

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА СИСТЕМОТЕХНІКИ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
Худолей Г.М.
“ ” _____ 2020 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему:

"Автоматизація технологічного процесу нітрування піридину"

Керівник проекту



Проектант:

студент групи СУзт-61Ш

О.В. Рухляда

РЕФЕРАТ

Рухляда Олег Викторович. Автоматизация технологического процесса нитрования пиридина. Дипломный проект. Шосткинский институт Сумского государственного университета. Шостка, 2020 год.

Дипломный проект содержит 61 лист пояснительной записки, с учетом 48 рисунков, 18 таблиц; конструкторскую документацию, которая содержит 2 чертежа; 3 демонстрационных плаката.

Разработано техническое задание. Разработана автоматизация технологического процесса нитрования пиридина на базе программируемого логического контроллера SIEMENS SIMATIC S7-1200. Разработан алгоритм управления. Удовлетворительное качество процесса нитрования пиридина подтверждено результатами моделирования на ЭВМ.

Ключевые слова: технологический процесс, система управления, регулирующий микропроцессорный контроллер, алгоритм управления, регулируемый параметр.

РЕФЕРАТ

Рухляда Олег Вікторович. Автоматизація технологічного процесу нітрування піридину. Дипломний проект. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2020 рік.

Дипломний проект містить 61 аркуш пояснювальної записки, з урахуванням 48 рисунків, 18 таблиць; конструкторську документацію, яка містить 2 креслення; 3 демонстраційні плакати.

Розроблено технічне завдання. Розроблено автоматизацію технологічного процесу нітрування піридину на базі програмованого логічного контролера SIEMENS SIMATIC S7-1200. Розроблено алгоритм управління. Задовільна якість процесу нітрування піридину підтверджена результатами моделювання на ЕОМ.

Ключові слова: технологічний процес, система управління, регулюючий мікропроцесорний контролер, алгоритм управління, регульований параметр.

SUMMARY

Rukhlyada Oleg Viktorovich. Automation of the technological process of pyridine nitration. Diploma project. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2020 year.

A diploma project is contained by 61 leaves of explaining message, taking into account 48 pictures, 18 tables; designer document which contains 2 drafts; 3 demonstration posters.

The specification is developed. The automation of the technological process of pyridine nitration on the basis of the programmable logical controler SIEMENS SIMATIC S7-1200 is developed. The algorithm of management is developed. Satisfactory quality of process of pyridine nitration is confirmed with results of modeling on EVM.

Keywords: technological process, control system, the regulating microprocessor controler, the control algorithm, the adjustable parameter.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
Худолей Г.М.
“ ” _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизації технологічного процесу нітрування піридину

Проектував:

Студент групи СУзт-61Ш

О.В. Рухляда

Погоджено:

Керівник проекту



ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

1 Разработать автоматизацию технологического процесса нитрования пиридина.

2 Основания для разработки

Задание кафедры на дипломный проект.

3 Цель и назначение разработки

Целью данной разработки является создание автоматизации технологического процесса нитрования пиридина.

Ожидаемые цели реализации данного проекта:

- повышение эффективности технологического процесса;
- повышение уровня безопасности ведения технологического процесса, снижение аварийности;
- улучшение условий труда персонала;
- сокращение времени поиска и устранения неисправностей;
- повышение технико-экономических показателей за счет применения современных методов управления технологическим процессом, а также использование новейших средств автоматизации;
- снижение энергетической нагрузки.

Данная разработка и результаты проектирования могут быть использованы для автоматизации технологического процесса нитрования пиридина на промышленных предприятиях и производствах.

4 Источники для разработки

Отчет по производственной практике. Регламент. Руководство по эксплуатации.

5 Режимы работы объекта

Технологический процесс нитрования пиридина является непрерывным производством согласно действующего регламента производства 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, круглосуточный режим работы.

6 Условия эксплуатации

Питание технологических установок осуществляется от цеховой сети переменного тока с напряжением 380 В.

Автоматизация технологического процесса нитрования пиридина является непрерывным производством согласно действующего регламента производства 24 часа в сутки, 7 дней в неделю. Окружающая среда должна быть не взрывоопасной, не содержать пыли в концентрациях, нарушающей работу электрооборудования, а также не содержать агрессивных паров и газов, разрушающих металл и изоляцию. Условия эксплуатации автоматизированного технологического процесса нитрования пиридина представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия эксплуатации системы автоматизированного технологического процесса нитрования пиридина

Наименование и характеристика помещения	Климатические условия			Механические условия	
	Температура, °С	Влажность, %	Запыленность, г/м ³	Амплитуда и частота вибрации, Гц	Наличие колебаний
Производственное помещение	22...25 ⁰ С	60...85%	-	-	-
Щитовая	22...25 ⁰ С	60...85%	-	-	-
Операторская комната	22...25 ⁰ С	40...60%	-	-	-

АСУТП должна быть рассчитана на непрерывный круглосуточный режим работы.

Виды, периодичность и регламент обслуживания технических средств должны быть указаны в соответствующих инструкциях по эксплуатации.

Расположение технических средств АСУТП должно быть рациональным как с точки зрения монтажных связей между ними, так и удобства и безопасности их эксплуатации и обслуживания.

7 Технические требования

Автоматизированный технологический процесс нитрования пиридина должен обеспечивать:

- ведение технологического процесса на основе автоматического контроля технологических параметров;
- снижение трудоемкости при измерении и управлении технологическими параметрами;
- визуализацию параметров технологического процесса и аварийных ситуаций;
- автоматическое управление исполнительными механизмами;
- безаварийный пуск/останов и переключение технологического оборудования;
- предотвращение развития аварийных ситуаций и обеспечение безопасного завершения процесса по заданному алгоритму;
- прием информации с верхнего уровня системы управления и формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

В состав процесса должны входить:

- узел управления на базе программируемого контроллера;
- АРМ на базе ПК с соответствующим программным обеспечением.

Программное обеспечение должно предотвращать возникновение отказов в выполнении функций АСУТП при отказах технических средств и при ошибках персонала, участвующего в выполнении этой функции, либо должно обеспечить перевод отказов, ведущих к большим потерям, в отказы, сопряженные с меньшими потерями.

Средства автоматизации, которые используются в данной установке, должны быть современными и легкодоступными на рынке. Также необходимо учесть наличие взрывоопасных и агрессивных сред.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА СИСТЕМОТЕХНІКИ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:
«Автоматизація технологічного процесу нітрування піридину»

Керівник проекту



Проектант:

студент групи СУзт-61Ш

О.В. Рухляда

ОГЛАВЛЕНИЕ

С.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ.....	12
2 ВЫБОР КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ.....	17
3 ВЫБОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ, РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ.....	25
4 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	54
ВЫВОДЫ.....	66
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	67

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Рухляда О.В.			Автоматизация технологического процесса нитрования пиридина Пояснительная записка	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>							8	67
<i>Реценз.</i>						ШИ СумГУ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		Худолей Г.М.						

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом.

ПЧ – преобразователь частоты.

ОУ – объект управления.

ОР – объектом регулирования.

ПЛК – программируемый логический контролер.

ТП – технологический процесс.

ПК – персональный компьютер.

SCADA-система (аббр. от англ. Supervisory Control And Data Acquisition) – система диспетчерского управление и сбора данных.

					СУзТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

ВВЕДЕНИЕ

Пиридин — органическое соединение, гетероцикл с одним гетероатомом азота в ароматическом кольце, наподобие бензольного.

Применяют:

- в органическом синтезе инсектицидов и фунгицидов, красителей, клеев, различных производных пиридина; в качестве сульфорирующего агента, основного катализатора;
- в фармацевтике для получения лекарственных средств, например, сульфамидов;
- в аналитической химии;
- в качестве растворителя;
- добавляют в этанол и антифризы. Спирт с подобными добавками называется денатурированным;
- в текстильной промышленности для окрашивания тканей;
- как сырье для производства пищевых и фармацевтических ароматизаторов;
- в резиновой индустрии при изготовлении некоторых видов каучуков;
- для изготовления взрывчатых веществ.

Технология нитрования пиридина очень жёстко регламентирована. Отдельно следует заметить, что большинство несчастных случаев с серьёзными увечьями и летальными исходами, а также аварий и разрушений, происходят при производстве, неправильном хранении или использовании химических реактивов.

Для проведения технологического процесса нитрования пиридина используется разнообразное оборудование, как применяемое в других отраслях промышленности, так и пригодное только для данного процесса. В настоящий момент, существующая система управления и контроля данным технологическим процессом, считается устаревшей. Так как она имеет следующие недостатки: используются устаревшее морально и физически приборы КИП и А; наличие систем релейной логики; отсутствие централизованного управления процессом, что приводит к снижению надежности, перерасходу энергетических и трудовых ресурсов.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Требования к оборудованию сводятся к необходимости достижения максимальной производительности технологического процесса нитрования пиридина заданного качества с допустимыми затратами при нормальных экологических и социальных условиях эксплуатации.

В настоящее время, тенденции аппаратурного оформления большинства известных процессов нитрования пиридина определились, и прогресс в этой области техники развивается по пути модернизации существующего оборудования.

Задачей настоящего проекта является решение круга вопросов связанных с модернизацией существующей системы управления. Модернизация процесса будет осуществляться с учетом специфических свойств пиридина, необходимости упрощения управления, увеличения устойчивости процессов к воздействию внешних возмущений. Работа выполняется на основании задания кафедры системотехники и информационных технологий Шосткинского института СумГУ.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

1.1 Описание технологического процесса

В качестве объекта автоматизации рассматривается реактор полного смешения непрерывного действия с рубашкой и мешалкой.

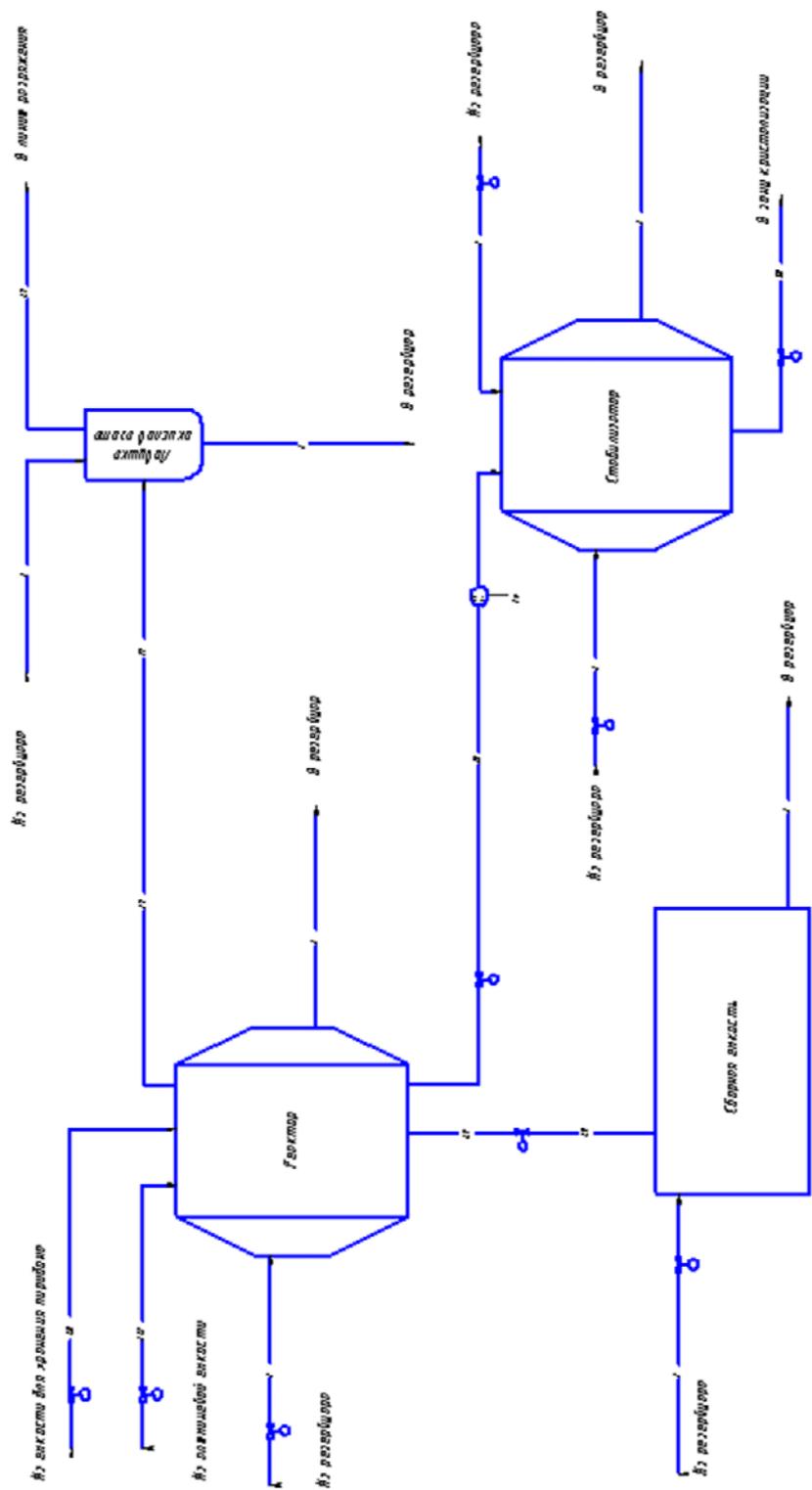
Смесь пиридина с уксусным ангидридом объемом $G_{\text{п}} = 10 \text{ м}^3/\text{час}$ подаётся на вход реактора. Туда же подаётся азотная кислота объемом $G_{\text{к}} = 0.3 \text{ м}^3/\text{час}$. Процесс идёт при температуре $\theta_1 = 41^\circ \text{ С}$; съём тепла осуществляется подачей холодной воды объемом $G_{\text{хл}} = 3.8 \text{ м}^3/\text{час}$ в рубашку реактора. Из реактора нитромасса объемом $G_{\text{вых}} = 1.3 \text{ м}^3/\text{час}$, концентрацией $C_{\text{к}}^{\text{к}} = 0.132 \text{ кмоль}/\text{м}^3$ поступает в стабилизатор, где охлаждается холодной водой объемом $G_{\text{вод}} = 2.6 \text{ м}^3/\text{час}$ до температуры $\theta_2 = 18^\circ \text{ С}$ и разбавляется водой в соотношении 1:2, после чего идёт на стадию кристаллизации с объемом $G_{\text{кон}} = 2.6 \text{ м}^3/\text{час}$. Предусмотрено, что температура воды на выходе из реактора $\theta_{1\text{хл}}^{\text{к}} = 15^\circ \text{ С}$, а на выходе из стабилизатора $\theta_{2\text{хл}}^{\text{к}} = 21^\circ \text{ С}$.

На случай аварии предусмотрена сбросная ёмкость, заполненная водой, уровень которой $L_3 = 3 \text{ м}$. Все аппараты, содержащие азотную кислоту, соединены с ловушкой окислов азота и линией разряжения.

Процесс нитрования пиридина протекает при температуре $\theta_1 = 41^\circ \text{ С}$, давлении $P = 300 \text{ ГПа}$ и уровне жидкости $L_1 = 1.5 \text{ м}$. Азотная кислота является ключевым компонентом. Расход уксусного ангидрида с пиридином определяется производительностью предыдущего аппарата и по нему действует возмущение.

Технологическая схема нитрования пиридина представлена на рисунке 1.1.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12



Сводная таблица	
№ докум.	Содержание
01	Исходные данные
02	Условия и исходные материалы
03	Процесс
04	Технологическая схема

Рисунок 1.1 – Технологическая схема нитрования пиридина

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ

1.2 Схема информационно-материальных потоков

На основании технологического процесса нитрования пиридина составим схему движения материальных потоков. Схема движения материальных потоков представлена на рисунке 1.2.

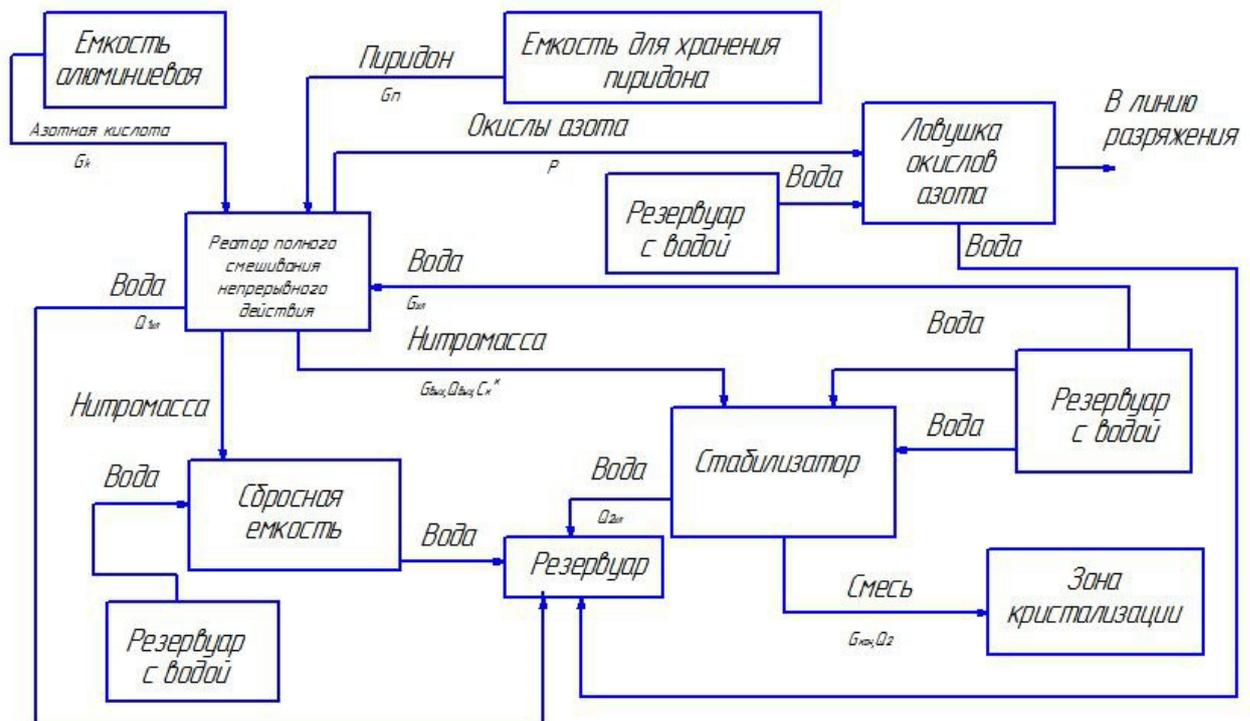


Рисунок 1.2 – Схема информационно-материальных потоков процесса нитрования пиридина

На основе схемы движения материальных потоков определим параметры для сигнализации, контроля и управления. Параметры сведем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Перечень параметров сигнализации, контроля и управления

Параметр	Точка технологического процесса	Процесс контроля	Диапазон измеряемой величины	Допустимая погрешность измерений
Расход	Хладоагента в рубашках реактора с стабилизатора	Контроль, сигнализация, регулирование	3.8-4.0 м ³ /час	2%
Расход	Кислоты на входе реактора	Контроль, сигнализация, регулирование	0.3-0.35 м ³ /час	1%

Параметр	Точка технологического процесса	Процесс контроля	Диапазон измеряемой величины	Допустимая погрешность измерений
Расход	Нитромассы на выходе из реактора	Контроль, регулирование	1.3-1.35 м ³ /час	1%
Расход	Пиридона на входе реактора	Контроль, сигнализация, регулирование	10.0-10.5 м ³ /час	1%
Расход	Воды на входе стабилизатора	Контроль, регулирование	2.6-2.7 м ³ /час	2%
Расход	Готовой смеси на выходе стабилизатора	Контроль, регулирование	2.6-3.0 м ³ /час	1%
Концентрация	Азотной кислоты на выходе из реактора	Контроль, сигнализация, регулирование	0.132-0.136 кмоль/ м ³	1%
Температура	Нитромассы на выходе реактора	Контроль, сигнализация, регулирование	41-42 ⁰ С	1%
Температура	Смеси на выходе из стабилизатора	Контроль, регулирование	18 ⁰ С	1%
Температура	Хладоагента на выходе из реактора	Контроль	15-17 ⁰ С	2%
Температура	Хладоагента на выходе из стабилизатора	Контроль	21-24 ⁰ С	2%
Уровень	Нитромассы в реакторе	Контроль, регулирование	1.5-1.55 м	1%
Уровень	Воды в сбросной емкости	Контроль, регулирование	3.0-3.3 м	2%
Уровень	Смеси в стабилизаторе	Контроль, регулирование	1.5-1.55 м	1%
Давление	В линии отвода окислов	Контроль, сигнализация, блокировка	300-310ГПа	1%

Анализируя выбранные параметров управления, составляем структурную схему системы управления (рис.1.3).

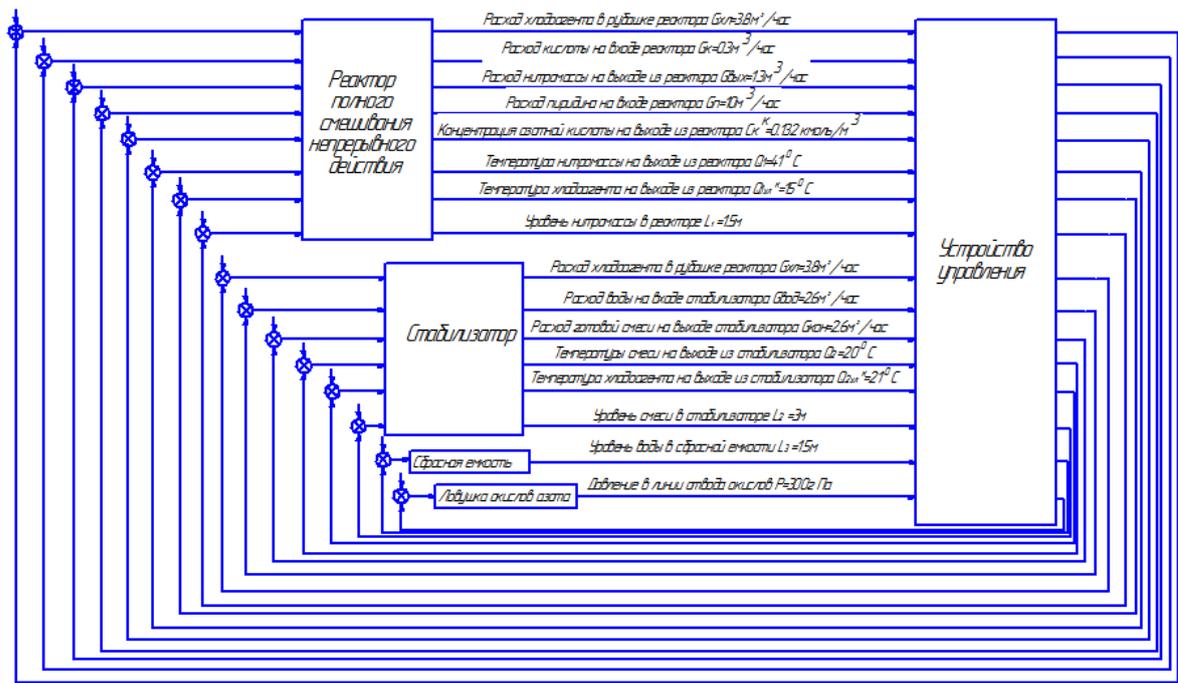


Рисунок 1.3 - Структурная схема системы управления

2 ВЫБОР КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ

При выборе регулирующих величин определяют целевое назначение процесса, взаимосвязь его с другими процессами, показатель эффективности и значение, на котором он должен поддерживаться. После чего анализируется вероятность поступления возмущающих воздействий в объект управления. Определяются пути устранения возмущения или их стабилизации.

Внедрение автоматических средств контроля и сигнализации позволяет обеспечить необходимую безопасность технологического процесса.

Анализируя схему движения материальных потоков системы управления процессом нитрования пиридина, определены следующие точки контроля, управления и сигнализации:

2.1 Регистрация и регулирование концентрации азотной кислоты в нитромассе C_k^k по расходу азотной кислоты G_k , сигнализация существенных отклонений; компенсация возмущений по G_n

Концентрация азотной кислоты в нитромассе определяется концентратомером кислоты (поз. 1а), устанавливаемым на байпасе трубопровода. Унифицированный сигнал 4...20 мА с него поступает на регистратор и на ПЛК. Расход пиридина с уксусным ангидридом измеряется с помощью измерительной диафрагмы (поз. 1б), откуда поступает на датчик разности давлений и, также, на ПЛК. С ПЛК маломощный управляющий сигнал идёт на МЭО (поз. 3), откуда поступает на твердотельное реле, с которого воздействует на регулирующий орган. Программируемый логический контроллер (ПЛК) выполняет функции отображения, регистрации, регулирования. Сигнализация осуществляется с помощью сигнальных ламп, расположенных на щите, и включаемых схемой сигнализации. Согласно проведенному анализу контур регистрации и регулирования концентрации азотной кислоты в нитромассе C_k^k по расходу азотной кислоты G_k , сигнализация существенных отклонений; компенсация возмущений по G_n представили на рисунке 2.1.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

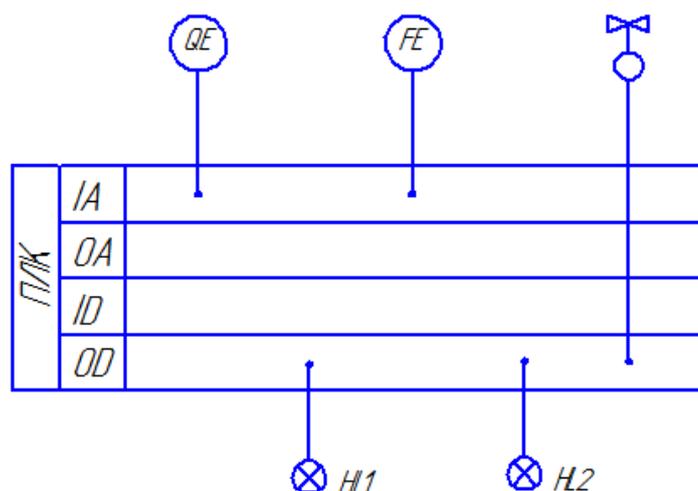


Рисунок 2.1 - Контур регистрации и регулирования концентрации азотной кислоты в нитромассе C_K^K по расходу азотной кислоты G_K , сигнализация существенных отклонений; компенсация возмущений по G_{Π}

2.2 Регистрация и регулирование температуры θ_1 в реакторе по подаче охлаждающей воды $G_{хл1}$ и сигнализация существенных отклонений

Температуры в реакторе измеряется термопреобразователем сопротивления (поз. 2а); сигнал с него поступает на аналоговые входы контроллера. С ПЛК маломощный управляющий сигнал идёт на МЭО (поз. 5), откуда поступает на твердотельное реле, с которого воздействует на регулирующий орган. ПЛК выполняет функции отображения, регистрации, регулирования. При существенных отклонениях температур подаётся сигнал на соответствующий контактор в схеме сигнализации, вследствие чего загорается сигнальная лампа. Согласно проведенному анализу контур регистрации и регулирования температуры θ_1 в реакторе по подаче охлаждающей воды $G_{хл1}$ и сигнализации существенных отклонений представили на рисунке 2.2.

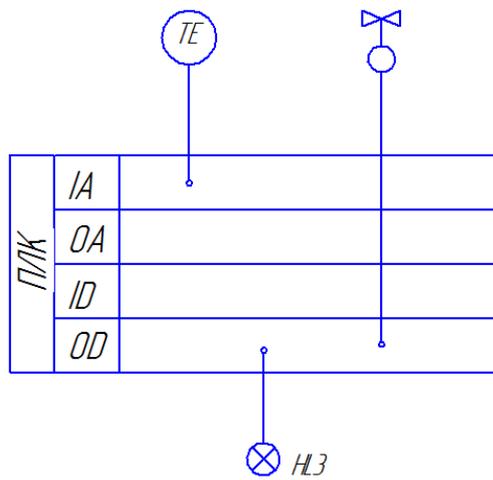


Рисунок 2.2 – Контур регистрации и регулирования температуры θ_1 в реакторе по подаче охлаждающей воды $G_{хл1}$ и сигнализации существенных отклонений

2.3 Регулирование уровня h нитромассы в реакторе по отбору нитромассы $G_{вых}$

Уровень в реакторе определяется датчиком гидростатического давления (поз. 3а) с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА. Выходной сигнал с первичного преобразователя передается на аналоговый вход МПК. С МПК маломощный управляющий сигнал идет на МЭО (поз. 7), откуда поступает на твердотельное реле, с которого воздействует на регулирующий орган. Программируемый логический контроллер (ПЛК) выполняет функции отображения, регистрации, регулирования. Согласно проведенному анализу контур регулирования уровня h нитромассы в реакторе по отбору нитромассы $G_{вых}$ представили на рисунке 2.3.

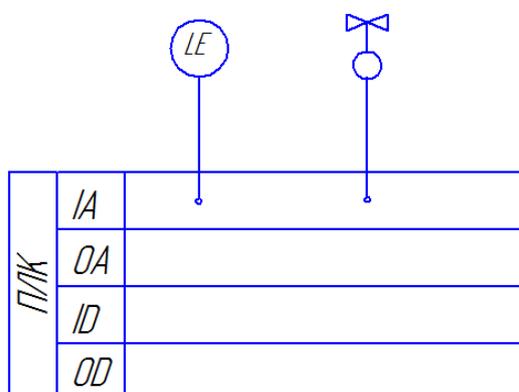


Рисунок 2.3 – Контур регулирования уровня h нитромассы в реакторе по отбору нитромассы $G_{вых}$

2.4 Регулирование уровня воды h_v в сбросной ёмкости по подаче воды $G_{в1}$

Уровень в сбросной ёмкости определяется датчиком гидростатического давления (поз. 4а) с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА. Выходной сигнал с первичного преобразователя передаётся на аналоговый вход МПК. С МПК маломощный управляющий сигнал идёт на МЭО (поз. 9), откуда поступает на твердотельное реле, с которого воздействует на регулирующий орган. Программируемый логический контроллер (ПЛК) выполняет функции отображения, регистрации, регулирования. Согласно проведенному анализу контур регулирования уровня воды h_v в сбросной ёмкости по подаче воды $G_{в1}$ представили на рисунке 2.4.

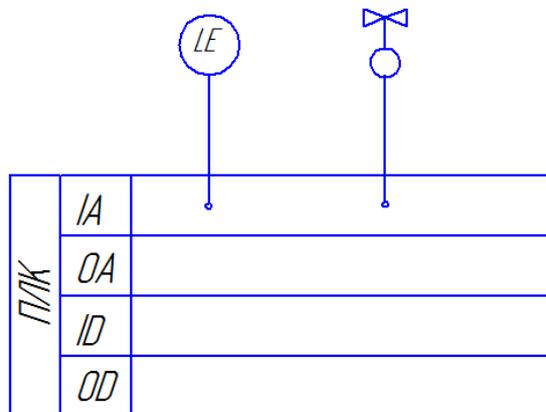


Рисунок 2.4 – Контур регулирования уровня воды h_v в сбросной ёмкости по подаче воды $G_{в1}$

2.5 Регулирование концентрации готовой смеси в стабилизаторе по подаче воды $G_{в2}$

Задачей данного контура является обеспечение требуемого соотношения расходов воды и нитромассы на входе стабилизатора (1:2). Для этого с помощью диафрагмы (поз. 5а) и датчика разности давлений (поз. 5б) измеряется расход нитромассы на входе стабилизатора. Выходной сигнал (4...20 мА) с преобразователя поступает на регистратор и, также, на контроллер. В контроллере формируется управляющий сигнал, обеспечивающий расход воды на входе стабилизатора в ДВА раза больший расхода нитромассы. С ПЛК маломощный управляющий сигнал идёт на МЭО (поз. 11),

откуда поступает на твердотельное реле, с которого воздействует на регулирующий орган. Программируемый логический контроллер (ПЛК) выполняет функции отображения, регистрации, регулирования. Согласно проведенному анализу контур регулирования концентрации готовой смеси в стабилизаторе по подаче воды G_{B2} представили на рисунке 2.5.

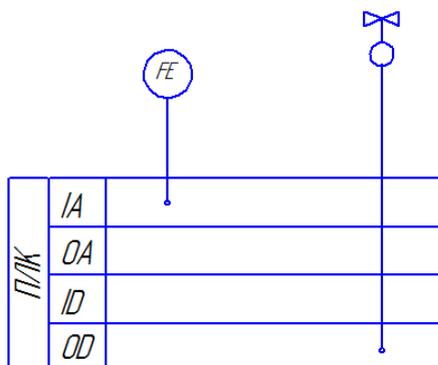


Рисунок 2.5 – Контур регулирования концентрации готовой смеси в стабилизаторе по подаче воды G_{B2}

2.6 Регистрация уровня в стабилизаторе h_{CM} по отбору готовой смеси G_{CM}

Уровень в стабилизаторе определяется датчиком гидростатического давления (поз. 6а) с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА. Выходной сигнал с первичного преобразователя передается на аналоговый вход МПК. С МПК маломощный управляющий сигнал идет на МЭО(поз. 13), откуда поступает на твердотельное реле, с которого воздействует на регулирующий орган. Программируемый логический контроллер (ПЛК) выполняет функции отображения, регистрации, регулирования. Согласно проведенному анализу контур регистрации уровня в стабилизаторе h_{CM} по отбору готовой смеси G_{CM} представили на рисунке 2.6.

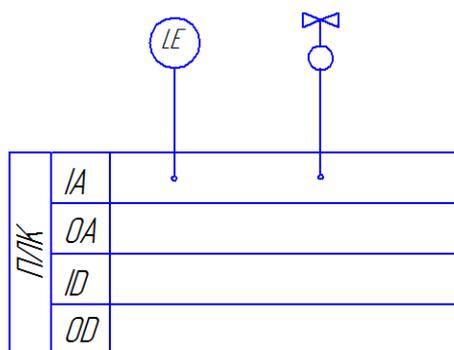


Рисунок 2.6 – Контур регистрации уровня в стабилизаторе h_{CM} по отбору готовой смеси G_{CM}

2.7 Регистрация и регулирование температуры θ_2 в стабилизаторе по подаче охлаждающей воды $G_{хл2}$ и сигнализация существенных отклонений

Температуры в стабилизаторе измеряется термопреобразователем сопротивления (поз. 7а); сигнал с него на аналоговый вход контроллера. С ПЛК маломощный управляющий сигнал идёт на МЭО (поз. 15), откуда поступает на твердотельное реле, с которого воздействует на регулирующий орган. Программируемый логический контроллер (ПЛК) выполняет функции отображения, регистрации, регулирования. При существенных отклонениях температур подаётся сигнал на соответствующий контактор в схеме сигнализации, вследствие чего зажигается сигнальная лампа. Согласно проведенному анализу контур регистрации и регулирования температуры θ_2 в стабилизаторе по подаче охлаждающей воды $G_{хл2}$ и сигнализации существенных отклонений Р представили на рисунке 2.7.

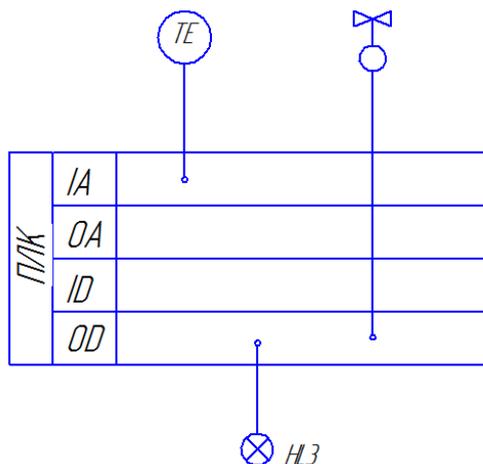


Рисунок 2.7 – Контур регистрации и регулирования температуры θ_2 в стабилизаторе по подаче охлаждающей воды $G_{хл2}$ и сигнализации существенных отклонений

2.8 Блокировка, контроль и сигнализация разряжения в линии отвода окислов азота Р

В процессе функционирования реактор требует отвода опасных для здоровья окислов азота. Для этого используется вакуумная линия отвода окислов, разрежение в которой не должно быть выше 600 гПа. Это разрежение измеряется датчиком давления

вакууметрическим. Унифицированный сигнал с преобразователя поступает на контроллер, формирующий сигналы блокировки и сигнализации для срабатывания аварийной сирены. С МПК маломощный управляющий сигнал поступает на твердотельное реле, с которого воздействует на цепь управления электромагнитного клапана ЭМК (поз. 17), открывающего сбросный трубопровод, соединяющий реактор со сбросной ёмкостью. Согласно проведенному анализу контур блокировки, контроля и сигнализации разряджения в линии отвода окислов азота Р представили на рисунке 2.8.

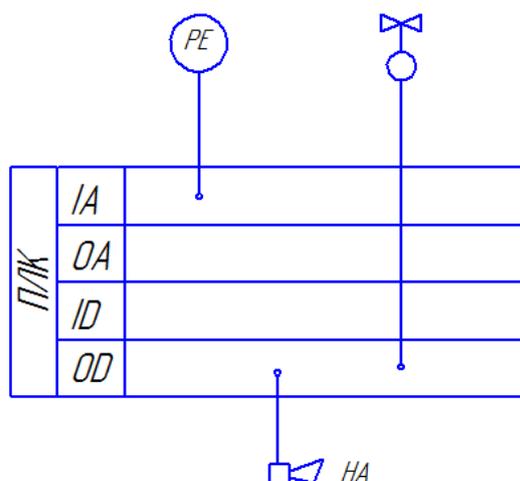


Рисунок 2.8 – Контур блокировки, контроля и сигнализации разряджения в линии отвода окислов азота Р

2.9 Контроль температур охлаждающей воды после реактора $\theta_{хл1}$

Контроль температуры хладоагента на выходе охлаждаемого объекта осуществляется с целью перегрева последнего. Температуры охлаждающей воды на выходе реактора измеряется термометром сопротивления (выходной сигнал 4...20мА), подключенным к двухканальному регистратору и параллельно к контроллеру. Согласно проведенному анализу контур контроля температур охлаждающей воды после реактора $\theta_{хл1}$ представили на рисунке 2.9.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

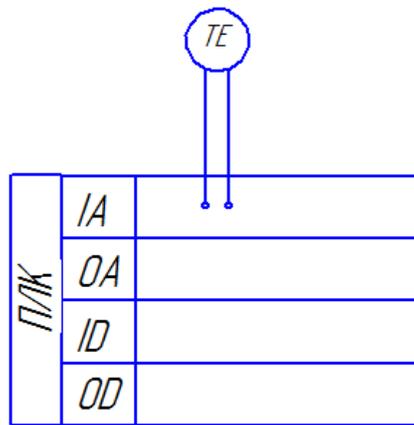


Рисунок 2.9 – Контур контроля температур охлаждающей воды после реактора $\theta_{\text{хл1}}$

2.10 Контроль температур охлаждающей воды после стабилизатора $\theta_{\text{хл2}}$

Контроль температуры хладагента на выходе охлаждаемого объекта осуществляется с целью перегрева последнего. Температуры охлаждающей воды на выходе стабилизатора измеряется термометром сопротивления (выходной сигнал 4...20 мА), подключенным к двухканальному регистратору и параллельно к контроллеру. Согласно проведенному анализу контур контроля температур охлаждающей воды после стабилизатора $\theta_{\text{хл2}}$ представили на рисунке 2.10.

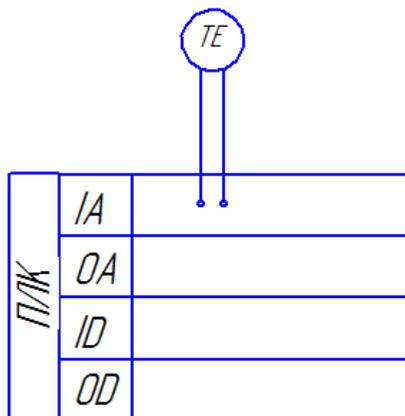


Рисунок 2.10 – Контур контроля температур охлаждающей воды после стабилизатора $\theta_{\text{хл2}}$

3 ВЫБОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ, РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ

Приняв во внимание особенности реактора полного смешения непрерывного действия с рубашкой и мешалкой, топологию объекта, и распределение функциональных элементов технологического процесса по предприятию, выбираем 2-х уровневую систему управления. Принципиально важными критериями выбора средств автоматизации (в частности нижнего уровня) выступают их точность, надёжность и защищённость. Точность измерений имеет наивысший приоритет. Для избегания конфликтов в протоколе RS-485 на одном объекте следует стараться использовать средства автоматизации, выпускаемые одним производителем.

3.1 Нижний уровень автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП)

Нижний уровень должен решать задачи сбора информации с датчиков технологических параметров, контроль исправности датчиков и линий связи, контроль параметров и сигнализация об отклонениях их за допустимые технологические пределы, а также передает их в АСУ верхнего уровня.

3.1.1 Выбор датчиков

3.1.1.1 Датчики температуры

В данном ТП производится регулирование температуры нитромассы на выходе реактора и смеси на выходе из стабилизатора, а также контроль температуры хладоагента на выходе из реактора и хладоагента на выходе из стабилизатора. Так как диапазон измеряемых температур невелик, будем использовать термопреобразователи сопротивления ДТС. Также следует отметить, что диапазон измеряемых температур в обеих точках практически одинаков, следовательно, применим один тип датчика для этих точек. Целесообразно совместно с термопреобразователем применять нормирующий преобразователь. Сравним характеристики термопреобразователей в таблице 3.1.

					СУзт-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Таблица 3.1 - Основные технические характеристики термопреобразователей сопротивления ДТС

Наименование	Тип	Номинальная статическая характеристика (НСХ)	Класс допуска	Встроенный нормирующий преобразователь (НП) в 4...20 мА	Диапазон измеряемых температур	Допустимые отклонения
Овен ДТС	XX4	50М 100М	А; В; С	-	-50...150 ⁰ С	±2,5 ⁰ С
		50П 100П Pt100		-	-50...250 ⁰ С	±0,0075 Т
Овен ДТС	XX5	50М 100М	А; В; С	+	-50...180 ⁰ С	±2,5 ⁰ С
		50П 100П Pt100		-	-50...500 ⁰ С	±0,005 Т

Для измерения температур нитромассы на выходе реактора, смеси на выходе из стабилизатора, хладоагента на выходе из реактора и хладоагента на выходе из стабилизатора наиболее подходит термопреобразователь сопротивления типа XX5, так как он имеет достаточный рабочий диапазон, приемлемую точность и встроенный нормирующий преобразователь.

Следовательно, для реактора и стабилизатора применим термопреобразователь сопротивления марки ОВЕН ДТС055-50М.В3.60/1.Ех-Т6.

Данный термометр сопротивления медный 50М, модель 055, класс допуска В, с трехпроводной схемой соединений, длина монтажной части 60 мм, длина кабельного вывода 1 м, во взрывозащищенном исполнении, температурный класс Т6 (температура контролируемой среды до 80 °С).

Внешний вид выбранного датчика температуры представлен на рисунке 3.1.

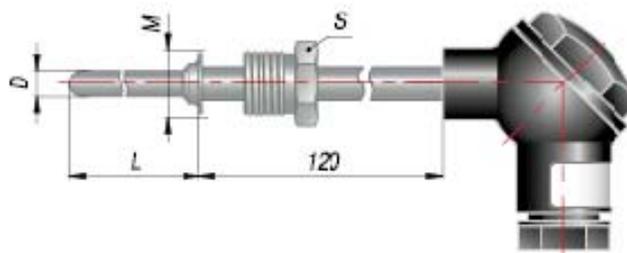


Рисунок 3.1 – Датчик температуры ОВЕН ДТС055-50М.В3.60/1.Ех-Т6

3.1.1.2 Датчик давления

Контроль давления в данном ТП производится в линии отвода окислов. Так как диапазон измеряемого давления невелик, будем использовать датчик (преобразователь) давления. Для измерения давления проведем выбор между датчиком ОВЕН ПД100-ДИ0,4-111-1 датчиком давления Сапфир-22М с верхним пределом измерения 0,4 МПа. Сравним характеристики датчиков давления в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Основные технические характеристики датчиков (преобразователей) давления

Наименование	ОВЕН ПД100-ДИ0,4-111-1	Сапфир-22М
Выходной сигнал	4...20 мА	4 - 20/ 20 - 4; 0 - 5/5 - 0; 0 - 20/20 - 0
Основная приведенная погрешность	1 % ВПИ	± 0,5
Степень защиты корпуса	IP65	IP 65
Штуцер для подключения	M20x1,5 манометрический	-
Цена, грн	1706,77	2776,34

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Сравнив технические характеристики датчиков ОВЕН ПД100-ДИ0,4-111-1 и Сапфир-22М, можно сделать вывод, что оба датчика одинаково подходят. И, хотя датчик Сапфир-22М, имеет меньшую погрешность, предпочтение отдадим датчику ПД100-ДИ0,4-111-1, так как он имеет достаточную для данного измерения точность, практичность крепления и значительно меньшую стоимость – поэтому следует использовать датчик давления ОВЕН ПД100-ДИ0,4-111-1.

Внешний вид выбранного датчика давления представлен на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Датчик давления ОВЕН ПД100-ДИ0,4-111-1

Измеряемая среда агрессивная, поэтому для исключения её влияния на внутренние поверхности датчика, необходимо установить разделительный сосуд или мембрану.

В качестве разделителя мембранного будем использовать РМ 5319 (рис. 3.3), основные параметры которого указаны в таблице 3.3.

Разделители предназначены для предохранения внутренней полости чувствительных элементов измерительных устройств (манометров и преобразователей давления) от попадания в нее сред, агрессивных, горячих, кристаллизующихся, несущих взвешенные твердые частицы. При необходимости, сторона мембраны разделителя, соприкасающаяся с агрессивной измеряемой средой, может быть защищена фторопластом. Разделители могут соединяться с измерительным устройством непосредственно или через соединительный рукав модели 55004. Разделители выпускаются по ТУ 25-05.2343-78.

					СУзт-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28



Рисунок 3.3 – Разделитель мембранный РМ 5319

Таблица 3.3 - Основные технические характеристики РМ 5319

Верхние пределы измерений измерительных устройств, комплектуемых разделителями, МПа (кгс/см ²)	0,025-2,5 (0,25-25)
Объемы, заполняемые разделительной жидкостью измерительных устройств, комплектуемых разделителями, см ³	40
Масса разделителей не более, кг	3
Стоимость, грн	1400

3.1.1.3 Датчики уровня

В данном ТП производится регулирование уровня нитромассы в реакторе, воды в сборной ёмкости и смеси в стабилизаторе. Диапазон измеряемых уровней во всех точках практически одинаков, следовательно, применим один тип датчика для этих точек. Для измерения уровня возможно использование следующих датчиков:

а) Датчик гидростатического давления САПФИР-22-ДГ

Датчик САПФИР-22-ДГ используют в системах АСУТП для измерения гидростатического давления топлива, воды, жидкостей, газа или пара, что позволяет контролировать расход и уровень этих сред, а также для непрерывной передачи измеряемых значений в виде стандартного выходного токового сигнала на вторичную аппаратуру регистрации данных либо исполнительные механизмы.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.4.

б) Преобразователь гидростатического давления ОВЕН ПД100-ДГ

Датчики ОВЕН ПД100-ДГ представляют собой преобразователи гидростатического давления с измерительной мембраной из нержавеющей стали и встроенным гидрометрическим кабелем.

Данная модель характеризуется возможностью работы внутри жидкости. Для связи сенсора с атмосферой в кабеле присутствует капилляр. Съёмный защитный колпачок предохраняет измерительную мембрану (открытый сенсор) от механических повреждений.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Сводная таблица характеристик датчиков уровней

Название датчика	Функциональные особенности	Диапазон измерений	Основная погрешность	Выходной сигнал
САПФИР-22-ДГ-2540	Датчик гидростатического давления	63 кПа	0,25 %	0-5 мА, 4-20 мА
ОВЕН ПД100-ДГ0,06-137-0,5.6	Преобразователь гидростатического давления	0,06 МПа	0,5 %	4-20 мА

Сравнив технические характеристики датчиков уровня, а также их стоимость можно сделать вывод, останавливаем выбор на преобразователе гидростатического давления ОВЕН ПД100-ДГ0,06-137-0,5.6, так как он обладает относительно небольшой величиной погрешности, а высокая точность измерений нам не требуется.

Внешний вид датчика уровня представлен на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Преобразователь гидростатического давления ОВЕН ПД100-ДГ0,06-137-0,5.6

Так как измеряемая среда является агрессивной, в качестве разделителя мембранного также будем использовать РМ 5319.

3.1.1.4 Датчики расхода

В данном ТП производится регулирование расхода хладагента в рубашках реактора и стабилизатора, кислоты на входе реактора, нитромассы на выходе из реактора, пиридона на выходе реактора, воды на входе стабилизатора и готовой смеси на выходе стабилизатора. Диапазон измеряемых расходов во всех точках практически одинаков, следовательно, применим один тип датчика для этих точек. Для измерения расхода возможно использование следующих датчиков:

а) Датчик разности (перепада) давления САПФИР-22-ДД

Преобразователь перепада давления Сапфир-22-ДД предназначен для непрерывного преобразования значения измеряемого перепада давления в унифицированный токовый выходной сигнал. Датчик перепада давления Сапфир-22-ДД может применяться для измерения расхода путём преобразования измеренного перепада давления на стандартном сужающем устройстве (диафрагме) в унифицированный выходной сигнал по квадратичному закону.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.5.

б) Преобразователь дифференциального давления ОВЕН ПД200

Преобразователь данной модели предназначен для измерения перепада давления или уровня жидкости в сосудах под давлением или расхода среды на сужающих устройствах в системах автоматического регулирования и управления на основных и вторичных производствах в промышленности и ЖКХ: газораспределительных системах, узлах учета газа, объектах энергетики, «барабанах» котлов в котельных, парогенерирующих объектах, вентиляционных системах и т.п.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.5.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Таблица 3.5 - Основные технические характеристики датчиков разницы давления

Название датчика	Функциональные особенности	Диапазон измерений	Основная погрешность	Выходной сигнал
САПФИР-22-ДД-2440	Датчик разности (перепада) давлений	63 кПа	0,15 %	0-5 мА, 4-20 мА
ОВЕН ПД200-ДД0,04-155-0,25-2-Н	Преобразователь дифференциального давления	0,04 МПа	1 %	4-20 мА

Сравнив технические характеристики датчиков, а также их стоимость, и приняв во внимание принцип действия можно сделать вывод, что датчик дифференциального давления ОВЕН ПД200-ДД0,04-155-0,25-2-Н подходит лучше, так как он имеет достаточную для данных измерений точность, но меньшую стоимость. Поэтому выбираем датчик давления ОВЕН ПД200-ДД0,04-155-0,25-2-Н.

Внешний вид датчика представлен на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Преобразователь дифференциального давления ОВЕН ПД200-ДД0,04-155-0,25-2-Н

В качестве стандартного сужающего устройства используем диафрагму бескамерную ДБС-0,6-50-Б, технические характеристики которой приведены в таблице 3.6.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Таблица 3.6 – Основные технические характеристики диафрагмы бескамерной ДБС-0,6-50-Б

Наименование	Обозначение	Условное давление P_u , МПа	Условные проходы D_u , мм	Материал	Условное обозначение
Диафрагма бескамерная	ДБС	0,6	50	Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632	Б

Внешний вид диафрагмы представлен на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Диафрагма бескамерная ДБС-0,6-50-Б

Так как измеряемая среда является агрессивной, в качестве разделителя мембранного также будем использовать РМ 5319.

3.1.1.5 Концентратомер

В данном ТП производится контроль концентрации азотной кислоты на выходе из реактора. Для измерения концентрации используем концентратомер азотной кислоты ККА-70М.

ККА-70М используется для непрерывного измерения массовой доли азотной кислоты в водных растворах на производстве. Является двухканальным прибором и одновременно может производить измерения массовых долей азотной кислоты в двух технологических емкостях.

Технические характеристики концентратомера азотной кислоты ККА-70М представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Основные технические характеристики концентратомера азотной кислоты ККА-70М

Наименование	Обозначение	Диапазон измерений массовой доли азотной кислоты в растворе, %	ПОГРЕШНОСТЬ, %	Класс СИ	Стоимость, грн
Концентратомер азотной кислоты	ККА	40-70	±3	31.01	2130

3.1.2 Преобразователи

Твердотельные реле

Для сопряжения корректирующего устройства (регулятора) с такими исполнительными механизмами данной схемы, как регулирующие клапаны трубопроводов следует применять твердотельные реле. Возможно использование следующих твердотельных реле:

а) Однофазное твердотельное реле KIPPRIBOR MD0544ZD3

Основные характеристики твердотельного реле KIPPRIBOR MD1044ZD3

- Оптическая изоляция (вход/выход): 2500 V AC.
- Типы управляющих сигналов: унифицированный сигнал напряжения 0...10В.
- Тип коммутации: переключение в «0».
- Максимально допустимое импульсное напряжение: 900 V AC.
- Светодиодная индикация для контроля наличия входного сигнала.
- Управляющее напряжение: 3...32 V DC.
- Номинальный рабочий ток: 10 А.

б) Твердотельные реле KIPPRIBOR HD01022.10U

Основные характеристики твердотельного реле KIPPRIBOR HD01022.10U:

- Коммутация резистивной нагрузки до 30 А.
- Типы управляющих сигналов: унифицированный сигнал напряжения 0...10 В.
- Диапазон коммутируемого напряжения: 10...220 VАС.
- ТТР этих серий рекомендуется применять для простых случаев непрерывного регулирования напряжения нагрузки в диапазоне от 10 В до номинального напряжения питания, пропорционально входному сигналу управления. В частности с помощью ТТР этих серий эффективно осуществлять:
 - * Регулирование мощности ТЭНов;
 - * Регулирование напряжения на лампах накаливания, например, для корректировки необходимого уровня освещенности; и т.п.

Сравнив технические характеристики указанных твердотельных реле, можно сделать вывод, что оба реле одинаково подходят, но реле HD01022.10U подходит для коммутации более мощных электрических цепей. Поэтому выбираем его (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Реле HD01022.10U

Стоимость реле – 513 грн.

3.1.3 Исполнительные механизмы

Для управления температурой, уровнем расходом и концентрацией в реакторе, стабилизаторе и сборной ёмкости, необходимо выбрать исполнительные механизмы, которые бы удовлетворяли условиям взрывозащищенности.

					СУзт-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

В качестве исполнительного механизма могут быть использованы:

а) Механизм исполнительный пневматический МИП-320 с пневматическим аналоговым входным сигналом

Предназначен для перемещения регулирующих и запорно-регулирующих органов для точного регулирования нейтральных и агрессивных жидкостей и газов в системах автоматического и дистанционного управления.

Основные характеристики исполнительного механизма приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Основные характеристики МИП-320

Тип	МИП-320
Рабочая среда	Сжатый воздух
Условный ход (типоразмер), мм	100, 200, 320, 400
Давление питания	от 0,4...1 МПа
Входной сигнал	0,02...0,1 МПа

б) Регулирующий поршневой пневмоклапан Burkert 2300 (рис. 3.8)

2/2-ходовой регулирующий поршневой пневмоклапан Burkert 2300 предназначен для точного регулирования нейтральных и агрессивных жидкостей и сыпучих материалов в трубопроводах с сечением Ду 13- 50 мм. Регулирующий пневмоклапан 2300 поставляется с фланцевым, резьбовым или сварным присоединениями. Благодаря параболическому конусу клапан имеет прекрасные регулирующие характеристики. Отличительной особенностью регулирующего пневмоклапана 2300 состоит в конструкции пневмопривода из нержавеющей стали. Материал уплотнения - сталь/сталь или PTFE/сталь. Температура рабочей среды: -10-+180°C.



Рисунок 3.8 – Пневмоклапан Burkert 2300

Стоимость пневмоклапана – 37516,31 грн.

Для трубопровода подачи азотной кислоты наиболее подходит модификация ИО 2301-А-50-PTFE-VA, для трубопровода подачи пиридона - модификация ИО 2301-А-20-PTFE-VA, для трубопровода подачи воды - модификация ИО 2301-В-20-PTFE-VA.

Выбираем пневмоклапан Burkert 2300, так как он более удобен в использовании.

Для пневмоклапана Burkert 2300 применяем электропневматический позиционер Burkert 8696.

Цифровой электропневматический позиционер Burkert 8696 (рис. 3.9) разработан специально для регулирующих пневмоклапанов Burkert 23XX/2103 с приводом Ø 50 мм. Позиционер 8696 изготовлен из нержавеющей стали и полисульфона, что позволяет использовать его в СІР-процессах. Позиционер 8696 не имеет индикации. Настройка основных параметров при помощи ДИП-переключателей. Напряжение питания 24В постоянного тока, входной сигнал 4-20 мА или 0-10 В.



Рисунок 3.9 – Электропневматический позиционер Burkert 8696

Стоимость позиционера – 10916,67 грн.

3.2 Верхний уровень автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП)

Верхний уровень АСУ выполняет функции диалогового взаимодействия с оператором, включающие в себя отображение, накопление и анализ данных.

Основные функции управления, реализуются на основе подбора необходимых технических средств. Главной задачей выбора технических средств является проверка сопряжения каналов управления контроллера с приводами.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

На основании изложенных данных выдвинем требования к портам контроллера (табл. 3.10).

Таблица 3.10 - Требования к портам контроллеру

Сигналы	Количество сигналов
Аналоговые входные	15
Дискретные входные	3
Аналоговые выходные	0
Дискретные выходные	14

3.2.1 Выбор контроллера

Для реализации управления данным процессом необходимо применить контроллер с модулями расширения.

В качестве контроллера могут быть использованы:

а) Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 160

ПЛК 160 предназначен для создания систем управления малыми и средними объектами.

Построение системы управления и диспетчеризации на базе ОВЕН ПЛК возможно как с помощью проводных средств – используя встроенные интерфейсы Ethernet, RS-232, RS-485, так и с помощью беспроводных средств – используя радио, GSM, ADSL модемы.

Конструктивные особенности ОВЕН ПЛК 160

Контроллер выполнен в компактном DIN-реечном корпусе.

Расширение количества точек ввода\ вывода осуществляется путем подключения внешних модулей ввода\ вывода по любому из встроенных интерфейсов.

Вычислительные ресурсы ОВЕН ПЛК 160

В контроллере заложены мощные вычислительные ресурсы при отсутствии операционной системы:

- высокопроизводительный процессор RISC архитектуры ARM9, с частотой 180МГц компании Atmel;
- большой объем оперативной памяти – 8МБ;
- большой объем постоянной памяти – Flash память, 4МБ;

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

- объем энергонезависимой памяти, для хранения переменных – до 16КБ.

Внешний вид ПЛК представлен на рисунке 3.10.



Рисунок 3.10 – ОВЕН ПЛК 160

Электрические параметры

- Два варианта питания для каждого контроллера:
- переменный ток: (90-265)В, (47...63)Гц;
- постоянный ток: (18-29)В.
- Небольшая потребляемая мощность до 10Вт.
- Дискретные входы - 16
- Дискретные выходы - 12
- Аналоговые входы - 8
- Аналоговые выходы - 4
- Все дискретные входы контроллера измеряют сигнал 24В.
- Тип сигнала может быть как n-p-n, так и p-n-p.
- Дискретные выходы типа: Р - реле.

«Быстрые» аналоговые входы, для подключения унифицированных датчиков тока, напряжения. Дискретные выходы контроллеров данной линейки могут быть настроены на выдачу ШИМ, или генератора с высокой точностью.

Основные характеристики программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК 160 представлены в таблице 3.11.

Стоимость ПЛК – 11105,36 грн.

						Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Б) ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР SIMATIC S7-1200

Программируемый контроллер SIMATIC S7-1200 производства SIEMENS – это базовый контроллер для решения самых разных задач автоматизации малого и среднего уровня. Этот контроллер имеет модульную конструкцию и универсальное назначение. Он способен работать в реальном масштабе времени, может использоваться для построения относительно простых узлов локальной автоматики или узлов комплексных систем автоматического управления, поддерживающих интенсивный коммуникационный обмен данными через сети Industrial Ethernet/PROFINET, а также PtP (Point-to-Point) соединения.

Программируемый контроллер S7-1200 имеет компактные пластиковые корпуса со степенью защиты IP20, может монтироваться на стандартную 35 мм профильную шину DIN или на монтажную плату и работает в диапазоне температур от 0 до +50 °С. Он способен обслуживать 24 дискретных и 12 аналоговых канала ввода-вывода.

Центральный процессор

Центральный процессор обладает высокой производительностью и обеспечивает поддержку широкого набора функций:

- Программирование на языках LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) и SCL (Structured Control Language), исчерпывающий набор команд.
- Высокое быстродействие, время выполнения логической операции не превышает 0.1 мкс.
- Встроенная загружаемая память объемом до 4 Мбайт, расширяемая картой памяти емкостью до 4 Гбайт.
- Рабочая память емкостью до 150 Кбайт.
- Энергонезависимая память емкостью 10 Кбайт для необслуживаемого сохранения данных при перебоях в питании контроллера.
- Встроенные дискретные входы универсального назначения, позволяющие вводить потенциальные или импульсные сигналы.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

- Встроенные аппаратные часы реального времени с запасом хода при перебоях в питании 20 дней.
- Встроенные скоростные счетчики с частотой следования входных сигналов до 1 МГц.
- Встроенные импульсные выходы с частотой следования импульсов до 1 МГц (только в CPU с транзисторными выходами).
- Поддержка функций ПИД регулирования.
- Поддержка функций управления перемещением в соответствии с требованиями стандарта PLCopen.
- Поддержка функций обновления операционной системы.
- Встроенный WEB – сервер, позволяющий выполнять дистанционную диагностику программируемых контроллеров с использованием стандартного Web браузера.
- Парольная защита программы пользователя.
- Коммуникационные модули CM 12xx и CP 12xx для подключения контроллера к сети Industrial Ethernet, PROFIBUS DP, обмена данными через последовательные каналы связи, мобильную сеть GSM, каналы связи систем телеуправления.

Основные характеристики программируемого логического контроллера SIMATIC S7-1200 представлены в таблице 3.11.

Внешний вид ПЛК представлен на рисунке 3.11.



Рисунок 3.11 – ПЛК SIMATIC S7-1200

Стоимость ПЛК – 12906,36 грн.

						СУзт-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			41

в) Программируемый логический контроллер VIPA System 200V

VIPA System 200V - контроллер для решения задач центральной и распределенной системы автоматизации, где он может выступать в качестве как "ведомых" так и "ведущих" устройств. Он с успехом может использоваться в системах промышленной автоматизации с повышенными требованиями к надежности оборудования и к временным параметрам контуров управления. CPU совместимы по набору инструкций с популярными контроллерами SIMATIC S7-300 и могут программироваться как с помощью ПО WinPLC7 (VIPA), так и с помощью STEP7 (Siemens).

VIPA System 200V построен по модульному принципу. Это значит, что пользователь имеет возможность оптимально подбирать состав модулей для решения своей задачи и гибко модифицировать его при расширении или при изменении требований к системе. Он обладают хорошим временем реакции и подходит для управления производствами периодического, непрерывного и непрерывно-периодического типа.

Основные характеристики программируемого логического контроллера VIPA System 200V представлены в таблице 3.11.

Стоимость ПЛК – 9696,52 грн.

Внешний вид ПЛК представлен на рисунке 3.12.



Рисунок 3.12 – ПЛК VIPA System 200V

Таблица 3.11 – Основные характеристики контроллеров

Основные характеристики	ОВЕН ПЛК 160	SIMATIC S7-1200	VIPA System 200V
Количество входов/выходов	Дискретные входы - 16 Дискретные выходы - 12 Аналоговые входы - 8 Аналоговые выходы - 4	Дискретные - 24 I/O аналоговые - 12 I/O	Дискретные - 12 I/O Аналоговые - 8 I/O
Объем памяти	8 Мбайт	150 Кбайт	32...128 Кбайт
Время выполнения операции	1 мс	0,1 мкс	с битами — 0,25 мкс со словами — 1,2 мкс
Таймеры/Счетчики	Часы реального времени с автономным аккумуляторным питанием (точность хода – не более 3 мин в сутки)	Встроенные аппаратные часы реального времени с запасом хода при перебоях в питании 20 дней; встроенные скоростные счетчики с частотой следования входных сигналов до 1 МГц; встроенные импульсные выходы с частотой следования импульсов до 1 МГц (только в CPU с транзисторными выходами).	128/256

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Программирование	ПО CoDeSys	LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) и SCL (Structured Control Language)	WinPLC7 от VIPA / STEP7 от Siemens
Протоколы	ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII, Modbus TCP, DCON, GateWay (протокол CODESYS), Mass Storage Device	Industrial Ethernet/PROFINET, PtP (Point-to-Point) соединения.	ProfibusDP slave
Интерфейс	RS-232, Ethernet Mbps, USB-Device	RS-485, 10/100	Ethernet/PROFINET MP2I (MPI+PPI)

Так как ПЛК SIMATIC S7-1200 имеет большой объем памяти, возможность работы в реальном масштабе времени и более широкий спектр функций, выбираем именно его.

Так как встроенных аналоговых входов/выходов не достаточно, то существует необходимость использования дополнительных модулей ввода/вывода аналоговых сигналов.

3.2.2 Модуль ввода аналогового сигнала

Прибор предназначен для преобразования измеряемых аналоговых сигналов в цифровой код и передачи результатов измерения в сеть RS-485. Предназначается для построения автоматизированных систем сбора данных в различных областях промышленности, сельского и коммунального хозяйства, на транспорте.

В качестве модуля аналогового ввода выбираем SM 1231 производства SIEMENS.

Основные характеристики модуля аналогового ввода SM 1231 приведены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Основные характеристики SM 1231

Наименование	Обозначение	ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ	ВЕС НЕТТО, КГ	Стоимость, грн
Модуль аналогового ввода	SM 1231	SIMATIC S7-1200, 4 AI, +/-10 В, +/-5 В, +/-2,5 В, ИЛИ 0-20 МА 12 БИТ + ЗНАК (13 БИТ ADC)	0,172	7074

Внешний вид SM 1231 представлен на рисунке 3.13.



Рисунок 3.13 – Модуля аналогового ввода SM 1231

3.2.3 Модуль вывода аналогового сигнала

Модуль аналогового вывода предназначен для преобразования цифровых сигналов, передаваемых по сети RS-485, в аналоговые сигналы диапазоном от 4 до 20 мА и в аналоговые сигналы диапазоном от 0 до 10 В для управления исполнительными механизмами или для передачи сигналов приборам регистрации и самописцам.

В качестве модуля аналогового вывода выбираем SM 1232 производства SIEMENS.

Основные характеристики модуля аналогового вывода SM 1232 приведены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Основные характеристики SM 1232

Наименование	Обозначение	Технические параметры	Вес Нетто, кг	Стоимость, грн
Модуль аналогового вывода	SM 1232	SIMATIC S7-1200, 2 АО, +/-10В 14 БИТ, ИЛИ 0-20 МА 13 БИТ	0,169	5897,85

Внешний вид SM 1232 представлен на рисунке 3.14.



Рисунок 3.14 – Модуля аналогового вывода SM 1232

3.2.4 Панель оператора

Для визуализации прохождения ТП, отображения текущих параметров, задания входных величин и индикации канала аварии применим сенсорную графическую панель оператора SIPLUS HMI Basic Panel производства SIEMENS(рис. 3.16), которая может использоваться для решения задач оперативного управления и мониторинга на локальном уровне во всех областях промышленного производства, а также в системах автоматизации зданий.

Основные характеристики панели оператора SIPLUS HMI Basic Panel приведены в таблице 3.14.

					СУзТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Таблица 3.14 – Основные характеристики SIPLUS HMI Basic Panel

Наименование	Обозначение	Технические параметры	Вес Нетто, кг
Панель оператора	SIPLUS HMI Basic Panel	КТР600 BASIC COLOR PN 5,7,' ДИАПАЗОН РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР -25... +60 ГРАД. ЦЕЛЬСИЯ, С КОНФОРМНЫМ ПОКРЫТИЕМ НА ОСНОВЕ 6AV6647-0AD11-3AX0 . 5,7" TFT ДИСПЛЕЙ, 256 ЦВЕТОВ, ИНТЕРФЕЙС ETHERNET	1,07

Внешний вид SIPLUS HMI Basic Panel представлен на рисунке 3.15.



Рисунок 3.15 – Панель оператора SIPLUS HMI Basic Panel

3.2.5 Блок питания

Для питания модулей ввода, вывода, ПЛК и панели оператора выберем блок питания PM1207 производства SIEMENS.

Блок питания PM1207 (Power Module) оптимален для новой серии контроллеров SIMATIC S7-1200 по дизайну и функциональности и обеспечивает внешнее питание входов и выходов, когда мощности, встроенного в ЦПУ источника питания, не достаточно.

Основные характеристики блока питания PM1207 представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Основные характеристики SIPLUS PM1207

Наименование	Обозначение	Технические параметры	Вес Нетто, кг
Блок питания	PM1207	СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ, ВХОД: ~120/230 В, ВЫХОД: =24 В/2,5 А	0,3

Внешний вид PM1207 представлен на рисунке 3.16.



Рисунок 3.16 – Блок питания PM1207

3.3 Разработка системы сигнализации

Для осуществления технологической сигнализации воспользуемся блоком технологической сигнализации ПТС-64.

Блок технологической сигнализации предназначен для обобщенной и поканальной сигнализации параметров технологических процессов, значения которых в процессе работы превышают те или иные технологические уставки. Используется в локальных и комплексных системах промышленной автоматизации производственных процессов в схемах технологической и аварийной сигнализации.

Прибор технологической сигнализации ПТС-64 состоит из одного блока ПТС-2 (ведущее устройство или прибор обобщенной сигнализации) и одного или нескольких блоков ПТС-8 (ведомое устройство или прибор поканальной сигнализации).

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

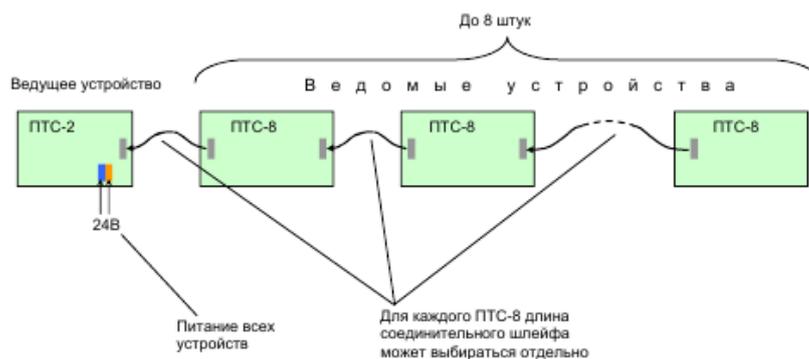


Рисунок 3.17 – Схема подключения прибора ПТС 64

Внешний вид прибора технологической сигнализации ПТС-64 представлен на рисунке 3.18.

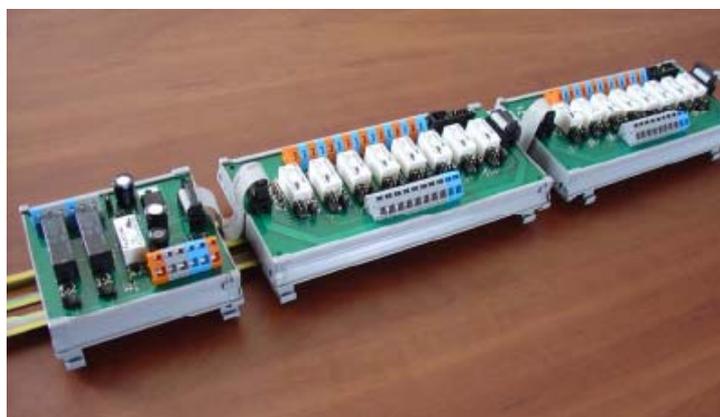


Рисунок 3.18 - Внешний вид прибора технологической сигнализации ПТС-64

Стоимость ПЛК – 744 грн.

На основании локальных контуров и выбранных средств автоматизации построена функциональная схема автоматизации процесса (СУЗТ-61Ш 6.050201.08.А2).

3.4 Разработка алгоритмов управления

В общем виде система работает по алгоритму, представленному на рисунке 3.19.

Алгоритмы отдельных подпрограмм управления приведены на рисунках 3.20-3.22.

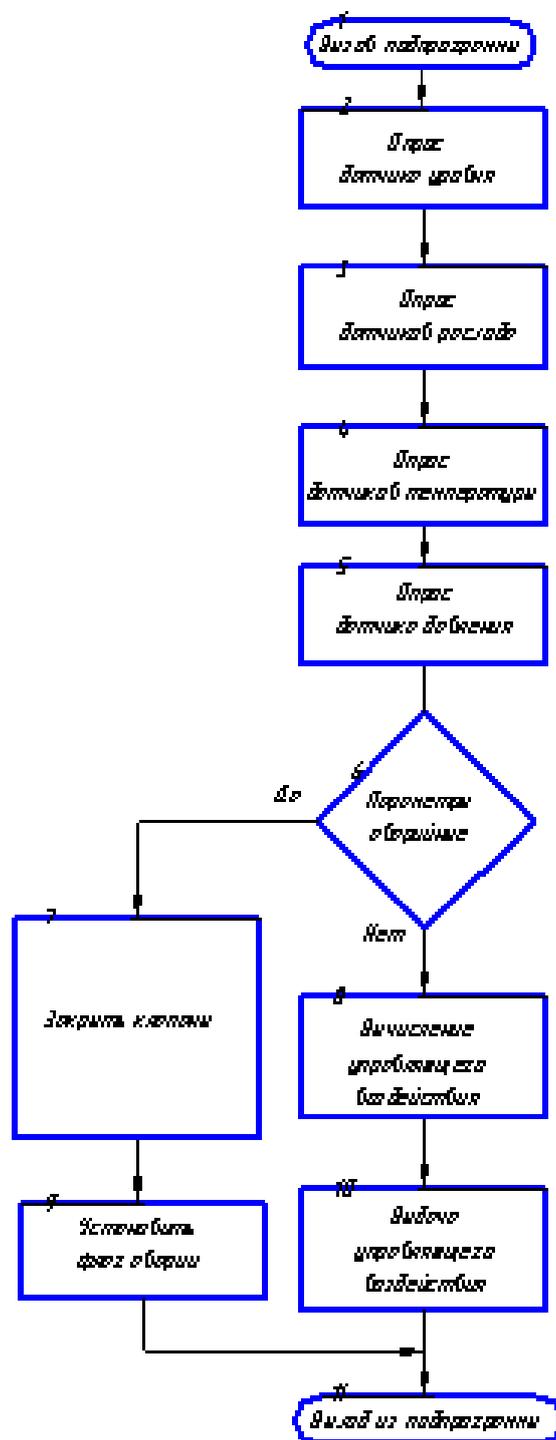


Рисунок 3.20 – Подпрограмма управления реактором

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

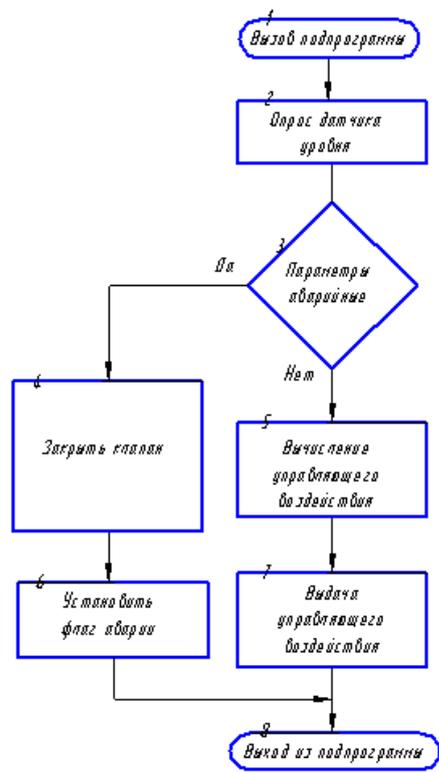


Рисунок 3.21 – Подпрограмма управления сборной ёмкостью

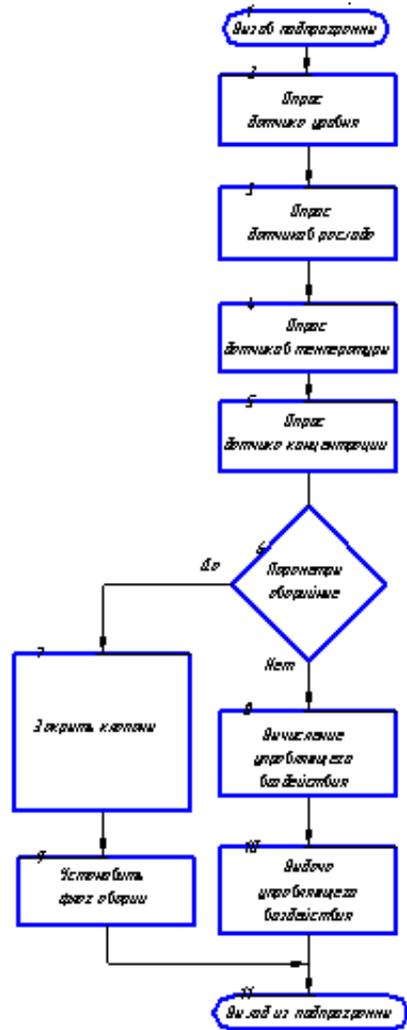


Рисунок 3.22 – Подпрограмма управления стабилизатором

4 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

4.1 Описание объекта моделирования

Технологический процесс нитрования пиридина очень сложный и включает в себя много различных операций. Одной из основных является операция охлаждения нитромассы, которая осуществляется в стабилизаторе с рубашкой для водяного охлаждения. От протекания этой операции напрямую зависит качество конечного продукта и безопасность процесса.

Объект моделирования представляет (рис. 4.1) собой контур регулирования температуры в стабилизаторе подачей холодной воды в рубашку стабилизатора по трубопроводу из резервуара. Трубопровод подачи оснащен регулировочным клапаном, который в данном случае выступает непосредственным объектом управления. Параметр управления – температура нитромассы в стабилизаторе, которая должна равняться 18°C .

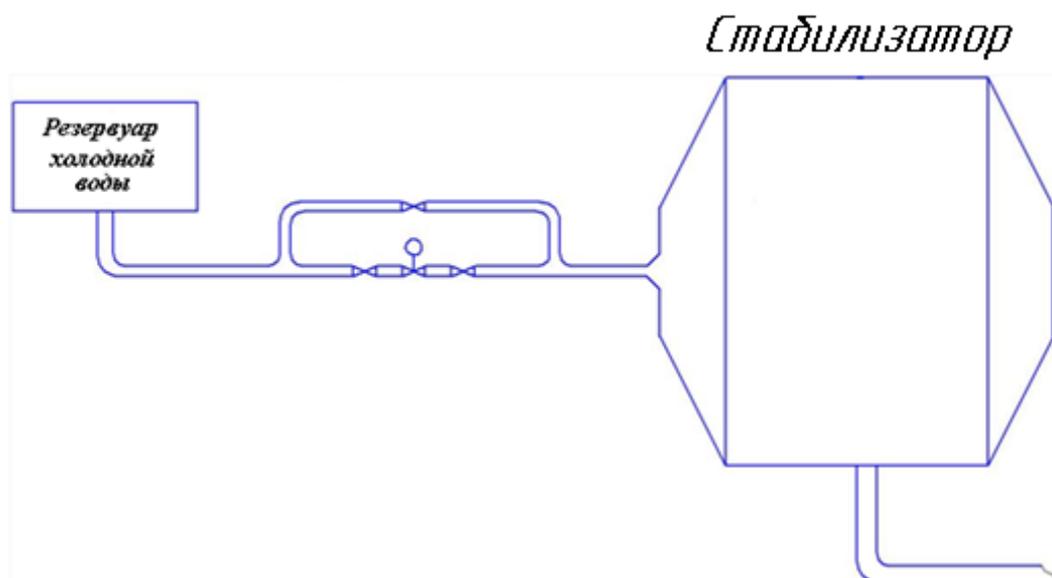


Рисунок 4.1 - Функциональная схема объекта моделирования

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Требования к качеству регулирования объекта управления:

- время переходного процесса ≤ 17 с;
- перерегулирование $\leq 35\%$;
- степень затухания переходного процесса $\Psi = 0,75$.

4.2 Получение математического описания объекта управления на основе экспериментальных данных

Получим передаточную функцию объекта управления на основе аппроксимации кривой разгона (рис. 4.2), полученной экспериментальным путем на данном объекте управления, с использованием метода площадей (Симою).

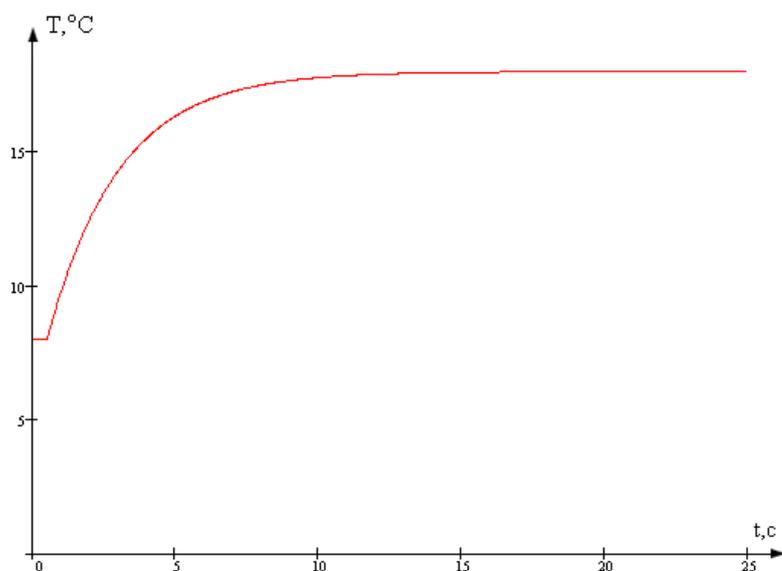


Рисунок 4.2 - Кривая разгона объекта управления

Выполняем нормирование данной кривой разгона. Для этого от каждого значения исходной величины вычитаем $T(0) = 8^\circ\text{C}$ и делим на 10 (рис. 4.3).

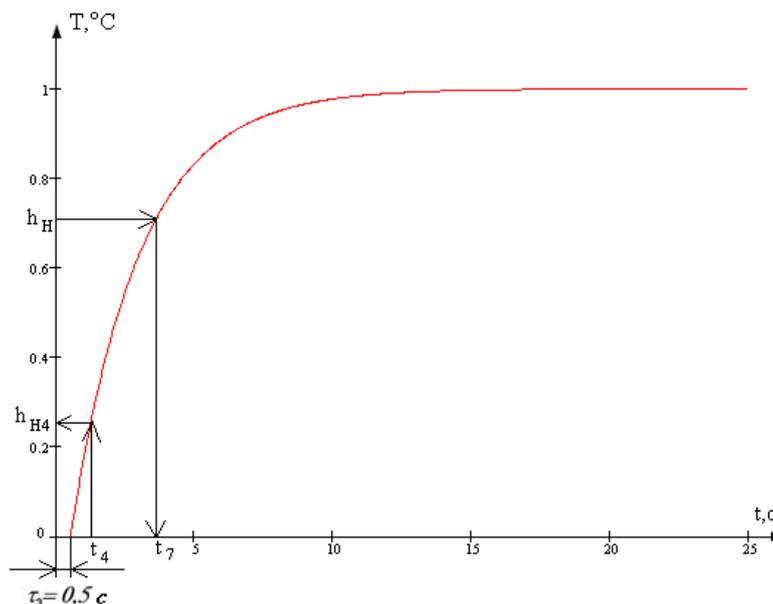


Рисунок 4.3 - Нормированная кривая разгона объекта управления

Для определения передаточной функции воспользуемся методом Орманса [8].

Это метод позволяет по нормированной кривой разгона определить две доминирующие постоянные объекта управления для модели вида

$$W(p) = \frac{Ke^{-\tau p}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}, \quad (4-1)$$

где τ - транспортное запаздывание (определяется по кривой разгона).

Второй порядок передаточной функции (4-1) объясняется видом кривой разгона объекта управления (рис. 4.3).

Получение передаточной функции объекта управления выполняется в такой последовательности:

- 1) с нормированной кривой разгона определяем время, соответствующее значению $h_N = 0,7$ и обозначаем его t_7 . Из графика (рис. 4.2) это время составляет 3,53 секунды;
- 2) полученный интервал делим на три части. Поднимаем перпендикуляр кривой разгона и определяем величину h_{N4} . По нашему графику (рис. 4.2) $h_{N4} = 0,24$;
- 3) постоянные времени объекта управления T_1 и T_2 определяются с помощью вспомогательной величины Z^2 , для нахождения которой используется номограмма Орманса (рис. 4.4).

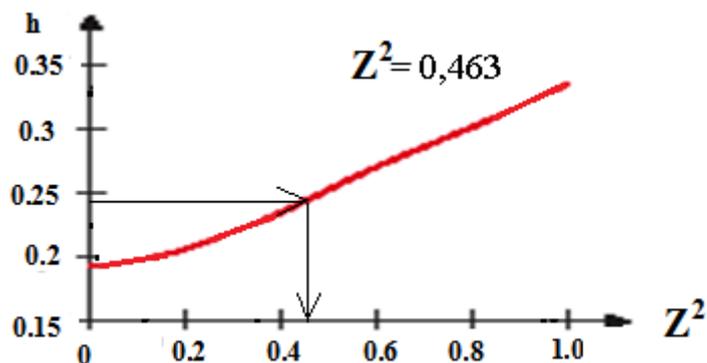


Рисунок 4.4 - Номограмма Орманса

5) постоянные времени объекта управления T_1 и T_2 определяются по следующим формулам:

$$T_1 = \frac{t_7}{2.4}(1+z) \quad (4-2a)$$

$$T_2 = \frac{t_7}{2.4}(1-z) \quad (4-2б)$$

$$Z = \sqrt{Z^2} = \sqrt{0,463} = 0,68 ;$$

$$T_1 = 3,53(1 + 0,68) / 2,4 = 2,47 \text{ с};$$

$$T_2 = 3,53(1 - 0,68) / 2,4 = 0,047 \text{ с}.$$

Коэффициент усиления K определяем по формуле

$$K = \frac{Y_{уст}}{X}, \quad (4-3)$$

где $Y_{уст}$ - установившееся значение выходного параметра;

X - значение входной величины (управляющего сигнала).

В нашем случае $Y_{уст} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ (см. рис. 4.1), $X = \text{кгс/см}^2$ (единичное ступенчатое входное воздействие).

$$K = \frac{10^\circ\text{C}}{1 \text{ кгс/см}^2} = 10 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{см}^2/\text{кгс}.$$

Так как $T_1 \gg T_2$, передаточная функция может быть представлена в виде

$$W(s) = \frac{K \cdot e^{-\tau \cdot s}}{T \cdot s + 1} = \frac{10e^{-0,5s}}{2,47 \cdot s + 1}. \quad (4-4)$$

4.3 Проверка адекватности модели методом Фишера

Смоделируем объект управления с его передаточной функцией (4-4) в MatLab (Simulink). Схема модели изображена на рисунке 4.5.

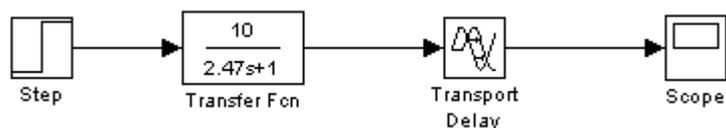


Рисунок 4.5 - Схема модели изучаемого объекта

Запускаем процесс моделирования и получаем кривую разгона (рис. 4.6).

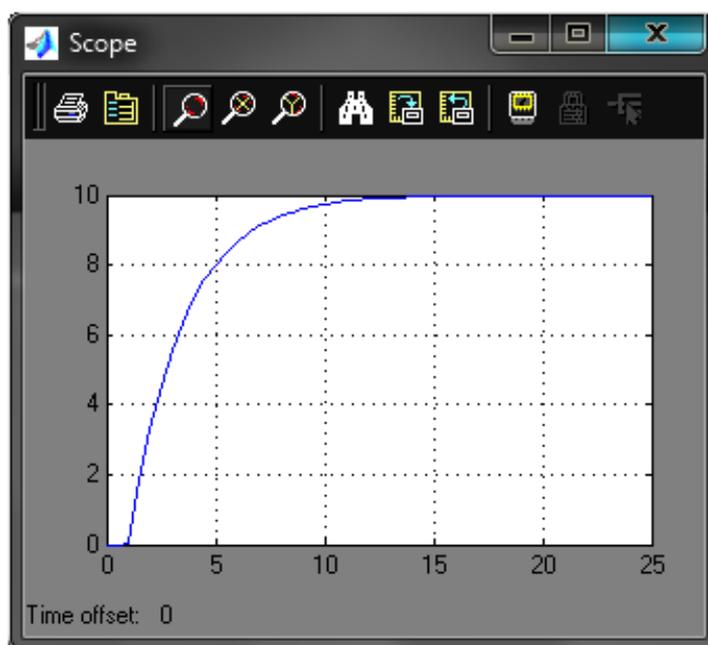


Рисунок 4.6 - Кривая разгона объекта управления, полученная в MatLab (Simulink)

Аналогично п.2 выполняем нормирование данной кривой разгона (рис. 4.7).

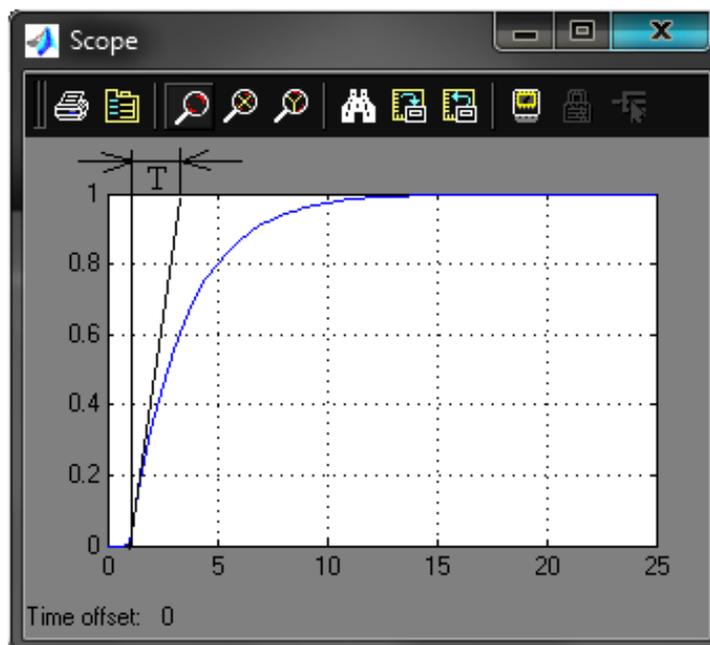


Рисунок 4.7 - Нормированная кривая разгона объекта управления, полученная в MatLab (Simulink)

Полученная кривая почти совпадает с аналогичной из предыдущего пункта (рис. 4.3), а следовательно, моделирование выполнено правильно.

Анализируя переходный процесс, получаем следующие показатели качества:

а) время переходного процесса:

$$t_p = 3T = 3 \cdot 2,49 = 7,47 \text{ с};$$

б) перерегулирование:

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{уст}(t)}{h_{уст}(t)} = \frac{1 - 1}{1} \cdot 100\% = 0\% \quad (4-5)$$

Область изменения t делим на 10 интервалов. Определяем среднее значение для 10-ти точек на экспериментальной кривой разгона (рис. 4.3), равномерно распределенных по кривой и 10-ти точек при тех же моментах времени на кривой разгона, полученной в MatLab (рис.4.7).

Для этих точек определяем мат. ожидания (среднее значение \bar{Y}) по формуле

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{1i} \quad (4-6a)$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{2i} \quad (4-6б)$$

где \bar{Y}_{Y1} - мат. ожидание, полученное для экспериментальной кривой разгона (рис. 4.3),

\bar{Y}_{Y2} - мат. ожидание, полученное для теоретической кривой разгона (рис. 4.5).

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{0,08 + 0,2 + 0,36 + 0,56 + 0,68 + 0,8 + 0,86 + 0,9 + 0,964 + 0,996}{10} = 0,64$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{0,06 + 0,18 + 0,34 + 0,53 + 0,65 + 0,78 + 0,84 + 0,89 + 0,96 + 0,97}{10} = 0,62$$

Определяем оценку дисперсии среднего для каждой выборки

$$S_{Y1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y1} - y_i)^2 \quad (4-7a)$$

$$S_{Y2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y2} - y_i)^2 \quad (4-7б)$$

$$S_{Y1} = \frac{(0,64 - 0,08)^2 + (0,64 - 0,2)^2 + (0,64 - 0,36)^2 + (0,64 - 0,56)^2 + (0,64 - 0,68)^2 + (0,64 - 0,8)^2 + (0,64 - 0,86)^2 + (0,64 - 0,9)^2 + (0,64 - 0,964)^2 + (0,64 - 0,996)^2}{10} = 0,107$$

$$S_{Y2} = \frac{(0,62 - 0,06)^2 + (0,62 - 0,18)^2 + (0,62 - 0,34)^2 + (0,62 - 0,53)^2 + (0,62 - 0,65)^2 + (0,62 - 0,78)^2 + (0,62 - 0,84)^2 + (0,62 - 0,89)^2 + (0,62 - 0,96)^2 + (0,62 - 0,97)^2}{10} = 0,109$$

Определяем отношение оценок дисперсий, причем большая из полученных оценок дисперсий делится на меньшую

$$\frac{S_{Y_{\text{большая}}}}{S_{Y_{\text{меньшая}}}} \quad (4-8)$$

$$\frac{S_{Y_{\text{большая}}}}{S_{Y_{\text{меньшая}}}} = \frac{0,109}{0,107} = 1,02$$

Сравнивая полученное значение со значением критерия Фишера $F_{0,95,10,10} = 2,98$, делаем вывод, что полученная модель адекватна объекту управления, так как $1,02 < 2,98$.

4.4 Синтез оптимального регулятора методом расширенных частотных характеристик (методом Дудникова)

Объект представляет собой последовательное соединение апериодического звена первого порядка и звена транспортного запаздывания, для которых известны готовые выражения для расширенной частотной характеристики. Таким образом РЧХ объекта управления имеет вид

$$W_o(m, \omega) = \frac{K e^{m\omega\tau}}{\sqrt{(1-Tm\omega)^2 + (T\omega)^2}} e^{j(-\arctg \frac{T}{Tm\omega-1} - \omega\tau)}. \quad (4-9)$$

Выбираем ПИ-регулятор, так как модель объекта управления инерционный с чистой запаздыванием (см. [10]).

Расширенная АФЧХ ПИ-регулятора с двумя независимыми параметрами настройки, которая описывается передаточной функцией [10]

$$W_{ПИ}(s) = k_1 + \frac{1}{T_u s} = k_1 + \frac{k_0}{s}, \quad (4-10a)$$

известна из литературных источников [Стефани]

$$W_{ПИ}(k_0, k_1, m, \omega) = \frac{\sqrt{(k_0 - m\omega k_1)^2 + (\omega k_1)^2}}{\omega \sqrt{m^2 + 1}} e^{j(-\frac{\pi}{2} + \arctg \frac{\omega k_1}{k_0 - m\omega k_1} - \arctg m)} \quad (4-10б)$$

Составляем уравнение баланса амплитуд и фаз

$$A_{ПИ}(k_0, k_1, m, \omega) = \frac{1}{A_0(m, \omega)} \quad (4-11a)$$

$$\Psi_{ПИ}(k_0, k_1, m, \omega) = \Psi_0(m, \omega) \quad (4-11б)$$

Для определения параметров настройки ПИ-регулятора и используем соотношение

$$\operatorname{Re}(W_p(m, j\omega)) = \operatorname{Re}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4-12a)$$

$$\operatorname{Im}(W_p(m, j\omega)) = \operatorname{Im}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4-12б)$$

где $W_0^*(m, j\omega)$ - обратная (инверсная) расширена АФЧХ.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Таким образом, представив выражение расширенной АФЧХ ПИ-регулятора $W_{III}(k_0, k_1, \omega)$ в алгебраической форме и подставив его в вышеприведенный выражение, получим параметрическое выражение уравнения линии равного затухания (ЛРЗ) как функции частоты

$$k_0(\omega) = \omega(m^2 + 1) \operatorname{Im}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4-13a)$$

$$k_1(\omega) = m \operatorname{Im}(W_0^*(m, j\omega)) - \operatorname{Re}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4-13б)$$

Для оценки диапазона рабочих частот построим расширенную ФЧХ объекта управления в логарифмическом масштабе (рис. 4.8) и проведем на ней линии параллельные оси частот, соответствующих выполнению условия баланса фаз для П-регулятора и И-регулятора. Пересечение этих прямых с кривой РФЧХ дает минимальное и максимальное значение диапазона рабочих частот.

$$m := 0.221 \quad T := 2.47 \quad \tau := 0.5$$

$$\psi_i(\omega) := -90 + \operatorname{atan}\left(\frac{1}{m}\right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$\psi_o(\omega) := -\operatorname{atan}(T \cdot \omega) \cdot \frac{180}{\pi} + \left(-\tau \cdot \omega \cdot \frac{180}{\pi}\right)$$

$$\psi_p(\omega) := -180$$

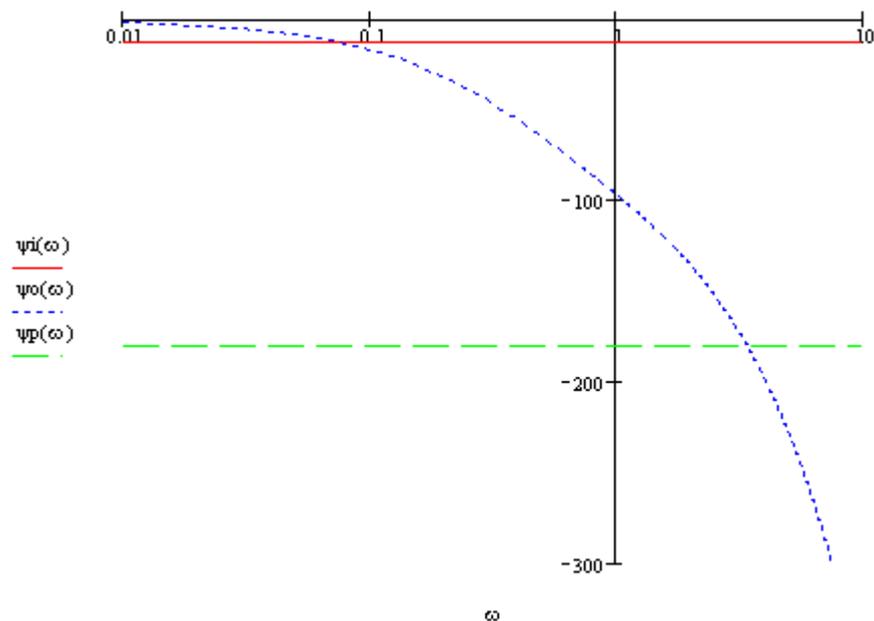


Рисунок 4.8 - Выбор диапазона рабочих частот

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

В найденном диапазоне рабочих частот $\omega_p = 0,08 \dots 3$ Гц строим в соответствии с выражением (4-13) линию равного затухания для заданного значения $\psi = 0,75$, которому соответствует показатель колебательности $m = 0,221$ (рис. 4.9).

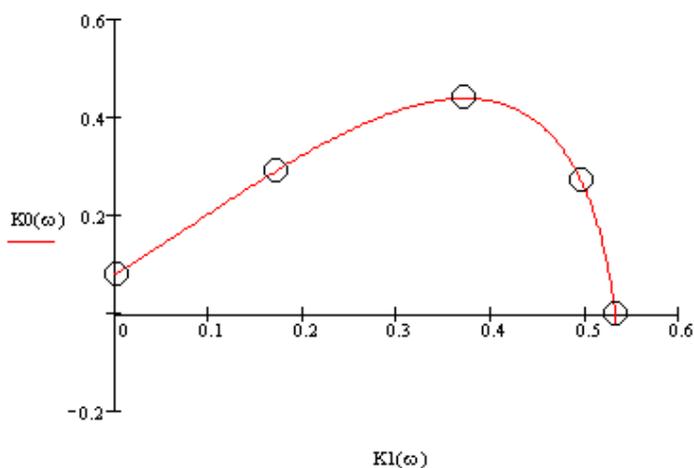


Рисунок 4.9 - Линии равного затухания в рабочем диапазоне частот

Для определения оптимальной настройки для пяти точек, взятых на линии равного затухания, определяем значение настроек ПИ-регулятора, и для них проводим моделирование. Результаты моделирования (переходные характеристики замкнутой системы с регулятором) представлено на рисунке 4.10, а значение настроек и соответствующие им показатели качества приведены в таблице 4.1.

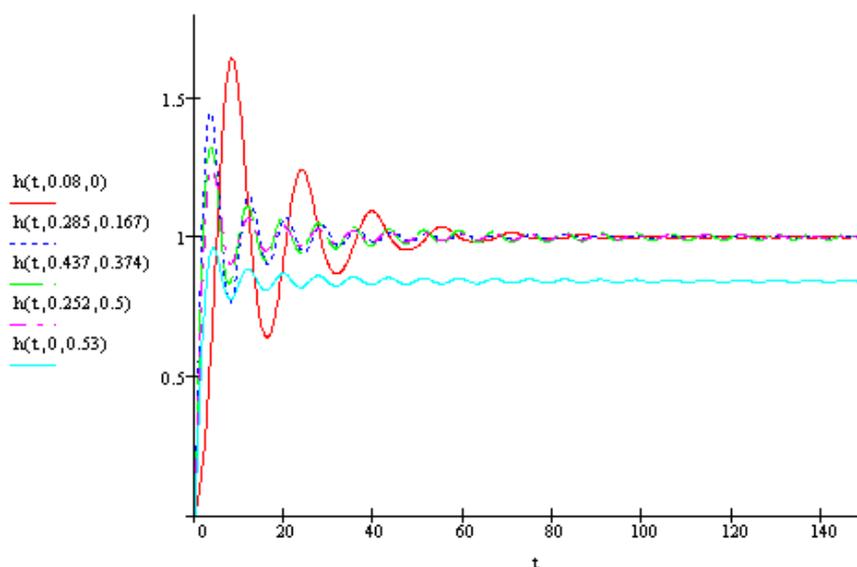


Рисунок 4.10 - Результаты моделирования при настройках ПИ-регулятора, полученных методом расширенных АФЧХ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблица 4.1 - Показатели качества

№	k_0	k_1	t_p, c	$\sigma, \%$
1	0,08	0	41,7	56
2	0,285	0,167	25,6	49
3	0,437	0,374	24,1	48
4	0,252	0,5	16,7	33
5	0	0,53	9,3	10

Можно заметить, что в случае применения П-регулятора (самая низкая кривая) для статического объекта управления мы получаем статическую систему, имеет при заданном степени затухания большую статическую ошибку.

Четвертая кривая удовлетворяет заданным показателям качества переходного процесса, поэтому мы и выбираем именно такие настройки регулятора - синтез выполнен успешно.

4.5 Моделирование системы управления в математическом пакете MatLab (Simulink)

Схема моделирования системы управления в математическом пакете MatLab (Simulink) представлена на рисунке 4.11.

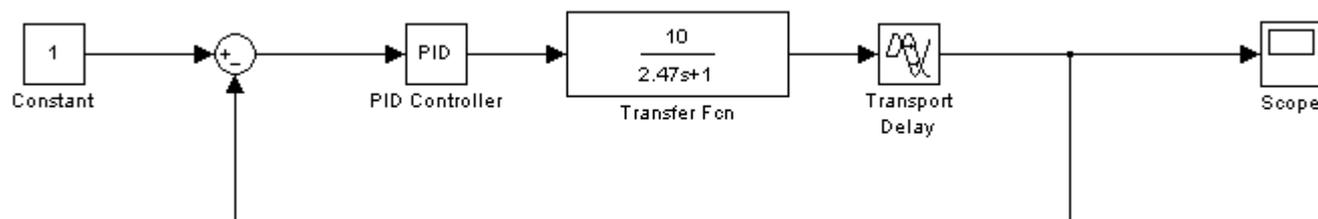


Рисунок 4.11 - Схема моделирования системы управления

Переходный процесс в данной системе имеет вид, изображенный на рисунке 4.12.

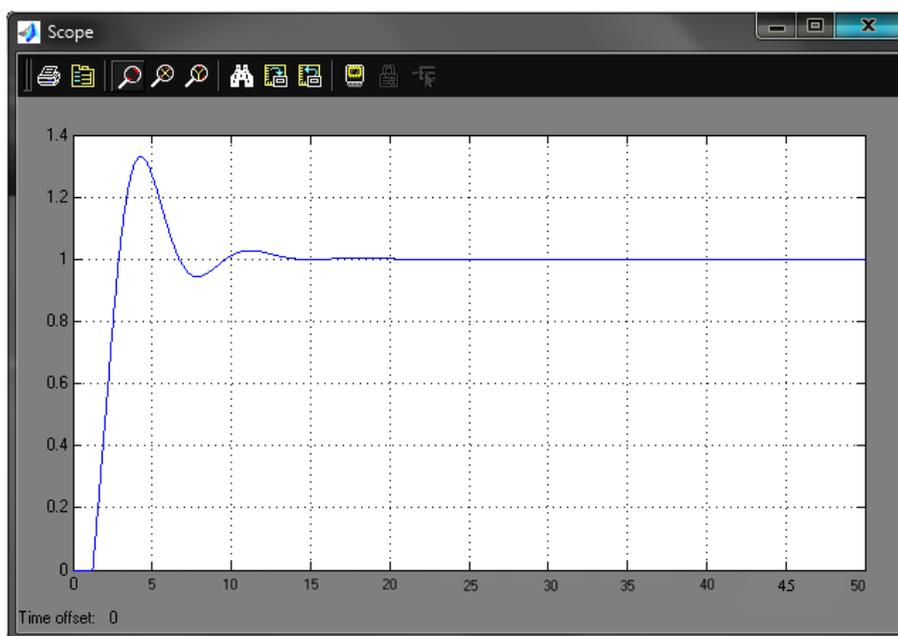


Рисунок 4.12 - Переходный процесс в системе

Анализируя переходный процесс, получаем следующие показатели качества:

а) время переходного процесса:

$$t_p = 16,8 \text{ с};$$

б) перерегулирование:

$$\sigma = \frac{h_{max}(t) - h_{уст}(t)}{h_{уст}(t)} = \frac{1,34 - 1}{1} \cdot 100\% = 34\%.$$

Полученные показатели совпадают с аналогичными из предыдущего пункта, а следовательно, моделирование выполнено правильно.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВЫВОДЫ

На основании Технического задания разработано информационное и техническое обеспечение системы автоматизации.

Система представляет собой 2-х уровневую АСУ ТП, в состав которой входят:

- датчики, установленные непосредственно на технологическом оборудовании;
- исполнительные органы, которые обрабатывают полученное от контроллера воздействие;
- контроллер, который выполняет первичную обработку данных полученных от датчиков, выдает управляющее воздействие для регулирующих органов.

Использование современных методов управления технологическим процессом, а также новейших технических средств автоматизации в дальнейшем даст возможность реализовать качественно новую технологию управления и повысить эффективность производства, что приведёт к:

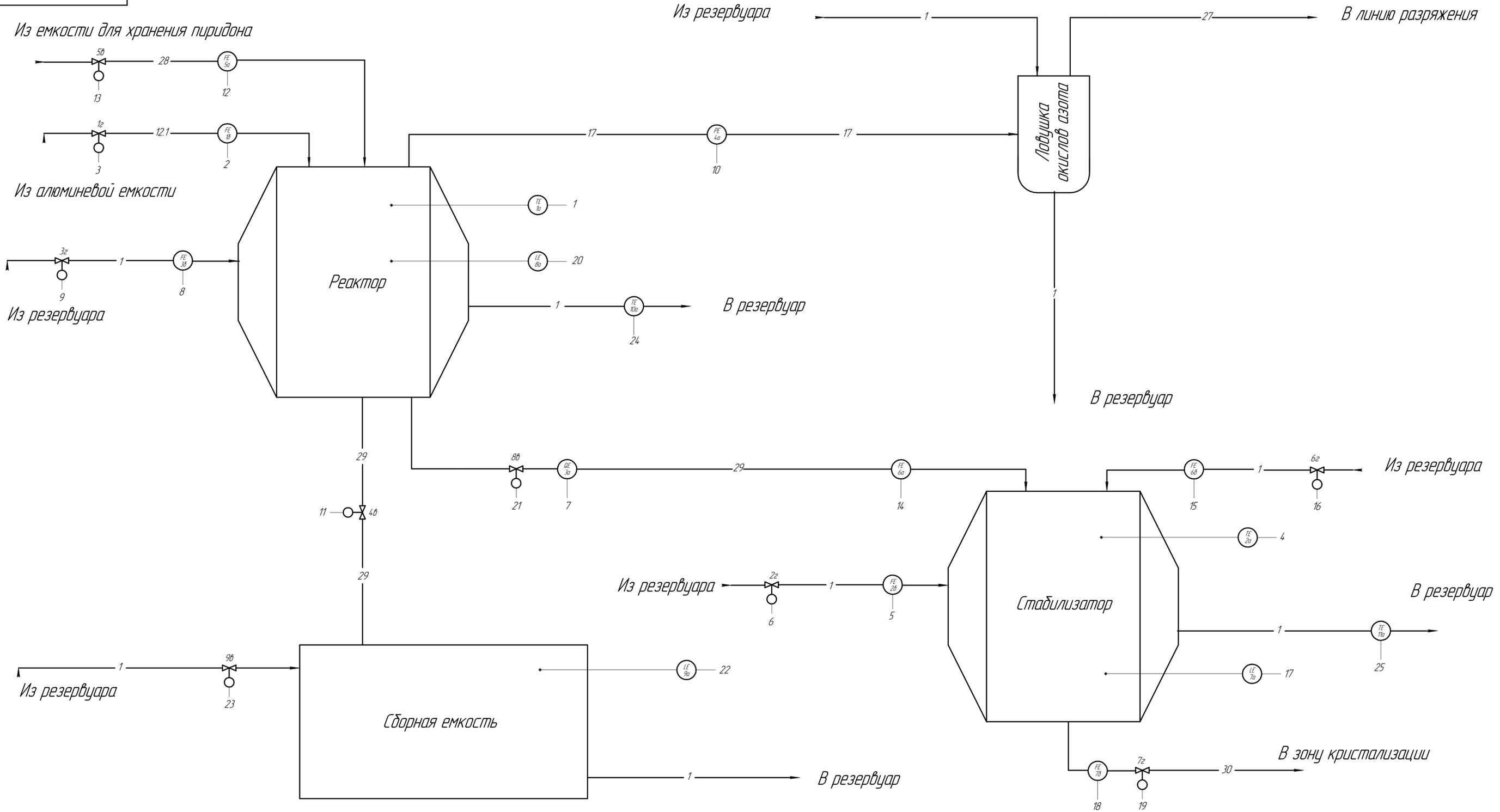
- повышению качества выпускаемой продукции;
- снижению затрат сырьевых и энергетических ресурсов по некоторым статьям расходов на ТП;
- повышения объема выпускаемой продукции;
- сокращения простоев из-за неполадок;
- увеличение межремонтных сроков работы оборудования;
- использовать минимальное количество работников, необходимых для поддержания ТП в рабочем состоянии и ликвидации аварийных ситуаций.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматика и управление в технических системах. В 11 кн. / Отв. ред. С.В. Емельянов, В.С. Михалевич. - Кн.1. Электрические элементы систем управления промышленными работами / А.А. Краснопрошина и др. - К.: Вища шк., 1990. - 479 с.
2. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов. Инструктивные материалы. Для студентов специальности 7.091401 "Компьютеризованные системы управления и автоматика". - Сумы.: СумГУ, 1998. - 77 с.
3. Средства инициирования, П.П. Карпов: Высшая школа., 1981. - 285 с.
4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ пос. / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, С.А. Ключев. -М.: Энергоатомиздат, 1990.- 464 с.
5. Сайт компании «Овен»: www.owen.ru.
6. Волощенко А.В., Горбунов Д.Б., Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования.-Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 109 с.
7. Сольнищев Р.И., Автоматизация проектирования систем автоматического управления —М: Высш. шк., 1991. — 335 с.

					СУЗТ-61Ш 6.050201.08.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67



Приборы по месту	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25																																	
	4т.С		3,6 м³/час		8т.С		3,6 м³/час		0,02 моль/л		0,1 м³/час		300 г/л		10 м³/час		13 м³/час		2,6 м³/час		15 м		2,6 м³/час		15 м		3 м		8т.С		2т.С			
УСО	AI																																	
	DI																																	
	AO																																	
	DO																																	
ПЛК	Контроль																																	
	Взвешивание																																	
	Сигнал																																	
Управляемый контур	I																																	
	R																																	
Управляемый контур	Температура в реакторе																																	
	Температура в стабилизаторе																																	
	Концентрация азотной кислоты																																	
	Разрежение в линии отбора окислов азота																																	
	Расход пиридина																																	
	Концентрация готовой смеси																																	
	Уровень в стабилизаторе																																	
	Уровень в реакторе																																	
	Уровень в сбросной емкости																																	
	Температура после реактора																																	
	Температура после стабилизатора																																	

Содержимое трубопроводов	
Обозначение	Содержимое
-12.1-	Азотная кислота
-28-	Пиридон с уксусным ангидридом
-29-	Нитромасса
-30-	Готовая смесь

СИ-61Ш 6.050201.08.A2

Система управления технологическим процессом нитрования пиридина
Функциональная схема автоматизации

Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Худяков О.В.					1:1
Проб.	Худяков Г.М.					
Т.контр.						
Исполн.						
Утв.	Худяков Г.М.					

Лист 1 из 1
Формат А1

Лист 1 из 1
Формат А1
Изм. № 01
Взам. инв. № 01
Лист 1 из 1
Подп. и дата

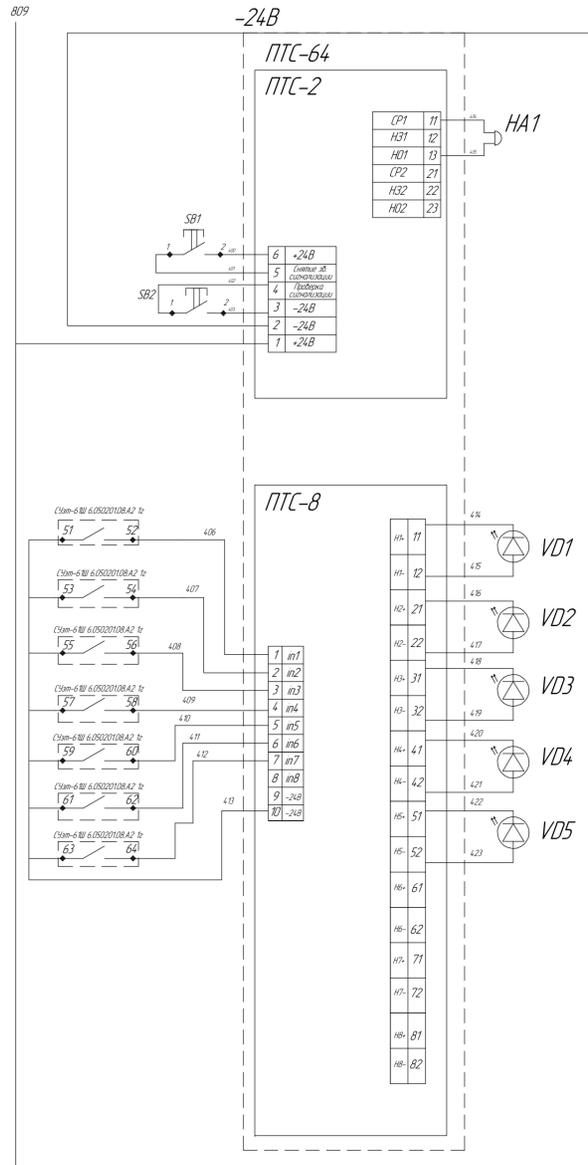
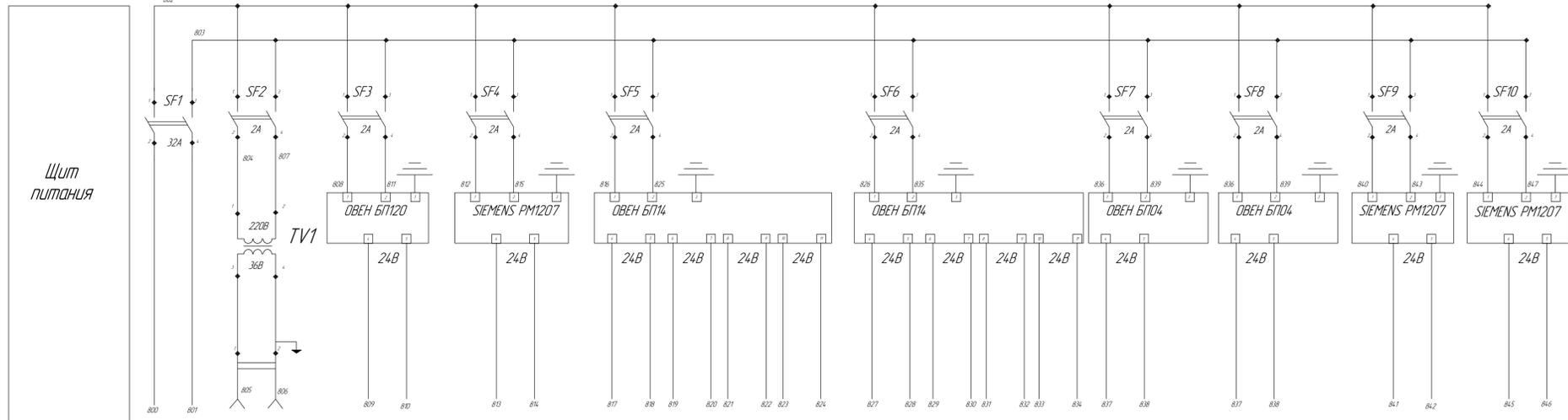


Схема сигнализации

Звуковая сигнализация
Кнопка снятия обобщенной сигнализации
Опробование звуковой и световой сигнализации
Повышение температуры в реакторе
Повышение температуры в стабилизаторе
Повышение концентрации азотной кислоты
Повышение давления в линии отвода оксидов азота
Повышение расхода пирридина

810



Позиция	XS1	Схема сигнализации	1z	1a	2a	3a	4a	5a	1b	2b	3b	4b	5b	12a	12b
Тип	Ввод рабочий	Разетка штепсельная	SIMATIC S7-1200	ДТСО55	ДТСО55	ККА	ПД100	ПД200	НО01022	НО01022	НО01022	НО01022	НО01022	SM 1231	SM 1232
Напряжение, В	220	36	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Мощность, Вт, мА	1500	100	80	10	0,8	0,8	1	0,8	0,8	10	10	10	10	4	4
Места установки	щит №1	щит №1	щит №1	щит №1	по месту	щит №1	щит №1								

Позиция	Обозначение	Кол-во	Примечание
SF1	Автоматический выключатель ВА-2001, кол-во полюсов 2 Iном=32А, Uном=220/380В	1	
SF2-SF10	Автоматический выключатель ВА-2001, Iном=2А, Uном=220В	9	
VD1-V05	Лампа сигнальная светодиодная, цвет красный Pном=2,6Вт, Iном=24В, степень защиты IP67, 8LM2TIL224	5	
TV1	Трансформатор понижающий ОСМ1-0,1, U1=220В, U2=36В P=320Вт	1	
SB1-SB2	Кнопка с подсветкой красная 100mA, Uном=24В 8LM2T GL104	2	
XS1	Штепсельная розетка PШ-К-2-СО-2-6/10/220 U=36В	1	
oven бп120	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 120Вт	1	
SIEMENS PM1207	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 1200Вт одноканальный	3	
oven бп14	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 14Вт многоканальный	2	
oven бп04	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 4Вт одноканальный	2	
ПТС64	Прибор технической сигнализации. Дискретных входов 8 Uном=24В	1	

СУЭт-61Ш 6.050201.08.33

Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Система управления технологическим процессом нитрования пирридина Схема электрическая принципиальная	Лист	Масштаб	Масштаб
Разраб.	Худяков О.В.				1		1:1
Проб.	Худяков Г.М.				Лист	Листов	1
Т.контр.							
Исполн.							
Утв.	Худяков Г.М.						

ЩИ СУЭт-61Ш
Формат А1

Пред. измен. _____
 Справ. № _____
 Подп. и дата _____
 Взам. инв. № _____
 Инв. № инв. _____
 Подп. и дата _____
 Инв. № инв. _____