

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов

Автоматизация процесса нагрева рафинатного раствора в печи при
производстве масел

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
Ст. преподаватель
_____ Т.Н. Усиевич
_____ 2021г.

Автор работы
студент группы ДО – 514
_____ И.В. Онищенко
_____ 2021г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина

Челябинск,

2021

АННОТАЦИЯ

Онищенко, И.В. Автоматизация процесса нагрева рафинатного раствора при производстве масел – Челябинск: ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ), ИОДО; 2021, 43с., 25 ил., 8 таблиц, библиогр. список – 7наим. 8 листов формата А3

Целью выполнения выпускной квалифицированной работы является автоматизация процесса нагрева рафинатного раствора в печи П-1 при производстве масел.

В данной работе был проведен и обоснован выбор систем, также комплекса технических и программных средств автоматизации процесса. Произведен расчет надежности, разработана функциональная и принципиальная схемы. Программное обеспечение составлено на основе системы управления Yokogawa Centum VP, подобрана SCADA система.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дата				
Разраб.		Онищенко И.В.			Автоматизация процесса нагрева рафинатного раствора в печи при производстве масел	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Усиевич Т.Н.				Д	3	43
н. Контр.		Микерина О.С.				ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» ИОДО Кафедра «ТТС» гр. 514		
Утверд.		Виноградов К.М.						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. Описание технологического процесса.....	6
1.1 Общая характеристика анализируемого производственного объекта	6
1.2 Характеристика уровня автоматизации печи подогрева рафинатного раствора П-1.....	8
1.3 Техничко-экономическая характеристика ТСА.....	10
1.4 Выбор концепции автоматизации и обоснование ее эффективности.....	11
2. Выбор системы автоматизации.....	14
2.1 Объект контроля и управления.....	14
2.2 Расчет системы управления.....	16
2.3 Описание схемы блокировок.....	20
2.4 Основные сигналы системы автоматизации.....	20
3. Выбор основных элементов системы автоматизации.....	22
3.1 Выбор блока управления (ПЛК).....	22
3.2 Выбор технических средств для измерения температуры.....	24
3.3 Выбор технических средств для измерения расхода.....	25
3.4 Выбор технических средств измерения разряжения.....	26
3.5 Выбор барьера искрозащиты.....	29
3.6 Выбор блока питания.....	27
3.7 Выбор клапана регулирования расхода.....	29
3.8 Выбор отсечной арматуры.....	30
3.9 Выбор источника бесперебойного питания.....	31
3.10 Выбор автоматического выключателя.....	31
3.11 Шкаф управления системы автоматизации.....	32
4 Разработка функциональной схемы автоматизации.....	32
5 Разработка схемы электрической принципиальной.....	33
6 Разработка программного обеспечения системы автоматизации.....	33
6.1 Расчет надежности САР.....	34
6.2 Список сигналов ПЛК.....	34
6.3 Программа для ПЛК.....	35
6.4 Выбор и программирование SCADA системы.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	42
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	43

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

ВВЕДЕНИЕ

На современных предприятиях с целью повышения эффективности и безопасности производства внедряют современные методы автоматизации.

Автоматизация производства – это этап машинного производства, характеризуемый освобождением человека от непосредственного выполнения функций управления производственным процессом и передачей этих функций автоматическим устройствам.

Цель автоматизации производства – повышение уровня производительности труда, качества выпускаемой продукции, условий труда и оптимизация используемых ресурсов. Сущность современной автоматизации производства проявляется уже не только в использовании автоматических станков и линий, но и в появлении контрольно-управленческих устройств с использованием в них специальных программ, сигналов, автоматической регулировки при наличии соответствующих исполнительных органов (механизмов).

Проектами наиболее сложных производств, особенно в черной металлургии, нефтепереработке, химии и нефтехимии, на объектах производства минеральных удобрений, энергетики и в других отраслях промышленности, предусматривается комплексная автоматизация ряда технологических процессов.

Автоматизация позволяет улучшить основные показатели эффективности производства: увеличение количества, улучшение качества и снижение себестоимости выпускаемой продукции, повышение производительности труда.

Проведение некоторых технологических процессов возможно только при условии их полной автоматизации (например, в паровых котлах высокого давления, в атомных установках и т.д.). При ручном управлении такими процессами малейшее замешательство человека и несвоевременное воздействие его на процесс могут привести к серьезным последствиям.

Задачи, которые ставятся перед специалистами, требуют не только глубокого знания технологических процессов, но и знания принципов составления автоматических систем, позволяющих наиболее эффективно управлять процессом.

В выпускной квалификационной работе решена задача автоматического регулирования процесса нагрева рафинатного раствора в печи П-1 установки селективной очистки масел фенолом 37-50 производства масел.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1.1 Общая характеристика анализируемого производственного объекта

Целью автоматизации является обеспечение поддержания оптимальной температуры рафинатного раствора на выходе печи П-1 с минимально технически возможными отклонениями.

Установка селективной очистки масел фенолом предназначена для очистки масляных дистиллятов из нефти, поступающих с установок АВТ-1, АВТ-2, АВТ-5, ВДУ, а также деасфальтизата, поступающего с установок деасфальтизации 36-20, 36-30.

Установка селективной очистки масел фенолом однопоточная, состоит из трех основных стадий технологического процесса:

1. Абсорбция сырья;
2. Экстракция сырья, обогащенного фенолом;
- 3.1 Регенерация фенола из раствора рафината;
- 3.2 Регенерация фенола из раствора экстракта;

Процесс селективной очистки масел основан на избирательной растворимости углеводородов в полярных растворителях и предназначен для удаления из масляных дистиллятов и деасфальтизатов смолистых веществ, полициклических ароматических и нафтеноароматических углеводородов с короткими боковыми цепями, серосодержащих и металлоорганических соединений, имеющих низкий индекс вязкости, высокую коксуемость и негативно влияющих на свойства товарных масел. В процессе закладываются такие важнейшие эксплуатационные характеристики масел, как вязкостно-температурные свойства и стабильность против окисления. Эффективность селективной очистки обусловлена качеством сырья, природой и расходом растворителя, температурой процесса, кратностью и конструктивной особенностью блока экстракции.

В результате очистки масляных дистиллятов с установки выводятся дистиллятные вязкие и средневязкие рафинаты и экстракты, а в результате очистки деасфальтизатов остаточный рафинат и экстракт.

За объект автоматизации выбрана Печь П-1 подогрева рафинатного раствора

Описание объекта автоматизации

Объект автоматизации, Печь П-1 подогрева рафинатного раствора являющаяся элементом стадии №3.1 Регенерации фенола из раствора рафината.

Одним из основных параметров очистки масляного сырья избирательными растворителями является температура проведения процесса, выбор которой зависит от состава сырья, свойств растворителя и требуемой глубины очистки. С повышением температурных пределов выкипания фракций одной и той же нефти растет их молекулярная масса. Это происходит в результате увеличения не только числа колец в молекулах углеводородов, но и числа атомов в боковых цепях. Такое изменение химического состава приводит к увеличению КТР

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

сырья в данном растворителе, а, следовательно, к повышению температуры очистки.

Сложность управления температурой на выходе из печи заключается в наличии различных возмущений, поскольку рафинатный раствор поступает в печь из предыдущих аппаратов технологической линии, то колебания расхода и температуры раствора являются основными возмущениями в процессе подогрева. Следовательно, для уменьшения этих возмущений, автоматическое регулирование параметров должно быть реализовано на высоком уровне. Печь имеет значительную инерционность и запаздывание по каналам регулирования, поэтому возмущения оказывают влияние на качество регулирования. Улучшить качество управления процессом можно путем введения дополнительного контура регулирования расхода раствора на входе в печь.

За объект исследования принята печь подогрева рафинатного раствора П-1.

Контролируемым технологическим параметром является температура рафинатного раствора на выходе из печи, которая достигается подачей топливного газа на горелки печи. В печи П-1 используются 2 одноконтурные системы управления, одна из них используется для управления расходом раствора на входе в печь, другая для регулирования температуры на выходе из печи.

Часть технологической схемы регенерации фенола из рафинатного раствора представлена на рисунке 1.

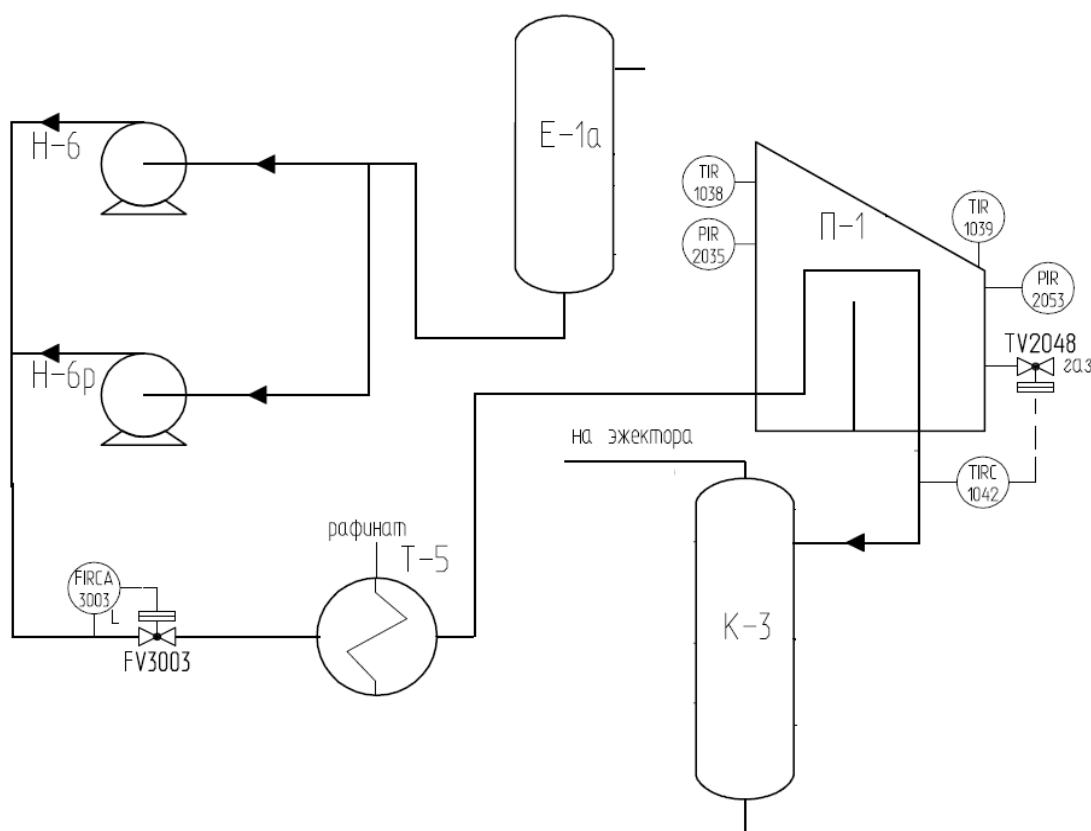


Рисунок 1 – Схема перекачки рафинатного раствора из E-1a в K-3.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Рафинатный раствор, с верхней части емкости Е-1, перетекает в емкость Е-1а и насосом Н-6 (Н-6р) последовательно прокачивается по межтрубному пространству теплообменника Т-5, где нагревается теплом рафината из колонны К-3, по межтрубному пространству теплообменника Т-20, где нагревается теплом паров фенола из колонны К-4, через змеевик печи П-1. Из печи рафинатный раствор, нагретый до температуры 250÷300 °С, поступает на 19 или 16 тарелку испарительной колонны К-3.

Расход рафинатного раствора из Е-1а в П-1 регулируется регулятором поз. FIRCA 3003, клапан установлен на трубопроводе выкида рафинатного раствора от насоса Н-6 (Н-6р) в П-1.

Температура рафинатного раствора на выходе из печи П-1 регулируется регулятором TIRC поз. 1042, клапан установлен на трубопроводе поступления топливного газа к форсункам печи.

Температура перевалов на печи регистрируется приборами TIR поз. 1038, TIR поз 1039.

Разряжение на перевалах печи регистрируется приборами PIR поз. 2035, PIR поз. 2053.

Сырье установки и продукты, получаемые на установке, являются горючими веществами.

Процесс селективной очистки масел является пожароопасным и взрывоопасным, вследствие чего проектные решения соответствуют высоким требованиям безопасности, в том числе наличие барьеров искрозащиты для каждого датчика, все ТСА имеют необходимый вид взрывозащиты.

Регенерирующая часть относится ко 2 категории взрывоопасности. По категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений, зданий и наружных установок - Ан. Класс взрывоопасной зоны по ПУЭ – В-1г.

1.2 Характеристика уровня автоматизации печи подогрева рафинатного раствора П-1

В соответствии с заданием на ВКР за объект автоматизации принята печь подогрева рафинатного раствора П-1. Соответственно далее дается более подробная характеристика уровня автоматизации для печи.

Характеристика выполняется по следующим показателям в форме соответствующих таблиц:

- степени автоматизированных функций управления (ФУ) (таблица 1);
- способам реализации ФУ (таблица 2);
- сложности схем регулирования (таблица 3);
- характеристики технико-экономических показателей ТСА.

Перечень технологических параметров объекта автоматизация и автоматизированные функции управления этими параметрами приведены в таблице 1.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Таблица 1 – Перечень технологических параметров и автоматизированных функций управления

Технологические параметры	Функции управления автоматизированные				
	Индикация	Регистрация	Регулирование	Сигнализация	Блокировка
Параметры входа					
Расход р-ра	+	+	+	-	-
Температура р-ра	+	+	-	-	-
Расход топливного газа	+	+	+	-	-
Параметры состояния					
Т левого перевала	+	+	-	-	-
Т правого перевала	+	+	-	-	-
Разряжение	+	+	-	+	+
Параметры выхода					
Температура р-ра	+	+	+	-	-

Из таблицы 1 следует, что:

- простейшие функции управления – индикация и регистрация автоматизированы для всех технологических параметров;
- функции регулирования, сигнализации и блокировки автоматизированы для некоторых.

Способы реализации функций управления ТП представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень функций управления и способов их реализации

Функции управления	Способы реализации ФУ
Информационные функции	
Индикация	Отображение параметров на мнемосхемах
Регистрация технологических параметров	Регистрация показателей состояния объекта; регистрация срабатывания сигнализации; регистрация действий оператора
Сигнализация отклонений технологических параметров	Централизованная сигнализация отклонений параметров технологического процесса с выводом на мнемосхему и щит операторной
Блокировка	Блокировка технологического потока при поступлении сигнала с контроллера

Продолжение таблицы 2 – Перечень функций управления и способов их реализации

Контроль технологических параметров	Щитовая система контроля с сигнализацией отклонения параметров
Управляющие функции	
Оперативное управление	Дистанционно
Стабилизация параметров технологического процесса	Стабилизация параметров при помощи регуляторов
Регулирование	Дистанционно

Из таблицы 2 следует, что способы реализации ФУ соответствуют требованиям технологического регламента.

В таблице 3 представлены схемы регулирования, действующие на объекте автоматизации.

Таблица 3 – Схемы регулирования и противо-аварийной защиты (ПАЗ), действующие на объекте автоматизации

Наименование схемы	Регулируемые параметры
Одноконтурная	Расход рафинатного раствора на входе в печь П-1
Одноконтурная	Температура рафинатного раствора на выходе из печи П-1
ПАЗ	Блокировка потока топливного газа в печь П-1 при отсутствии разряжения внутри нее

Из таблицы 3 следует, что на объекте автоматизации используются две одноконтурных схемы регулирования и схема противоаварийной защиты.

1.3 Технико-экономическая характеристика технических средств автоматизации

На основании анализа установлено, что ТСА соответствуют требованиям технологического регламента и современному техническому уровню автоматизации (подробно выбор ТСА выполнен в разделе “выбор комплекса технических и программных средств автоматизации”).

Общие выводы:

- автоматизированы все необходимые функции управления;
- способы реализации функций управления соответствуют требованиям технологического регламента;
- на объекте автоматизации используется две одноконтурные схемы регулирования и схема ПАЗ.
- технические средства автоматизации полностью соответствуют современному техническому уровню и требованиям технологического регламента.

Считаем, что уровень автоматизации печи П-1 достаточно высокий и

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

обеспечивает выполнение всех требований технологического регламента.

Однако в технологическом регламенте установлен широкий диапазон колебаний основного параметра функционирования печи – температуры рафинатного раствора на выходе печи.

На основании практического эксперимента установлено, что оптимальной является температура ~297° С, т.е. с минимальным отклонением от верхнего регламентного уровня. Так как рафинатный раствор поступает в дальнейшем поступает в испарительную колонну, то при низкой температуре замедляется процесс и, таким образом, увеличивается технологический цикл производства.

Поэтому за цель автоматизации принимается обеспечение поддержания оптимальной температуры рафинатного раствора на выходе печи П-1 с минимально технически возможными отклонениями.

Поэтому в ВКР будет выполнен расчет оптимальных настроек САР.

1.4 Выбор концепции автоматизации и обоснование ее эффективности

Характеристика уровня автоматизации

Краткая характеристика уровня автоматизации установки 37-50

Автоматизация установки выполнена на уровне АСУ ТП.

Функции АСУ ТП:

- стабилизация эксплуатационных показателей технологического оборудования и режимных параметров технологического процесса;
- улучшение качественных показателей конечной продукции;
- автоматизация диагностики и предотвращение аварийных ситуаций;
- предоставление возможности анализа критических ситуаций, в том числе выявления причин их возникновения;
- обеспечение устойчивости функционирования объекта.

За критерий оценки качества системы управления приняты стабильность заданных характеристик технологического процесса.

Система управления построена на базе РСУ Yokogawa CentumVP, с использованием современных подходов и методов управления и противоаварийной защиты технологического процесса, и технологического оборудования.

В системе управления реализован интерфейс оператора: система отображения процесса (мнемосхемы, история, журналы событий, отчетные формы) приема и выдачи управляющих воздействий от оператора регуляторам и на исполнительные механизмы.

По функциональным признакам структура АСУ ТП подразделяется на следующие категории:

- распределенная система управления (в дальнейшем – РСУ), предназначенная для контроля и управления технологическим процессом установки 37-50 совместно с оперативным персоналом в режиме реального времени;
- периферийное оборудование – датчики, преобразователи и

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

исполнительные механизмы, установленные как непосредственно на технологическом оборудовании, так и в специальных помещениях, и подключенные к РСУ.

По иерархическим признакам структура АСУ ТП подразделяется на два уровня:

Каждый из уровней системы представляет собой следующее:

1-й уровень – полевой КИП;

2-й уровень – специализированная сеть микропроцессорных контроллеров, связанных с рабочими станциями операторов-технологов, ориентированными на автоматизированное управление производственными процессами в режиме реального времени.

Структура системы соответствует магистрально-модульному принципу построения с сетевой организацией обмена информацией между устройствами и имеет распределенное программное обеспечение и базу данных, доступную (с заданными ограничениями) всем абонентам промышленной сети.

Связь между компонентами 1-го и 2-го уровней системы управления осуществляется электрическим способом: аналоговые сигналы, дискретные сигналы.

Связь между компонентами в пределах 2-го уровня осуществляется посредством специализированных промышленных компьютерных сетей большой производительности, обеспечивающих полный цикл обмена данными между компонентами в пределах одной секунды.

Надежность Системы управления обеспечивается:

- резервированием (дублированием) технических средств;
- временной и функциональной избыточностью;
- наличием систем диагностики и самодиагностики технических средств.

Система управления реализована в соответствии с принципом "распределения ответственности", при котором отказ любого управляющего компонента системы не влияет на работу всей системы управления.

Потенциальная опасность технологических процессов в широком смысле заложена в самом производстве.

Таким образом, уровень автоматизации установки высокий. Уровень автоматизации входящих в установку блоков примерно одинаков.

Технологическая структура установки

Печь подогрева рафинатного раствора П-1 входит в состав стадии регенерации фенола из рафинатного раствора установки селективной очистки масел фенолом 37-50.

Схема технологической структуры установки представлена на Рис. 2.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

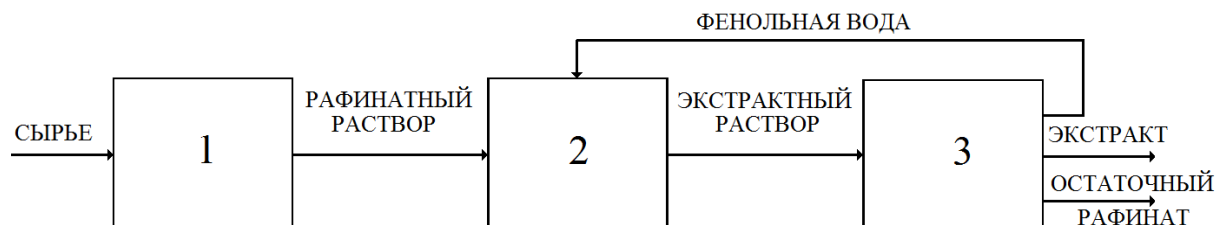


Рисунок 2 – Схема технологической структуры установки 37-50

Назначение печи – подогрев рафинатного раствора. В соответствии с регламентом температура рафинатного раствора на выходе из печи должна поддерживаться в диапазоне 250-300°С.

От температуры раствора на выходе печи зависит качество технологических процессов, происходящих на последующих технологических стадиях, и, следовательно, на результативные показатели процесса селективной очистки масел фенолом.

Выбор ведущего технологического параметра

Таким образом, установлено, что ведущим технологическим параметром печи является температура рафинатного раствора на ее выходе

Для эффективного функционирования следующих за печью П-1 стадий установки, согласно регламенту, необходимо поддержание выходного параметра печи в диапазоне от 250 до 300°С, на основании выполненного нами анализа установлено, что температура рафинатного раствора на выходе из печи П-1 надежно поддерживается в этом диапазоне. Однако, как было сказано ранее, наибольшая эффективность производства масел достигается при температуре 297°С., следовательно, необходимо произвести уточнение настроек регуляторов, для увеличения надежности поддержания заданного значения технологического параметра.

Для поддержания заданного значения технологического параметра используются одноконтурные САР.

Выводы по разделу один:

Проанализирован объект автоматизации. Выбрана концепция автоматизации. Проведена технико-экономическая характеристика. Найдено оптимальное решение с минимальными затратами на эксплуатацию и внедрение.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ВЫБОР СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

2.1 Объект контроля и управления

Для расчета АСР необходимо знать математическую модель объекта управления, т.е. уравнения, которые описывают процессы, происходящие в системе.

Аналитический вывод таких уравнений для промышленных объектов довольно сложен, поэтому модель динамики объекта получена методом активного эксперимента, который заключается в снятии переходных характеристик и определении по ним видов и коэффициентов передаточной функции. Переходная характеристика представляет собой решение дифференциального уравнения системы при ступенчатом воздействии и нулевых начальных условиях.

В соответствии с рисунками 3 и 4 структурная схема объекта управления будет иметь вид:

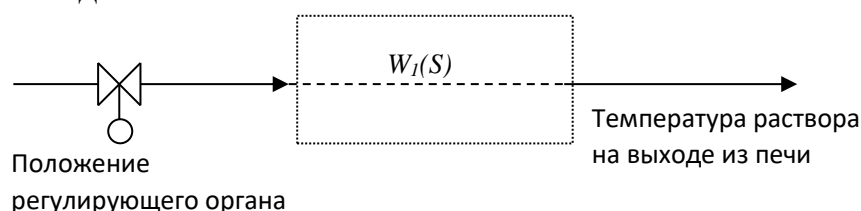


Рисунок 3 – Структурная схема объекта управления по каналу температуры раствора на выходе из печи.

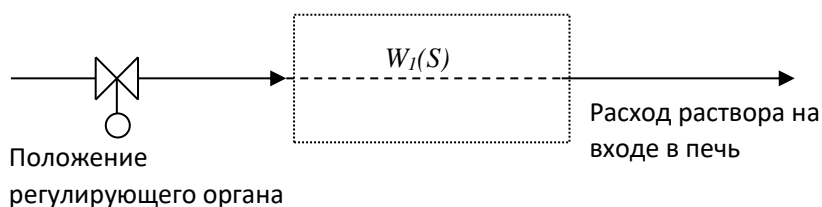


Рисунок 4 – Структурная схема объекта управления по каналу расхода раствора на входе в печь.

Получение передаточных функций

Для получения переходной характеристики по каналу расхода рафинатного раствора в змеевике печи П-1 на вход системы подавали ступенчатое воздействие в виде открытия клапана от 35% до 40% в момент времени $t=50$ с начала проведения эксперимента. По полученным данным построен график изменения расхода, представленный на рисунке 5.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

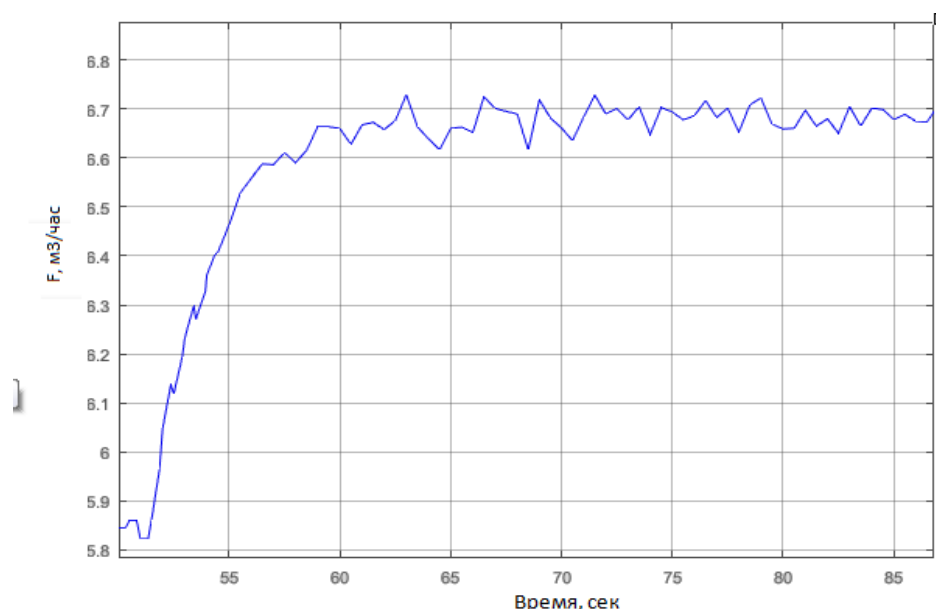


Рисунок 5 – Переходная характеристика по каналу расхода

Полученную переходную характеристику аппроксимируем с помощью пакета расширения системы “MATLAB + Simulink” System Identification Toolbox, в результате получаем следующую передаточную функцию:

$$W_{об} = \frac{0,004836}{s+0.01949} \cdot e^{-1,4s}, \quad (1)$$

Для получения переходной передаточной функции по каналу температуры раствора на выходе из печи, построим графики изменения температуры, открытия клапана от времени. Значения времени, температуры и процент открытия клапана приведены в таблице 1 приложения А. Графики представлены на рисунке 6,7.

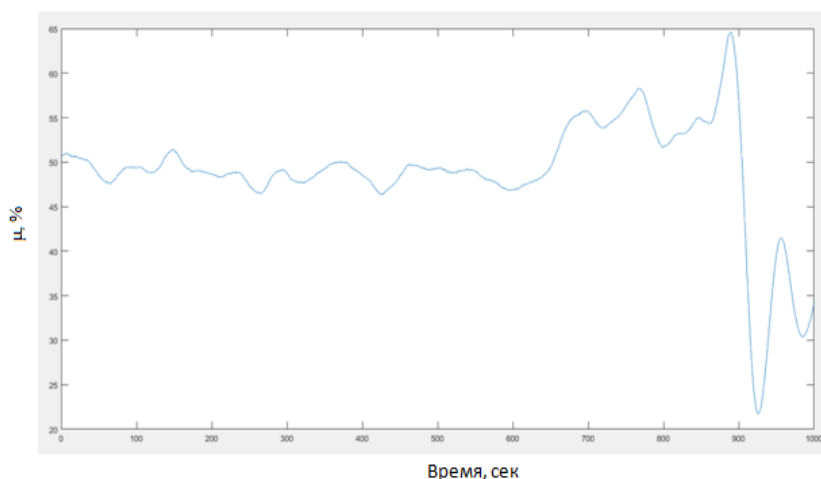


Рисунок 6 – График изменения открытия клапана

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

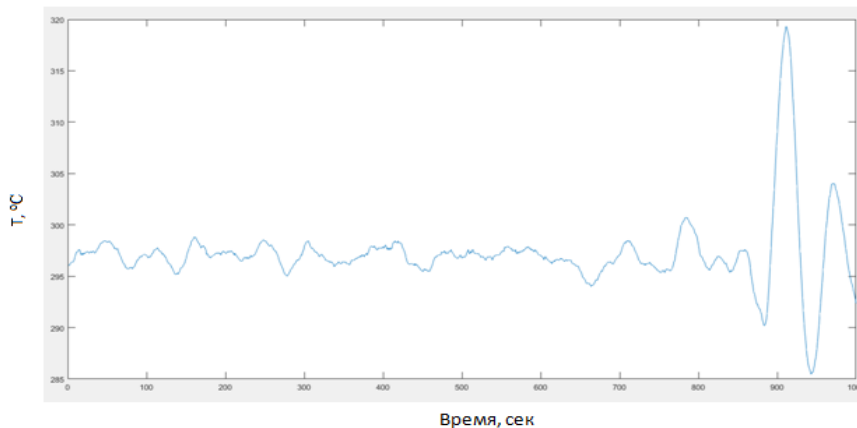


Рисунок 7– График изменения температуры раствора на выходе из печи

Полученную переходную характеристику аппроксимируем с помощью пакета расширения системы “MATLAB + Simulink” System Identification

Toolbox.”Передаточная функция объекта по каналу регулирования температуры будет иметь вид:

$$W_{об} = \frac{0,1961}{s^2+0.1363*s+0.0396} \cdot e^{-13s}, \quad (2)$$

2.2 Расчет системы управления

Расчет одноконтурной АСР расхода раствора на входе в печь

Е.Г. Дудников рекомендует для контуров регулирования расхода использовать ПИ-регулятор. Исходя из вышеперечисленного для одноконтурной системы регулирования расхода выбран ПИ-регулятор.

Произведем расчет настроек регулятора с ПИ алгоритмом работы. Расчеты проводились в программе «LinReg». Расчеты выполнялись методом В. Я. Ротача. Для обеспечения наибольшего быстродействия выбрана степень затухания 0,9.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Настройки регуляторов

Параметры настройки регулятора	ПИ регулятор
K_p	88,734
T_i	6,608

Смоделируем одноконтурную АСР. Моделирование проведено в пакете Simulink программы MatLab. Модель АСР приведена на рисунке 8.

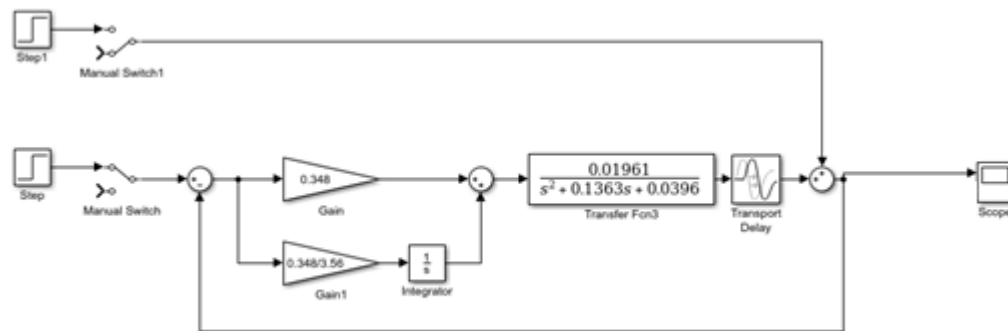


Рисунок 8 – Структурная модель АСР по каналу расхода
Графики переходных процессов представлены на рисунках 9,10.

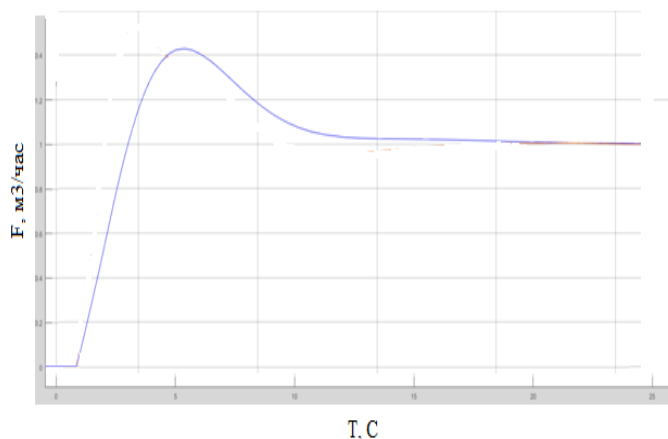


Рисунок 9 – Графики переходных процессов при отработке задания

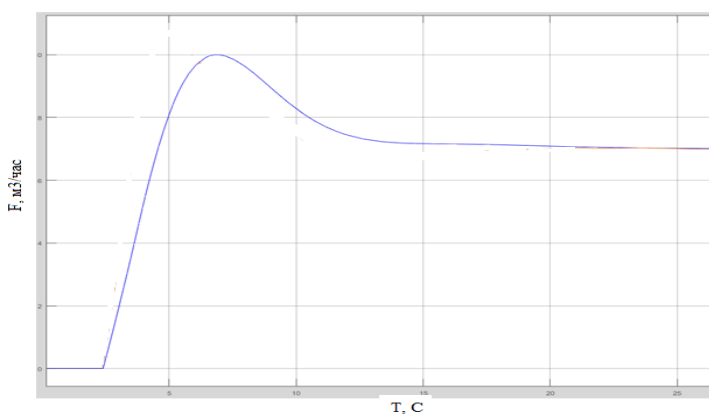


Рисунок 10 – Графики переходных процессов при отработке возмущения

По переходным характеристикам определены показатели качества процесса регулирования, представленные в таблице 5.

Показатели качества по каналу задания:

Перерегулирование:

$$y = \frac{y_{max} - y_{уст}}{y_{уст} - y_n} \cdot 100\%;$$

$$ПИ: y = \frac{10^{-7}}{7-0} \cdot 100\% = 42\%$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\text{Степень затухания: } \psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1}$$

$$\text{ПИ: } \psi = \frac{3 - 0,1}{3} = 0,96$$

Время регулирования t_p (вход в 5% зону):

ПИ: $t_p = 14$ сек

Показатели качества по каналу возмущения:

Степень затухания:

$$\text{ПИ: } \psi = \frac{0,42 - 0}{0,42} = 1$$

Время регулирования:

ПИ: $t_p = 15$ сек

Таблица 5 – Показатели качества процесса регулирования

Показатель качества	ПИ-регулятор	
	По заданию	По возмущению
Степень затухания	0,96	1
Время регулирования, сек	14	15
Перерегулирование, %	42	-

Расчет одноконтурной АСР температуры раствора на выходе из печи ОУ по каналу «степень открытия клапана – температура раствора на выходе из печи» имеет передаточную функцию:

$$W_{об} = \frac{0,1961}{s^2 + 0,1363 \cdot s + 0,0396} \cdot e^{-13s}, \quad (3)$$

Температура является показателем термодинамического состояния системы и используется как выходная координата при регулировании тепловых процессов. Динамические характеристики объектов в системах регулирования температуры зависят от физико-химических параметров процесса и конструкции аппарата. Поэтому общие рекомендации по выбору АСР температуры сформулировать невозможно и требуется анализ процесса. Проведем расчеты для ПИ и ПИД-регуляторов.

Расчеты проводились в программе «LinReg». Расчеты выполнялись методом В. Я. Ротача. Для обеспечения наибольшего быстродействия выбрана степень затухания 0,9. Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 6 – Настройки регуляторов

Параметры настройки регулятора	ПИ регулятор	ПИД регулятор
K_p	0,348	0,239
T_i	3,56	4,906
T_d	-	11,380

Модель системы представлена на рисунке 11.

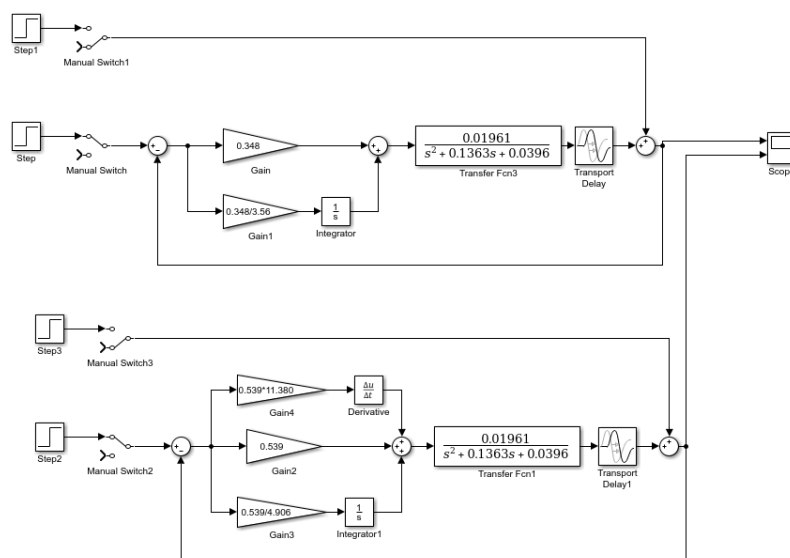


Рисунок 11 – Структурная модель АСР по каналу температуры
Графики переходных процессов представлены на рисунках 12, 13.

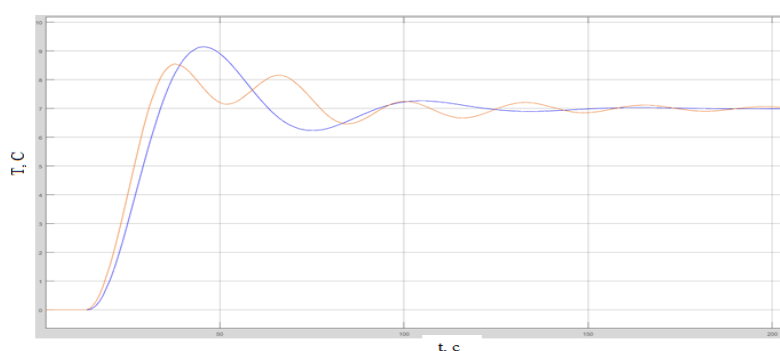


Рисунок 12 – Графики переходных процессов при отработке задания

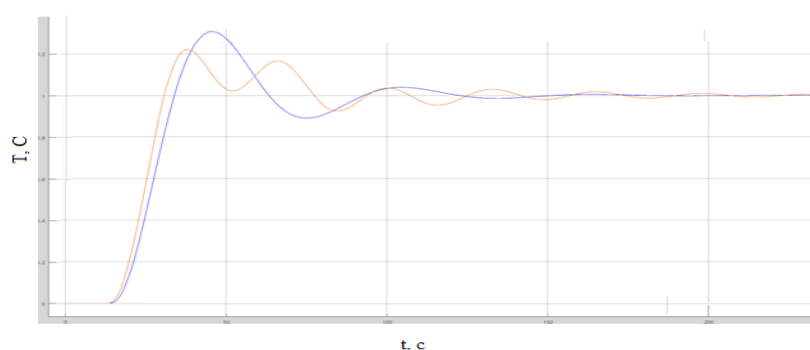


Рисунок 13 – Графики переходных процессов при отработке возмущения

По переходным характеристикам определены показатели качества процесса регулирования, представленные в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели качества процесса регулирования

Показатель качества	ПИ-регулятор		ПИД-регулятор	
	По заданию	По возмущению	По заданию	По возмущению
Степень затухания	0,91	0,9	0,3	0,96
Время регулирования, сек	135	139	176	163
Перерегулирование, %	23	-	1,8	-

Смоделировав одноконтурную САР с ПИ и ПИД регулятором видно, что при отработке задания и возмущения у ПИ-регулятора наблюдаются лучшие показатели качества, чем у ПИД-регулятора. Исходя из вышеперечисленного для одноконтурной системы регулирования расхода выбран ПИ-регулятор.

2.3 Описание схемы блокировок

Для предотвращения аварийной ситуации, связанной с попаданием и накоплением топливного газа в трубопроводе дымовых газов, предусмотрена система блокировки потока топливного газа на входе в печь П-1.

Нормальному функционированию печи соответствует значение параметра разряжения в правом перевале печи в пределах 0.25-0.5 МПа. Значение, выходящее за нижнюю границу диапазона, соответствует тому, что в печи потухли факелы, и подаваемый в печь топливный газ не горит.

Система блокировок печи П-1 состоит из отсечного клапана, установленного на трубопроводе подачи топливного газа к горелкам печи П-1, который служит для блокировки потока топливного газа. Разряжение измеряется в правом перевале печи П-1.

При достижении параметром разряжения в печи значения ниже минимального значения диапазона 0.25МПа клапан будет закрываться для предотвращения подачи топливного газа в Печь. Клапан будет оставаться закрытым до тех пор, пока не будет подан соответствующий сигнал со станции оператора, сигнализирующий о том, что причина аварийной ситуации устранена.

2.4 Основные сигналы системы автоматизации

Технические средства системы обеспечивают подключение и обработку следующих сигналов:

Входные сигналы: HART – протокол

Протокол HART является распространенным методом связи в промышленной автоматизации на протяжении уже многих лет. Теперь возможно передавать цифровые данные, к примеру, идентификацию датчика или устройства, данные калибровки или другую диагностическую информацию по той же двухпроводной петле, по которой передается и сигнал постоянного

тока 4...20 мА. Такая система обычно называется «гибридной», поскольку она сочетает в себе как цифровые, так и аналоговые сигналы.

Выходные сигналы: унифицированные сигналы постоянного тока 4 – 20 мА от датчиков.

Создавая систему автоматизации для того или иного технологического процесса, мы так или иначе вынуждены как-то сопрягать датчики и другие сигнальные устройства – с исполнительными устройствами, с преобразователями, с контроллерами и т. д. Последние, как правило, принимают сигнал от датчика в форме напряжения или тока определенной величины (если речь об аналоговых сигналах), или в форме импульсов с определенными временными параметрами (в случае с цифровыми сигналами).

Параметры этих электрических сигналов должны неким вполне определенным образом соответствовать параметрам физической величины, которую фиксирует датчик, чтобы управление конечным устройством получилось бы адекватным задаче автоматизации.

Безусловно, удобнее всего унифицировать аналоговые сигналы от различных датчиков, дабы контроллеры обрели универсальность, чтобы пользователю не приходилось бы для каждого датчика подбирать свой индивидуальный вид интерфейса, а для каждого интерфейса — свой датчик.

Выводы по разделу два:

Выбрана и рассчитана система управления, определены основные сигналы автоматизации

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

3 ВЫБОР ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Установка селективной очистки масел фенолом по характеру используемых продуктов относится к категории взрывопожароопасных производств.

В технологических процессах установки 37-50 участвуют вещества (фенол, углеводородные соединения), которые по ГОСТ 12.1.007-76 относятся ко II классу опасности.

Объекты установки 37-50 относятся к взрывоопасным зонам класса -1г в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

Датчики, ИУ и т.д. должны иметь оболочку от проникновения пыли и влаги по ГОСТ14.254 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)» не хуже, чем IP54.

3.1 Выбор блока управления (ПЛК)

Для осуществления функций контроля, сигнализации, автоматического регулирования и дистанционного управления технологического процесса выбрана система управления Yokogawa Centum VP.

Контроллер Системы управления Centum VP и станции оператора/инженера объединены по промышленной дублированной сети Ethernet (FTE), скорость передачи данных по сети составляет не менее 100Мб/с.

Технические характеристики контроллера:

- операционные блоки – 5500 операционных блоков;
- блоки обработки – 2400 блоков обработки;
- блоки памяти – 16000 блоков памяти;
- период выполнения – 50-2000 мсек;
- сохранение данных в памяти RAM – 50 часов;
- погрешность – 0,1%.

Технические характеристики модуля аналогового ввода:

- каналы входов – 16 каналов;
- диапазон входного сигнала – 4–20 мА;
- скорость сканирования сигналов – 50 мсек;
- погрешность – 0,2%.

Технические характеристики модуля аналогового вывода:

- каналы выходов – 16 каналов;
- диапазон выходного сигнала – 4–20 мА;
- максимальная активная нагрузка – 800 Ом;
- время отклика – 80 мсек;
- погрешность – 0,2%.

3.2 Выбор технических средств автоматизации для измерения температуры

Выбор температурного преобразователя

Для обеспечения соединения контроллера Centum VP с

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

термосопротивлениями и термопарами используется температурный преобразователь производства Yokogawa модель YTA 320, обладающий следующими характеристиками и функциями:

- При подключении термосопротивления стандарта pt100 диапазон входного сигнала -200 до +800 оС

- При подключении термопары стандарта В диапазон входного сигнала от 100 до 1820 °С

- Поддержка HART/BRAIN выходов

- Два универсальных входа

- Цифровой индикатор

Выбор термосопротивления измерения температуры раствора

Для измерения температуры рафинатного раствора на выходе из печи, – выбираем термометр сопротивления ТСПТ 101 предназначенные для измерения температуры жидких и газообразных химически неагрессивных сред, а также агрессивных, не разрушающих материал защитного чехла термометры ТСПТ 101 предлагаются для измерения температуры в диапазоне до 400°С.

Основные характеристики:

- Вид изделия ТСПТ Термометр сопротивления платиновый

- Взрывозащита Exi 0ExiaIICT6 X

- Модификация 101 с упорным кольцом

- Стандарт pt100

- Кабельный ввод А под РЗЦХ DN15

- Коммутация (код головки) 21 IP66

- Выходной сигнал (класс точности) H10 4-20мА

- Материал защитной оболочки С10 сталь 12Х18Н10Т

- Диаметр рабочей части 8 мм

- Длина монтажная L 250 мм

- Длина до головки ℓ 100 мм

Выбор термопары для измерения температуры в перевалах печи

Для измерения температуры в перевалах печи выберем Термопару производства ОВЕН модель ДТПС021.1Э-0,5/0,2.

- применяются для измерения высоких температур – до 1300 °С;

- возможно кратковременное применение при 1600 °С;

- возможно применение в окислительной атмосфере;

- не рекомендуется применять ниже 400 °С, т. к. ТЭДС в этой области мала и крайне нелинейна.

- Класс В

- Длина термопары 0.2м

- Класс допуска 2

3.3 Выбор технических средств для измерения расхода

Для измерения расхода в трубопроводе рафинатного раствора на входе в

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

печь выбран вихревой расходомер DigitalYEWFL0 фирмы Yokogawa

Основные характеристики:

- Измеряемая среда: газ, пар, жидкость.
- Погрешность измерения для жидкости 0.75% для газа/пара 1%
- температура рабочей среды: -40... 450°C (Высокотемпературное исполнение)
- температура окружающей среды: -40...60°C;
- Условный проход трубопровода: 2,5...400 мм.
- Выходной сигнал 4...20мА, HART
- индикатор: ЖК с подсветкой.
- Постоянная времени демпфирования: 0,1. ..200 с.
- Питание: 24 В постоянный ток.
- Температура окружающей среды: -40...85°C
- Монтаж: фланцевый;
- Степень защиты IP67.
- Искро-взрыво безопасное исполнение.

3.4 Выбор технических средств измерения разряжения

Для измерения разряжения на перевалах печи выберем преобразователь дифференциального давления серии EJX-A производства Yokogawa.

Технические характеристики:

- Погрешность измерения 0,05% шкалы
- Выходной сигнал: 4...20мА, HART
- Питание 24В постоянного тока
- Степень защиты IP67
- Искро-взрыво безопасное исполнение

3.5 Выбор барьера искрозащиты

Использованы барьеры искрозащиты ОВЕН ИСКРА-АТ.02

Барьеры ОВЕН ИСКРА-АТ.02 обеспечивают искробезопасность и питание датчиков с унифицированными выходными сигналами, а также электропневмопреобразователей, позиционером.

Функциональные возможности:

- Ограничение напряжения и тока в цепи до искробезопасных значений при воздействии на барьер напряжения до 250 В;
- Барьеры имеют искробезопасные цепи уровня «ia» (особовзрывобезопасные);
- Пригодны для наиболее взрывоопасных нерудничных сред, например – водород, ацетилен (группа ПС);
- Высокая надежность взрывозащиты, обеспеченная схемным решением;
 - троирование полупроводниковых элементов, ограничивающих напряжение;
 - двухступенчатая система «гашения» аварийного напряжения: первая

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

ступень (на TVS-диодах) «срезает» мощные выбросы напряжения, вторая (на стабилитронах) – снижает напряжение до искробезопасного значения.

3.6 Выбор блока питания

Для питания БИЗ выбран блок питания БП 906/24–8 производства НПП Элемер.

Для питания разделительного реле выбран блок питания БП 906/24–2 производства НПП Элемер.

Блоки питания предназначены для преобразования переменного напряжения сетевой частоты (~220 В) или постоянного напряжения в стабилизированное напряжение = 24 В. Блоки питания используются для подключения преобразователей (датчиков) с унифицированным выходным сигналом, другой аппаратуры с соответствующими требованиями к питающему напряжению.

Основные характеристики:

- 8 (2) гальванически развязанных каналов;
- Схема электронной защиты от перегрузок и короткого замыкания с автоматическим восстановлением работоспособности после устранения причин перегрузки;
- Переменные резисторы регулировки тока срабатывания электронной защиты;
- Разъемные клеммные колодки под винт;
- Монтаж на DIN-рейку;
- Варианты исполнения: общепромышленное, атомное (повышенной надежности);

3.7 Выбор клапана регулирования расхода

В качестве регулирующего клапана выбран клапан серии 35002 «Камфлекс». Камфлекс — это универсальный поворотный сегментный клапан с эксцентричным плунжером, сочетающий лучшие свойства подъемных и поворотных регулирующих устройств и обладающий высокой пропускной способностью, устойчивостью к кавитации, а также широким диапазоном и точностью регулирования.

Основные технические данные:

- Условный диаметр 25-300мм
- Условное давление 16-100 кгс/см²
- Температура среды от -200 до +400 °С
- Пропускная способность 5.6 – 1750 м³/ч
- Герметичность в затворе IV класс ANSI
- Материал корпуса углеродистая или нержавеющая стали, специальные стали и сплавы
- Материал сальниковой набивки комбинация «кевлар/PTFE» или графит

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

- Присоединение фланцевое или стяжное
- Исполнительный механизм пружинно-мембранный

3.8 Выбор отсечной арматуры

Для реализации блокировки потока топливного газа на форсунки печи П-1 используется электромагнитный (соленоидный) клапан V308 «НЗ»

Предназначен для дистанционного управления потоками газов и жидкостей. Управление осуществляется подачей напряжения на катушку (электромагнит). Пр-во Польша.

- Среда: газ, воздух.
- Материал: латунь, нержавеющая сталь, EPDM (NBR)
- Рабочая температура: от -20 до +130 °С
- Режим работы: долговременный, по ГОСТ 12434-83
- Питание: 24В постоянного тока
- Мощность: 22VA, 13W (1,4W);
- Степень защиты: IP65
- Время срабатывания: 30-700 мс
- Номинальный режим включения: ED (ПВ) 100%
- Рабочее давление 0,5-8 бар
- Присоединение: внутренняя трубная резьба G

3.9 Выбор источника бесперебойного питания

Для обеспечения бесперебойного питания системы управления и повышения надежности функционирования АСУ ТП печи нагрева рафинатного раствора, в состав КТС входит источник бесперебойного питания. ИБП установлен в шкафу питания. Далее представлен расчет необходимой мощности ИБП.

Суммарная мощность КТС:

- Блок питания БП-906/24-8 – 44 ВА
- Блок питания БП-96/24-2 – 15 ВА
- БИЗ ОВЕН ИСКРА-АТ.02 ВА x 9шт = 10 ВА
- DigitalYEWFL0 – 18 ВА
- EJX-A – 19ВА
- Розетка PAp10-3-ОП TDM для питания электроинструмента – 200 ВА
- В рамках разрабатываемого проекта отражена не вся аппаратура, применяемая в реальной установке, поэтому к общей сумме дополнительно прибавим 500 ВА.

$$\sum S = 607.7 \text{ ВА}$$

На основе полученной мощности был выбран источник бесперебойного питания Huter INV900-TSW.

Характеристики ИБП Huter INV900-TSW:

- Номинальная мощность: 0,9 кВт

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

- Максимальный потребляемый от сети ток: 8А
- Напряжение аккумуляторов: 24В
- Форма выходного напряжения: синусоидальная
- Частота выходного напряжения: 50Гц
- Время переключения между режимами: 0,4 с
- Максимальный зарядный ток аккумуляторов: 40А
- Максимальная емкость подключаемых аккумуляторов: 400Ач
- Вес нетто: 8кг
- Габариты: 430x370x100 мм

ИБП при максимальной нагрузке способен работать до 30 минут, что достаточно для устранения причин перебоев в сети.

3.10 Выбор автоматического выключателя

Расчет номинального тока двухполюсного автоматического выключателя:

$$I_n = \frac{\sum P}{U_c} = \frac{672,6}{220} = 3,01 \text{ А}; I_{отс} = 1,45 * I_n = 1,45 * 3,01 = 4,36 \text{ А}$$

На основании расчета подобран автоматический двухполюсный выключатель ИЕК 4А С ВА47-29.

Для позиций QF-2, QF-3, QF-4, QF-5, QF-6 выбраны автоматические выключатели ABB S201 1А.

3.11 Шкаф управления системы автоматизации

Шкаф управления из металла, представляет собой «ящик» с габаритными размерами – 1200×2000×600, с дверцами и замками, которые служат для ограничения доступа к установленному оборудованию. Все внутренние элементы и приборы размещаются на монтажной панели и крепятся на DIN-рейки.

Шкаф с осветительной панелью оснащенной люминесцентной лампой.

Комплектация шкафа управления:

- Автоматические выключатели и предохранители, направленные на отключение оборудования при перегрузках, перепадах напряжения и при коротком замыкании.

- Программируемый логический контроллер (ПЛК);

- Блоки питания, предназначенное для формирования напряжений питания.

БП — вторичный источник электропитания.

- барьеры искрозащиты, служат барьером между искробезопасными и искроопасными электрическими цепями.

- клемные колодки

Нам необходимо:

- разместить максимальное количество пассивного и активного оборудования на минимальной площади монтажной панели;

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– распределить в шкафу управления большое количество слаботочных и силовых кабельных линий, прокладываемых от входа в шкаф(сальники) до клеммных колодок, располагающихся на DIN-рейках;

– обеспечить защиту оборудования и кабелей от различных внешних воздействий, неосторожного обращения рабочих, диких и домашних животных;

– защитить работающий персонал от теплового, звукового и электромагнитного излучения работающих устройств в электрошкафу;

– закрепить шкаф на стене согласно ГОСТ 14919-83, в легкодоступном для технического обслуживания и последующей модернизации, освещенном месте;

– разработать техническую документацию на собранный электрошкаф;

Шкафы управления обеспечивают безопасную и точную работу оборудования. Его принцип работы заключается в постоянном сканировании сигналов системы и включении нужных режимов работы оборудования.

Выводы по разделу три:

В данном разделе произведен выбор всех ТСА, которые используются для ведения контроля процесса подогрева рафинатного раствора в печи П-1.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

4 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

В моем случае используется функциональная комбинированная схема автоматизации. На ней присутствуют элементы и взаимосвязи электрические и газовые. Она является одним из основных проектных документов, который определяет функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации.

На ФСА изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок. ФСА отображает основные технические решения, принимаемые при проектировании систем автоматизации ТП. Объектом управления в таких системах является совокупность основного оборудования, вместе со встроенными в него запорными и регулирующими органами.

Функции контроля и управления на функциональные схемы автоматизации наносят в соответствии с ГОСТ 21.208-2013 и отраслевыми нормативными документами.

Выводы по разделу четыре:

Разработана и проанализирована функциональная схема контроля и автоматического регулирования объекта.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

5 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств (а также связей между ними), действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Принципиальные схемы служат основанием для разработки других документов проекта: монтажных таблиц щитов и пультов, схем внешних соединений и др.

В моем случае принципиальные электрические схемы выполняются применительно к отдельным самостоятельным элементам. Используя эти схемы, потом можно составить общую электрическую схему, охватывающую целый комплекс.

Состав:

- схема принципиальная питания;
- схема принципиальная контроля и управления;
- схема принципиальная сигнализации и блокировок.

Эти схемы дают детальное представление о работе системы и служат также для изучения принципа действия системы, они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

При составлении данных схем, я учел, что каждая схема должна обеспечивать высокую надёжность, простоту и экономичность, чёткость действий при аварийных режимах, удобство оперативной работы и эксплуатации.

Для обеспечения бесперебойного питания системы управления и повышения надежности функционирования АСУ ТП печи нагрева рафинатного раствора, в состав КТС входит источник бесперебойного питания. ИБП установлен в шкафу питания. Время поддержки питания при 100% нагрузке составляет не менее 30 минут.

Питание КТС осуществляется через шкафы распределения питания, в которых установлены автоматические выключатели для каждой из составных частей, что обеспечивает селективность защиты оборудования при возникновении неисправностей и создает необходимые предпосылки для удобного обслуживания.

В АСУ ТП печи нагрева рафинатного раствора подразумевается резервирование питания. Основной и резервный вводы обеспечиваются с помощью цехового распределительного пункта РП1. Блок автоматического блока резерва установлен в шкафу питания. Электропитание осуществляется с помощью однофазного переменного тока напряжением $U = \sim 220\text{В}$.

Выбор кабелей

Так как для датчиков и позиционеров доступен HART-протокол, использован кабель типа «витая пара» ЭКС-МВПНЭ-5 25x2x0,51, ЭКС-МВПНЭ-54x2x0,51. Для защитного заземления использован кабель ВВГ 3x4. Для подвода питания используется кабель ВВГ 3x4.

Кабели укладываются в перфорированные кабельные лотки размерами

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

264Шх6000Д мм. От операторного помещения до установки лотки прокладываются в помещении на кронштейнах на высоте 6м. Для соединения секций между собой используются прямой соединитель лотка СЛК100УТ1,5. Для изменения направления трассы применяются угловые соединители СКРВ100УТ1,5.

При выходе из помещения кабели спускаются по лотку с высоты 6м до 3м. Далее кабели прокладываются в лотки, проложенные на эстакаде. От эстакады до датчиков кабели проложены в металлорукаве РЗ-ЦХ-20.

Выводы по разделу пять:

Произведен анализ принципиальной электрической схемы. Вынесено решение по электропитанию и выбору кабелей.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

6 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

6.1 Расчет надежности САР

Под надежностью системы управления понимают способность системы выполнять предъявляемые к ней требования за заданное время в пределах, заданных ее техническими характеристиками. Полностью исключить отказ оборудования невозможно, следовательно, надежность не может быть 100%.

Мерой надежности служит интенсивность потока отказов, $\lambda(t)$.

$$\lambda(t) = \frac{\Delta N}{\Delta t \cdot N}, \quad (4)$$

где ΔN - число отказавших блоков (элементов) СУ за время, Δt .

$N(t)$ – число блоков (элементов) СУ, работающих к моменту времени t .

Для характеристики надежности используют следующие виды распределения:

- экспоненциальное распределение (используется, когда интенсивность потока отказа практически не меняется);
- распределение Вейбулла (применяется при исследовании надежности аппаратов и систем, состоящих из большого числа однотипных элементов);
- усеченное нормальное распределение (используется для описания надежности элементов, отказы которых происходят из-за физического износа отдельных деталей или узлов, при этом число факторов, влияющих на появление отказа достаточно велико);
- γ –распределение (имеет те же параметры и формы кривых, что и при распределении Вейбулла).

Для определения надежности используют также экспериментальные методы:

- определительные испытания;
- контрольные испытания.

Показателями надежности СУ служат:

- наработка на отказ (с учетом восстановления);
- наработка до отказа (без учета восстановления) или вероятность безотказной работы за заданное время.

Вероятность безотказной работы за заданное время (2000 часов для промышленной автоматики) является нормативной характеристикой и вводится на все технические средства, входящие в САР.

Отказы, возникающие в САР можно классифицировать следующим образом:

- внезапные;
- параметрические (постепенные).

Внезапные отказы связаны с отказами в линиях связи, технических устройствах. Они сильно зависят от веществ, обращающихся в

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

технологическом процессе, контакте с которыми находятся чувствительные элементы и регулирующие органы.

Параметрические отказы связаны с ухудшением качества работы САР, изменением динамических характеристик объекта управления. Их устраняют путем изменения настроечных параметров регуляторов.

Произведем расчет вероятности возникновения внезапных отказов измерительного канала, если известно, что:

– для контроллеров Centum VP среднее время наработки на отказ равно 200000 часов ($t_{cp.n}=200000$ часов);

– для датчика давления EJX-A время наработки на отказ равно 150000 часов ($t_{cp.n}=150000$ часов);

– для датчика температуры ТСПТ 101 время наработки на отказ равно 150000 часов ($t_{cp.n}=150000$ часов);

– для преобразователя температуры YTA 320 время наработки на отказ равно 150000 часов ($t_{cp.n}=150000$ часов);

– для датчика расхода DigitalYEWFL0 время наработки на отказ равно 150000 часов ($t_{cp.n}=150000$ часов);

– для барьеров искрозащиты ОВЕН ИСКРА АТ-02 время наработки на отказ равно 150000 часов ($t_{cp.n}=150000$ часов);

– для модулей ввода/вывода Centum VP время наработки на отказ равно 200000 часов ($t_{cp.n}=200000$ часов);

– для исполнительного механизма Камафлекс 35002 время наработки на отказ равно 200000 часов ($t_{cp.n}=200000$ часов);

– для соединительных проводов вероятность отказа за 2000 часов составляет 0,004.

Условно примем, что закон распределения отказов экспоненциальный, тогда вероятность безотказной работы определяем по формуле: $P_{t_i} = e^{-\lambda \cdot t_i}$, где $\lambda = 1/t_{cp.n}$

Вероятность безотказной работы контроллера Centum VP:

$$P_1 = e^{-(1/200000) \cdot 2000} = 0,99$$

Вероятность безотказной работы преобразователя температуры YTA 320:

$$P_2 = e^{-(1/150000) \cdot 2000} = 0,987$$

Вероятность безотказной работы датчика температуры ТСПТ 101:

$$P_3 = e^{-(1/150000) \cdot 2000} = 0,987$$

Вероятность безотказной работы датчика DigitalYEWFL0:

$$P_4 = e^{-(1/150000) \cdot 2000} = 0,987$$

Вероятность безотказной работы барьера искрозащиты ОВЕН ИСКРА АТ-02:

$$P_5 = e^{-(1/150000) \cdot 2000} = 0,987$$

Вероятность безотказной работы модулей ввода/вывода Centum VP:

$$P_6 = e^{-(1/200000) \cdot 2000} = 0,99$$

Вероятность безотказной работы линий связи:

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$P_7 = 1 - q_{лс} = 1 - 0,004 = 0,996$$

Вероятность безотказной работы исполнительного механизма Камафлекс 35002: $P_8 = e^{-(1/150000) \cdot 2000} = 0,987$

Вероятность безотказной работы системы управления расходом рафинатного раствора на входе в печь за 2000 часов:

$$P_f = P_1 * P_4 * P_5 * P_6 * P_7 * P_8 = 0,99 * 0,987 * 0,987 * 0,99 * 0,996 * 0,987 = 0,939$$

Вероятность безотказной работы системы управления температурой рафинатного раствора на выходе из печи П-1 за 2000 часов:

$$P_t = P_1 * P_2 * P_3 * P_4 * P_5 * P_6 * P_7 * P_8 = 0,987 * 0,987 * 0,987 * 0,987 * 0,99 * 0,996 * 0,987 * 0,99 = 0,914$$

6.2 Список сигналов ПЛК

Таблица 8 – Входные и выходные сигналы

Обозначение	Входные	Обозначение	Выходные
SB1	Кнопка “Пуск”	HL1	Индикация “Пуск”
SB2	Кнопка “Стоп”	HL2	Индикация “Стоп”
ТТ 101а	Температурный датчик	ТС 103б	Температура (вторичный прибор)
ТТ 102а	Температурный датчик	ФС 301б	Расход (вторичный прибор)
ТТ 103а	Температурный датчик	TIR	Температура (регистрирующий прибор)
РТ 201а;	Датчик давления	Н	Ручное воздействие
РТ 202а	Датчик давления	FIR	Расход (регистрирующий прибор)
FT 103g	Клапан	PIR	Давление (регистрирующий прибор)
FT 301g	Клапан	PI	Давление, индикация
FT 201g	Клапан	-	-

6.3 Программа для ПЛК

В качестве среды для написания программы используется программа Control Drawing Builder пакета Yokogawa Centum VP, данная среда не имеет открытого доступа, лицензируется одноименной компанией. Данная программа

установлена на одной из инженерных станций в системе. Выбор обусловлен установленной PCY на производстве и наличия всех необходимых лицензий.

Среда поддерживает несколько языков как довольно типичного для отрасли, например, FBD (со своими «изюминками»), так и достаточно необычных – SEBOL (Sequence and Batch-Oriented Language), язык обработки последовательностей и пакетных операций, обычно используется для написания функций для функциональных блоков и ПАЗ.

В системе Centum VP контуры управления содержат один или несколько функциональных блоков, которые связаны с одним или несколькими схемами управления. Каждый из этих функциональных блоков имеет определенное назначение и содержит ряд элементов данных, которые отображают значения входов и выходов, пороги сигнализации, уставки, настройки ПИД-регуляторов и т.д. Каждый функциональный блок имеет ряд параметров, которые должны быть определены в спецификации блока с помощью программы-построителя инженерной станции (ENG/HIS). Значения параметров заданы по умолчанию для каждого типа функциональных блоков системы в качестве стандартных настроек. Эти настройки соответствуют общим требованиям. За исключением особых случаев, указанных в базе данных измерительных приборов или в описании управления, должны применяться стандартные значения. Точные значения настроечных параметров остаются неизвестными до начала пусконаладочных работ. Параметры управления задаются в функциональном блоке на схемах управления.

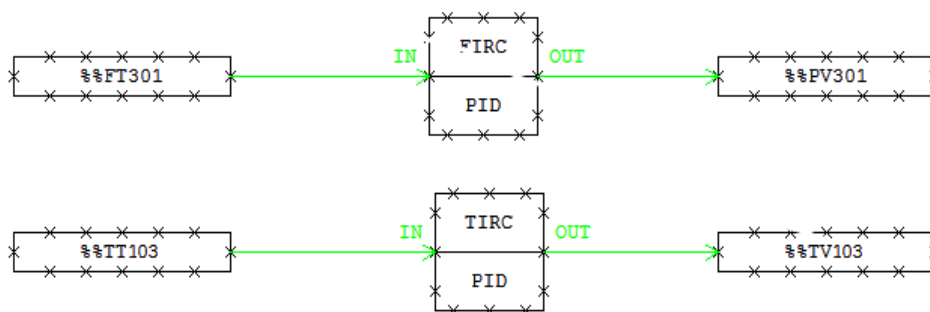


Рисунок – 14 Разработка алгоритмов управления в CENTUMVP

Process Variable Range	
High limit value	<input type="text" value="500"/>
Low limit value	<input type="text" value="0"/>
Engineering Unit Symbol	<u>m3/h</u>
Input Signal Filtering	<u>Automatic Determination</u>
PV Overshoot	<u>Holding PV</u>
PV Limit	<u>No</u>
Inhibit IOP Reactions	<u>Invalid</u>

Рисунок – 15 Входные параметры блока PID для регулятора расхода

Output Change	
Output Velocity Limiter	<input type="text" value="100%"/>
MAN Mode Output Velocity Limiter Bypass	<u>No</u>
Auxiliary Output	
Output data	<u>PV</u>
Output Type	<u>Positional Output Action</u>
MV Display Style	
MV Display Style	<u>Automatic Determination</u>

Рисунок – 16 Выходные параметры блокаPID для регулятора расхода

Process Variable Range	
High limit value	450
Low limit value	-200
Engineering Unit Symbol	DEGC
Input Signal Filtering	Automatic Determination
PV Overshoot	Holding PV
PV Limit	No
Inhibit IOP Reactions	Invalid

Рисунок – 17 Входные параметры блока PID для регулятора температуры

Output Change	
Output Velocity Limiter	100%
MAN Mode Output Velocity Limiter Bypass	No
Auxiliary Output	
Output data	PV
Output Type	Positional Output Action
MV Display Style	
MV Display Style	Automatic Determination

Рисунок – 18 Выходные параметры блокаPID для регулятора температуры

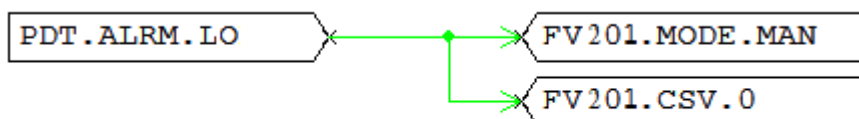


Рисунок – 19 Разработка алгоритма ПАЗ




6.4 Выбор и программирование SCADA системы

SCADA – система SIMP Light

SCADA SIMP Light – это современная программная отечественного производства для автоматизации технологических процессов (АСУ ТП), диспетчеризации, телемеханики, учета ресурсов (АСКУЭ, АСКУГ) и автоматизации зданий.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

В моей работе данная программа была использована, чтобы показать, как могло бы выглядеть автоматизированное рабочее место оператора.

Создание статического изображения. Начнем с создание рамки. Для этого, необходимо левой кнопкой мыши щёлкнуть по иконке: . Находится она на панели инструментов, щелкнув на . Далее следует выбрать подходящий вариант, из всех предложенных – значок рамки (рис. 20). Щелчком левой клавиши мыши необходимо задать противоположные углы рамки. Для попадания в режим редактирования необходимо так же щелчком левой клавиши мыши нажать на иконку - .

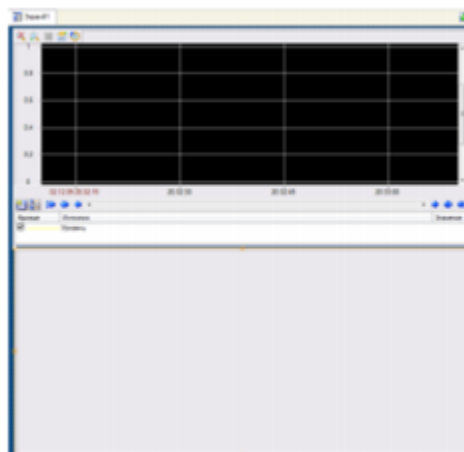






Рисунок 20 - Размещение рамки

Следующий этап - создание ёмкости. Для этого необходимо найти значок -  на панели инструментов, и щёлкнуть по нему левой кнопкой мыши. Если значок отсутствует на панели инструментов, найти его можно щёлкнув по одной из иконок левой кнопкой мыши:  или . Далее следует поместить ёмкость на экране, задав её противоположные углы щелчком левой кнопкой мыши по иконке - . Получим необходимую нам ёмкость похожую на ту, что показана на рисунке 21.

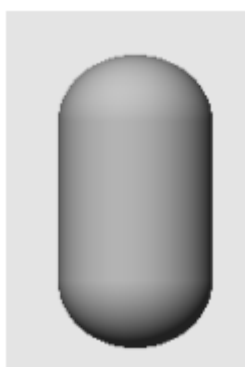






Рисунок 21 - Создание ёмкости

Свойства объекта можно найти, щелкнув по созданной ёмкости левой кнопкой мыши или выделив её. В этом окне можно изменить такие свойства, как, например: материал; верхний и нижний край; толщина стенок; стандартная структура. Например, если изменить толщину стенок объекта, верхний край и материал, получим емкость как на рисунке 22.



Рисунок 22 – Создание емкости с изменением толщины стенок, материала и верхнего края.

Следующий наш шаг – это создание насоса. Для того чтобы создать насос, необходимо нажать на соответствующий значок -  и из предложенных инструментов выбрать нужный - . Затем повторяем все те шаги, что и при создании ёмкости. Выбираем материал и нужную форму насосов, их у нас два.

Заключительным этапом становится - создание труб. Нужно щёлкнуть левой кнопкой мыши по нужной иконке -  , выбрать среди предложенных инструментов следующий значок -  . Далее следует сделать саму трубу, по которой продукт будет проходить до ёмкости, откуда потом попадёт в насос. Чтобы это сделать, нужно щелчком левой кнопки мыши отметить начало трубы. Затем следует перевести курсор в местоположение изгиба трубы и снова щёлкнуть левой кнопкой мыши. Так нужно проделать со всеми точками изгиба трубы, и когда курсор попадает на место конечной точки трубы, следует щёлкнуть правой кнопкой мыши и завершить создание текущей трубы.

Таким образом делаем все необходимые трубы. Для того, чтобы отредактировать свойства нужной нам трубы, нужно выделить её - откроется дополнительное окно свойств. Далее изменяем параметры нужные нам поля.

Соблюдая все этапы создания, мы получили статическое изображение автоматизированного рабочего места оператора - рисунок 23.

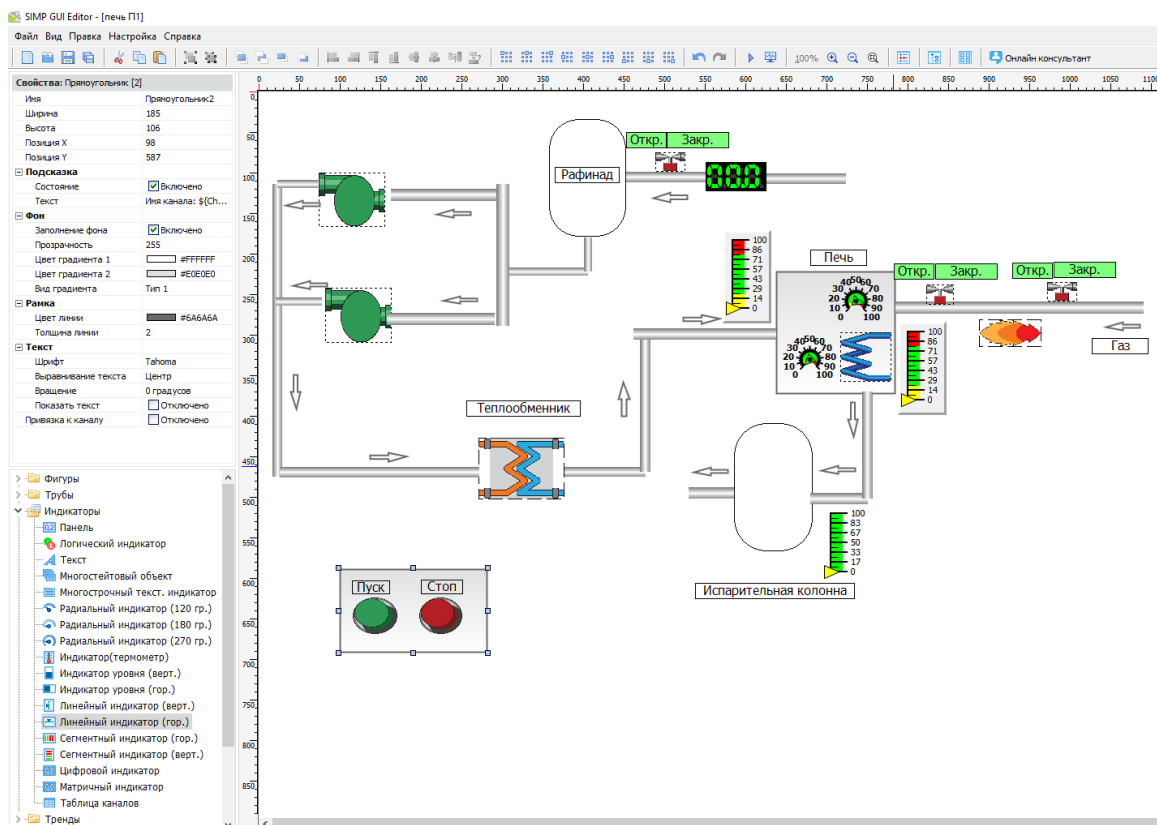


Рисунок 23 – Автоматизированное рабочее место оператора

Построим интерфейс САР температуры. На мнемосхеме объекта управления (рисунок 25) содержатся три задатчика: уставки, коэффициента передачи регулятора, коэффициента постоянной интегрирования; отображается состояние включения реле-печи в виде индикатора состояния; представлено текущее значение температуры, выходного сигнала с ПИ- регулятора, ШИМ- сигнала; кнопка, обеспечивающая переход к тренду, изображенному на Рисунке 24.

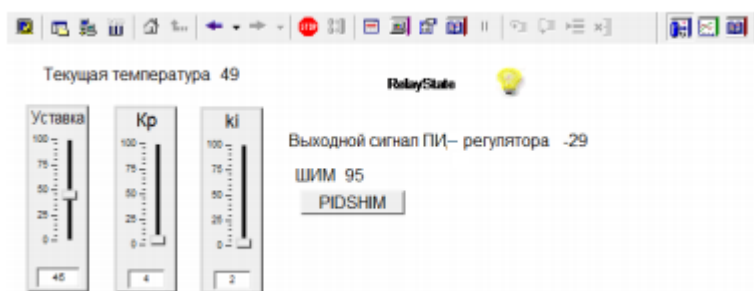


Рисунок 24 – Мнемосхема объекта управления САР температуры

Поскольку рассматриваемая система регулирования предназначена для внедрения на производстве, то для ее использования необходимо разработать элементы управления SCADA системой, такие как печать мнемосхем, останов системы, смена оператора, вызов журнала событий с ограниченными правами доступа.

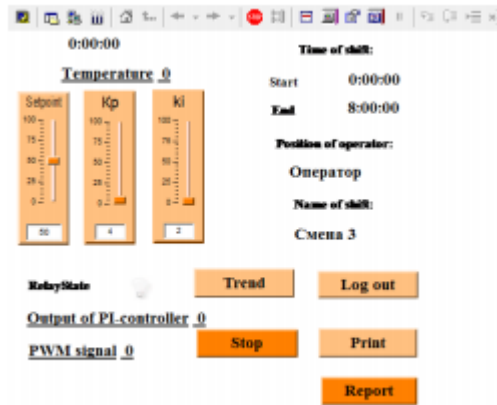


Рисунок 25 – Мнемосхема для управления САР температуры на производстве.

На мнемосхеме, представленной на рисунке 26 добавлены кнопки смены оператора, остановка системы, печати мнемосхемы, открытие журнала событий, доступ к которому имеет только диспетчер смены, чтобы отслеживать действия каждого оператора. Также на мнемосхеме отображены текущее время, время начала и конца смены, ее номер и должность оператора.

Выводы по разделу шесть:

Разработана программа системы автоматизации, выбрана SCADA система, рассчитана надежность систем автоматического регулирования.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу за объект автоматизации принята печь П-1 подогрева рафинатного раствора установки селективной очистки масел 37-50.

В процессе выполнения, исследована система управления температурой рафинатного раствора на выходе из печи П-1. Дана общая характеристика установки 37-50. Выбран комплекс технических и программных средств автоматизации для повышения качества регулирования.

Также была разработана SCADA система, экран оператора и система для автоматического регулирования температуры в печи, которая включает функции дистанционного управления системой на базе микроконтроллера Centum VP на основе рассчитанных показателей ПИ-закона регулирования, а также представляет наглядную визуализацию технологического процесса оператору системы.

Предложенная САР реализована в Yokogawa CentumVP. Выполнены функциональная, структурная и принципиальные схемы автоматизации.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Технологический регламент установки селективной очистки масле фенолом 37-50 ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез».

2 Голубятников, В.А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности: Учебник для техникумов / В. А. Голубятников, В. В. Шувалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.; Химия, 1985. – 352 с.

3 Дудникова, Е.Г. Автоматическое управление в химической промышленности: Учебник для вузов./ Под ред. Е.Г. Дудникова. – М.: Химия, 1987. – 274 с.

4 Клюев, А.С. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / А. С. Клюев, А. Т. Лебедев, С. А. Клюев, А. Г. Товарнов; Под. ред. А. С. Клюева. – 2-е изд., переработанное и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.

5 Клюев, А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А. С. Клюев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Клюев; под. ред. А. С. Клюева. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

6 Ротач, В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов / В. Я. Ротач. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: МЭИ, 2004. – 400 с.

7 MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании. Полное руководство пользователя/ В. П. Дьяконов – М.: СОЛОН–Пресс, 2003. - 576 с.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11381 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43