исправлениями, 2006 год.
- 7 ГОСТ 12.2.020-76 ССБТ. Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка (с Изменениями N 1, 2). Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996.
- 8 ГОСТ 27331-87 (СТ СЭВ 5637-86) Пожарная техника. Классификация пожаров. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1988.
- 9 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

10 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы (с изменениями на 3 сентября 2010 года). Технические условия. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003.

11 ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением N 1). Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

12 ГОСТ 12.0.002-80 ССБТ. Термины и определения (с Изменением N 1). Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

13 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1). Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2006.

14 ГОСТ 14202-69 Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.

15 ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

16 Громов, В.В. Монтаж, наладка и эксплуатация автоматических устройств / В.В. Громов, А.П. Никонов. – М.: Недра, 1987. – 202 с.

17 Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: справ. пособие / А.С. Ключев, А.Т. Лебедев, С.А. Ключев, А.Г. Товарное; под ред. А.С. Ключева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.

18 Технологический регламент цеха №1 УСН 4/2 ООО «ННПО».

19 СТО ЮУрГУ 04-2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФИЛИАЛ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
В Г.НИЖНЕВАРТОВСКЕ
КАФЕДРА «ИНФОРМАТИКА»

Направление 200100.62 Приборостроение

ПРИЛОЖЕНИЕ А
АЛЬБОМ ИЛЛЮСТРАЦИЙ
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮОРГУ – 200100.2016.170.ПЗ ВКР

Количество листов 5

Руководитель старший преподаватель

Змф /Е.А. Зверева /
30 мая 2016г.

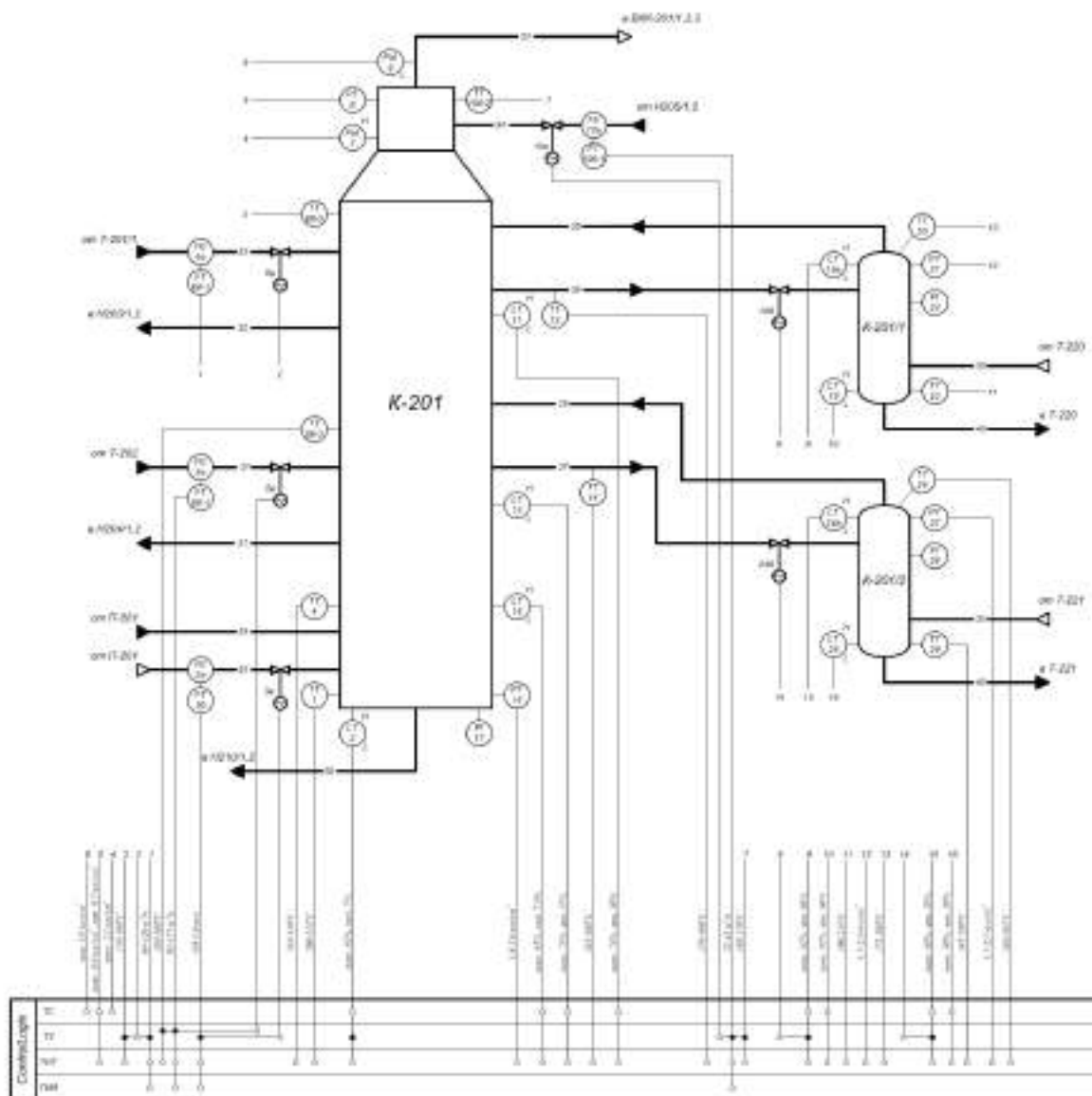
Автор ВКР

Студент группы НвФл-431
Фил /В.Ю. Филатов /
14 мая 2016г.

Нормоконтролер старший преподаватель

Буй /Л.Н. Буйлушкина /
30 мая 2016г.

Нижневартовск 2016



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

КОМПАКТ-ДИСК

Содержание:

- 1 Пояснительная записка ВКР
- 2 Презентация

