МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ
Кафедра «Кибернетических систем»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав.кафедрой Кибернетических систем
_____ *О.Н.Кузяков*

"____" _____ 2020 г.

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА УСТАНОВКИ ГЛИКОЛЕВОЙ ОСУШКИ ГАЗА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к бакалаврской работе
БР.15.03.04.03-3010/54-а.341.2020.00.ПЗ

НОРМОКОНТРОЛЕР:
доцент, к.т.н.
_____ *Ведерникова Ю.А.*

РУКОВОДИТЕЛЬ:
доцент, к.т.н.
_____ *Ведерникова Ю.А.*

РАЗРАБОТЧИК:
*Студент группы _АТПбз-15-1_*

_____ *Савинов А.А.*

Бакалаврская работа
защищена с оценкой _____
Секретарь ГЭК_____

Тюмень 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой
кибернетических систем
_____ Кузяков О.Н.
«____»_____2020 г.

ЗАДАНИЕ

на бакалаврскую работу

Ф.И.О. обучающегося _*Савинов Александр Александрович*_____
Ф.И.О. руководителя ВКР __*Ведерникова Юлия Александровна*_____
Тема ВКР_____*Информационно-управляющая система*_____
_____*установки гликолевой осушки газа*_____
утверждена приказом по ИГиН от ___*17 февраля 2020 г.*__ № _*03-3010/54-а*_.
Срок предоставления завершенной ВКР на кафедру «_*15*_» _*июня*_ 2020 г.
Исходные данные к ВКР__*Технологический регламент УКПГ*_____

Содержание пояснительной записки

Наименование раздела (главы)	Количество листов иллюстративного материала	% от объема ВКР	Дата выполнения
Технологический процесс осушки газа	2	20%	20.04.2020
Автоматизация технологического процесса гликолевой осушки газа	4	30%	05.05.2020
Программируемый логический контроллер в ИУС гликолевой осушки газа	2	30%	15.05.2020
Расчет оптимальных настроек регулятора уровня	2	20%	10.06.2020

Всего листов в демонстрационной (графической) части ВКР____13_____
Консультанты:

_____

Дата выдачи задания «_*18*_» __*февраля*__ 2020 г. _____
(подпись руководителя)

Задание принял к исполнению «_*18*_» __*февраля*__ 2020 г._____
(подпись обучающегося)

1 Реферат

Бакалаврская работа 69 с, 22 рисунков, 17 таблиц, 28 источников, 5 приложений, 13 листов презентации.

АВТОМАТИЗАЦИЯ, УКПГ, ОСУШКА, ДИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ, ВЛАЖНОСТЬ, ТОЧКА РОСЫ, ДАТЧИК, CONTROLLOGIX 5580, АЛГОРИТМ, ПРОГРАММА, САР, НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА, SCADA, ИНТЕРФЕЙС ОПЕРАТОРА

Объектом исследования является установка гликолевой осушки газа на УКПГ.

Цель работы – проектирование информационно-управляющей системы установки гликолевой осушки газа с учетом специфики технологического объекта и современного уровня развития средств промышленной автоматизации.

Для повышения качества управления установкой гликолевой осушки газа разработана информационно-управляющая система с классической трехуровневой структурой.

На нижнем уровне применены приборы КИПиА преимущественно производства Siemens. Контроллер ControlLogix 5580 был выбран в качестве наилучшего решения для построения ИУС установки.

Для верхнего уровня ИУС разработан выбрана конфигурация АРМ оператора. Программное обеспечение АРМ оператора установки разработано с применением программного пакета RSView32.

Рассчитаны оптимальные настройки для системы автоматического регулирования уровня ДЭГа а абсорбере.

Содержание

Введение.....6

1 Технологический процесс осушки газа.....8

1.1 Общая характеристика установки осушки газа в составе газового промысла.....8

1.2 Описание технологического процесса установки осушки.....9

2 Автоматизация технологического процесса гликолевой осушки газа..12

2.1 Описание функциональной схемы автоматизации.....12

2.2 Архитектура АСУ ТП установки регенерации ДЭГа.....14

2.3 Выбор технических средств нижнего уровня.....15

2.3.1 Требования к техническим средствам КИПиА.....15

2.3.2 Первичные преобразователи.....16

2.3.3 Исполнительные механизмы.....24

3 Программируемый логический контроллер в ИУС гликолевой осушки газа.....
.....26

3.1 Обоснование выбора контроллера.....26

3.2 Выбор проектной конфигурации контроллера.....33

3.3 Разработка программного обеспечения контроллера.....36

3.3.1 Алгоритмы управления.....36

3.3.2 Программная реализация алгоритмов.....37

3.4 Верхний уровень АСУ ТП.....39

3.4.1 Рабочее место установки гликолевой осушки газа.....39

3.4.2 Выбор инструментария для разработки интерфейса оператора.....40

3.5 Выбор протокола обмена информацией.....44

3.6 Схема внешних электрических соединений.....45

4 Расчет оптимальных настроек регулятора уровня.....47

4.1 Идентификация объекта регулирования по переходной характеристике 47

4.2 Определение параметров настройки регулятора.....51

4.3 Выводы по разделу.....55

Заключение.....56

Список использованных источников.....57

Приложение А.....61

Приложение Б.....62

Приложение В.....63

Приложение Г.....67

Приложение Д.....69

Введение

Прирост ежегодной добычи газа в России обусловлен, с одной стороны, расширением экспорта газа в Европу из-за природно-климатических факторов (холодные зимы в Европе), с другой стороны, повышением конкурентоспособности российского газа по сравнению с другими энергоносителями [1].

Основными видами продукции российских газодобывающих предприятий являются природный газ, подаваемый в газотранспортную систему, качество которого регламентируется СТО Газпром 089-2010 [2]. Этот документ устанавливает требования к значениям температур газа (точек росы по углеводородам и водной фазе). Температура на выходе установки комплексной подготовки газа (УКПГ) должна точно поддерживаться на уровне 0…минус 2 °С.

В промысловых условиях обеспечение довольно жестких требований к точке росы газа зависит от многих эксплуатационных показателей – рабочих значений давления и температуры, состава газа на входе установки, концентрации регенерированного абсорбента и т.д. Точность измерения и поддержания на заданном уровне технологических параметров должна быть весьма высокой. К примеру, температура поступающего в абсорбер диэтиленгликоля, с одной стороны, не должна превышать температуру газа больше, чем на 6-8 °С, это может привести к увеличению его потерь, а с другой стороны, не должна быть ниже температуры газа, так как это приводит к вспениванию абсорбента и возникновению явления захлебывания тарелок с увеличением перепада давления в колонне [3].

В области добычи и подготовки газа к транспорту приоритетными задачами на сегодняшний день и на долгосрочную перспективу являются разработка и внедрение АСУ ТП, использующих последние достижения в области вычислительных средств, систем автоматизации и коммуникации [4].

Целью работы является проектирование информационно-управляющей системы установки гликолевой осушки газа с учетом специфики технологического объекта и современного уровня развития средств промышленной автоматизации.

1 Технологический процесс осушки газа

1.1 Общая характеристика установки осушки газа в составе газового промысла

Установка гликолевой осушки газа осуществляет подготовку к транспорту природного газа, добываемого из сеноманской залежи Уренгойской площади Уренгойского газоконденсатного месторождения. Длина залежи составляет 180 км, ширина от 23 до 50 км, площадь газоносности 4750 км^2. Начальное значение пластового давления $P_{пл}$=12,5 Мпа [5].

Установка гликолевой осушки функционирует в составе установки комплексной подготовки газа (УКПГ), которая включает в себя:

- систему внутрипромысловых газосборных коллекторов от кустов скважин;
- здание переключающей арматуры;
- цех очистки газа;
- два коллектора сбора сырого газа после ППА на ДКС I ступени;
- два технологических цеха №1 и 2 очистки и осушки газа с двумя установками вакуумной регенерации ДЭГа в каждом цехе по 6 технологических ниток осушки газа;
- два коллектора осушенного газа, подключенных к ДКС-2 ступени;
- два узла редуцирования газа на собственные нужды;
- аварийная дизельная электростанция;
- 12 секций аппаратов воздушного охлаждения АВО 1-12;
- коллектор сброса газа на факел;
- узел замера газа;
- факел Ду 1000, Н-45м;
- две системы канализации промстоков и хозстоков с насосной станцией и очистными сооружениями;
- склад ГСМ и метанола с насосами;

- блок вспомогательных помещений;
- блок производственно-подсобных помещений [4].

1.2 Описание технологического процесса установки осушки

В целях предупреждения крайне нежелательного осложнения, которое может возникнуть в процессе транспортировки газа – гидратообразования – примененяются установки осушки газа высокой надежности и эффективности. Относительная влажность газа, транспортируемого по внутрипромысловым газосборным коллекторам непосредственно от скважин, составляет 100% (газ насыщен влагой). В следствие этого, при снижении температуры (за счет теплообмена с окружающей средой, прежде всего в зимнее время, и за счет дросселирования, связанного с потерями давления на трение) возможна конденсация жидкости.

Предотвращение этого явления и ликвидации образовавшихся кристаллогидратов (гидратных пробок) возможно путем подачи в коллекторы газосборной сети метанола в качестве ингибитора гидратообразования.

Также имеет место тенденция по мере падения пластового давления увеличения содержания пластовой воды и мехпримесей в газе. Однако требования к газу, к компримируемому агрегатами ГПА-Ц-16, высоки и должны в точности соответствовать СТО Газпром 089-2010 [2].

Сырой газ из общего коллектора Ду 1000 12-ю параллельными потоками с температурой 10-12 ^{o}C и давлением 3,49-3,79 МПа поступает на технологические нитки осушки. Все нитки идентичны. Описание технологического процесса обработки газа приводится для одной из них.

Технологическая цепочка каждой нитки состоит из: сепаратора С-201, многофункционального абсорбера А-201 и блока фильтров Ф-201.

Назначение сепаратора С-201 – отделить газ от пластовой воды и конденсата. Отсепарированная жидкость сбрасывается в разделительную емкость Е-310 через фильтр.

Абсорбер А-201 – аппарат колонного типа высотой 16 м и диаметром 1200 мм, разделенный функционально на три секции: секция сепарации, секция абсорбции и секция улавливания гликоля.

В нижней сепарационной части абсорбера А-201 происходит доулавливание пластовой воды. Уровень жидкости в сепарационной части абсорбера регулируется клапаном регулятором с сигнализацией максимального и минимального уровня на пульте. Газ, содержащий конденсационную влагу, из сепарационной части абсорбера поступает в поглотительную секцию абсорбера, где многократно контактируя с раствором ДЭГа, осушается. Механизм осушки газа представляет собой процесс абсорбции влаги, находящейся в парообразном состоянии, концентрированным раствором диэтиленгликоля. Концентрированный ДЭГ, сливаясь вниз по тарелкам, поглощает влагу из газа, при этом сам насыщается влагой и концентрация его снижается с 99,3% вес. до 97,3 вес. Насыщенный ДЭГ собирается на глухой тарелке абсорбера и автоматически отводится на установку регенерации ДЭГа.

Расход газа через технологическую нитку регулируется клапаном регулятора, установленном на выходе газа из фильтра Ф-201, и контролируется диафрагмой, установленной на выходе осушенного газа из абсорбера

Насыщенный раствор ДЭГа с концентрацией 97,3+-0,2% весов. Собирается на глухой тарелке поглотительной секции абсорбера и через клапан регулятора уровня поступает в выветриватель В-301. Уровень НДЭГа поддерживается клапаном регулятора со световой сигнализацией максимального и минимального уровня. При снижении уровня на глухой тарелке абсорбера ниже минимально допустимого, срабатывает отсечной клапан установленный на линии выхода НДЭГа перед клапаном-регулятором.

Расход регенерированного ДЭГа в абсорбер в зависимости от расхода газа регулируется с помощью насосов Н-201 за счет изменения числа оборотов двигателя.

Количество РДЭГа, подаваемого в абсорбер, замеряется на линии подачи РДЭГа в абсорбер с сигнализацией в операторной по минимальному расходу.

Осушенный газ со всех технологических ниток собирается в общий коллектор Ду 1000 и проходит транзитом через узел замера газа.

В каждом технологическом цехе имеется узел редуцирования газа на собственные нужды. Отбор газа производится с линии осушенного газа Ду-700. Газ с температурой 15-17 ^{o}C поступает на узел редуцирования. Редуцирование газа производится клапанами-регуляторами давления до давления 0,3 МПа. Узел редуцирования состоит из трех струн параллельно подключенными клапанами-регуляторами давления. Газ с узла редуцирования подается на собственные нужды: в котельную и пит/ание пилотной горелки факела.

Очищенный и осушенный в соответствии с СТО Газпром 089-2010 до точки росы по воде минус 20 ^{o}C в холодный период года и минус 10^{o}C - в теплый, газ по индивидуальным для каждого цеха коллекторам Ду 1000 транспортируется на ДКС, расположенную по схеме после УКПГ, где дожимается до давления в магистральном газопроводе и затем направляется в межпромысловый коллектор [5].

2 Автоматизация технологического процесса гликолевой осушки газа

2.1 Описание функциональной схемы автоматизации

Схема автоматизации функциональная установки осушки газа приведена в приложении А. На схеме предусмотрены объемы автоматизации в соответствии с [6] для выполнения следующих функций:

На трубопроводе общего коллектора:

- контроль:
    а) расхода газа;
    б) давления газа;
    в) температуры газа;

В сепараторе С-1:

- управление:
    а) отсечным клапаном при превышении давления на входе;
- регулирование:
    а) уровня в сепараторе;
- контроль:
    а) расхода сырого газа перед сепаратором;
    б) давления сырого газа перед сепаратором;
    в) температуры сырого газа перед сепаратором;
    г) влажности газа перед сепаратором;
    д) давления в сепараторе;
    е) перепада давления на фильтре;
    ж) температуры в сепараторе;
    з) давления газа после сепаратора;
    и) температуры газа после сепаратора;
- сигнализация:
    а) давления в сепараторе;

б) температуры газа после сепаратора;

в) перепада давления на фильтре.

На трубопроводе сброса газа на факел:

- контроль:

а) расхода газа;

б) давления газа;

В абсорбере А-201:

- контроль:

а) уровня воды;

б) уровня ДЭГа;

в) давления в абсорбере;

г) перепада давления;

д) расхода НДЭГа на выходе;

е) концентрации НДЭГа на выходе;

ж) концентрации РДЭГа на входе;

з) влажности газа на выходе;

и) давления газа на выходе;

- регулирование:

а) уровня воды;

б) уровня ДЭГа;

- сигнализация:

а) мин. уровня ДЭГа (датчик поз.-32а, клапан- кл 12);

б) давления;

в) перепада давления;

Кроме этого, предусмотрено автоматическое управление запорной и регулирующей арматурой для всех позиций, обозначенных на схеме автоматизации.

2.2 Архитектура АСУ ТП установки регенерации ДЭГа

ИУС установки гликолевой осушки газа, как компонент, интегрированный в АСУ ТП УКПГ, имеет архитектуру, показанную на рисунке Б.1 приложение Б, основанную на классической трехуровневой модели построения системы [7-9]:

- нижний – полевой уровень;
- средний – уровень базовой автоматизации;
- верхний – уровень управления технологией.

На нижнем уровне находится полевое оборудование: датчики, исполнительные механизмы и их вторичные приборы, щиты станций управления. В задачи оборудования этого уровня входит измерение физических параметров и их преобразование в стандартные типы электрических сигналов, получение управляющих сигналов от оборудования среднего уровня (контроллеры) и непосредственное управление технологическим оборудованием в соответствии с этими сигналами.

Уровень базовой автоматизации создается с применением высокопроизводительных программируемых логических контроллеров с распределенной системой ввода-вывода.

На верхнем уровне осуществляется централизованный контроль и управление технологическим процессом. В состав оборудования верхнего уровня входят рабочие станции операторов-технологов (автоматизированные рабочие места) и серверы.

В общем случае система диспетчерского контроля и управления (SCADA-система), реализуемая на верхнем уровне, выполняет следующие функции:

- сбор данных с измерительных приборов и контроллеров;
- визуализация технологического процесса в режиме реального времени;
- построение и вывод трендов важнейших технологических параметров;
- предоставление возможности дистанционного ручного и автоматизированного управления технологическим процессом;

- автоматическая диагностика состояния и режимов работы оборудования с последующей сигнализацией о внештатных ситуациях и превышении допустимых значений параметров технологического процесса;
- формирование и выдача блокировок в схемы управления оборудованием, системы локальной автоматики при отклонении параметров от допустимых пределов;
- ведение архивов значений параметров, событий, управляющих директив и донесений об их исполнении;
- протоколирование действий операторов с целью анализа показателей процесса и нештатных ситуаций;
- предоставление информации на АРМ в виде мнемосхем, графиков, столбиковых диаграмм, таблиц с разграничением прав доступа пользователей к затребованной информации;
- подготовка и генерирование отчетов о ходе технологического процесса.

Иерархическая организация структуры обусловлена следующими факторами:

- расположением контролируемых и управляемых технологических объектов;
- наличием аппаратных помещений для размещения технических средств;
- обеспечением высокого уровня надежности системы;
- уменьшением затрат на кабельную продукцию и монтажных работ.

2.3 Выбор технических средств нижнего уровня

2.3.1 Требования к техническим средствам КИПиА

Требования к средствам измерения и сигнализации [5]:

- все преобразователи должны обеспечивать преобразование измеряемого параметра в унифицированный выходной сигнал 4-20 мА;
- все реле сигнализации должны поддерживать работы с сигналом 24 В;
- все датчики должны иметь искробезопасное исполнение;

- преобразователь давления должен обеспечивать измерение давления в диапазоне 0,5-8,5 МПа;
- средство измерения температуры должно обеспечивать измерение температуры в диапазоне от -10 до +70 ^{o}C;
- средство измерения расходов ДЭГа, воды и газового конденсата должно обеспечивать измерение расхода до 30 м^{3}/час;
- средство измерения расхода газа должно обеспечивать измерение расхода до 500000 30 м^{3}/час;
- средство измерения уровня должно обеспечивать измерение уровня в диапазоне от 200 до 1000 мм;
- средство измерения перепада давления должно обеспечивать измерение перепада от 0,01 до 0,3 МПа;
- средство измерения точки росы должно обеспечивать измерение температуры точки росы в диапазоне от -30 до 0 ^{o}C;
- сигнализатор уровня должен срабатывать в диапазоне от 300 до 400 мм.

Требования к исполнительным механизмам:

- блоки управления приводами исполнительных механизмов, устанавливаемых на трубопроводную арматуру, должны обеспечивать преобразование положение рабочего органа в унифицированный выходной сигнал, а так же иметь микропереключатели крайних и промежуточных положений рабочего органа для дискретного сигнала 24 В;
- дистанционное переключение режима дистанционный/местный;
- дистанционная передача сигнала состояния дистанционный/местный;
- индикация положения рабочего органа.

2.3.2 Первичные преобразователи

Для измерения давления применен преобразователь SITRANS P 7MF4032-EX, внешний вид которого показан на рисунке 2.1, а технические характеристики – в таблице 2.1 [10].



Рисунок 2.1 – Внешний вид преобразователя давления SITRANS P 7MF4032

Таблица 2.1 – Технические и метрологические характеристики преобразователя давления SITRANS P 7MF4032

Показатель	Значение	Ед. изм.
Диапазон измерений	0..40	МПа
Предел допускаемой приведенной погрешности	±0,075	%
Напряжение питания	13,5..28	В
Выходной сигнал	4..20/HART	мА
Искрозащищенность	есть	-
Индикация показаний	ЖК-дисплей	
Измеряемая среда	газ, пар, вода	-
Наработка на отказ	150 000	ч

Принцип действия датчика основан на воздействии измеряемого давления на мембраны измерительного блока, что вызывает деформацию упругого чувствительного элемента и изменение сопротивления пьезосопротивления.

Для измерения перепада давления, а также замера расхода газа (по принципу измерения перепада давления через сужающее устройство) применяется преобразователь SITRANS P 7MF4333, внешний вид которого показан на рисунке 2.2, а технические характеристики – в таблице 2.2 [10].



Рисунок 2.2 – Датчик перепада давления SITRANS P 7MF4333

Таблица 2.2 – Характеристика датчик перепада давления SITRANS P 7MF4333

Показатель	Значение	Ед. изм.
Диапазон измерений	-0,3..0,3	МПа
Предел допускаемой приведенной погрешности	0,075	%
Напряжение питания	24В	В
Выходной сигнал	4..20/HART	мА
Искрозащищенность	есть	-
Наработка на отказ	220000	ч

Принцип действия аналогичен описанному выше преобразователю давления.

Для измерения температуры применен преобразователь температуры SITRANS T-Ex (рисунок 2.3) с никелевым измерительным резистором, преобразователем SITRANS TH400-Ex и полевым индикатором SITRANS TF-Ex (рисунок 2.4). Технические и метрологические характеристики датчика приведены в таблице 2.3 [11].

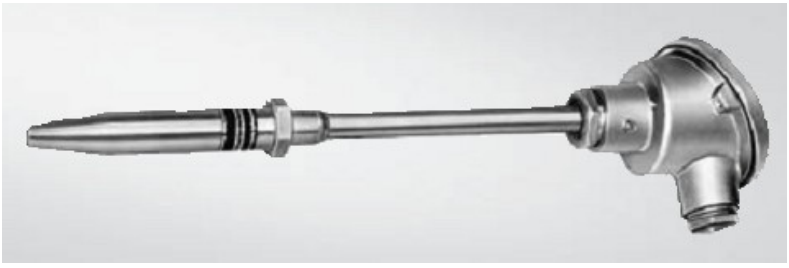


Рисунок 2.3 – Термометр сопротивления SITRANS TH400-Ex



Рисунок 2.4 – Полевой индикатор SITRANS TF

Таблица 2.3 – Технические и метрологические характеристики термометра сопротивления SITRANS TH400

Показатель	Значение	Ед. изм.
Диапазон измерений	-60..+250	°C
Предел допускаемой приведенной погрешности	< 0,1	%
Напряжение питания	13,1-30	В
Выходной сигнал	4..20/HART	мА
Искрозащищенность	есть	-
Индикация показаний	ЖК-дисплей SITRANS TF	-
Измеряемая среда	газ, пар, вода	-
Наработка на отказ	90 000	ч

Прибор SITRANS TH400 имеет принцип действия, основывающийся на изменении значения омического сопротивления в следствии изменения температуры. Измененное значение сопротивления преобразуется в унифицированный выходной сигнал измерительным преобразователем.

В качестве средства измерения уровня применен уровнемер SITRANS LC 300, внешний вид которого показан на рисунке 2.5, а технические характеристики – в таблице 2.4 [12].



Рисунок 2.5 – Уровнемер SITRANS LC 300

Таблица 2.4 – Технические и метрологические характеристики уровнемера SITRANS LC 300

Показатель	Значение	Ед. изм.
Диапазон измерений	15..5000	мм
Предел допускаемой приведенной погрешности	0,0025	%
Напряжение питания	14..30	В
Выходной сигнал	4..20/HART	мА
Искрозащищенность	есть	-
Индикация показаний	ЖК-дисплей	-
Наработка на отказ	100000	ч

При емкостных изменениях создается переменный конденсатор, получаемый из установки вертикального измерительного электрода в резервуар. Стенка резервуара обычно представляет собой электрод сравнения конденсатора. Диэлектрик соответствует тому материалу, который находится между этими двумя электродами. Он состоит из содержания резервуара (воздух, пар, жидкость, сыпучее вещество или их комбинация) и, при изоляции измерительного электрода, из изоляционного слоя. Диэлектрик дает фактическое значение емкости, пропорциональное уровню.

Для сигнализации уровня используется сигнализатор Pointek CLS, внешний вид которого показан на рисунке 2.6, а технические характеристики – в таблице 2.5 [13].



Рисунок 2.6 – Сигнализатор уровня Pointek CLS 300

Таблица 2.5 – Технические характеристики сигнализатора уровня Pointek CLS 300

Показатель	Значение	Ед. изм.
Задержка времени (Вкл и/или Выкл)	0..60	с
Напряжение питания	24В	В
Выходной сигнал	4..20/HART	мА
Искрозащищенность	есть	-
Наработка на отказ	17 2000	ч

Принцип работы основан на том, что звуковые волны отражаются от препятствия, которыми являются объекты измерения. Излучатель ультразвукового уровнемера, посылает ультразвуковые волны, часть которых отражается от объекта измерения и возвращается назад в приемник. В датчике принятый отраженный сигнал преобразуется встроенной электроникой в напряжение. Контроллер измеряет время, за которое сигнал проходит путь от излучателя, отражается от объекта и возвращается в приемник.

Для измерения расхода ДЭГа и газового конденсата используется преобразователь расхода SITRANS MASS MC2 с преобразователем сигнала MASS 6000, внешний вид которого показан на рисунке 2.7, а технические характеристики – в таблице 2.6 [13].



Рисунок 2.7 – Датчик расхода MASS MC2 с преобразователем MASS 6000

Таблица 2.6 – Технические и метрологические характеристики датчика расхода MASS MC2.

Показатель	Значение	Ед. изм.
Диапазон измерений	0,001..65	кг/ч
Предел допускаемой приведенной погрешности	0,15	%
Напряжение питания	24	В
Выходной сигнал	4..20	мА
Искрозащищенность	есть	-
Наработка на отказ	170000	ч

При движении измеряемой среды через сенсор проявляется физическое явление, известное как эффект Кориолиса. Поступательное движение среды во вращательном движении сенсорной трубки приводит к возникновению кориолисового ускорения, которое, в свою очередь, приводит к появлению кориоливовой силы. Эта сила направлена против движения трубки, приданного ей задающей катушкой, т.е. когда трубка движется вверх во время половины ее собственного цикла, то для жидкости, поступающей внутрь, сила Кориолиса направлена вниз. Как только жидкость проходит изгиб трубки, направление силы меняется на противоположное. Сила Кориолиса и, следовательно, величина изгиба сенсорной трубки прямо пропорциональны массовому расходу жидкости.

Для измерения температуры точки росы применен прибор, выпускаемый НПО «Вымпел», анализатор КОНГ-Прима-10, внешний вид которого показан на рисунке 2.8, а технические характеристики – в таблице 2.7 [15].



Рисунок 2.8 – Анализатор точки росы КОНГ-Прима-10

Таблица 2.7 – Технические и метрологические характеристики анализатора точки росы КОНГ-Прима-10

Показатель	Значение	Ед. изм.
Диапазон измерений	200..5000	мм
Предел допускаемой приведенной погрешности	0,25	%
Напряжение питания	24В	В
Выходные аналоговые сигналы	2 х 4..20	мА
Выходные дискретные сигналы	7 х 24	В
Искрозащищенность	есть	-
Наработка на отказ	270 000	ч

Источником излучения является лазерный светодиод, поляризованный свет от которого через систему оптических линз под специально заданным углом попадает на кремниевую пластину (зеркало или ЧЭ).

Зеркало охлаждается трехкаскадной термоэлектронной батареей. Отраженный от зеркала свет регистрируется по трем каналам: основному, работающему по отражению света и двум дополнительным и, работающим по рассеянию света.

По различной реакции каждого информационного канала на образование на зеркале при его охлаждении конденсата, происходит дифференцирование компонентного состава конденсата (вода, лед, гидраты, углеводороды и др.)

Принцип регистрации образования на зеркале пленки конденсата основан на использовании эффекта Брюстера. При падении поляризованного света на плоскую поверхность под определенным углом («углом Брюстера»), на границе раздела сред «газ — кремниевая пластина» весь свет становится преломленным и поглощается пластиной аморфного кремния. При изменении свойств, границы раздела сред (при появлении новой границы раздела: «газ — пленка конденсата») часть света отражается. Изменения интенсивности отраженного луча фиксируется фотоприемником, сигнал которого является основным интерференционным каналом.

2.3.3 Исполнительные механизмы

В качестве исполнительного механизма для регулирования технологических параметров был выбран клапан с электроприводом РэмТЭК с блоком управления ЭРА-10.

Взрывозащищенные многооборотные регулирующие электроприводы РэмТЭК устанавливаются на предприятиях нефтеперерабатывающей, химической, горнодобывающей и газодобывающей промышленности.

Конструкция многооборотных приводов РэмТЭК (рисунок 2.9) исключает возможность быть источником воспламенения.

Технические характеристики электропривода приведены в таблице 2.8 [16].

Таблица 2.8 – Технические характеристики РэмТЭК

Показатель	Значения
Крутящий момент, Нм	40-15000
Максимальное количество пусков в час	1300
Выходная скорость, об/мин	0,6 - 450
Отключение	По пути и по моменту
Ручное управление	Ручной дублер



Рисунок 2.9 – Взрывозащищенный электропривод РэмТЭК

Полный список приборов приведен в приложении В.

3 Программируемый логический контроллер в ИУС гликолевой осушки газа

3.1 Обоснование выбора контроллера

Программируемый логический контроллер является важным звеном в автоматизированных системах управления технологическими процессами. ПЛК отвечает практически за всю логику автоматики технологического процесса в режиме реального времени.

Для выбора ПЛК руководствуются в основном следующими критериями:

- быстродействие ПЛК, которое означает минимальное время выполнения цикла, которое напрямую зависит мощности процессорного модуля. Быстродействие ПЛК можно оценить только после написания всех программ обработки данных, алгоритмов управления и обмена информацией с другими устройствами системы;
- наличие встроенных интерфейсов и возможность дополнения интерфейсам с помощью коммуникационных модулей для соединения с другими элементами системы;
- модульность – структура, позволяющая гибко конфигурировать ПЛК под различные задачи, а также наличие горячей замены элементов, что позволяет сократить время простоя и упрощает обслуживание контроллера;
- максимальное количество точек ввода/вывода одного ПЛК для систем различных размеров. Производители указывают максимальное количество обрабатываемых одним контроллером сигналов, с учетом максимального количества подключаемых модулей ввода/вывода;
- доступность и функциональность программного обеспечения для разработки прикладных программ ПЛК;
- программная поддержка протоколов коммуникации с другими ПЛК, интерфейсными приборами и другими уровнями системы автоматизации:
- разнообразие поддерживаемых средой разработки ПЛК языков программирования. Чем больше языков программирования поддерживает

ПО, тем удобнее программистам сделать выбор языка, на котором будет написана программа, а также возможность комбинирования нескольких языков в разных подпрограммах. Большинство производителей средств программирования выбирают за основу языки в соответствии с международным стандартом IEC 61131-3:

а) ST – текстовый структурированный язык (Structured Text). Он удобен при написании программ, в которых преобладают математические расчеты;

б) IL – текстовый, подобный ассемблеру язык (Instruction List), который обладает низкой наглядностью, что не редко приводит к затруднениям при отладке;

в) FBD – графический язык функциональных блоков (Function Block Diagram). Язык функциональных блоков удобен и нагляден при написании небольших программ;

г) LD –графический язык лестничкой логики, или еще его называют релейно-контактных схем (Ladder Diagram). Обладает самой высокой наглядностью и удобен при написании программ логического управления.

д) SFC – высокоуровневый графический язык (Sequential Function Chart) предназначенный для написания сложных программ у которых отдельные части пишутся на языках более низкого уровня.

Три модели контроллеров выбраны для сравнения аппаратных и программных характеристик и дальнейшего выбора. Представленные модели по своим функциональным возможностям и характеристикам удовлетворяют масштабам автоматизации установки гликолевой осушки газа:

- Allen-Bradley ControlLogix 5580 [17].
- Fastwel CPM-723 [18];
- Siemens SIMATIC S7-1200 [19];

ControlLogix 5580 — это современные полноразмерные контроллеры старшей линейки от компании Allen-Bradley с модульной структурой

компановки. Контроллеры ControlLogix 5580 обеспечивают повышенную производительность, емкость и безопасность, позволяя удовлетворить растущие год от года требования к программируемым логическим устройствам. Все контроллеры семейства ControlLogix 5580 используют среду проектирования Studio 5000 в качестве стандартной платформы, которая оптимизирует производительность и сокращает время на ввод в эксплуатацию. Эта структура управляет интегрированным движением по EtherNet/ P для высокоскоростных движений и решений безопасности SIL2/PLd и SIL3/PLe. ПЛК ControlLogix 5580 идеально подходят для приложений, требующих высокопроизводительной связи, ввода-вывода и управления движением до 256 осей. На рисунке 3.1 изображен ПЛК Allen-Bradley ControlLogix 5580.



Рисунок 3.1 –Allen-Bradley ControlLogix 5580

Компактный источник питания 1756 для серий B и C и шасси 1756 XT обеспечивают уменьшение ширины на 29% при ограниченном пространстве. Предлагаемые к контроллерам шасси имеют до 17 слотов для модулей расширения. Контроллер способен выполнять до 32 задач, в каждой из которых до 1000 программ.

Fastwel CPM-723 это программируемый логический контроллер от производителя ООО «ФАСТВЕЛ ГРУПП» с высокой производительностью, возможностью резервирования процессора и интерфейсов.



Рисунок 3.2 – Контроллер Fastwel I/O CPM-723

Целевым предназначением контроллеров Fastwel являются системы сбора данных и управления непрерывными технологическими процессами в отраслях нефтяной и газовой промышленности, а также атомной энергетики.

Модель CPM-723 обладает более высокой производительностью при меньшем потреблении по сравнению с аналогами от других производителей. Для программирования контроллеров от компании Fastwel используется адаптированная среда разработки CODESYS V3 от компании 3S Smart Software Solutions. Для написания программ используются языки программирования стандарта IEC 61131-3: Structured Text, Ladder Diagram, Instruction List, Sequential Function Chart, Functional Block Diagram.

Контроллеры Fastwel достаточно распространены в использовании системными интеграторами при построении автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Контроллеры Siemens S7-1200 созданы для решения задач автоматизации с расширенным набором коммуникационных возможностей и резервированием. Высококлассное оборудование Siemens имеет возможности простого и быстрого монтажа, доступного и удобного обслуживания, а также широкий набор средств программирования. ПЛК S7-1200 отлично подходят для систем автоматизации среднего уровня сложности как часть распределенной системы,

так и как автономное решение. На рисунке 3.3 изображен контроллер серии S7-1200 от немецкой компании Siemens.



Рисунок 3.3 – Контроллер Siemens серии S7-1200

Серия контроллеров Siemens SIMATIC S7-1200 имеют следующие конструктивные особенности:

- Полное соответствие стандартам и нормам, таким как ISO 9001, UL, CSA, VDE и др.;
- компактный и высококачественный корпус из крепкого пластика;
- съемные соединительные терминальный блоки у каждого модуля ЦП и любых сигнальных модулей ввода/вывода;
- удобный доступ к основным механизмам управления и соединениям элементов.

В базе контроллеры SIMATIC S7-1200 уже имеют встроенный интерфейс PROFINET с поддержкой протоколов обмена данными TCP/IP, а также есть возможность добавления коммуникационных модулей для расширения возможностей с помощью других интерфейсов. Интерфейс PROFINET используется для передачи данных с ЧМИ и другими контроллерами семейства SIMATIC не только серии S7-1200, а также для связи с программаторами.

В таблице 3.1 были собраны основные технические характеристики, необходимые для проведения сравнительного анализа выбранных программируемых логических контроллеров.

Таблица 3.1 – Характеристики рассматриваемых контроллеров для анализа

Контроллер	Allen-Bradley ControlLogix 5580 1756-L83	Fastwel CPM-723	Siemens S7-1200
Память	10 МБ памяти пользователя 2ГБ SD-карта	512 МБ флеш памяти 128 КБ энергонезависимой памяти 10 МБ памяти данных	До 2 МБ встроенной и до 24МБ карта памяти, энергонезависимая память 2КБ
Встроенные интерфейсы	1x USB Type B, 1x Ethernet 1 Гбит/сек	2x Ethernet, сервисный USB-B	Ethernet
Поддерживаемые протоколы обмена данными	Modbus RTU, Modbus TCP, DF1	MODBUS TCP/RTU, FTP, HTTP, DHCP, NTP (клиент и сервер), IEEE 1588v2	ASCII, Modbus RTU, USS, TCP/IP, ISO на TCP и S7 функции связи (S7 сервер или S7 клиент)
Максимальное количество модулей	До 17 модулей 1756 на одном шасси	Н/Д	До 8 сигнальных модулей SM
Среда разработки	Studio 5000	CODESYS V3	TIA Portal
Языки программирования	LD, ST, FBD, SFC	ST, IL, LD, FBD, SFC	LD, FBD
Степень защиты	IP20	IP20	IP20

Диапазон рабочих температур	0…60 град. Цельсия	-40…+85 град. Цельсия	0…60 град. Цельсия

Из представленных моделей ПЛК выбор сделан в пользу ControlLogix 5580 1756-L83 для построения ИУС установки гликолевой осушки газа. Контроллер ControlLogix 5580 1756-L83 от американской компании Allen-Bradley оказался наиболее сбалансированным по аппаратным и программным возможностям и полностью соответствует заданным критериям.

3.2 Выбор проектной конфигурации контроллера

От количества сигналов всех типов в системе зависит конечная конфигурация контроллера. Добавление соответствующих модулей ввода/вывода в конфигурацию происходит исходя из подсчитанного количества сигналов, которое указано в таблице КИПиА:

- 37 аналоговых входов;
- 28 дискретных входов;
- 40 дискретных выходов.

Обрабатывать всю логику технологического процесса будет контроллер Allen-Bradley ControlLogix 5580 1756-L83. В выбранном ПЛК отсутствуют встроенные каналы локального ввода/вывода, поэтому понадобится следующее количество сигнальных модулей расширения [20]:

- Для 37 аналоговых входных сигналов понадобится два шестнадцати канальных модуля 1756-IF16 и один шестиканальный модуль 1756-IF6I;
- для 40 дискретных выходных сигналов необходим один модуль 1756-OV32E на 32 канала и один шестнадцати канальный модуль 1756- OV16E;
- для 28 входных дискретных сигналов достаточно два шестнадцати канальных модуля 1756-IB16.

Всего для контроллера ControlLogix 5580 1756-L83 в сумме требуется семь сигнальных модулей расширения, что не превышает семнадцати возможно подключаемых модулей в слоты шасси, как заявлено в характеристиках ПЛК.

На рисунке 3.4 изображены модули аналоговых выходных сигналов 1756-IF16 и 1756-IF6I.



Рисунок 3.4 – Слева модуль 1756-IF16, справа модуль 1756-IF6I

Технические характеристики модулей 1756-IF16 и 1756-IF6I указаны в таблице 3.2.

Таблица 3.2 –Характеристики аналоговых модулей ввода 1756-IF16 и 1756-IF6I

Модуль	1756-IF6I	1756-IF16
Количество каналов	6 отдельно изолированных	16 группами по 8
Тип модуля	Входных аналоговых сигналов	Входных аналоговых сигналов
Тип сигнала	4-20/0-20 мА 0…5/0…10/1…5/+-10 В	4-20/0-20 мА 0…5/0…10/1…5/+-10 В
Потребляемая мощность из шины	3.7 Вт	2.33 Вт
Разрядность АЦП	16 бит	16 бит
Наличие индикации	Светодиод на каждый канал	Светодиод на каждый канал
Температура эксплуатации	0…60 С	0…60 С

Модули 1756-IF16 и 1756-IF6I имеют поддержку необходимого унифицированного типа входного сигнала 4-20 мА.

Модули выходных дискретных сигналов 1756-OV32E, которые задействованы для выдачи 28 дискретных выходных сигналов изображены на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Модуль 1756-OV32E

Данные о технических характеристиках модуля 1756-OV32E находятся в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Характеристики модуля 1756-OV32E

Характеристика	Значение
Количество каналов	32 в изолированных группах по 16
Тип сигнала	12/24В пост. тока
Задержка становления -в единицу -в ноль	 от 75 до 300 мкс от 230 мкс до 1 мс
Потребление из шины	2.04 Вт
Наличие индикации	Светодиод на каждый выходной канал
Температура эксплуатации	0…60 С

За подключение 40 дискретных входных сигналов отвечают три модуля 1756-IB16. На рисунке 3.6 изображен модуль 1756-IB16



Рисунок 3.6 – Модуль 1756-IB16

Для контроллеров Allen-Bradley ControlLogix 5580 есть четыре вида блоков питания, отличающихся по типу и номиналу входного напряжения:

- входное напряжение переменного тока от 85 до 265 В;
- входное напряжение постоянного тока от 18 до 32 В;
- входное напряжение постоянного тока от 30 до 60 В;
- входное напряжение постоянного тока от 90 до 143 В.

Чаще всего используют блоки питания с входным напряжением переменного тока или постоянного тока с диапазоном от 18 до 32 В. Для разрабатываемой системы достаточно блока питания младшей модели 1756-PA50 или 1756-PB50 с входным напряжением переменного тока и постоянного тока соответственно, каждый из них рассчитан на потребление 70 Вт нагрузкой.

3.3 Разработка программного обеспечения контроллера

3.3.1 Алгоритмы управления

В приложении Г приведены блок-схемы алгоритмов для разработки программного обеспечения контроллера.

На рисунке Г.1 приведена блок-схема алгоритма подпрограммы обработки технологических параметров абсорбера А-1. Алгоритм предусматривает последовательную проверку показаний датчиков уровня метанольной воды и ДЭГа с последующими сравнениями с соответствующими уставками. В случае отклонения значений уровней от уставок производится переход на подпрограммы регулирования

Затем по алгоритму предусмотрено считывание значений давления и перепада давления. После этого осуществляется считывание показания сигнализатора давления. Если сигнализатор сработал, то выставляется бит аварии превышения давления а абсорбере.

На рисунке Г.2 приведена блок-схема алгоритма подпрограммы обработки технологических параметров Сепаратора С-1. Алгоритм предусматривает последовательную проверку показаний датчиков уровня и давления с последующими сравнениями с соответствующими уставками. В случае отклонения значений уровня или давления от уставок производится переход на подпрограммы регулирования этих параметров.

Затем по алгоритму предусмотрено считывание значений давления и перепада давления. После этого осуществляется считывание показания сигнализатора давления. Если сигнализатор сработал, то выставляется бит аварии превышения давления а абсорбере. Затем осуществляется считывание показания сигнализатора уровня. Если сигнализатор сработал, то выставляется бит аварии превышения уровня а абсорбере.

3.3.2 Программная реализация алгоритмов

Для программирования контроллеров компании Allen-Bradley используется программный пакет Studio 5000 [21], который включается средство конфигурации и программирования контроллеров Logix Designer. Studio 5000 Logix Designer это обновленный продукт пришедший на замену RSLogix 5000. На рисунке 3.7 представлен логотип Studio 5000 Logix Designer.



Рисунок 3.7 – Логотип Studio 5000 Logix Designer при запуске

При написании прикладных программ ПЛК ControlLogix 5580 применяются четыре языка программирования стандарта IEC 61131-3:

- Ladder Diagram;
- Function Block Diagram;
- Sequential Function Chart;
- Structured Text.

Среда разработки Studio 5000 сочетает функции разработки и дизайнера в едином пакете. Studio 5000 это единый пакет разработки и конфигурирования с интуитивным интерфейсом который:

- сокращает время разработки конечного проекта благодаря совместной разработке - написание кода одновременно несколькими программистами и последующее сравнение, а также слияние кода;
- прост в настройке - графические мастера автоматически создают теги благодаря встроенным функциям и библиотекам;
- сокращает программирование - функциональность сигналов тревоги на основе тегов Logix позволяет пользователям добавлять сигналы тревоги непосредственно к любому тегу или структуре простым щелчком кнопки мыши без дополнительного программирования;
- включает улучшенную поддержку кинематики - расширенная библиотека инструкций по безопасности для сетевых инструкций по безопасности и движению;

- является единой средой проектирования - единое программное обеспечение для всех дисциплин - безопасность, движение, приводы, процесс и дискретность;
- поддерживает совместную разработку - упрощенное современное программирование с несколькими редакторами и модульными функциями программирования для повышения производительности;
- поддерживает работоспособность - просмотр системы и легкий поиск того, что нужно, с помощью представлений Logical Organizer и Controller Organizer;
- сокращает время выхода на рынок - создание кода одновременно с другими пользователями, а затем возможно сравнение и объединение изменений;
- помогает защитить код - контролируйте дизайн и исполнение содержимого Logix с помощью возможностей защиты на основе лицензий, чтобы гарантировать, что только авторизованные пользователи могут просматривать, изменять или выполнять;
- является единой средой проектирования - единое программное обеспечение для всех дисциплин - безопасность, движение, приводы, процесс и дискретность.

3.4 Верхний уровень АСУ ТП

3.4.1 Рабочее место установки гликолевой осушки газа

Диспетчерский пульт, находящийся в операторной установки регенерации УКПГ, оборудован рабочей станцией Dell Precision T5810 (таблица 3.4) с принтером для распечатки отчетных документов.

Таблица 3.4 – Характеристики рабочей станции оператора

Показатель	Значение
Производитель	Dell
Модель	Precision T5810
Цвет	Чёрный
Тип компьютера	Рабочая станция
Процессоров установлено	1
Тип процессора	Intel Xeon E5

Продолжение таблицы 3.8

Показатель	Значение
Индекс процессора	1620v3
Частота процессора (МГц)	3500МГц
Установлено модулей памяти	4
Тип памяти	DIMM DDR4
Спецификация памяти	REG
Объём одного модуля памяти (ГБ)	4ГБ
Установлено памяти всего (ГБ)	16ГБ
Установлено дисков	2
Объём диска	500GB + 256GB
Сеть	Fast Ethernet/Gigabit Ethernet
Форм-фактор компьютера	Miditower
Мощность БП (Вт)	425Вт
Установленная ОС	Windows XP+Windows 7 Professional 64 + Windows 10 Pro 64
Портов USB2.0 Type A	6
Портов USB3.0 Type A	4
Портов COM	1
Портов RJ45	1

На диспетчерском пункте необходимо присутствие оператора для непрерывного наблюдения за технологическим процессом и вмешательства в случае аварийных ситуаций.

3.4.2 Выбор инструментария для разработки интерфейса оператора

При разработке современных АСУ ТП большое внимание уделяется выбору SCADA - программы. Дело в том, что во многом от характеристик этой программы будет зависеть оперативность, адекватность и точность решений, которые принимает оператор. Они имеют прямое значение на ход технологического процесса, а как следствие на безопасность производства и качество выпускаемой продукции.

Современный рынок программных средств предлагает широкий выбор программных пакетов для разработки интерфейса оператора. Выбор конкретного программного средства следует выполнять по совокупности характеристик [22-23].

Для разработки операторского интерфейса данной системы автоматизации использован пакет RSView32 принадлежащий фирме Rockwell

Software (США), являющейся подразделением компании Rockwell Automation, лидера в производстве систем промышленной автоматики и электроники.

Данный пакет соответствует всем требованиям для разработки интерфейса [24]:

- возможность создавать экранные дисплеи в любом графическом разрешении, независимо от того в каком разрешении они будут представлены на реальном объекте;
- способность вставлять в проект объекты в графических форматах DXF, BMP и WMF, кроме того, активно используется механизм OLE для работы со связанными объектами;
- тревоги для цифровых и аналоговых тэгов, которые можно поделить на восемь градаций по уровням и восемь категорий опасности;
- развитый и гибкий механизм обработки трендов;
- возможность разделения баз данных.

Оператор видит отображение технологического процесса при помощи мнемосхем, показываемых на экране. Данный пакет предоставляет собой программный пакет операторского интерфейса для представления оператору данных о состоянии технологического процесса в виде мнемосхем, численных значений, временных графиков, аварийных сигнализаций и т.п.

Количественная и качественная информация о процессе и состоянии оборудования отображается на мнемосхемах в виде численных значений параметров, изменения цвета при изменении состояния, текстовых сообщений.

При запуске проекта отображается экран на вход в проект. При нажатии кнопки «вход» запрашивается имя пользователя и пароль, определяющие уровень доступа.

Перечень экранов разработанного интерфейса оператора:

- общий экран (рисунок 3.8),
- экран абсорбера (рисунок 3.9),
- экран сепаратора (рисунок 3.10),

- тренд реального времени (рисунок 3.11).

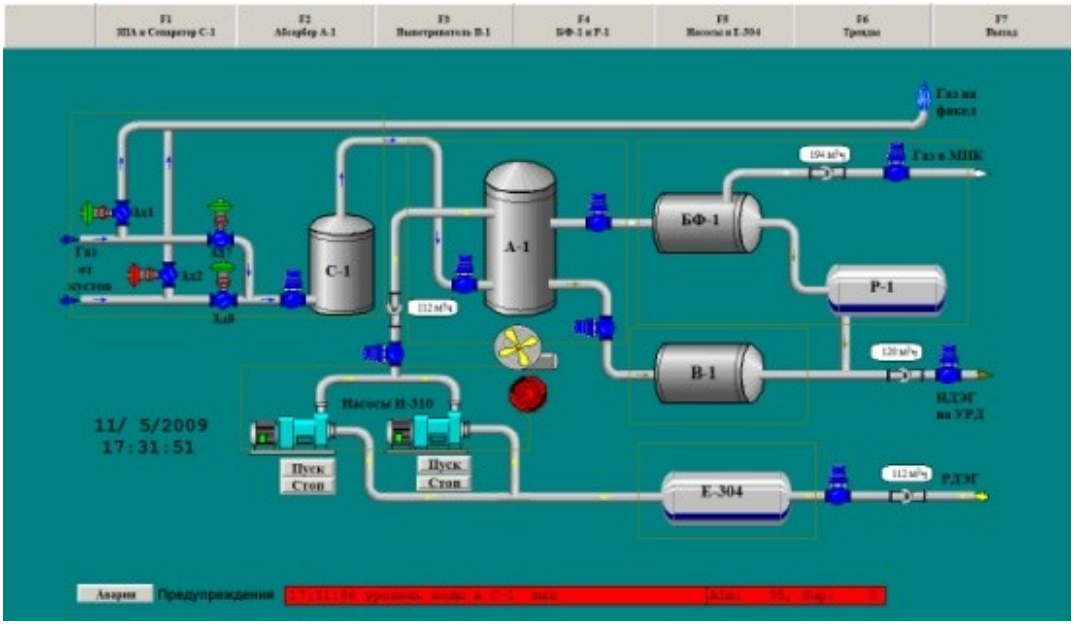


Рисунок 3.8 – Общий экран

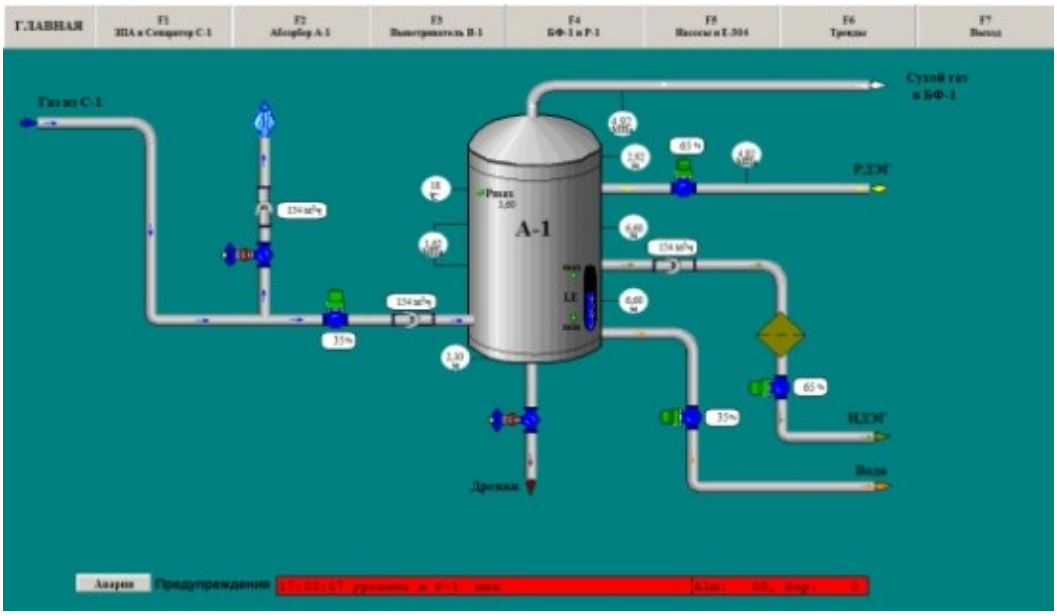


Рисунок 3.9 – Экран абсорбера

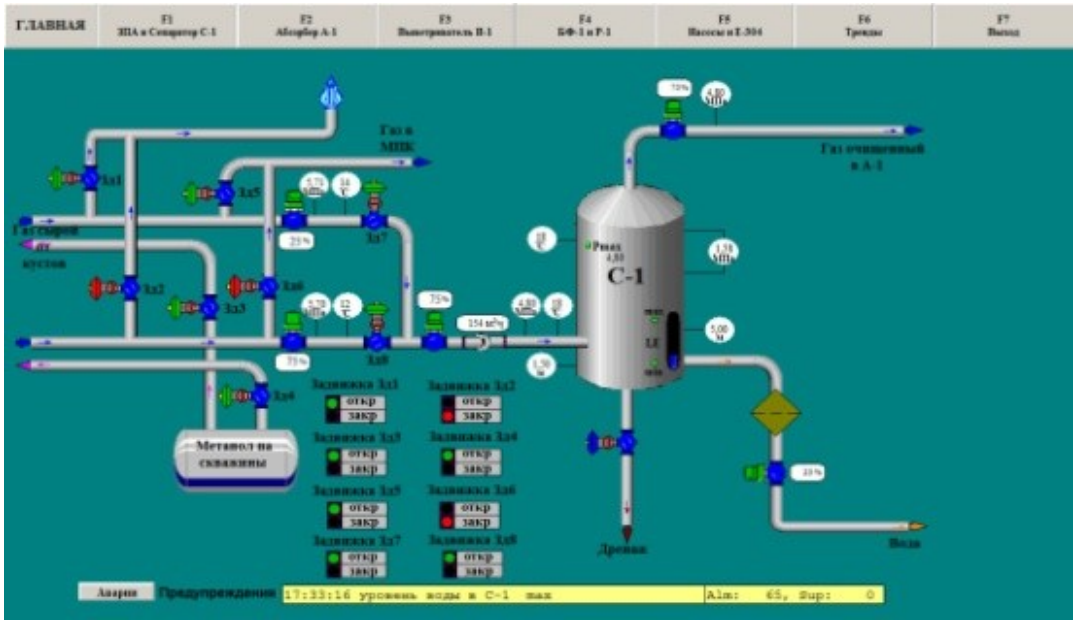


Рисунок 3.10 – Экран сепаратора



Рисунок 3.11 – Экран тренда реального времени

3.5 Выбор протокола обмена информацией

В промышленных условиях протокол передачи данных должен обеспечивать следующие функции

-объединение систем управления предприятием;

-конфигурирование, сбор данных и управление в единой сети;

-обеспечение соединений между процессорами ControlLogix 5580 1756-L83 и MMI.

Процессор ControlLogix 5580 1756-L83 поддерживает передачу данных по протоколу Ethernet.

Ethernet TCP/IP – это стандарт передачи данных для высокоскоростного обмена информацией между компьютерами и связанными устройствами. Имея широкую полосу пропускания (от 10 Мб/с до 100 Мб/с). Сеть Ethernet обеспечивает системам в масштабах предприятия доступ к данным производственного уровня. При помощи сети Ethernet можно обеспечить связи между весьма разнообразным оборудованием, удаленных на расстоянии до 250м

EtherNet/IP использует:

-стандарт IEEE 802.3 для физического носителя и уровня данных;

-блок протоколов стандарта Ethernet TCP/IP (протокол контроля передачи / протокол Internet), — промышленный стандарт Ethernet;

-информационно-управляющий протокол (CIP) — протокол, который обеспечивает обмен сообщениями ввода/вывода в реальном времени и прямой обмен информационными сообщениями [25].

Как видно из приведенных характеристик, EtherNet/IP обеспечивает большую скорость передачи данных при больших расстояниях между точками сети, что позволяет проектировать более гибкие ЛВС.

3.6 Схема внешних электрических соединений

Для подключения датчиков и исполнительных механизмов к контроллеру используется кабель МКЭШ. Характеристика кабеля приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Характеристика кабеля МКЭШ

Число жил	2, 3, 5, 7, 10, 14
Номинальное переменное напряжение частотой до 400 Гц	до 500 В
Номинальное постоянное напряжение	до 750 В
Температура окружающей среды при эксплуатации	от -50°С до +70°С
Минимальная температура прокладки без предварительного подогрева	-15°С
Минимальный радиус изгиба при монтаже	5 диаметров кабеля
Срок службы	15 лет

Для подключения ПЛК к АРМ оператора по протоколу EtherNet/IP применяется экранированная витая пара Hyperline SSTP4-C7, характеристика кабеля приведена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Характеристика кабеля Hyperline SSTP4-C7

Максимальное сопротивление проводника при температуре 20°С	145 Ом/км
Дисбаланс сопротивления	2% максимум
Сопротивление на частоте 1-600 МГц	100±15 Ом
Диэлектрическая прочность	700 В/1мин
Сопротивление изоляции при температуре 20°С	5 ГОм · км минимум
Максимальное отклонение задержки распространения на частоте 1-600 МГц	30 нс/100м

Датчики, преобразователи уровня, давления и температуры подключаются к аналоговому входу контроллера через блоки питания и искрозащиты БПДМ-Ех-ВИП. Унифицированный аналоговый сигнал 4-20 mA с первичных преобразователей через БПДМ-Ех-ВИП поступает на вход аналогового входного модуля. С дискретных выходов контроллера сигнал приходит на блок управления ЭРА-10 электропривода регулирующей арматуры

(клапана) РэмТЭК. Текущее положение рабочего органа клапана преобразуется в унифицированный выходной сигнал 4-20 мА, являющийся сигналом обратной связи. Крайние положения рабочего органа контролируются концевыми микропереключателями, подключенных к дискретному входному модулю 1756-IB16.

Схема электрических соединений составлена для объекта регулирования и представлена в приложении Д.

4 Расчет оптимальных настроек регулятора уровня

4.1 Идентификация объекта регулирования по переходной характеристике

Автоматическое поддержание уровня ДЭГа в абсорбере на заданном уровне – важнейшая функция проектируемой системы автоматизации. Традиционно для этих целей применяются регуляторы с PID (Proportional-Integral-Derivative) алгоритмом. Согласно статистическим данным [26] PID-регуляторы обеспечивают в 5÷100 раз большую точность управления по сравнению с позиционными регуляторами при прочих равных условиях.

Центральным вопросом при проектировании систем управления является вопрос оптимизации настроек PID-регулятора, которые на прямую зависят от характеристик объекта управления. В данном разделе идентификация объекта с целью определения его математической модели производится по переходной характеристике (рисунок 4.1).

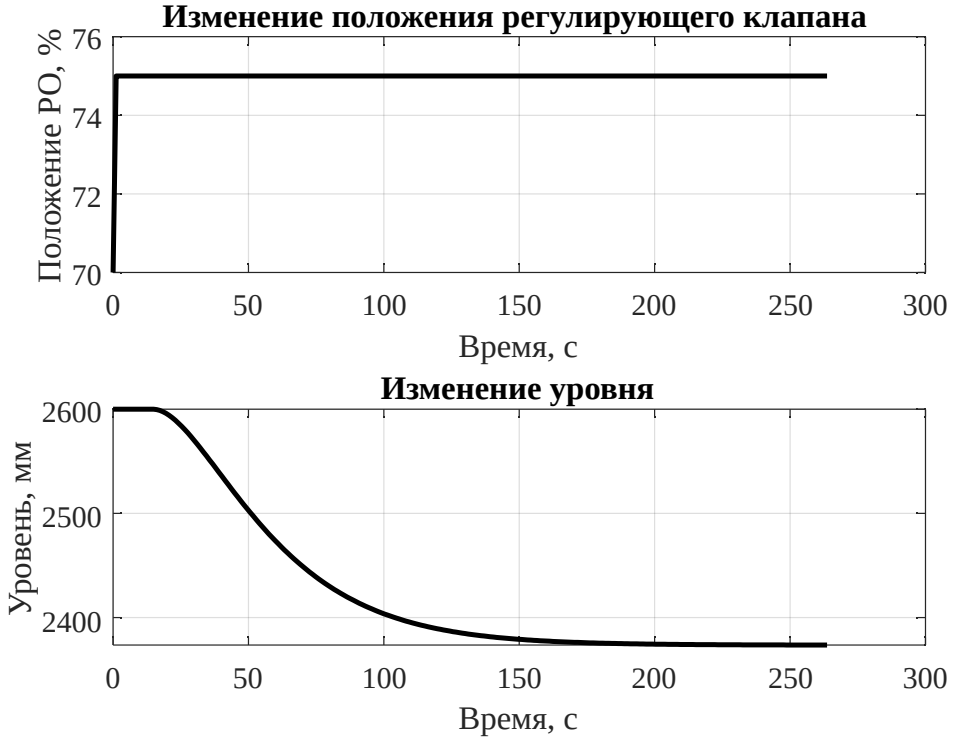


Рисунок 4.1 – Переходная характеристика изменения уровня в абсорбере, полученная при изменении положения регулирующего клапана на 5%

Значения температуры, определенные по графику переходной характеристики на рисунке 4.1 приведены в таблице 4.1. Эти значения использованы для аналитической идентификации объекта в System Identification пакета Matlab (рисунок 4.2).

Таблица 4.1 – Значения уровня зафиксированные при ступенчатом изменении положения регулирующего органа на 5%

T,c	L,мм
0	2600
9	2600
18	2598
28	2577
37	2547
46	2516
55	2487
64	2462
74	2441
83	2425
92	2412
101	2402
111	2395
120	2389
129	2385
138	2382
147	2380
157	2378
166	2377
175	2376

Точность параметрического оценивания данных в System Identification существенно выше по сравнению с графическим методом касательной, поскольку производится аналитически. Пользователю предоставляется большой выбор моделей, идентификация которых возможна (рисунок 4.3).

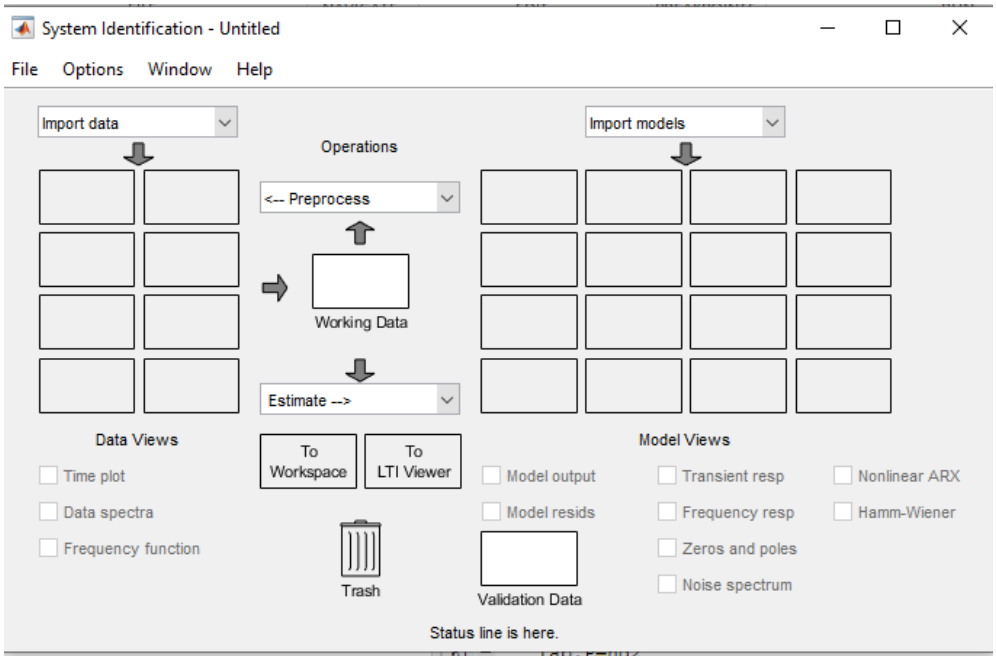


Рисунок 4.2 – Интерфейс System Identification в пакете Matlab

- Transfer Functions

$$\frac{B(s)}{A(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \ldots + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \ldots + a_n} \text{ (непрерывная)}$$

$$\frac{B(z)}{A(z)} = \frac{b_m z^m + b_{m-1} z^{m-1} + \ldots + b_0}{a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \ldots + a_0} \text{ (дискретная)}$$

- State Space

$$xnew = Ax + Bu + Ke;$$
$$y = Cx + Du + e$$

- Process Models

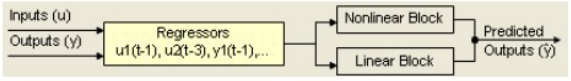
$$\frac{K(1+Tz\,s)}{(1+Tp1s)}, \frac{K\exp(-Td\,s)}{(1+Tp1s)}, \frac{K)}{s(1+Tp1s)}$$

- Polynomial and State Space Models

$$Ay = Bu + e;\ Ay = Bu + Ce;\ y = [B/F]u + e;$$

$$y = [B/F]u + [C/D]e;\ \begin{matrix} xnew = Ax + Bu + Ke; \\ y = Cx + Du + e \end{matrix}$$

- Nonlinear ARX Models



- Nonlinear Hammerstein-Wiener Models:



- Spectral Models: SPA(Blackman-Tukey); SPAFDR(Freq.dep.res.); ETFE (Smoothed Fourier Trf)

- Correlation Models:



Рисунок 4.3 – Типы моделей, идентификация которых возможна при помощи пакета System Identification

К тому же пользователь получает дополнительные возможности по:

- анализу и обработке входных данных;
- подбору структуры и порядка модели;
- оцениванию параметров заданной модели;
- проверке полученной модели на достоверность.

Данные таблицы 4.1 использованы как вектора u и h, импортированные из Workspace Matlab, и являются исходными данными в System Identification (рисунок 4.4).

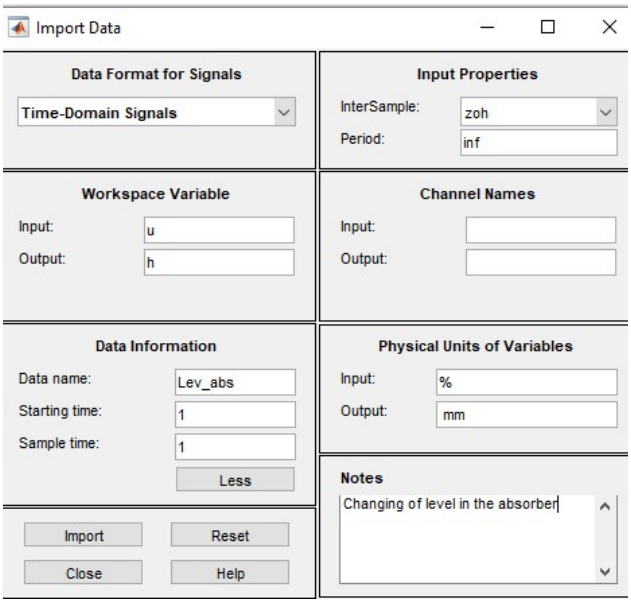


Рисунок 4.4 – Импорт исходных данных из Workspace

Теоретические сведения о процессах с монотонным характером, каким является график переходной характеристики на рисунке 4.1, позволяют предположить, что модель объекта лучше всего искать в классе передаточных функций для апериодического звена с запаздыванием. Такой вид модели может быть идентифицирован в System Identification при выборе способа оценивания Process model (рисунок 4.5).

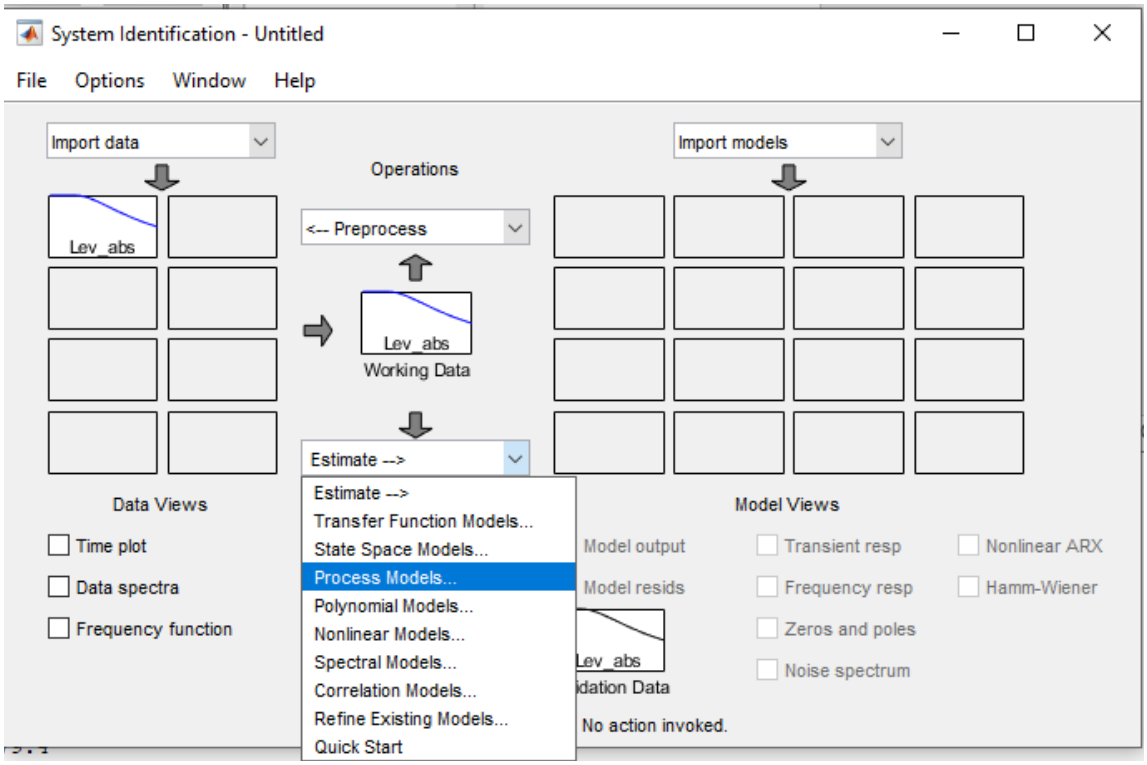


Рисунок 4.5 – Выбор способа оценки значений параметров модели

Функция Process Model выдает результат идентификации в виде, показанном на рисунке 4.6.

```
Process model with transfer function:
                 Kp
G(s) = ---------- * exp(-Td*s)
               1+Tp1*s

Kp = 31.518 +/- 0.025726
Tp1 = 56.84 +/- 1.7302
Td = 14.01 +/- 0.34898
```

Рисунок 4.6 – Результат идентификации

4.2 Определение параметров настройки регулятора

В данном разделе производится определение параметров настройки PID-регулятора для контура регулирования уровня в абсорбере.

Методы определения оптимальных настроек регуляторов, известные в теории автоматического управления [27], либо требуют громоздких математических расчётов, либо используют приближённые формулы и номограммы, что не

позволяет адекватно настроить PID-регулятор. Повысить эффективность процедуры определения параметров регулятора путем использования современных специализированных инструментариев и средств моделирования, наиболее широко применяемым из которых является MatLab компании MathWorks. Для настройки параметров регуляторов пакет MatLab/Simulink функцию PID Tuner в приложении System Control Designer.

Применение функции PID Tuner требует создания в Simulink модели САР, показанной на рисунке 4.7 [28].

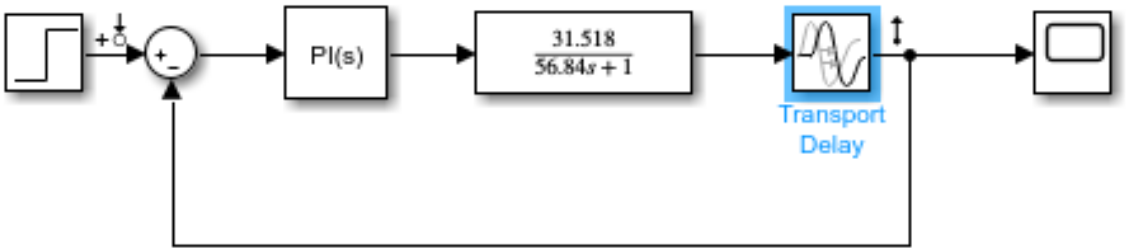
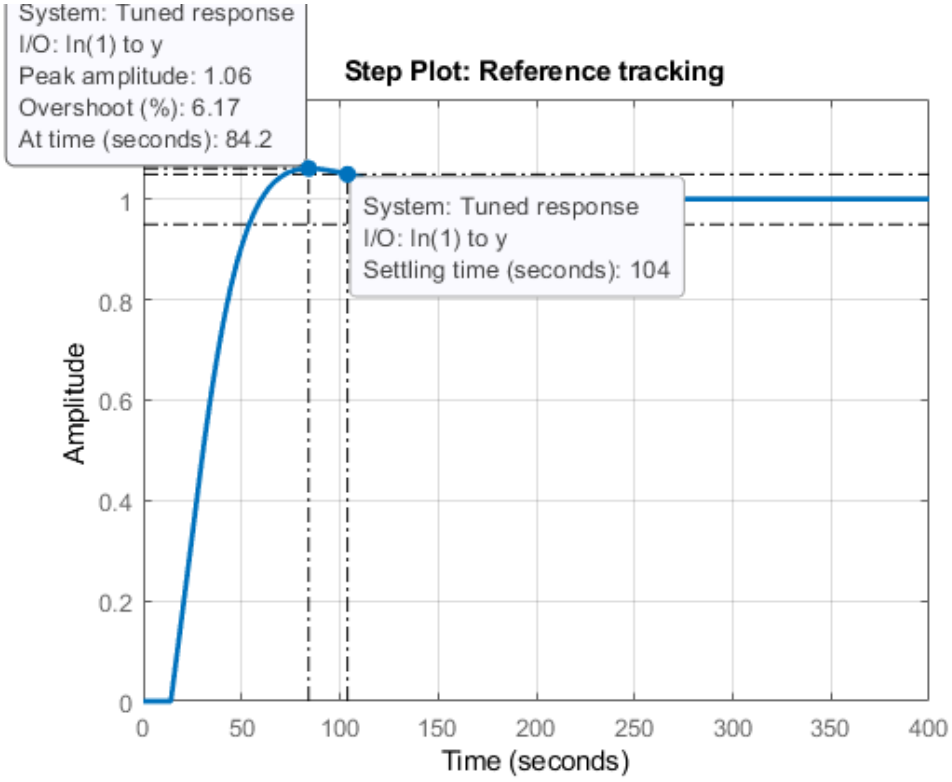


Рисунок 4.7 – Simulink-модель системы автоматического регулирования

Модель представляет последовательное соединение блоков регулятора, блока с передаточной функцией апериодического звена и блока запаздывания, охваченных отрицательной обратной связью. Коэффициентами передаточной функции для блоков апериодического звена первого порядка и запаздывания являются динамические характеристики объекта регулирования, определенные в System Identification.

Функция PID Tuner вычисляется автоматически параметры PID-регулятора с учетом оптимизации установленных показателей качества регулирования и оценки робастности во временной области, или частотой среза и запасом устойчивости по фазе в частотной области.

Функция PID Tuner выдает результат в виде графика переходного процесса в САР, модель которой создана в Simulink, с оптимизированными настройками регулятора, которые можно просмотреть таблично. На рисунках 4.8 и 4.9 показаны результаты выполнения функции PID Tuner для PI и PID регуляторов соответственно.



а)

Controller Parameters

	Tuned
P	0.053613
I	0.0011408
D	n/a
N	n/a

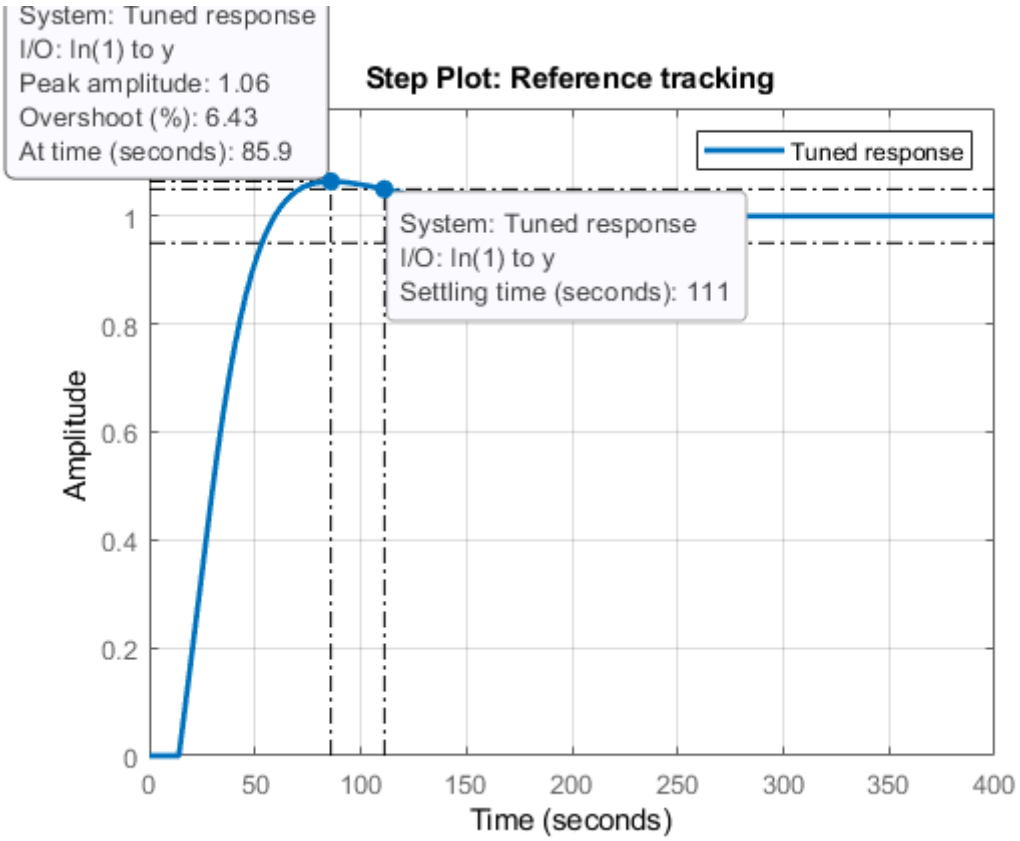
Performance and Robustness

	Tuned
Rise time	32.2 seconds
Settling time	143 seconds
Overshoot	6.17 %
Peak	1.06
Gain margin	11.3 dB @ 0.11 rad/s
Phase margin	60 deg @ 0.0313 rad/s
Closed-loop stability	Stable

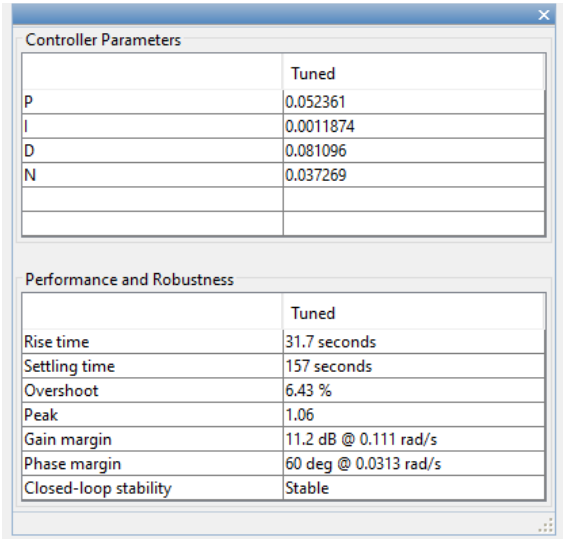
б)

Рисунок 4.8 – Результат выполнения функции PID TUNER для PI-регулятора:

а) график переходного процесса; б) показатели качества и робастности.



а)



Controller Parameters

	Tuned
P	0.052361
I	0.0011874
D	0.081096
N	0.037269

Performance and Robustness

	Tuned
Rise time	31.7 seconds
Settling time	157 seconds
Overshoot	6.43 %
Peak	1.06
Gain margin	11.2 dB @ 0.111 rad/s
Phase margin	60 deg @ 0.0313 rad/s
Closed-loop stability	Stable

б)

Рисунок 4.9 – Результат выполнения функции PID TUNER для PID-регулятора:

а) график переходного процесса; б) показатели качества и робастности.

Анализ качественных показателей регулирования на рисунках 4.8 и 4.9 позволяет сделать вывод, что применение PID-регулятора не дает

существенного улучшения. Для обеспечения удовлетворительного качества регулирования достаточным является применение PI-регулятора.

4.3 Выводы по разделу

Динамические характеристики объекта управления определены аналитически по данным оцифровки переходной характеристики, полученной при открытии регулирующего клапана на 5%, при помощи System Identification пакета Matlab.

С учетом полученных динамические характеристики объекта управления произведена оптимизация настроек PID-регулятора при помощи функции PID Tuner. Проверка полученных коэффициентов регулятора позволила убедиться, что они обеспечивают удовлетворительное качество регулирования. Основные результаты приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Основные результаты расчета контура регулирования уровня в абсорбере

Параметры объекта	Коэффициент передачи	31,58
	Постоянная времени	56,8 с
	Запаздывание	14 с
Настройки регулятора PI-регулятора	Коэффициент передачи пропорционального регулятора	0,053
	Постоянная времени интегрирования	0,0011 с
Показатели качества регулирования	Время регулирования	143 с
	Перерегулирование	6,17 %

Заключение

Создание ИУС объектов газовой отрасли в настоящее время является актуальной задачей в связь с растущими затратами на их обслуживание и повышающимися требованиями к безопасности технологического процесса.

Для повышения качества управления установкой гликолевой осушки газа была разработана информационно-управляющая система с классической трехуровневой структурой.

На нижнем уровне применены приборы КИПиА преимущественно производства Siemens, анализатор точки росы и исполнительный механизм трубопроводной арматуры отечественного производства.

Контроллер ControlLogix 5580 был выбран в качестве наилучшего решения для построения ИУС установки, выбрана его проектная конфигурация в соответствии с информационной емкостью проектируемой ИУС. Разработаны алгоритмы управления для программирования контроллера в среде Studio 5000 Logix Designer на языках стандарта IEC 61131-3.

Для верхнего уровня ИУС разработан выбрана конфигурация АРМ оператора. Программное обеспечение АРМ оператора установки разработано с применением программного пакета RSView32. Обмен информацией между контроллером и верхним АРМ оператора осуществляется при помощи протокола Ethernet/IP.

Рассчитаны оптимальные настройки для системы автоматического регулирования уровня ДЭГа а абсорбере. Динамические характеристики объекта управления определены аналитически по данным оцифровки переходной характеристики, полученной при открытии регулирующего клапана на 5%, при помощи System Identification пакета Matlab.

С учетом полученных динамические характеристики объекта управления произведена оптимизация настроек PID-регулятора при помощи функции PID Tuner. Проверка полученных коэффициентов регулятора позволила убедиться, что они обеспечивают удовлетворительное качество регулирования.

Список использованных источников

1 Добыча газа в России [Электронный ресурс]. URL: https://www.interfax.ru/russia/644896 (дата обращения: 06.05.2020).

2 СТО Газпром 089-2010. Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам. Технические условия [Электронный ресурс]. URL: http://elima.ru/docs/index.php?id=7966 (дата обращения: 08.05.2020).

3 Вяхирев, Р.И. Теория и опыт добычи газа. [Текст] / Р.И. Вяхирев, Ю.П. Коротаев, Н.И.Кабанов – М.: Недра, 1998. - 479 с.

4 Скоробогатов, В.А. Проблемы ресурсного обеспечения добычи природного газа в России до 2050 года/ В.А. Скоробогатов, С.Н. Сивков, С.А. Данилевский // Вестник газовой науки. – 2016. – №5(16). – С.4-14.

5 Технологический регламент автоматизированного технологического комплекса УКПГ-5с. – 1999. – 146 с.

6 СТО Газпром 2-2.1-1043-2016. Автоматизированный газовый промысел. Технические требования к технологическому оборудованию и объёмам автоматизации при проектировании и обустройстве на принципах малолюдных технологий [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/profile/Ve_Stolyarov/publication/338375964_PUBLICNOE_AKCIONERNOE_OBSESTVO_GAZPROM_standart_organizacii_AVTOMATIZIROVANNYJ_GAZOVYJ_PROMYSEL_TEHNICESKIE_TREBOVANIA_K_TEHNOLOGICESKOMU_OBORUDOVANIU_I_OBEMAM_AVTOMATIZACII_PRI_PROEKTIROVANII_I_OBUST/links/5e0fcc0f92851c8364b010bc/PUBLICNOE-AKCIONERNOE-OBSESTVO-GAZPROM-standart-organizacii-AVTOMATIZIROVANNYJ-GAZOVYJ-PROMYSEL-TEHNICESKIE-TREBOVANIA-K-TEHNOLOGICESKOMU-OBORUDOVANIU-I-OBEMAM-AVTOMATIZACII-PRI-PROEKTIROVANII-I-OBUST.pdf (дата обращения: 08.05.2020).

7 Лаврухин, Р.С. Разработка и внедрение АСУ ТП установки комплексной подготовки газа / Р.С. Лаврухин [Текст] // Автоматизация в промышленности – 2016. – №8. – С.22-27.

8 Алиев, Р.А. ИУС газопромысловых объектов: современное состояние и перспективы развития. [Текст] / Р.А.Алиев, А.К.Арабский, О.Б.Арно, С.И.Гункин, Э.Г.Талыбов.— М.: Инфра-Инженерия, 2014.— 462 с.

9 Системы автоматизированного управления различного уровня для объектов добычи, транспорта и подземного хранения газа [Электронный ресурс]. URL: http://www.gazprom-auto.ru/upload/iblock/3b5/3b5a33af245cc72a9df048be6befd97a.pdf (дата обращения: 08.05.2020).

10 SITRANS P Измерительные преобразователи для избыточного, абсолютного, дифференциального давления, расхода и уровня [Электронный ресурс]. URL: http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/dsiii.pdf (дата обращения: 06.05.2020).

11 Приборы для измерения температуры SITRANS T [Электронный ресурс]. URL: http://dfpd.siemens.ru/assets/files/SC/PS1/FI01-08%20Thermo-resistance.pdf (дата обращения: 06.05.2020).

12 SITRANS LC 300 - Датчики уровня емкостные непрерывного действия [Электронный ресурс]. URL: http://simatic-market.ru/search/#list/SITRANS%20LC%20300 (дата обращения: 06.05.2020).

13 Pointek CLS [Электронный ресурс]. URLhttp://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10000083/ (дата обращения: 06.05.2020).

14 Датчик расхода SITRANS MASS 6000 [Электронный ресурс]. URL: https://kiptm.ru/images/Production/siemens/sitrans_f_c/mass6000/massflo-mass-6000.pdf (дата обращения: 06.05.2020).

15 КОНГ-ПРИМА-10 [Электронный ресурс]. URL: http://npovympel.ru/products/products-gigro/gigrometry/analizator_kongprima10/ (дата обращения: 06.05.2020).

16 Электропривод РэмТЭК для трубопроводной арматуры [Электронный ресурс]. URL: https://sargazarm.ru/pdf/katalogi/remtek.pdf (дата обращения: 06.05.2020).

17 Руководство пользователя ControlLogix 5580 and GuardLogix 5580 Controllers Rockwell-Software. – 2017. – 278 с.

18 Fastwel CPM–723 [Электронный ресурс]. URL: https://www.fastwel.ru/products/fastwel-io/programmiruemye-kontrollery-uzla-seti/kontroller-programmiruemyy-universalnyy-protokol-peredachi-modbustcp/ (дата обращения: 14.05.2020).

19 Программируемые контроллеры S7-1200 [Электронный ресурс]. URL: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:2961db0147fb92fd02cb65dea800734f8a911ac5/version:1532090091/st70-simatic-s7-1200.pdf (дата обращения: 16.05.2020).

20 Технические данные 1756 ControlLogix I/O Specifications [Электронный ресурс]. URL: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td002_-en-e.pdf (дата обращения: 19.05.2020).

21 Automation System Design Software Studio 5000 [Электронный ресурс]. URL: https://www.rockwellautomation.com/global/products/factorytalk/overview.page?pagetitle=Studio-5000-Design-Software&docid=5ab2b75609a270c180a32208b634cac7 (дата обращения: 19.05.2020).

22 Подробное сравнение SCADA систем для Российского рынка [Электронный ресурс]: URL: http://scadanews.ru/catalog2.php (дата обращения: 10.05.2020)

23 Пользовательский интерфейс, SCADA-пакеты [Электронный ресурс]: Энциклопедия АСУ ТП. URL: http://bookasutp.ru/Chapter9_4.aspx (дата обращения: 10.05.2020).

24 RSView32 [Электронный ресурс]. URL: https://www.eskovostok.ru/catalog/software/capacity/rsview32 (дата обращения: 19.05.2020).

25 Технология EtherNet/IP [Электронный ресурс]. URL: https://isup.ru/articles/3/1500/ (дата обращения: 19.05.2020).

26 Мелков Д. А. Сравнение методов настройки ПИД-регулятора при колебаниях параметров возмущающего воздействия // Молодой ученый. — 2013. — №4. — С. 72-76. — URL https://moluch.ru/archive/51/6506/ (дата обращения: 24.05.2020).

27 Коломыцев, В.Г Модификация временного метода Зиглера – Никольса и оптимизация параметров ПИД-регуляторов средствами MATLAB *[Текст]* / В.Г.Коломыцев, Г.И. Рустамханова //Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11 (часть 3) – С. 526-531.

28 Настройка параметров ПИД-регулятора [Электронный ресурс]. URL: http://www.contravt.ru/?id=345 (дата обращения: 19.05.2020).

Приложение А

Приложение Б

Приложение В

5

Приложение Г

Приложение Д